

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA



**“CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS DE LA HARINA Y
MEJORADOR DE MASA EN LA CALIDAD DE PANES
PRECOCIDOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

AUTOR: PERCY RAÚL ORDÓÑEZ HUAMÁN

ASESOR: Dr. AMÉRICO CARRASCO VENEGAS

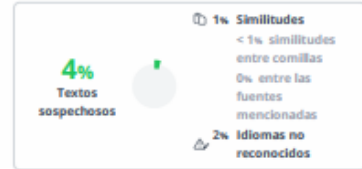
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnología de Alimentos

Callao, 2024

PERÚ



TESIS DE MAESTRIA CTA - ORDOÑEZ HUAMÁN PERCY RAÚL



Nombre del documento: TESIS DE MAESTRIA CTA - ORDOÑEZ HUAMÁN PERCY RAÚL.pdf
ID del documento: 7bdf0fa371cdfd3f5948acfb19c53aec121b2e2
Tamaño del documento original: 2,88 MB
Autores: []

Depositante: FIQ PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 2/9/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 2/9/2024

Número de palabras: 28.009
Número de caracteres: 190.688

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uchile.cl | Efecto de las enzimas amilasa maltogénica y xilanas en vid... 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (100 palabras)
2	Documento de otro usuario #627e48 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (87 palabras)
3	repositorio.up.ac.za	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)
4	vdoc.pub | Alternativas Tecnológicas Para La Elaboración Y La Conservación De Pro... 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (70 palabras)
5	tesis.pucp.edu.pe 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uta.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	jurnal.ut.ac.id	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
3	Documento de otro usuario #34070 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	renhyd.org | Análisis de las propiedades físico-químicas y sensoriales de barra ali...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
5	repositorio.utn.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15347>
- <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.715603>
- <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1349141>
- <https://doi.org/10.1016/j.jwt.2017.11.003>
- <https://doi.org/10.15587/1729>

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: Ingeniería Química

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Ingeniería Química

TÍTULO:

“CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS DE LA HARINA Y MEJORADOR DE MASA EN LA CALIDAD DE PANES PRECOCIDOS”

AUTOR /CODIGO ORCID / DNI:

PERCY RAÚL ORDÓÑEZ HUAMÁN

CODIGO ORCID: 0000-0002-2388-7455

DNI 07306982

ASESOR / CODIGO ORCID / DNI:

LUIS AMERICO CARRASCO VENEGAS

CODIGO ORCID: 0000-0002-7832-3366

DNI: 25825871

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Granotec Perú S.A. y Deltagen del Perú S.A.

UNIDAD DE ANÁLISIS:

Características de la harina y del mejorador de masa

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicada /Cuantitativo/Experimental

TEMA OCDE:

2.11.01 - Alimentos y Bebidas

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
UNIDAD DE POSGRADO



LIBRO 1 FOLIO 23 ACTA N° 021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Siendo las 12 Horas del jueves 17 de octubre del año 2024, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, se reunió el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes:

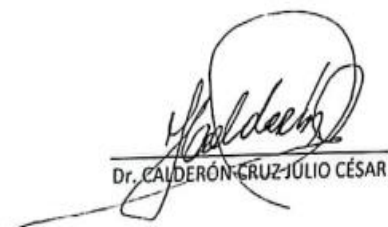
Dr. CALDERÓN CRUZ JULIO CÉSAR	PRESIDENTE
Dr. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO	SECRETARIO
Dra. HERRERA SÁNCHEZ SONIA ELIZABETH	MIEMBRO
Mg. RODRÍGUEZ VILCHEZ RICARDO	MIEMBRO
Dr. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO	ASESOR

Con la finalidad de evaluar la sustentación de la tesis titulado "CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS DE LA HARINA Y MEJORADOR DE MASA EN LA CALIDAD DE PANES PRECOCIDOS" presentado por Don ORDOÑEZ HUAMAN PERCY RAUL.

Acto seguido se procedió a la sustentación de la tesis, con el fin de optar el grado académico de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Luego de la exposición, los miembros del Jurado evaluador formularon las respectivas preguntas, las mismas que fueron absueltas.

Terminada la sustentación, el Jurado evaluador luego de deliberar, acuerda: Aprobar con la escala de calificación cualitativa Distinto y calificación cuantitativa Distinto (18) la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 124° del Reglamento de Estudios de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio de 2023. Se eleva la presente acta a la Escuela de posgrado de la Universidad Nacional del Callao, a fin de que se declare APTO para conferir el grado académico de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Se extiende el acta, a las 18:10 horas del mismo día. Firmas de jurado


Dr. CALDERÓN CRUZ JULIO CÉSAR


Dr. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO


Dra. HERRERA SÁNCHEZ SONIA ELIZABETH


Mg. RODRÍGUEZ VILCHEZ RICARDO


Dr. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de todos mis estudios de la maestría y a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento al Dr. Luis Américo Carrasco Venegas, asesor quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo del presente trabajo.

De igual manera mis agradecimientos a los docentes del Posgrado de la especialidad de Ciencia y Tecnología de Alimentos quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos contribuyeron a mi desarrollo profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

ÍNDICE

ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	12
RESUMO	13
INTRODUCCIÓN.....	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Formulación del Problema	16
1.2.1. Problema General.....	16
1.3. Objetivos de la Investigación.....	16
1.4. Justificación.....	17
1.5. Delimitaciones de la Investigación	19
1.5.3. Espacial	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes: Internacional y Nacional.....	21
2.2. Bases Teóricas.....	25
2.2.1. Harina de Trigo	25
2.2.2. Tratamiento de la Harina.....	25
2.2.3. Composición, funcionalidad y calidad panadera de la harina de trigo	26
2.2.13. Análisis sensorial de panes precocidos	43
2.3. Marco Conceptual.....	43
2.3.2. El Pan precocado	44
2.3.3. Perfil de textura de panes precocidos	47
2.4. Definición de Términos Básicos.....	48
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	51
3.1. Hipótesis.....	51
3.1.1 Operacionalización de Variables.....	51
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	54

4.1. Diseño Metodológico	54
4.2. Método de la Investigación	54
4.3. Población y Muestra	57
4.4. Lugar de estudio y periodo de desarrollo.....	58
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	58
4.6. Análisis y Procesamiento de Datos	65
4.7. Aspectos éticos en Investigación.....	66
V. RESULTADOS.....	67
5.1. Resultados Descriptivos	67
5.2.6. Análisis del proceso de panificación: Precocción.	89
5.2.7. Análisis de la prueba de preferencia en pan precocido comercial y experimental.....	92
5.3. Otros tipos de Resultados Estadísticos	92
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis de los resultados.....	98
6.2. Contrastación de los Resultados con otros estudios similares ...	100
6.3. Responsabilidad ética.....	106
VII. CONCLUSIONES.....	107
VIII. RECOMENDACIONES	108
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación, efectos y ejemplos de mejorantes de masa de base química.....	38
Tabla 2: Funcionalidad de enzimas en panificación.....	40
Tabla 3: Operacionalización de Variables.....	52
Tabla 4: Diseño de la Investigación.....	56
Tabla 5: Composición química de la harina de trigo.....	67
Tabla 6: Análisis fisicoquímico de la harina de trigo.....	67
Tabla 7: Calidad microbiológica de la harina de trigo.....	67
Tabla 8: Calidad sensorial de la harina de trigo.....	68
Tabla 9: Alveograma de la harina especial sin aditivos.....	68
Tabla 10: Formulación de los tratamientos de la harina.....	69
Tabla 11: Selección de cuatro tratamientos de testigos.....	69
Tabla 12: Alveograma de los tratamientos con aditivos en la harina.....	70
Tabla 13: Prueba de panificación de tratamiento de las harinas con aditivos	71
Tabla 14: Prueba sensorial del color de panes precocidos con harinas tratadas.....	72
Tabla 15: Prueba sensorial de textura en corteza de panes precocidos con harinas tratadas.....	72
Tabla 16: Formulación óptima para el tratamiento de la harina.....	73
Tabla 17: Complejo enzimático para el tratamiento de la harina.....	73
Tabla 18: Formulaciones de mejoradores de masa en 50 kg. de harina.....	74
Tabla 19: Pre selección de tres mejoradores de masa en 50 kg de harina.....	74
Tabla 20: Alveograma de la harina y mejoradores de masa.....	75
Tabla 21: Consistogramas de la harina y mejoradores de masa.....	75
Tabla 22: Prueba de panificación con los mejoradores de masa.....	76
Tabla 23: Prueba sensorial del color de panes precocidos con mejoradores .	77
Tabla 24: Prueba sensorial de textura (miga) de panes precocidos con mejoradores.....	77
Tabla 25: Prueba sensorial de textura de corteza de panes precocidos con mejoradores.....	78

Tabla 26: Relación de temperatura y tiempo con la textura de masa en reposo	79
Tabla 27: Prueba sensorial de textura de masas en reposo	79
Tabla 28: Relación de temperatura y tiempo con apariencia general en masas fermentadas	80
Tabla 29: Test sensorial de apariencia general de masas fermentadas a 24,26,28 y 30 °C	80
Tabla 30: Relación de temperatura y tiempo con el color de corteza de panes precocidos.....	81
Tabla 31: Diseño Experimental: Efecto de temperatura y tiempo de precocción en el volumen del pan precocido (I, II, III)	81
Tabla 32: Peso, volumen y volumen específico de panes precocidos	81
Tabla 33: Peso, volumen y volumen específico de panes precocidos congelados.....	82
Tabla 34: Peso, volumen y volumen específico de panes precocidos almacenados 30 días a -20°C	82
Tabla 35: Apariencia general de panes precocidos en descongelación.....	82
Tabla 36: Peso, volumen y volumen específico de panes cocidos	83
Tabla 37: Análisis microbiológico en panes precocidos	83
Tabla 38: Composición química de los panes precocidos	83
Tabla 39: Prueba sensorial de panes precocidos M ₄ y comercial	84
Tabla 40: Prueba sensorial de preferencia en panes precocidos M ₄ y C	85
Tabla 41: Análisis de varianza del color de panes precocidos	92
Tabla 42: Comparaciones del color de panes precocidos por Tukey	92
Tabla 43: Análisis de varianza textura de corteza de panes precocidos.....	93
Tabla 44: Comparación de textura de corteza en parejas de Tukey	93
Tabla 45: Análisis de varianza del color panes precocidos con mejoradores .	93
Tabla 46: Comparaciones del color de panes precocidos con mejorador en parejas de Tukey	94
Tabla 47: Análisis de varianza de textura de corteza panes precocidos con mejoradores	94

Tabla 48: Comparaciones de textura (miga) de panes precocidos con mejoradores en parejas de Tukey	94
Tabla 49: Análisis de varianza de textura de corteza panes precocidos con mejoradores	94
Tabla 50: Comparaciones de textura de corteza de panes cocidos en parejas de Tukey	95
Tabla 51: Análisis de varianza de textura de masa en la operación de reposo	95
Tabla 52: Comparaciones de textura de masa en parejas de Tukey	95
Tabla 53: Análisis de varianza de apariencia general de masas fermentadas	95
Tabla 54: Comparaciones de apariencia general de masas fermentadas en parejas de Tukey	96
Tabla 55: Análisis de varianza: Temperatura y tiempo de precocción	96
Tabla 56: Análisis de varianza en panes precocidos: mejorador comercial y experimental.....	96
Tabla 57: Contrastación de resultados en panes precocidos con harina tratada	97
Tabla 58: Contrastación de resultados en panes precocidos con mejorador ...	97
Tabla 59: Contrastación de resultados de volumen específico en panes precocidos.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Representación esquemática de la producción de harina de trigo	31
FIGURA 2: Alveo - Consistógrafo de Chopin. Modelo NG.....	65
FIGURA 3: Protocolo standars en el alveógrafo e hidratación constante	65
FIGURA 4: Flujo del proceso de elaboración de panes precocidos	89
FIGURA 5: Análisis de los resultados de datos temperatura, tiempo	92
FIGURA 6: Análisis de los resultados temperatura y tiempo. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.....	93
FIGURA 7: Análisis de los resultados temperatura y tiempo: efectos principales	93
FIGURA 8: Análisis de los resultados: Interacción de factores.....	94

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en los Laboratorios Granotec Perú S.A. y Deltagen del Perú. El objetivo fue determinar la influencia de la calidad de la harina y del mejorador de masa en la calidad de panes precocidos. Comprendió las siguientes etapas: 1. Tratamiento químicoenzimático de harinas para mejorar su calidad, se evaluó 4 formulaciones (T_1 , T_2 , T_3 y T_4) y un testigo sin tratamiento por reología (alveogramas) y prueba de panificación 2. Formulación y evaluación de mejoradores de masa (M_1 , M_2 , M_3 y M_4) determinándose alveogramas, consistogramas y prueba de panificación 3. Elaboración de panes precocidos. Los resultados indicaron a T_4 como tratamiento idóneo, su composición fue: ácido ascórbico 30 mg; ADA 40 mg; alfa amilasa 17.50 mg; xilanasa 55.0 mg y glucosa oxidasa 40.0 mg. Y su alveograma $P = 115$ mm; $L=49$ mm; $Ex=15.5$; $W=249 \times 10^{-4}$, $P/L =2.37$; $lec = 65.3\%$ e $HYDRA= 55.4 \%$. La calificación de textura de corteza del pan aumento en 26.64% y volumen específico en 24.6%. El mejorador óptimo M_4 , estuvo compuesto de 50 kg de harina: alfa amilasa 2.62 g; xilanasa 0.22 g; glucosa oxidasa 0.25 g; ácidoascórbico 3.75 g; ADA puro 1.60 g ABITEM 200 g y $CaCO_3$ 45.65 g. Con valores de alveograma $P = 109$ mm; $L = 59$ mm; $Ex = 17.1$; $W = 278 \times 10^{-4}$ J; $P/L = 1.85$ y consistograma: $Pr \text{ máx} = 2210$ mb; $T \text{ Pr máx.} = 145$ s; $Tol = 198$ s; $D_{250}=356$ mb; $D_{450}= 975$ mb y $WAC \text{ b/s} = 58.2 \%$. La textura de corteza del pan con mejorador aumento 28.4% y volumen específico 19,5%. Las características fisicoquímicas de los panes precocidos elaborados a nivel piloto fueron: humedad 39.89%, peso 142.90 g, volumen específico $5.98 \text{ cm}^3/\text{g}$. Las características sensoriales internas y externas tuvieron la calificación de 84.4 (máximo 100) y buena preferencia. Los parámetros del proceso: amasado 5 min, reposo 21°C por 25 min, fermentación 28°C por 130 min y precocción 220°C por 9 min.

Palabras claves: pan precocido, pan parcialmente cocido, reología de harinas.

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada nos Laboratórios Granotec Perú S.A. e Deltagen do Peru. O objetivo foi determinar a influência da qualidade da farinha e do melhorador de massa na qualidade de pães pré-assados. Contemplou as seguintes etapas: 1. Tratamento químico enzimático das farinhas para melhoria de sua qualidade, 4 formulações (T1, T2, T3 e T4) e uma testemunha sem tratamento foram avaliadas por reologia (alveogramas) e teste de panificação 2. Formulação e avaliação de melhoradores de massa (M1, M2, M3 e M4) determinação de alveogramas, consistogramas e teste de panificação 3. Preparação de pães pré-assados. Os resultados apontaram o T4 como tratamento ideal, sua composição foi: ácido ascórbico 30 mg; ADA 40 mg; alfa amilase 17,50 mg; xilanase 55,0 mg e glicose oxidase 40,0 mg. E seu alveograma $P = 115$ mm; $L=49$ mm; $Ex=15,5$; $L= 249 \times 10^{-4}$, $P/L =2,37$; $lec = 65,3\%$ e $HYDRA = 55,4\%$. A classificação da textura da crosta do pão aumentou 26,64% e o volume específico 24,6%. O melhorador ótimo M4 foi composto por 50 kg de farinha: alfa amilase 2,62 g; xilanase 0,22 g; glicose oxidase 0,25 g; ácido ascórbico 3,75 g; ADA puro 1,60 g ABITEM 200 g e $CaCO_3$ 45,65 g. Com valores de alveograma $P = 109$ mm; $L=59$ mm; $Ex = 17,1$; $W = 278 \times 10^{-4}J$; $P/L = 1,85$ e consistograma: $Pr\ max = 2210$ mb; $T\ Pr\ máx. = 145s$; $Tol = 198$ s; $D250=356$ mb; $D450= 975$ mb e $WAC\ b/s = 58,2\%$. A textura da crosta dos pães com melhorador aumentou 28,4% e o volume específico 19,5%. As características físico-químicas dos pães pré-assados preparados em nível piloto foram: umidade 39,89%, peso 142,90 g, volume específico 5,98 cm^3/g . As características sensoriais internas e externas tiveram nota 84,4 (máximo 100) e boa preferência. Os parâmetros do processo: amassadura durante 5 min, repouso a 21°C durante 25 min, fermentação a 28°C durante 130 min e pré-cozedura a 220°C durante 9 min.

Palavras-chave: pão pré-assado, pão parcialmente assado, reologia de farinha.

INTRODUCCIÓN

Los cambios experimentados en el estilo de vida de los consumidores han impulsado la aparición de productos de panificación precocidos congelados y refrigerados. La disponibilidad de pan fresco a cualquier hora del día y la existencia de una gran variedad de productos con diversidad de aromas, formas y tamaños son algunas de las exigencias de los consumidores. La industria de panificación, en busca de un aumento en las ventas de productos, nuevos nichos de mercado han dado respuesta progresiva a estas demandas.

Para incorporar con éxito la tecnología de pan precocido se requiere que la harina posea un tratamiento correcto con aditivos, considerando sus características fisicoquímicas y reológicas, para propiciar buenos resultados en la utilización por la industria de panificación. El desarrollo de mejoradores de masa debe ser compatibles con las características que presentan las harinas, para optimizar su mejor desempeño en la panificación.

El presente trabajo de investigación comprende las siguientes etapas: la primera a través del tratamiento químico enzimático de la harina para su uso en la elaboración de panes precocidos, la segunda etapa el desarrollo de mejoradores de masa, finalmente el proceso de elaboración de panes precocidos, sus análisis fisicoquímicos y evaluación sensorial.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El pan precocido, a diferencia del pan congelado y del pan fabricado con métodos tradicionales, tiene mayores problemas por ser un pan que envejece rápidamente, es decir, que en seis horas puede convertirse en un pan seco y duro. Además, nunca se obtiene el mismo volumen y suele ser un pan más redondo y compacto.

Si a esto se le suma la dificultad que supone el descascarillado, más acentuado en el pan precocido que en el normal, los procesadores se enfrentan con tres graves problemas juntos de difícil solución: Poco volumen, envejecimiento rápido y tendencia al descascarillado.

Así, conseguir un buen pan precocido parte de tener unas materias primas y mejoradores de masa en perfectas condiciones y un control de calidad sobre las mismas mucho más exhaustivo. En nuestro medio se observa que no ocurre con frecuencia, tenemos harinas comerciales panaderas con estándares de calidad y de mejoradores aún no apropiados para el desarrollo de la tecnología de pan precocido. De continuar esta situación los productos tendrían baja calidad y corta vida útil.

Si a la tecnología de panes precocidos incluimos la operación de almacenamiento congelado será imprescindible contar con mejoradores de masa de calidad, ya que se requiere tener una óptima resistencia de la red de gluten, que en muchos casos no está totalmente estructurada en la primera cocción; en caso contrario tendremos formación de cristales de agua protegiendo la red de gluten y el rompimiento de la masa.

Felizmente como la industria de panificación está en proceso desarrollo e innovación de sus productos es una oportunidad positiva, el mercado de consumidores irá en crecimiento y con mayores exigencias de calidad.

Con respecto a la fabricación de mejoradores la mayoría son importados, elaborados en nuestro medio de forma empírica limitándose a mezclas de insumos, sin tener en cuenta la calidad de la harina que va a emplearse. Si el reto del panificador es alargar la vida útil de sus productos, entonces el problema se centra en la disponibilidad de tener al alcance harinas y mejoradores de masa apropiados. Será necesario una formulación con el conocimiento cabal de la calidad de la harina, utilizando sus características reológicas e incluyendo insumos como emulsificantes (monoglicéridos), enzimas (amilasas, xilanasas) y agentes oxidantes.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿En qué medida la calidad de los panes precocidos depende de las características requeridas de harina, mejorador de masa y condiciones de proceso?

1.2.2. Problema Específico

¿Cuáles son las características fisicoquímicas y reológicas de la harina empleada en los panes precocidos?

¿Cuáles son las características de composición y reológicas del mejorador de masa, para la elaboración de panes precocidos?

¿Cuál es el proceso de elaboración de los panes precocidos?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia de las características requeridas de la harina, mejorador de masa y condiciones de proceso en la calidad de panes precocidos.

1.3.2. Objetivo Específico

Determinar las características fisicoquímicas y reológicas de la harina empleada en los panes precocidos.

Determinar las características de composición y reológicas del mejorador de masa, para la elaboración de panes precocidos.

Determinar el proceso de elaboración de los panes precocidos.

1.4. Justificación

Justificación del proyecto desde el punto de vista legal.

Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas. Decreto Supremo N° 007-98-SA. Todo alimento y bebida, o materia prima destinada a su elaboración, deberá responder en sus caracteres organolépticos, composición química y condiciones microbiológicas a los estándares establecidos en la norma sanitaria correspondiente. La investigación por tratarse de un proceso tecnológico de elaboración de panes precocidos debe cumplir con la presente norma.

Norma Técnica Nacional N°205.027 Lima-Perú. De harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial. Establece los requisitos y condiciones que debe reunir la harina de trigo. En la presente investigación es para uso en la industria panificadora.

Justificación del proyecto desde el punto de vista teórico.

Para utilizar la harina en panificación es necesario tener en cuenta que la harina de trigo recién molida, no es la más apropiada para hacer productos horneados de calidad por lo que es necesario la adición de aditivos para mejorar sus propiedades panificables, así como su apariencia.

Si observamos que la calidad tecnológica de la harina comercial depende de la variedad de trigo, condiciones ambientales durante el crecimiento del grano, el método de molienda o el rango de extracción, las diferencias de calidad entre

partidas de harina son inevitables, los aditivos son el instrumento para minimizar estas diferencias.

En el tratamiento de harinas se incluyen: agentes enriquecedores, agentes blanqueadores, agentes maduradores, mejoradores de masa “oxidantes” y “reductores”, agentes enzimáticos, emulsionantes, agentes reforzadores, acondicionadores de masa.

El uso de mejoradores en el pan ha posibilitado la reducción del tiempo de proceso y aumento en las cifras de producción, reduciendo costos sin perder calidad.

Todos estos aditivos podrían usarse en la etapa de mezclado de la masa. En la práctica, se agregan a la harina en el molino, por ser la etapa más conveniente y más fácil de ejecutar, ya que permite un grado de control sobre su adición que no se puede conseguir en etapas posteriores.

Justificación del proyecto desde el punto de vista tecnológico.

El pan precocido es una tecnología moderna que busca optimizar la producción y obtener productos de calidad. A través de sus diversas operaciones de proceso permite mantener controlados el programa de producción y poner a la venta pan caliente en el momento oportuno.

La calidad del producto es lo más importante, no sólo es tener pan caliente, sino que también tiene que tener buen gusto, buena higiene y la exigencia de que cada día tiene que ser así. La calidad y la noción de servicio a los clientes nunca tiene que desaparecer de nuestro horizonte.

Las nuevas técnicas de producción, venta y administración demandan una mejor utilización de éstas. El panificador tiene que adaptarse a esta evolución con un método de trabajo racional y bien pensado, que devendrá en un mejor precio final del producto.

Una vez que el producto esté precocido es muy importante que éste sea correctamente enfriado, empaquetado y almacenado en frío y que la temperatura del congelador sea constante. Estos hechos son determinantes para una buena calidad del producto y para un largo y correcto almacenaje.

El pan precocido tiene un carácter muy funcional, porque sólo le falta acabar de cocer, y es suficiente con tener un pequeño módulo para su comercialización que incluya horno y cámara de frío.

Los problemas principales que se observan en la producción de pan precocido se relacionan con la calidad de la harina y su estabilidad posterior a la primera etapa del horneado hasta el almacenamiento en frío.

Hoy en día no está permitido el uso de bromatos en la producción de la harina comercial y su calidad aún es disminuida por el incorrecto uso de los mejoradores.

Justificación del proyecto desde el punto de vista económico.

Para el industrial molinero los beneficios económicos están dados por las mejores oportunidades de comercialización de las harinas teniendo en cuenta la calidad y disponibilidad para ser utilizada en la industria de panificación para la producción de panes precocidos.

Para los panificadores, sus ventajas se centran en la oportunidad de desarrollar la tecnología de panes precocidos, con mejores rendimientos, homogeneidad de sus productos, mejores estándares de calidad, mayor vida útil, dando lugar a mayores ventas e ingresos económicos.

1.5. Delimitaciones de la Investigación

1.5.1. Teórica

La investigación se desarrolla dentro del ámbito de la tecnología molinera de harinas, que busca aprovechar los conocimientos y experiencias para la

aplicación de enzimas y otros aditivos en la generación y acondicionamiento de harinas panaderas y elaboración de mejoradores de masa para panes precocidos con mejores características en el proceso y producto final.

1.5.2. Temporal

Es el tiempo previsto para el tratamiento de la harina y su posterior uso en panificación. El proceso de tratamiento de harinas hasta su utilización no debe exceder los 06 meses para obtener óptimos resultados.

1.5.3. Espacial

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del laboratorio especializado en el control de calidad de harinas de Granotec Perú S.A. respecto a los análisis fisicoquímicos, reológicos, pruebas de laboratorio de panificación y Deltagen del Perú S.A. pruebas de panificación nivel piloto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y Nacional

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Verbeke et al., (2024) en su estudio “An Impact Assessment of Par-Baking and Storage on the Quality of Wheat, Whole Wheat, and Whole Rye Breads” [Una evaluación del impacto de la precocción y el almacenamiento en la calidad de los panes de trigo, trigo integral y centeno integral] manifiestan que la tecnología de precocción aumenta la eficiencia de producción del pan. Sin embargo, el grado de precocción puede variar significativamente entre los tipos de productos y los mercados de venta previstos, lo que genera diferencias sustanciales en los atributos de calidad del producto terminado. El objetivo de este estudio fue explorar el impacto del grado de precocción en la calidad tecnológica del pan de trigo, trigo integral y centeno integral (95, 75 y 50% del tiempo total de cocción). Más específicamente, este estudio se centró en el comportamiento del almidón de diferentes formulaciones de harina, la temperatura central de la miga durante el precocido y la influencia del grado de precocido en las características del pan de trigo (compuesto) en función del tiempo de almacenamiento. Se evaluaron los atributos de calidad del pan precocido (0 y 4 días después del precocido) y del pan completamente horneado (0 y 2 días después del precocido). Una reducción en el grado de precocción del 95 al 50% dio como resultado con el tiempo un 19,4% menos de endurecimiento y un 8,6% más de cohesividad para los panes de trigo recocidos. Sin embargo, también afectó negativamente a la elasticidad (-9,1%) y a la adherencia (+475%). Se concluye que utilizar la temperatura central para definir el grado de precocción no es suficiente para panes destinados a ser consumidos en el tiempo, pero los resultados indican que reducir el grado de precocción puede ser beneficioso para ciertos aspectos de calidad del pan.

Miranda y Haros (2023) en su estudio “Influence of pre-baking and frozen storage on the technological and nutritional quality of a multi-seed bread” [Influencia del precocido y almacenamiento congelado en el desarrollo tecnológico y calidad nutricional de un pan multisentillas], evaluaron el efecto del pan multisentillas elaborado con harinas de quinua, chíá aplicando un proceso de precocción/congelación/almacenamiento. Se evaluaron las propiedades tecno funcionales, nutricionales y el efecto precocido-congelado. Los aminoácidos esenciales (lisina, valina, leucina) no se perdieron durante la congelación. proceso de almacenamiento, y excedieron respectivamente el producto de control en un 50%, 10% y 5%. Los consumidores no pervivieron cambios en el color y después de almacenados por congelación, la retrogradación de los almidones fue un 33% menor que la muestra control, debido probablemente a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados y fibra soluble presentes en el pan multisentillas.

Pérez (2022) en su estudio “Efecto de las enzimas Amilasa Malto génica y Xilanasas en vida útil de pan marraqueta precocido congelado en condición de almacenamiento refrigerado”, evaluó el desempeño del pan marraqueta precocido congelado almacenado en condiciones de refrigeración, con aplicación de enzimas xilanasas y amilasa. Se realizó un diseño experimental factorial 2^2 con 3 puntos centrales y concentraciones de xilanasas de 0 a 7,25 g/100kg de harina y concentraciones de amilasa malto génica 0 a 290 g/100kg de harina como factores. Según sus resultados los ensayos con adición de enzimas tuvieron menor daño mecánico que el ensayo sin enzimas. En la evaluación sensorial, los atributos de apariencia y textura de miga tuvieron mejores calificaciones. La adición de las enzimas tuvo efecto positivo en la calidad del pan marraqueta almacenado en refrigeración, disminuyendo la velocidad de retrogradación del almidón luego de 10 días.

Gerardo-Rodríguez et al., (2020) en su estudio “Effect of part-baking time, freezing rate and storage time on part-baked bread quality”, [Efecto del tiempo de precocción, tasa de congelación y tiempo de almacenamiento sobre la calidad

del pan precocido]. El pan se coció durante 0, 3 y 6 min, se congeló a velocidad lenta (0.15 °C/min) y rápida (1.75 °C/min), almacenado en condiciones de congelación por hasta 56 días y descongelado cada 14 días. El pan precocido se volvió a hornear y se obtuvo el volumen específico y firmeza a las 2, 24 y 48 h. Se aplicó un experimento con diseño factorial de 3x2x5 (3 partes de tiempo de horneado, 2 tasas de congelación y 5 tiempos de almacenamiento congelado) con análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. El volumen específico más alto se obtuvo a los 6 minutos de horneado parcial a una velocidad de congelación lenta y disminuyó a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento congelado. Por el contrario, el análisis de perfil de textura demostró que la firmeza del pan aumenta cuando el volumen específico disminuye, y la mayor firmeza se da a los 0 min. de tiempo medio cocido. Los tiempos de horneado parcial relativamente largos permiten la formación de una miga firme con daño limitado a la estructura y por lo tanto un pan con calidad óptima.

Dahiya et al., (2020) en su estudio “A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making” [Una revisión sobre el potencial biotecnológico de múltiples enzimas en la elaboración del pan] mencionan que la aplicación de enzimas en panadería no solo mejora las propiedades de la masa, como la retención de gases, la suavidad de la miga, la capacidad de absorción de agua y otras, sino que también mejora el estado nutricional de los productos. Se ha informado que enzimas microbianas de diversos recursos se utilizan en la elaboración de pan. Una amplia gama de enzimas microbianas, a saber, xilanasas, fitasas, α -amilasas, proteasas, celulasas, glucosa oxidasas, lipasa y otras mejoran las propiedades nutricionales, sensoriales y otras propiedades deseables del pan.

Debonne et al., (2020) en su estudio “Technological and microbiological evaluation of different storage conditions of par-baked bread”, [Evaluación tecnológica y microbiológica de diferentes condiciones de almacenamiento de pan precocido]. La precocción contribuye a prolongar la vida útil fisicoquímica y

microbiológica del pan. Además, añade comodidad, ya que los panes precocidos (PB) se pueden hornear completamente a pedido, proporcionando pan fresco en cualquier momento del día. En este estudio se investigaron diferentes condiciones de almacenamiento de pan PB no congelado (95% precocido) como alternativa al envasado en atmósfera modificada (MAP). Estos incluyeron el uso de una unidad de almacenamiento FLEXBAKER-UV con 90 o 95 % de humedad relativa (RH) y un refrigerador tradicional. Se evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica del pan PB antes y después de su horneado y almacenamiento, así como el nivel higiénico de las condiciones de almacenamiento. Los resultados mostraron que el almacenamiento de panes PB en una unidad FLEXBAKER-UV puede limitar la pérdida de humedad de los panes, lo que da como resultado una calidad de pan similar a la del caso de los panes MAP.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Chumpitaz (2020); en la investigación de “Estudio estratégico para la implementación de una empresa productora y comercializadora de pan precocido en Lima Metropolitana”, desarrolla un análisis de mercado para pan precocido en nuestro país. Realizó el análisis macro y micro entorno en el cual detalla el contexto por las cuales una empresa enfrenta y analiza si serán favorables. Asimismo, detalla las estrategias a emplear de acuerdo con las condiciones halladas, determinando Lima Metropolitana como posible mercado favorable.

Becerra y Tuñoque (2018); en la investigación “Influencia de la variedad de trigo (*triticum aestivum*) sobre la calidad panadera de la harina producida en la empresa Alimenta Perú S.A.C.”, evaluaron la influencia de la variedad de trigo en la calidad panadera, de la harina de las variedades de trigo rojo de primavera (CWRS) y trigo rojo duro de invierno (HRW). Reportaron valores de humedad de la harina 13,9 y 13,87%, peso hectolitro (PH) de 81,25 y 79,47 kg/hl, gluten húmedo (GH) de 38,06 y 35,70%, índice de gluten (IG) de 98,11 y 98,75% y Falling number (FN) de 482,67 y 508,64 segundos correspondiente a las dos

variedades respectivamente. En los alveograma obtuvieron valores de tenacidad (P) de 77,00 y 78,00 mm, extensibilidad (L) de 98 y 87,00 mm, fuerza (W) 286,001 y $274,00 \times 10^{-4}J$, relación P/L de 0,79 y 0,90 % respectivamente (Becerra y Tuñoque, 2018).

Coaguila, (2019) en su estudio “Evaluación del proceso operacional de la planta de molino VICTORIA”- ALICORP S.A. tuvo como finalidad dar a conocer el conocimiento necesario para desarrollarse en molineras de cualquier parte de nuestro país ya que el rubro en el procesamiento del grano de trigo hoy en día es muy importante. Conocer la disposición de los equipos en el diagrama molinero y entender el porqué de su diseño, ya que a través de esta distribución de equipos podemos llegar a extraer la harina a base de grano de trigo y obtener diferentes productos como harinas, Germen, Sémolas, Salvados, Moyuelos, etc. La planta de molino Victoria es una de las más importantes en el sur del país y pertenece a un grupo de liderazgo donde se aplican operaciones unitarias de molienda y clasificación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Harina de Trigo

La calidad de la harina está influenciada por varios factores, incluido el genotipo, las condiciones ambientales y agronómicas, el almacenamiento postcosecha del grano y la tecnología de molienda. El deterioro de calidad de la harina puede tener varios orígenes: i) alteración de origen químico, como desnaturalización de proteínas, degradación del almidón, oxidaciones no enzimáticas; ii) alteración de origen enzimático; iii) alteración de origen mecánico o físico, principalmente por choque, dando lugar a grietas o roturas que favorecen otras causas de alteración como iv) la invasión de microorganismos (Wysocka et al., 2024).

2.2.2. Tratamiento de la Harina

La corrección de la harina es otra función clave de las enzimas amilasas. Las enzimas correctoras de la harina se utilizan en premezclas/mejoradores del pan

para estandarizar la harina en el molino y compensar las fluctuaciones en la actividad de la amilasa. La harina producida a partir de cereales sanos contiene dos tipos de amilasa: la α -amilasa, que suele ser escasa y requiere suplementos, y la β -amilasa que se encuentra en abundancia. Estas estuvieron entre las primeras enzimas que se utilizaron en la elaboración de pan. Hoy en día, se añaden habitualmente a la harina para modificar el almidón (Novozymes, 2020).

El almidón nativo es un polímero formado por amilosa y amilopectina. La amilosa representa una estructura helicoidal lineal de unidades de glucosa, mientras que la amilopectina es una estructura muy ramificada. La amilosa constituye entre el 20% y el 25% del contenido de almidón de la harina de trigo, mientras que la amilopectina constituye el 75% al 80% restante del contenido de almidón (Novozymes, 2020).

La levadura necesita azúcares fermentables debido a su incapacidad para digerir fácilmente el almidón de la harina. En la elaboración de pan, la amilasa es necesaria para generar azúcares fermentables a partir del almidón, de modo que las células de levadura la utilicen para producir dióxido de carbono y fermentar la masa. Los azúcares producidos por la actividad de la amilasa también contribuyen a la formación de colores y aromas deseables en el pan a través de la actividad metabólica de la levadura sobre los azúcares y reacciones de pardeamiento no enzimáticas o de Maillard (Novozymes, 2020).

2.2.3. Composición, funcionalidad y calidad panadera de la harina de trigo

El pan es un alimento básico en todo el mundo elaborado a partir de trigo duro. Contiene niveles variables de nutrientes como almidón, carbohidratos complejos y proteínas, que tienen un efecto beneficioso sobre la salud humana. La composición del pan también varía según los ingredientes adicionales utilizados durante el proceso de producción, lo que da como resultado tipos especiales de pan. Se sugiere que la calidad del pan depende de factores como el contenido de almidón y agua, así como del tipo de harina, incluido el contenido de gluten (Akintayo et al., 2020).

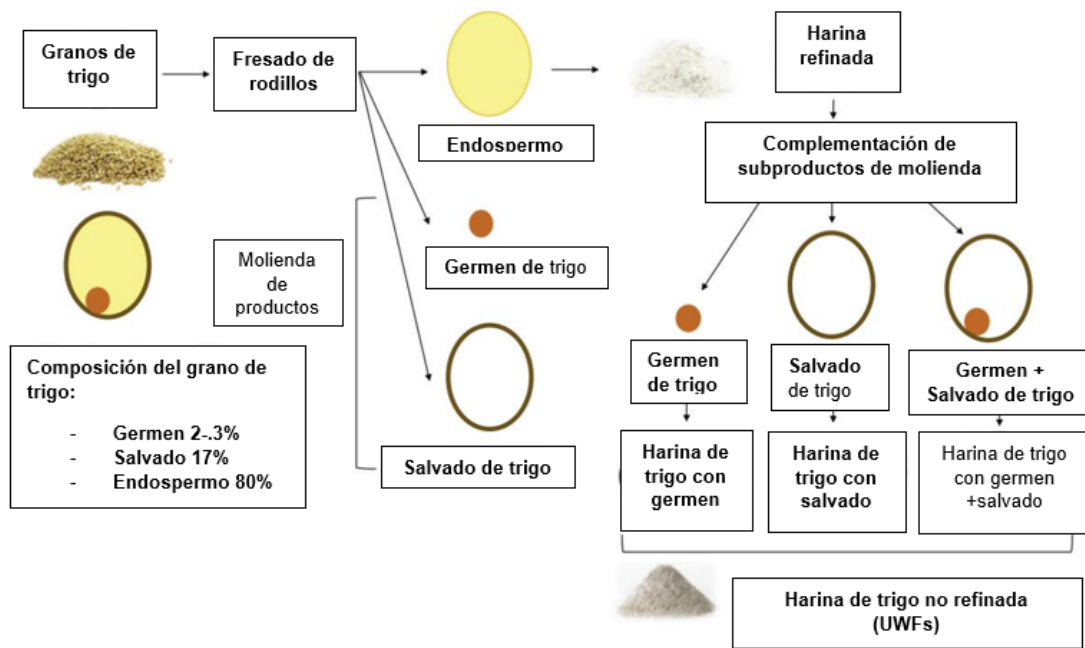
Las propiedades nutricionales y sensoriales del pan dependen de las propiedades biotecnológicas de la levadura, el tipo de receta utilizada y la composición de la harina (Parenti et al., 2020 y Krasnikova et al.,2020).

Oyeyinka & Bassey, (2023) demostraron que las diferentes marcas de harina de trigo pueden mostrar una composición variable en términos de contenido y calidad de gluten, lo que puede afectar la calidad del pan. Debido a que el pan es el principal producto elaborado con estas marcas de harina, es necesario, determinar la composición, las propiedades funcionales y reológicas de las harinas de trigo y las propiedades sensoriales del pan producido con estas harinas. Así se resolverá el motivo de la variación en la calidad del pan y pueda usarse para aconsejar a los distintos fabricantes que mejoren la calidad de las harinas.

2.2.4 Composición aproximada de las harinas de trigo.

Las diferentes harinas comerciales mostraron una variación significativa ($p \leq 0,05$) en sus datos. Las proteínas (10,82–12,75%) y los carbohidratos (75,24–77,40%) fueron los componentes principales en las muestras de harina. La grasa (1,36–1,53%) y las cenizas (0,87–1,10%) fueron en general bajas (Aranibar et al., 2018)

Figura 1: Representación esquemática de la producción de harina de trigo.



Fuente. Parenti et al., (2020)

2.2.5 Granulación de harina de trigo.

La distribución del tamaño de las partículas depende de la estructura de los gránulos, el grado de procesamiento y la composición química de la harina de trigo. Es medida como la masa de la fracción retenida en cada tamiz dispuesta en orden de tamaño de malla decreciente (Alviola & Monterde, 2018)

El grado de hidratación de la harina depende en gran medida de la granularidad de la harina utilizada. Cuanto más finas sean las partículas de la harina, mayor será su velocidad y grado de absorción de agua. Además, la distribución del tamaño de las partículas de la harina de trigo tiene un gran efecto en las propiedades funcionales de la harina, como el hinchamiento y la capacidad de retención de agua, lo que puede afectar significativamente el horneado (Katyal et al., 2017)

2.2.6 Propiedades del gluten y actividad enzimática.

El contenido de gluten de la harina de trigo es fundamental para evaluar la calidad de la harina de trigo. El gluten húmedo (30,10–33,70%) y el gluten seco (10,10–11,20%) fueron ligeramente diferentes entre las marcas de harina (Oyeyinka y Bassey, 2023). El contenido de gluten húmedo de las marcas de harina está dentro del rango (20,90–40,00%) informado por investigadores anteriores (Bressiani et al., 2017)

Este resultado indica que cuanto mayor es el contenido de gluten, menor es la capacidad de las harinas para absorber agua. Esto parece plausible ya que un mayor contenido de proteínas significaría un menor contenido de carbohidratos y la mayor parte de la absorción de agua en las harinas está estrechamente relacionada con el contenido de carbohidratos, incluido el almidón. Se ha informado que la hidrofobicidad o hidrofilia de las proteínas del gluten influye en el WAC de la harina de trigo (Schopf & Scherf, 2021)

2.2.7 Falling Number (actividad diastásica) en la harina

Se utiliza para determinar la actividad de la enzima α -amilasa de los cereales y es directamente proporcional a la viscosidad de las muestras de harina. Los valores de FN pueden influir significativamente en la calidad de la miga, ya que los valores bajos son indicativos de una mala calidad de uso final (He et al., 2019)

Según Oyeyinka & Bassey, (2023) los valores del número de caída (FN) en la harina oscilaron significativamente entre 307,50 y 343,50 s. El impacto de la FN en el rendimiento de panificación de la harina de trigo está fuertemente relacionado con la cantidad de almidón dañado. Un nivel moderado de almidón dañado en la harina de trigo permite una fácil hidratación y una mayor susceptibilidad a la hidrólisis enzimática. Sin embargo, el daño excesivo del almidón puede sobre hidratar la masa, acelerar la acción enzimática y provocar un rendimiento de horneado inferior.

2.2.8 Propiedades funcionales de las harinas de trigo

Las propiedades funcionales, son la densidad aparente suelta (LBD), la densidad aparente empaquetada (PBD), la capacidad de absorción de agua (WAC) y la capacidad de absorción de aceite. Según Oyeyinka et al., (2021), se reportan valores de LBD (0.32-0.34 g/mL), para PBD (0.45-0.47 g/mL), también en WAC (2.10-2.90mL/g) y finalmente en OAC (1.30-1.50mL/g).

El WAC de las harinas está influenciado por el contenido de carbohidratos, especialmente el almidón y el contenido de fibra (Oyeyinka et al., 2021)

Las diferencias en el WAC de las muestras de harina también se han atribuido a la variación en el contenido de proteínas (Oyeyinka et al., 2020). Las proteínas pueden unirse a grandes cantidades de agua porque pueden formar enlaces de hidrógeno entre los grupos polares de la cadena polipeptídica y las moléculas de agua (Mohajan et al., 2018)

2,2,9 Propiedades tecnológicas de las harinas de trigo

Según Oyeyinka y Basse (2023) las propiedades alveográficas de las harinas de trigo mostraron que el máximo sobre la presión (P), una medida de la elasticidad de la masa, osciló entre 86 y 105 mm. La abscisa promedio en la ruptura (L), que es una medida de la extensibilidad de la masa, osciló entre 77 y 104 mm, mientras que la relación de P a L (P/L), que indica la relación entre la elasticidad y la extensibilidad de la masa, varió entre 0,89 y 1.28. El índice de hinchamiento (G), que mide el volumen de aire necesario para inflar la burbuja de masa hasta que se rompe, fue muy similar (aproximadamente 21 ml) entre las muestras de harina. Sin embargo, la energía (W) requerida para inflar la burbuja de masa hasta el punto de ruptura fue significativamente diferente entre las muestras.

La prueba del alveógrafo de Chopin utilizada para determinar las propiedades tecnológicas de la harina de trigo es una prueba importante que ayuda a clasificar la harina de trigo para diversas aplicaciones. Además, muchos

proveedores deben proporcionar las propiedades del alveógrafo Chopin de la harina de trigo antes de enviarla al lugar deseado (Liu et al., 2020).

Según Liu et al., (2020) la harina de trigo con un valor W superior a 170×10^{-4} J y con una relación de P a L (P/L) inferior a 0,9 es adecuada para el pan, ya que dichas harinas forman una masa fuerte y elástica y tienen excelentes propiedades panificadoras. Se reportan valores de valores de W ($265,50-387,00 \times 10^{-4}$ J) en harinas para panes.

La composición de la harina influye en las propiedades reológicas y tecnológicas de la harina de trigo. La distribución del tamaño de las partículas de la harina varía significativamente entre las marcas de harina, lo que afecta la absorción de agua y las propiedades reológicas de la masa. El papel del gluten en la calidad del pan, presenta un fuerte impacto en el volumen del pan (Oyeyinka y Basse, 2023).

2.2.10 Características del pan

Las propiedades panaderas del pan obtenido en harinas comerciales de trigo en un proceso tradicional, excepto la densidad de las muestras de pan, que fue muy similar, ($0,22 \text{ g/cm}^3$ - $0,25 \text{ g/cm}^3$) el volumen específico ($4,04-5,02 \text{ cm}^3/\text{g}$) y la pérdida de horneado ($3,35-4,02\%$) fueron significativamente diferentes. El volumen específico de pan está muy influenciado por el peso y el volumen del pan y tiene implicaciones económicas. El gluten contribuye significativamente a las propiedades viscoelásticas de la masa de trigo y estas propiedades son importantes durante la fermentación de la masa y el atrapamiento de dióxido de carbono (Akintayo et al., 2020).

El volumen específico de pan indica la retención final de gas en el pan e influye en las preferencias del consumidor. Por lo tanto, se considera el parámetro más importante en la elaboración del pan. Se reportan datos de volumen específico de $2,03-5,49 \text{ cm}^3/\text{g}$ (Schopf y Scherf, 2021).

2.2.11 Propiedades texturales del pan.

La dureza, también conocida como firmeza, es quizás la propiedad textural más importante del pan. Se utiliza para determinar la calidad del pan y se relaciona con la frescura del pan. Un valor más alto de firmeza del pan está relacionado con la retrogradación y el endurecimiento del pan y se ve afectado en gran medida por el nivel de humedad, la migración de la humedad y la redistribución de la humedad, así como las interacciones gluten-almidón. La correlación negativa de la cohesividad con el contenido de gluten sugiere que cuanto mayor es el contenido de gluten, menos cohesiva es la masa y esto obviamente daría como resultado una masa más adhesiva. Se sabe que el componente gliadina del gluten es muy pegajoso cuando está húmedo y extensible y confiere propiedades adhesivas a la harina de trigo (Oyeyinka y Basse, 2023).

Se ha informado que la hidrofobicidad o hidrofilia de las proteínas del gluten influye en el WAC de la harina de trigo (Schopf y Scherf, 2021). Otro factor que puede influir en el WAC es el tamaño de partícula de la harina (Ortolan et al., 2018).

2.2.12 Mejoradores de masa

Se utilizan numerosos mejoradores de masa solos o en combinación para mejorar la calidad de productos horneados como el pan. Si bien los consumidores modernos exigen una calidad constante, las expectativas sobre los ingredientes han cambiado en los últimos años y se han llevado a cabo reformulaciones para ofrecer opciones de “etiqueta limpia”. Sin embargo, los efectos y mecanismos de los acondicionadores de masa mezclados adecuados para dichos productos horneados no se han resumido sistemáticamente (Dai & Tyl, 2021)

Dai y Tyl, (2021) examinaron las propiedades de la masa y del pan afectadas por diferentes combinaciones de mejoradores, con un enfoque en las interacciones

aditivas o sinérgicas entre enzimas o entre enzimas y ácido ascórbico. Se ha demostrado que la combinación de enzimas que hidrolizan el almidón y los polisacáridos de la pared celular reduce la dureza de la textura en productos horneados frescos y almacenados, como el pan. Las enzimas que hidrolizan los arabinoxilanos, el principal polisacárido no amiláceo del trigo, tienen efectos sinérgicos con las enzimas que dan lugar a la reticulación de los biopolímeros de la harina de trigo. Los efectos de los mejoradores del pan variaron para las harinas de trigo de diferente concentración.

Tradicionalmente, una amplia gama de los mejoradores se ha utilizado en la industria de la panadería para compensar diversas deficiencias de las materias primas, proporcionar calidad constante y prolongar la vida útil. Tales mejoradores pueden ser necesario para una calidad aceptable en productos que son no basados en trigo refinado o tienen para soportar condiciones que pueden afectar la calidad, como ciclos de congelación-descongelación (Tebben et al., 2018a)

Las enzimas se han convertido en una opción popular como mejoradores alternativos (Shelke, 2020), aunque poco se sabe cómo los consumidores perciben su uso. Las enzimas se utilizan a menudo en combinación con otros mejoradores como el vital gluten de trigo o ácido ascórbico (Shelke, 2020).

De hecho, puede ser necesaria una combinación de mejoradores para lograr el resultado deseado. Sin embargo, probar una amplia variedad de mejoradores puede ser engorrosa y sus interacciones no siempre son sinérgicas (Tebben et al., 2020).

También se incluyeron estudios que utilizaron ácido ascórbico en combinación con enzimas, ya que el primero suele formar parte de mezclas mejoradoras aptas para etiquetas limpias (Shelke, 2020).

Se han utilizado varios aditivos incluidos hidrocoloides, emulsionantes y agentes oxidantes o reductores, según lo revisado por Gioia et al. (2017). Además, las

enzimas que se dirigen a los principales polímeros de la harina, que es, amilosa y amilopectina, proteínas formadoras de gluten y arabinoxilanos, pueden utilizarse para influir en la masa y el pan. Pueden producirse mejoras, si ciertos componentes de la harina se hidrolizan parcialmente (por amilasas, lipasas, proteasas y xilanasas), o si otros son polimerizados (por ejemplo, a través de glucosa oxidasa (Gioia et al., 2017).

El uso de un complejo de estos mejoradores de panificación permite aumentar la eficiencia de cada componente debido a la sinergia de su acción. El complejo de mejoradores en dosis medias mostró mejores resultados en cuanto a la calidad del pan, mejoraron los parámetros organolépticos y físicos del pan, aumentando el volumen específico del pan de 2,4 a 4,3 cm³/g, es decir. en 1,8 veces (Zhygunov et al., 2018a).

Fortalecimiento de la masa

Se puede lograr un fortalecimiento adecuado de la masa utilizando lipasas en lugar de emulsionantes tradicionales, como los ésteres diacetiltartáricos de monoglicérido (DATEM) o las sales de sodio o calcio de estearoil lactilatos (SSL/CSL). Las lipasas hidrolizan los lípidos naturales de la harina y la manteca agregada en la interfaz lípido-aire o lípido-agua y los transforman en emulsionantes naturales. Esto produce panes con un resorte de horno mejorado, mayor volumen y floración, y una miga blanca homogénea, sedosa y de grano fino. Las lipasas actúan sobre los triglicéridos, fosfolípidos y glicolípidos, todos ellos presentes de forma natural en la harina como sustrato de la enzima. El resultado de la hidrólisis enzimática de lípidos por la lipasa es la formación de mono y diglicéridos funcionales (Novozymes, 2020).

Fortalecimiento del gluten

En la elaboración de pan comercial, se necesita una fuerte red de gluten para ayudar a retener el gas durante la extrusión de la masa, el laminado, la fermentación y el resorte del horno. El efecto fortalecedor es de vital importancia cuando se utilizan harinas de baja calidad con proteínas formadoras de gluten

débiles. La estructura del gluten se puede fortalecer oxidando los grupos sulfhidrilo en las proteínas del gluten para formar enlaces disulfuro que entrecruzan las proteínas del gluten. Esta oxidación ha sido tradicionalmente favorecida por el envejecimiento de la harina. También se puede obtener utilizando agentes redox como: Azodicarbonamida (ADA) y ácido ascórbico (Novozymes, 2020).

Frescura del pan

Frescura y extensión de vida útil son sinónimos de mantener la suavidad del producto en el tiempo. Esto resulta especialmente complicado en la producción de pan envasado. Los consumidores esperan el producto más fresco en lo que respecta a la textura y sensación en boca del pan envasado. El envejecimiento, que implica la pérdida de frescura de la miga, tiene un impacto económico negativo significativo para los panaderos. Las devoluciones obsoletas pueden consumir porciones del producto total fabricado. Se trata de una cantidad considerable de desperdicio de alimentos que no contribuye positivamente a sus resultados. El endurecimiento del pan incluye una mayor firmeza de la miga, pérdida de elasticidad o resiliencia de la miga fresca y una disminución de la humedad percibida con el tiempo, todos problemas que pueden resolverse con soluciones a base de enzimas (Novozymes, 2020)

Hidrocoloides

Los hidrocoloides suelen ser polisacáridos o proteínas naturales con propiedades multifuncionales y capacidad de retención de agua, que se pueden extraer de la naturaleza. Debido a las características funcionales beneficiosas, como la solubilidad y la mejora de la textura, los hidrocoloides se utilizan como un nuevo tipo de aditivos alimentarios que gradualmente han atraído la atención en la industria alimentaria. Varios estudios han demostrado que los hidrocoloides pueden ser una incorporación de uso potencial en la industria panadera para aumentar la textura del pan, que depende de la estructura de la miga. La adición de hidrocoloides produce productos de panadería con mayor volumen y porosidad, lo que da como resultado un pan más suave y una mejor aceptación

por parte del consumidor. Estudios anteriores también han demostrado que una pequeña cantidad de hidrocoloide incorporado en el pan podría aumentar la humedad, reducir la dureza y ralentizar el proceso de retrogradación del almidón durante el almacenamiento en congelación, extendiendo así la vida útil y retardando el daño por congelación al pan (Kang et al., 2018).

Liu et al., (2020) manifiestan que la retrogradación del almidón ocurre en el proceso de almacenamiento congelado de la baguette precocida, lo que resulta en un fácil envejecimiento y una disminución de la aceptación del consumidor. Se evaluó si el envejecimiento de la baguette precocida podría mejorarse añadiendo goma arábica (AG), alginato de sodio (SA) y goma Sesbania (SG). Se analizaron las propiedades físicas, dinámicas térmicas y microestructurales de la baguette precocida durante el almacenamiento congelado. La adición de hidrocoloide aumentó la humedad de la baguette y retrasó la migración del agua, lo que fue beneficioso para mejorar la formación de masa y la capacidad de gas, dificultar el crecimiento de cristales de hielo y reducir la dureza de la baguette. Estas propiedades fueron más pronunciadas a medida que aumentaban los períodos de almacenamiento bajo congelación. Estos hidrocoloides podrían ralentizar la velocidad de recristalización, lo que redujo el cambio de entalpía y la cristalinidad de la baguette precocida. También se encontró que la baguette incorporada con hidrocoloides tenía una microestructura suave en la miga. En general, estos resultados sugirieron que la incorporación de hidrocoloides mejoró la calidad y el mecanismo anti-envejecimiento de la baguette precocida durante el almacenamiento congelado, lo que puede usarse como mejoradores potenciales para aumentar la estabilidad de la congelación en la formulación de la baguette

Aplicaciones de 0,2% -1% de goma guar (GG) y goma de algarroba (LBG) dieron como resultado masas más fortalecidas. Pero un 0,2%-1% de pectina y glucomanano de konjac (KGM) produjeron una masa más débil. El estudio de interacciones químicas sugirió que la pectina y el KGM inducían un mayor contenido de enlaces químicos. En los estudios de fermentación, se encontró

que la pectina, GG y la goma arábiga (AG) tenían efectos positivos, lo que resultaba en una mayor estabilidad del espacio poroso de la masa y retención de gas. En general, los hidrocoloides a base de polisacáridos con cadena lineal y mayor viscosidad tienen un efecto notable en la mejora de la red del gluten. La interacción entre los hidrocoloides y las proteínas del gluten también fue crucial para las propiedades de la masa, ya que interacciones excepcionalmente fuertes causaron desagregación e inestabilidad de la red del gluten (Li et al., 2019).

Agentes oxidantes:

Ácido ascórbico

Aunque no es una enzima, el ácido ascórbico se utiliza a menudo para un propósito similar al de las enzimas reticulantes, ya que sirve como oxidante en sistemas de masa de pan. Normalmente, el ácido ascórbico es un agente reductor en los alimentos, pero en la masa de trigo se oxida a ácido deshidroascórbico por el ascorbato oxidasa endógena. El ácido deshidroascórbico puede oxidar el tripéptido glutatión, lo que evita que este último termine la polimerización de proteínas, al reaccionar y bloquear así los grupos sulfhidrilo de las gluteninas. Entre las interacciones intermoleculares que estabilizan la red proteica del gluten en la masa de trigo harinero, los puentes disulfuro son de particular importancia, ya que dan como resultado la polimerización de proteínas (Osuna et al., 2018)

Azodicarbonamida (ADA) (E927)

La azodicarbonamida (ADA) es un agente oxidante de acción rápida. Su acción es oxidar el tiol libre, grupos ($-SH$) en las proteínas de la harina y para fortalecer la masa. Esta acción es particularmente eficaz para modificar las propiedades de la masa de harinas de mala calidad, por ejemplo, mejorando el comportamiento de procesamiento y las propiedades de retención de gases. ADA usado en el nivel correcto aumenta el volumen del pan y mejora las propiedades de la miga, pero una sobre dosis deprime la hogaza volumen. La azodicarbonamida es un agente de maduración que se utiliza en las pre mezclas de harina, que proporciona oxidación inmediata cuando se agrega agua. Se consume en la batidora, en las primeras etapas del proceso de horneado. La

azodicarbonamida se agrega en dosis de 10 a 40 ppm en base a la harina (Gioia et al., 2017).

Agentes reductores:

L-cisteína

Reduce la fuerza de la proteína por rompimiento de los enlaces di sulfuros de las cadenas de aminoácidos que forman el gluten. Los beneficios de su uso son la reducción del tiempo de mezclado y del tiempo de fermentación. Su adición depende del contenido de proteínas de la harina y el tiempo de proceso empleado en panificación, la dosis va de 2.5 a 15 g por 50 kg de harina (Dahiya et al, 2020)

Emulsionantes

Los emulsionantes son aditivos comunes utilizados en la panificación y pueden clasificarse según dos funciones principales: (i) ablandadores de migas; y (ii) acondicionadores de masa o reforzadores del gluten. Los monoglicéridos y diglicéridos son los principales ejemplos del primer grupo, mientras que el diacetil tartárico ésteres ácidos (DATA) de mono y diglicéridos (DATEM) y el polisorbato son dos ejemplos del segundo. Los lactilatos pueden clasificarse por tener ambas funciones (Gioia et al., 2017)

Tabla 1: Clasificación, efectos y ejemplos de mejorantes de masa de base química.

Clase de químicos-mejoradores de masa	Propiedades	Ejemplo	Naturaleza	Efectos	Dosis óptima (según harina)
Oxidantes y reductores	Mejora la elasticidad y estabilidad de la masa	Azodicarbonamida (ADA)	Agente oxidante	Oxidar los grupos tiol libres en la proteínas, mejorar el volumen del pan y propiedades de la miga. Modo de acción reacción del sulfhidrilo/disulfuro.	10-40 ppm
	Actúa sobre la proteína del gluten de harina	Ácido ascórbico (E 300)	Agente reductor	Actúa sobre el gluten y la masa para reducir extensibilidad y aumento de la elasticidad, mejor volumen y forma. Enlaces disulfuro entre proteínas	50-200 ppm
		L-cisteína	Agente reductor		

		(E 920)		formadoras de gluten, reduce el número de enlaces cruzados, mejora la maquinabilidad de masa, mezcla y fermentaciones más cortas.	50-300 ppm
Emulsificantes	Suavizadores de migas y acondicionan la masa, fortalece el gluten	Mono y diglicéridos (E471)	Agente anti envejecimiento	Ablanda la miga y mantiene la suavidad durante el inicio de la vida útil	0.2%
		Ésteres del ácido diacetiltartárico (DATOS) de mono y diglicéridos (E472)	Acondicionadores de masa	Da una masa con horneado razonable, fuerte red de gluten extensible, mejora la capacidad de retención del gas, Acondicionadores de masa y auxiliares de aireación, almidón/proteína	0.25 a 0.5%
		Estearoil-lactilato de calcio (E482) y estearoilactilato de sodio (E481)	Agente anti envejecimiento	Mejora retención del gas y vida útil.	0.25 a 0.5%
Hidrocoloides	Modificar la reología y del sistema acuoso. Actúa como estabilizadores, espesantes y gelificantes	Goma xanthan (E415)	Polisacárido aniónico	Mejorar las propiedades reológicas, estabilidad de la masa en fermentación y congelación.	0.1%

Fuente: (Dahiya et al., 2020)

Agentes enzimáticos

Las enzimas son sorprendentes ayudas de procesamiento y pueden usarse para elaborar productos en panaderías de alta velocidad. Se pueden utilizar en entornos de producción que funcionan a entre 100 y 300 piezas de masa por minuto en la divisora. Las panaderías de alta velocidad a menudo producen sistemas de masa en el menor tiempo que requieren estabilidad y maquinabilidad para producir pan y bollos que rindan: Excelente volumen gracias a una producción y retención de gas óptimas. Desarrollo óptimo del gluten con propiedades superiores de manipulación de la masa. Mayor hidratación de la harina con mínima pegajosidad de la masa. Estructura de miga más fina. Color de corteza equilibrado. Cualidades de textura superiores durante una vida útil prolongada. Para obtener estas propiedades se ha desarrollado una amplia

variedad de mejoradores de masa, también conocidos como acondicionadores de masa. Dichos acondicionadores de masa incluyen enzimas, agentes oxidantes, agentes reductores, emulsionantes y gluten vital de trigo (VWG) entre otros (Novozymes, 2020; Motta et al., 2023).

Tabla 2: *Funcionalidad de enzimas en panificación*

Enzima	Funcionalidad
Alfa amilasa maltogénica	Frescura
Alfa amilasa fúngica	Corrección de la harina
Asparaginasa	Reducción de acrilamida
Lipasa	Emulsificación
Lipoxigenasa	Oxidación
Glucosa oxidasa	Fortalecimiento de la masa
Transglutaminasa	Fortalecimiento del gluten
Xilanasa	Acondicionamiento de masa

Fuente: (Novozymes, 2020)

Amilasas

Se investigó el efecto de dos amilasas (amilasa maltogénica y amilasa productora de maltotetraosa) sobre las propiedades reológicas de la harina de trigo, así como sobre la calidad y el envejecimiento del pan parcialmente horneado. Las mediciones reológicas obtenidas con un viscografo mostraron que ambas amilasas redujeron la viscosidad máxima, la viscosidad final y la viscosidad de retroceso de la harina de trigo, mientras que la amilasa productora de maltotetraosa mejoró significativamente el volumen específico del pan fresco. Además, la adición de ambos tipos de amilasas logró reducir la firmeza de la miga y la retrogradación de la amilopectina, debido a su capacidad para hidrolizar parcialmente las moléculas de almidón y generar dextrina de bajo peso molecular, lo que fue confirmado mediante el análisis de la composición de malto oligosacáridos de los panes. Los resultados indicaron que los efectos de la amilasa productora de maltotetraosa fueron más pronunciados que los de la

amilasa maltogénica en términos de ralentizar el envejecimiento del pan (Chen et al., 2021).

El envejecimiento del pan conduce a una menor aceptación por parte del consumidor y, por lo tanto, a grandes cantidades de desperdicio de alimentos y a pérdidas económicas para la industria y los consumidores. En respuesta, se han llevado a cabo investigaciones exhaustivas y se han establecido varias estrategias para reducir el envejecimiento y extender la vida útil de pan. Entre ellos, los enfoques enzimáticos son de particular interés, ya que son ecológicos, biodegradables, eficientes y altamente específicos (Zeeb et al., 2017) Hasta ahora, el enfoque enzimático más exitoso para reducir la tasa de envejecimiento del pan es la aplicación de amilasas. Las amilasas catalizan la escisión de los enlaces 1,4-glucosídicos y, por lo tanto, degradan las moléculas de almidón en dextrina de bajo peso molecular y otras moléculas no ramificadas de cadena corta. Las amilasas se han asociado con un mayor volumen de la hogaza, una mejor estructura de la miga y un impedimento para la producción de almidón. retrogradación. La acción anti endurecimiento de las amilasas puede explicarse por el comportamiento de retrogradación modificado del almidón hidrolizado. Muchas de las cadenas externas de los polímeros de almidón hidrolizado son demasiado cortas para cristalizar, impidiendo así el entrecruzamiento de la amilopectina y dificultando la formación de redes tridimensionales (Chen, Eder, et al., 2021).

Glucosa oxidasa

La glucosa-oxidasa convierte la glucosa (hidrólisis del almidón) y el oxígeno (presente dentro de la masa) en gluconolactona y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). La gluconolactona es natural y convertido espontáneamente en ácido glucónico. El H_2O_2 oxida fácilmente los grupos tiol libres ($-SH$) de proteínas de la masa de harina de trigo, que promueven la formación de enlaces disulfuro ($S-S$) entre la gliadina o glutenina que fortalecen la red de gluten. Por tanto, esta enzima es muy importante para panificación, mejoran la estructura de la miga y el volumen del pan. Sin embargo, las altas dosis de glucosa-oxidasa producen una rigidez

excesiva de la masa, reduce la maquinabilidad y debe evitarse (Putseys & Schooneveld-Bergmans, 2019)

Xilanasa y Pentosanasa

Recientemente, uno de los métodos más comunes en la elaboración de pan para mejorar las propiedades reológicas de la masa, preservar la frescura, reducir la tasa de envejecimiento, aumentar la aceptación del consumidor y la vida útil del pan es agregar enzimas porque son seguras y no tienen ningún efecto negativo sobre los consumidores. Varios estudios han investigado la mejora de las características de la masa y el pan utilizando enzimas. Las enzimas hemicelulasas tienen la capacidad de mejorar las características de manejo de la masa y la calidad del pan. Entre las hemicelulasas, las xilanasas y las pentosanasa son las dos enzimas clave responsables de la hidrólisis de los componentes principales de la hemicelulosa, los xilanos y los pentosanos (Kim & Yoo, 2020)

Mohammadi et al., (2022) investigó el efecto de las enzimas xilanasa y pentosanasa sobre las propiedades reológicas de la masa y el pan baguette. La adición de xilanasa y/o pentosanasa condujo a mejorar las propiedades reológicas de la masa. El uso de 0,2 gr de pentosanasa en 100 g de harina fortaleció significativamente la red de gluten de la masa. Además, este tratamiento tuvo la menor extensibilidad y el mayor índice de resistencia. *El tratamiento que contenía 0,6 g de xilanasa y 0,1 g de pentosanasa en 100 g de harina tuvo un mayor contenido de humedad en el primer, tercer y quinto día de almacenamiento. En cuanto al color de la corteza del pan producido, se encontró que la adición de ambas enzimas en niveles más altos, especialmente en mezclas de enzimas, disminuyó el brillo de la corteza del pan. Debido a las características organolépticas de los panes, la adición de enzimas xilanasa y pentosanasa podría mejorar el volumen y la textura de la miga del pan, pero no se observaron diferencias significativas en la uniformidad de horneado, la forma física, el sabor y el olor del pan.

El efecto de las xilanasas sobre las propiedades de la masa y el pan se debe a la hidrólisis de las cadenas principales de xilano de los arabinoxilanos insolubles en agua, lo que conduce a la liberación de arabinoxilanos solubles en agua (Wang et al., 2017). Los arabinoxilanos solubles en agua podrían estabilizar las células de gas y mejorar la viscosidad de la masa. El rendimiento de esta acción es proporcionar una masa flexible con un manejo más fácil, lo que conduce a un mayor volumen de pan y una mejor estructura de miga (Matsushita et al., 2017).

2.2.13. Análisis sensorial de panes precocidos

Se realizó un análisis del perfil de textura del pan precocido para determinar los principales parámetros de calidad del pan: dureza, elasticidad y suavidad. Sin embargo, el impacto que se considera más significativo es el parámetro de dureza donde los resultados del ensayo de textura (dureza) se incrementó de 8.7 a 17.44 N en panes precocidos almacenados 0 a 70 días a -18°C (Azizah Siti Nur et al., 2024).

Los cambios en la textura del pan ocurren debido a la retrogradación del almidón. El proceso de retrogradación del almidón (amilopectina), que da como resultado una mayor cristalización o disposición molecular de los polímeros del almidón (amilopectina), es la principal causa del aumento de la dureza de la miga. Además, el atrapamiento de parte del agua en los cristales de almidón durante el proceso de retrogradación hace que la distribución del agua en la miga cambie del gluten al almidón (amilopectina), reduciendo así la disponibilidad de agua como plastificante en la matriz del gluten. Esto hace que la textura de la miga se vuelva seca y quebradiza (Debonne et al., 2017; Azizah Siti Nur et al., 2024)

2.3. Marco Conceptual

2.3.1 Calidad de la harina de trigo

Existe una influencia de las propiedades tecnológicas de la harina de trigo en la calidad de varios tipos de productos de pan. Los estudios han demostrado que las diferencias en los indicadores de calidad de la harina de trigo dentro de un

grado (premium) pueden afectar la porosidad, la forma y el color del producto terminado. El valor nutricional del pan se estima por el contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, minerales y otros compuestos biológicamente activos que contiene. Este indicador está influenciado por la calidad de las materias primas utilizadas, incluida la harina. Al mismo tiempo, un producto elaborado con harina con mejores indicadores de calidad tiene un precio más alto, lo que afecta el precio de venta de los panes. En este caso la rentabilidad es del 15 %. Las empresas que producen pan y productos de panadería deben prestar gran atención a las propiedades tecnológicas de la harina de trigo comprada para la producción de diversos tipos de productos de pan. Dentro de un mismo grado, las propiedades tecnológicas son distintas y afectan la calidad del producto terminado (Vinogradov et al., 2022).

2.3.2. El Pan precocido

Las condiciones de procesamiento incluyeron tiempo de precocido (8 y 13 min), temperatura (150, 175 y 200 °C), cantidad de vapor (200 y 600 ml) y temperatura de almacenamiento (temperatura ambiente y congelada) antes de hornear completamente. Se evaluaron el volumen, peso, color de la corteza, espesor de la corteza y textura de miga/corteza de panes precocidos y pan cocidos. La temperatura del precocido mostró el efecto general más significativo sobre la calidad del pan. La influencia del tiempo de precocido se expresó en el peso del pan cocido (final), no en el peso del pan precocido. La temperatura de almacenamiento de los panes precocido tuvo la influencia más significativa en las características de textura de los panes. Sorprendentemente, el volumen de pan precocido y cocido no se vio afectado por el tiempo de precocido, el vapor y la temperatura de almacenamiento (Debonne et al., 2017)

La tecnología Bake-off (BOT) es un método para posponer el proceso de envejecimiento de los productos de panadería. BOT es un proceso de horneado de dos etapas: primero, la masa fermentada se hornea parcialmente para obtener una textura de miga adecuada, una coloración mínima de la corteza y una humedad máxima. Transcurrido el tiempo de almacenamiento, el proceso

de horneado final se realiza al momento de su consumo. El proceso de horneado completo crea el sabor y el color de la corteza (Amiri et al., 2017).

Los resultados muestran que la tecnología Bake-off (BOT) es un método para post-retraso del proceso de envejecimiento de los productos de panadería porque la retrogradación del almidón ocurre de manera inversa durante el horneado completo. El almacenamiento en congelación podría prolongar la vida útil del pan precocido debido a la inactivación del agua libre. La disminución de la capacidad de retención de agua de los componentes junto con el aumento del agua congelable podría aumentar la pérdida de peso por congelación en los últimos meses de almacenamiento. Durante el tiempo de almacenamiento, la reducción de la humedad del pan contribuyó a intensificar la dureza del pan, por lo tanto, este parámetro correspondió inversamente con el contenido de humedad. Además, la reducción de la humedad de las muestras ayudó a formar nuevos enlaces, lo que provocó un aumento de la dureza. En almacenamiento prolongado, los cristales de hielo podrían dañar la textura del pan, por lo que se recomienda que el tiempo de almacenamiento sea inferior a 6 semanas. El almacenamiento congelado tuvo efectos letales sobre los microorganismos, por lo que el crecimiento microbiano del pan congelado fue inferior a 5 log ufc/g y el pan era seguro para el consumo ((Vasafi et al., 2019).

Efecto de las condiciones de precocción sobre las propiedades del pan precocido.

Aunque se observó un mayor volumen de pan para los panes horneados a 200 °C en comparación con 150 °C, una comparación por pares no demostró que la temperatura de horneado desempeñe un papel importante en el volumen de pan precocido. Sin embargo, en el modelo predictivo, la temperatura de precocción fue significativa para completar el volumen del pan. A pesar de una tendencia creciente en el volumen de pan precocido, la diferencia entre el volumen de pan precocido a 175 y 200 °C no resultó ser significativa ($p = 0,210$). Sin embargo, el tiempo de prueba se mantuvo constante a lo largo de los experimentos. Además, se planteó la hipótesis de que la cantidad de vapor influiría en el volumen del

pan, ya que retrasa la formación de la corteza y, por lo tanto, posiblemente prolonga la subida del horno. No se demostró que esta hipótesis fuera significativa en este experimento en el que se probaron 200 frente a 600 ml de vapor ($p = 0,839$). La mayor influencia en el peso del pan precocido podría ser asignado a la temperatura de pre horneado. El aumento de las temperaturas de horneado dio como resultado un menor peso del pan. A temperaturas de horneado más altas, más agua migrará de la miga a la corteza y se evaporará de la superficie del pan. Los pesos más bajos de los panes precocidos se encontraron durante el tiempo de horneado más largo (13 min) a 175 y 200 °C de temperatura de horneado. No se encontró ningún efecto significativo del tiempo de precocido sobre el peso del pan precocido (Debonne et al., 2017).

El horneado final del pan se realizó en 8 min, un tiempo más extenso hasta 13 min, se desarrolla un color cada vez más pronunciado. El color de la corteza del pan depende de las condiciones de horneado, temperatura, tiempo y cantidad de vapor. La adición de vapor durante la fase inicial de horneado tuvo una influencia significativa en el peso del pan precocido, espesor de corteza y color, mayores cantidades de inyección de vapor durante el horneado retrasan la formación de la corteza, dan como resultado una menor evaporación de agua del pan y finalmente un mayor peso final. No se observó ninguna influencia significativa del vapor (Debonne et al., 2017)

Efecto de las condiciones de precocción y almacenamiento sobre las propiedades del pan completamente horneado

El almacenamiento prolongado a temperaturas de congelación del pan a medio cocer también provoca una disminución en la calidad del pan debido a la pérdida de contenido de agua y dureza del pan, El almacenamiento de 0 a 70 días a -18°C provocó el descenso de la humedad de 26.7 a 30% y el contenido de proteína soluble desciende de 1.44 a 1.30%. El incremento en el volumen en la cocción final del pan no es significativo (1.1%) (Azizah Siti Nur et al., 2024)

(Vasafi et al., 2019) realizaron un estudio para evaluar el impacto de la cocción parcial y la congelación sobre la calidad y la estabilidad microbiana del pan plano precocido (Barbari) con el fin de investigar un nuevo proceso de producción y almacenamiento. En esta investigación, las muestras se hornearon en diferentes tiempos de horneado (2, 4, 6, 8, 10, 12 min) y se determinó el tiempo adecuado. Luego, el pan precocido (Barbari) se congeló a -30 °C y se mantuvo a -18 °C durante 4 meses. El tiempo apropiado para la cocción parcial fue de 6 min. Los resultados demostraron que la congelación podría prevenir algunas reacciones químicas y enzimáticas, así como el crecimiento microbiano, al desactivar el agua libre en el pan. No se encontró ningún efecto significativo de la congelación sobre el color de las muestras durante el almacenamiento. Además, la dureza aumentó debido al aumento en la pérdida de peso por congelación, especialmente en el último mes de almacenamiento lo que sugiere que el tiempo de almacenamiento debería ser inferior a 2 meses. La observación confirmó que es posible prolongar la vida útil del pan Barbari de unos pocos días a varios meses mediante el uso de tecnología de precocido (BOT) y método de almacenamiento congelado.

2.3.3. Perfil de textura de panes precocidos

Se realizó un análisis del perfil de textura del pan precocido para determinar los principales parámetros de calidad del pan: dureza, elasticidad y suavidad. Sin embargo, el impacto que se considera más significativo es el parámetro de dureza donde los resultados del ensayo de textura (dureza) se incrementó de 8.7 a 17.44 N en panes precocidos almacenados 0 a 70 días a -18°C (Azizah Siti Nur et al., 2024)

Los cambios en la textura del pan ocurren debido a la retrogradación del almidón. El proceso de retrogradación del almidón (amilopectina), que da como resultado una mayor cristalización o disposición molecular de los polímeros del almidón (amilopectina), es la principal causa del aumento de la dureza de la miga. Además, el atrapamiento de parte del agua en los cristales de almidón durante el proceso de retrogradación hace que la distribución del agua en la miga cambie

del gluten al almidón (amilopectina), reduciendo así la disponibilidad de agua como plastificante en la matriz del gluten. Esto hace que la textura de la miga se vuelva seca y quebradiza (Debonne et al., 2017; Azizah Siti Nur et al., 2024).

2.4. Definición de Términos Básicos

Mejorador de masa en panificación

Componentes de origen biológico o químico que participan en las dos fases del proceso tecnológico de elaboración de panes precocidos, obteniéndose mejores características fisicoquímicas y sensoriales de los productos finales. Están compuestos de agentes oxidantes, reductores, emulsionantes y constituyentes enzimáticos de acción sinérgica (Dai & Tyl, 2021).

Pan precocido

La tecnología del pan precocido, pre-baked bread o bake-off (BOT) es un método para posponer el proceso de envejecimiento de los productos de panadería. El pan precocido es un proceso de horneado de dos etapas: primero, la masa fermentada se hornea parcialmente para obtener una textura de miga adecuada, una coloración mínima de la corteza y una humedad máxima. Transcurrido el tiempo de almacenamiento, el proceso de horneado final se realiza al momento de su consumo. El proceso de horneado completo crea el sabor y el color de la corteza. Transcurrido el tiempo de almacenamiento, el proceso de horneado final se realiza al momento de su consumo. El proceso de horneado completo crea el sabor y el color de la corteza ((Amiri et al., 2017)

Gluten

El gluten de la harina de trigo es responsable de las propiedades viscoelásticas de la masa del trigo, que atrapa el dióxido de carbono producido durante la fermentación y contribuye significativamente a la apariencia, estructura y textura del pan (Akintayo et al., 2020).

Sinergismo en enzimas

Una enzima actúa con uno o varios biocatalizadores de calidad alimentaria en la industria de panificación mejorando las características fisicoquímicas y sensoriales de los panes, ejemplo la interacción de las lipasas con las xilanasas y amilasas incrementa el volumen, firmeza de la miga, suavidad y mayor vida útil (Tebben et al., 2018)

Reología en panificación

En la ciencia de la panificación y los cereales el término reología se define como el estudio de cómo influyen los materiales sólidos, líquidos y semisólidos a deformarse en condiciones estresadas o forzadas (Dahiya et al., 2020)

Propiedades reológicas

Elasticidad: Es el grado en que una porción de masa intentará restaurar su forma original después de que se haya eliminado la fuerza deformante.

Extensibilidad: La capacidad de la masa para cambiar de forma o estirarse. Las presiones de moldeo y laminado intervienen con fuerzas deformantes.

Resistencia a la deformación: Es similar a la suavidad de la masa. La masa deber tener cierta resistencia a la deformidad y sed relaciona con la facilidad de cambio de forma en el moldeo y laminado para evitar el daño a las celdas de gas inestables.

Viscosidad: Es la resistencia de los materiales líquidos a las fuerzas de corte (Dahiya et al., 2020).

Las propiedades reológicas de la masa de trigo dependen en gran medida del contenido y la calidad de la proteína y, más precisamente, de la estructura del gluten, que se forma a partir de la combinación de gliadina y glutenina después de la adición de agua (Wysocka et al., 2024).

Reología empírica

Es la utilizada normalmente para harina refinadas en panificación. La masa es la etapa intermedia más importante en la transformación de los cereales en

diversos productos y está compuesta, esencialmente, de harina y agua. El comportamiento mecánico de la masa influye en las etapas de procesamiento como división, redondeo y moldeado, y puede variar según las diferentes características de los productos finales. Estas son evaluadas por el alveógrafo, farinógrafo Brabender (Lacovino et al., 2024)

Test de aceptación

Los atributos: apariencia visual (pieza entera y cortada), textura, olor, sabor, frescura y aceptación general se evalúan en una escala hedónica estructurada de 9 puntos: 1-me disgusta muchísimo, 2-me disgusta mucho, 3-no me gusta, 4-me disgusta ligeramente, 5-ni me gusta ni me disgusta, 6-me gusta ligeramente, 7-me gusta, 8-me gusta mucho y 9-me gusta muchísimo (Toscano-Palomar et al., 2020; García-Gómez et al., 2022).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis General

La calidad de los panes precocidos depende de las características requeridas de la harina, mejorador de masa y condiciones de proceso.

Hipótesis Específicas

La adecuación de las harinas para panes precocidos por el método químico enzimático mejora los parámetros reológicos de la harina, y produce mejores características físicas (volumen, densidad) y sensoriales de los panes.

El mejorador de masa formulado refuerza los parámetros reológicos de las harinas facilitando el proceso de elaboración y mejorando el volumen y textura de los panes.

Los parámetros determinados del proceso de elaboración de panes precocidos son diferentes al pan tradicional en el: amasado, fermentación, horneado.

3.1.1 Operacionalización de Variables

Definición conceptual de variables

En la presente investigación debido su naturaleza, todas sus variables son de tipo cuantitativo, donde se define Y como dependiente y X1, X2 y X3 variables independientes, estableciendo la relación $Y = f(X1, X2, X3)$.

Variables independientes

X₁= Características de las harinas en panes precocidos: físicas, químicas y reológicas.

X₂= Características del mejorador en panes precocidos: composición y reológicas.

X₃= Parámetros de proceso de panes precocidos.

Variable dependiente

Y= Calidad de los panes precocidos: física, química y sensorial

Operacionalización de variables

La operacionalización de variables se muestra en la tabla 2.

Tabla 3: Operacionalización de Variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Indices	Método	Técnica
Dependiente:		Peso, Volumen, densidad humedad.	g cm ³ g/cm ³ %	Análisis físicos	
Y= Calidad de los panes precocidos	Características físicas				
	Características químicas	Proteínas Grasas Carbohidratos Cenizas	% % % %	Análisis químicos	Experimental
	Características sensoriales	aroma, textura, color, apariciencia	numérico	Análisis sensorial	
Independiente:	Características físicas	Humedad: Gluten	% %	Análisis físicos	
X ₁ =Características de la harina	Características químicas	Proteínas, grasas, Carbohidratos, Cenizas.	% % %	Análisis químicos	
	Características reológicas	Hidratación Tenacidad Extensibilidad. Fuerza Índice de elasticidad	% mm mm Joule % %	Análisis reológico	Experimental
X ₂ =Características del mejorador	Composición	Enzimas Emulsionante Oxidantes Azúcares Hidratación Tenacidad Extensibilidad.	% % % % % mm mm	Análisis físicos	

X ₃ = Parámetros del proceso de elaboración	Características reológicas	Fuerza Índice de elasticidad	Joule %	Análisis reológicos
	Parámetros físicos de las operaciones	Temperatura Tiempo	°C Min	Análisis físicos
	Características físicas del pan	Peso Volumen	g cm ³	Análisis físicos

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño Metodológico

La investigación es aplicada, está basada en los métodos y procedimientos deductivo, correlacional, y analítico.

Según el problema propuesto y los objetivos planteados el enfoque de investigación es cuantitativo, mide fenómenos, hace uso de la estadística y experimentación. El alcance de investigación es descriptivo, identifica y describe las variables. Y correlacional porque explica y cuantifica las relaciones entre variables.

La investigación es experimental, longitudinal comprendió la realización sistemática de:

Determinación de las características de la harina con el acondicionamiento químico enzimático partiendo de seis formulaciones preliminares.

El desarrollo del mejorador de masa a partir de cuatro formulaciones propuestas.

Pruebas de panificación en laboratorio.

Panificación en planta piloto con el mejorador más idóneo.

En cada etapa se realizaron los respectivos análisis fisicoquímico, reológico y sensorial. En la tabla 3 se muestra el diseño experimental.

4.2. Método de la Investigación

Es deductivo porque se estableció un razonamiento ascendente que va de lo particular hasta lo general. De las características de la harina y mejorador de masa alcanzados con la investigación, incorporando los aditivos químicos y enzimas necesarios determinamos la manera en que influyeron en la calidad de los panes precocidos.

Es analítico porque consiste en una desmembración de un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. En la presente investigación observamos primero la naturaleza de la harina de trigo original (sin aditivos), su composición, aspectos reológicos, calidad sensorial y establecer los efectos que pueda tener con el acondicionamiento e incorporación de aditivos y enzimas, así como del mejorador, en la elaboración de panes precocidos.

La investigación es experimental, obtiene datos a través de la experimentación y los compara con variables de control constantes, a fin de determinar las causas y/o los efectos de los fenómenos en estudio. En cada fase o etapa del trabajo empleamos la variable control o testigo para contrastar los resultados obtenidos manipulando las variables de estudio.

Tabla 4: Diseño de la Investigación

Características de la harina		Mejorador de masa	Prueba panificación en laboratorio, evaluación de la calidad de panes precocidos	Panificación Planta Piloto para evaluar la calidad de los panes precocidos
Materia prima	Acondicionamiento			
Harina de trigo para panificación	I. Fase Preliminares T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6	I. Fase Preliminares M1, M2, M3, M4, M5	I. Fase Con harinas tratadas	Determinación de parámetros: Reposo: 3 pruebas Fermentación: 3 pruebas Precocción: 3 pruebas Congelación: 2 pruebas
	II. Fase Selección de 4 tratamientos	II. Fase Selección de 3 mejoradores	II. Fase Con los mejoradores	Descongelación: 2 pruebas Cocción final: 3 pruebas
	III. Fase Selección del tratamiento óptimo	III. Fase Selección mejorador óptimo		
	Análisis Composición química Análisis fisicoquímico Microbiológico Sensorial	Reológico: Alveogramas	Reológicos: Alveogramas y Consistogramas	Físicos: Peso, volumen y volumen específico Sensorial: Color y textura corteza	Físicos: Peso, volumen y volumen específico Sensorial: Color, textura corteza, apariencia

Comentario: La primera fase del acondicionamiento de la harina es con insumos químicos y enzimáticos, genera la maduración de la harina y la segunda fase el desarrollo de mejoradores de masa para la elaboración de panes precocidos

4.3. Población y Muestra

Población.

La población se determinó por la producción diaria de harina panadera de la Empresa Alicorp (antes Industrias Teal S.A.) en un turno de producción de 5 toneladas métricas.

Muestra

Se determinó el tamaño de muestra según la formulación mencionada, de harina, representativa y homogénea de la población que cumpla la Norma Técnica N°205.027 de harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.

$$n = \frac{(K^2)(p)(q)(N)}{[E^2(N - 1)] + (K^2)(p)(q)}$$

Se considero las siguientes variables:

n= Tamaño de la muestra

K= Constante de confiabilidad dada por el nivel de sigma-Tabla de distribución normal = 1,96

p= Porcentaje estimado que representa el nivel de confianza = 0,5.

q= Probabilidad en contra = 0,50.

N= Tamaño de la población = 5000 kilos

E= Error estimado permitido (6%) = 0,06.

El valor de n = 253,31kilos de harina.

Para la presente investigación la muestra fue obtenida por el método probabilístico, simple (al azar) obtenida periódicamente durante el turno de trabajo siendo la unidad de muestreo, representativa de las características de la harina de la producción total.

4.4. Lugar de estudio y periodo de desarrollo

Se realizó en los Laboratorios Granotec Perú S.A. y Deltagen del Perú S.A. en un tiempo de 6 meses para la obtención de las pruebas de harina y mejorador de masa

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Las técnicas para la información documental, las fuentes secundarias fueron utilizadas para obtener información teórica, siendo asistido por bibliotecas, internet y otros tipos de fuentes de información. Toda esta información se obtuvo a través del uso de libros, revistas, manuales, publicaciones, normas técnicas peruanas, las cuales se sintetizaron las informaciones obtenidas a través de fichas textuales, bibliográficas, comentarios, resumen y hemerográficas, que permitió obtener información ordenada, coherente, relacionada al tema de investigación. Las técnicas e instrumentos para la recolección de información de campo se llevaron a cabo siguiendo las siguientes etapas:

Composición química de la harina

- Determinación de humedad
- Método N° 44-15 de la AACC (2010).
- Determinación de proteína
- Método N° 46-12 de la AACC (1995).
- Determinación de grasa
- Método 44-15 de la AACC (2000).
- Determinación de carbohidratos.

Por diferencia

- Determinación de fibra total
Se determinó por el método de la AOAC 985.29.
- Determinación de cenizas
Método N° 08-01 de la AACC (2000).

Análisis fisicoquímico de la harina

Determinación de acidez total

Método 10-09.01 del AACC (2010), por neutralización con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador.

Determinación de gluten húmedo y seco. Método 38-12 AACC (1995).

Ayuda a comprender el contenido de gluten en la harina y, por lo tanto, la selección de harina según el producto a fabricar. El método consistió:

Se amasaron 25 gramos de harina con unos 15 ml de agua para hacer una bola de masa. Se dejó sumergir la bola de masa en agua durante una hora para asegurar la hidratación. Después de esto, el almidón se lavó amasando suavemente en un suave chorro de agua sobre un colador fino de seda hasta que el líquido lavado sea claro. El gluten cohesivo obtenido se prensó lo más seco posible y luego fue pesado. El gluten húmedo así obtenido se seca luego a 100°C durante 24 h. y se volvió a pesar para obtener el valor del gluten seco. Los niveles están entre 22 y 30 % para gluten húmedo y de 8 a 14% en gluten seco.

Determinación de actividad alfa-amilásica: Índice de caída (ICC Standard Nº107/1 - AACC Nº 56-81).

Se realizó usando el almidón de la muestra como sustrato. El método se sustenta en la rápida gelatinización de una suspensión de harina, en un baño María y en la medición del tiempo de licuefacción de almidón contenido en la muestra por acción de la alfa-amilasa.

Valor de sedimentación. Método 56-60 AACC 2000.

La prueba de sedimentación proporciona información sobre la cantidad de proteína y la calidad de las muestras de harina y trigo molido. Correlaciones positivas se observaron entre el volumen de sedimentación y la concentración del gluten o atributos de volumen de pan. El método comprendió:

Se realizó el pesado de una pequeña muestra de harina o trigo molido (3,2 gramos), colocados en probetas graduadas con tapón de vidrio de 100 mililitros.

Se adicionó agua (50 mililitros) al cilindro y se mezcló durante 5 minutos.

Se añadió una solución de ácido láctico al cilindro y se mezcló durante 5 minutos.

El cilindro se retiró del mezclador y se mantuvo en posición vertical durante 5 minutos.

Se registró el volumen de sedimentación.

Los valores de sedimentación pueden estar en el rango de 20 o menos para trigo bajo en proteínas con gluten débil a tan alto como 70 o más para trigo rico en proteínas.

Métodos de ensayo microbiológicos de la harina

- Recuento de mohos y levaduras. Método AOAC 17.2.09
- Recuento de Enterobacterias: Método LM-01
- Recuento de Bacillus cereus: Método ICMS F I-78
- Detección de Salmonella: Método AOAC 2001.06.

Pruebas reológicas de la harina para panes precocidos

Fueron realizados en el Laboratorio de Granotec Perú, contando con los equipos de reología y control de calidad de harina de trigo.

Determinación de los alveogramas

Fue llevado a cabo utilizando el método ICC-Standard N° 121. La determinación de las pruebas alveográficas a hidratación constante se utilizó el alveógrafo Chopin, modelo NG (Granotec, 2016).

Se utilizó 250 g de harina por muestra y se adicionó una solución de NaCl al 2.5% con agua destilada llegando a un 50% de hidratación. Se da inicio al amasado incorporando la solución salina, después de 1 min se detiene la amasadora para la limpieza interior de sus paredes, 60 segundos. Se cierra la tapa y se puso a funcionar nuevamente por 6 min. Después de 8 min en total se detiene y se extrae la masa.

Se extrae cinco trozos de masas sin detener el motor. Con cada parte se laminó y obtuvo un disco que se puso en una cabina con termostato (25°C) del equipo.

Después de reposo de 28 min se colocaron en una platina, para formarse una burbuja por el insuflado de aire en el interior (simula la deformación e la masa por producción de gas en reposo), hasta la rotura de la burbuja donde concluye la prueba. Se repitió así por quintuplicado obteniéndose cinco curvas.

Los parámetros reportados fueron:

Tenacidad (P):

Es la máxima presión alcanzada al insuflar aire a la masa hasta su ruptura, medida en milímetros. También se define como la capacidad de resistir a la deformación.

Extensibilidad (L)

Es la longitud de la curva medida en mm. Se genera hasta la ruptura de la burbuja (volumen máximo). Se relaciona a la capacidad de retención de gas durante la fermentación.

Fuerza de la harina (W)

Medida por el área bajo la curva, representa el trabajo de deformación para la extensión de un gramo de masa hasta su ruptura, expresada en 10^{-4} Julios. Nos correlaciona que a mayor proteína en la harina mayor es el área del alveograma.

Relación de configuración de la curva (P/L)

Relación de equilibrio entre tenacidad y extensibilidad. Nos da referencia del tratamiento adecuada a la harina.

Índice de elasticidad

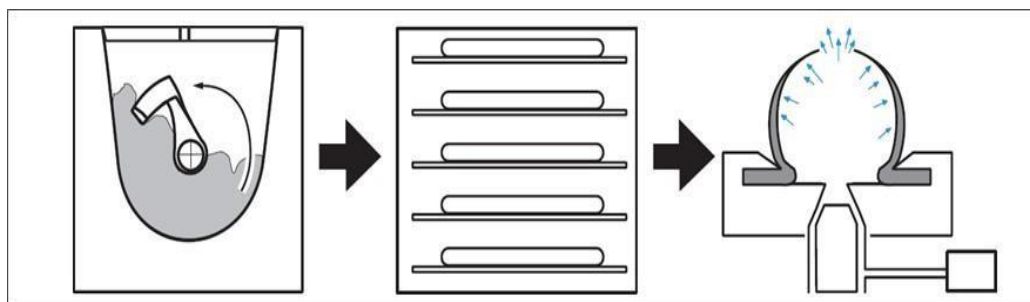
I.e.= P_{200} / L (P_{200} : presión $L=40$ mm).

Figura 1: Alveo - Consistógrafo de Chopin. Modelo NG



Fuente: Granotec Perú (2016)

Figura 2: Protocolo standars en el alveógrafo e hidratación constante



Amasado
t = 8min
24°C

Reposo
t = 20 min
25°C

Hinchamiento
20°C
65% HR

Fuente: Granotec Perú (2016)

Determinación de los consistogramas

Se realizó utilizando el consistógrafo desarrollado a partir del alveógrafo, equipo que mide la presión de una masa de harina de trigo teniendo en consideración su contenido de humedad, aplicado un sensor sobre una de las paredes de la amasadora. Los brazos de la amasadora impulsan la masa sobre el sensor. A través de una hidratación constante se obtiene una presión máxima que está en relación con el potencial de absorción de agua de la harina. Esta hidratación adaptada se conoce como HIYDRA y comprende dos etapas:

Consistógrafo con hidratación constante HC: mide la presión máxima (Pr Máx) que está relacionada con la absorción de agua a nivel de la consistencia deseada.

Consistógrafo con hidratación adaptada HA: nos permite mantener la consistencia durante el tiempo de prueba en la mezcladora del consistógrafo y evaluar el comportamiento de la masa durante el mezclado. Los parámetros que se evalúan son:

Pr Máx, parámetro principal, está directamente relacionado con la capacidad de absorción de agua en la harina.

T Pr Máx, tiempo necesario para alcanzar el Pr Máx, donde la harina forma la masa y adquiere la consistencia óptima.

Tol, Tiempo durante el cual la masa mantiene un cierto nivel de consistencia.
D₂₅₀, D₄₅₀, Debilitamiento de la masa a 250 segundos y 450 segundos, resistencia de la masa al mezclado.

HYD: hidratación equivalente a 2200 mb en base a 15% de H₂O (Perú, 2016).

Tratamiento de la harina para panes precocidos

Formulaciones

Pre selección y selección a partir de 6 formulaciones propuestas.

Evaluación de las formulaciones: Alveogramas Determinación de los parámetros.

Prueba de laboratorio de panificación de las formulaciones.

Determinación de peso, volumen y volumen específico.

El volumen se determinó por el método modificado 10-05 de la AACC (2010), por desplazamiento de semillas de alpiste. Se deposita llenado completamente una probeta de 2000 ml con semillas de alpiste, luego se coloca la pieza de pan y la cantidad de semilla que se derrama se mide en una probeta de 250 ml.

El volumen específico fue calculado dividiendo el volumen del pan (ml ó cm³) sobre su masa (g).

Desarrollo de los mejoradores para panes precocidos

Formulaciones

Para establecer las formulaciones se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones: Función específica de cada aditivo. Nivel de dosis recomendado de aditivos y Balanceo de los aditivos.

Evaluación de las formulaciones

Se realizó teniendo en cuenta dos aspectos importantes: Pruebas reológicas: Basado en los consistogramas.

Prueba de laboratorio en panificación de las formulaciones de mejoradores de panificación precocidos. Método directo-ICC - Standard N° 131. Se realizó elaborando pan de molde.

Pruebas sensoriales a través de la prueba de valoración en los panes precocidos.

Proceso de elaboración de panes precocidos

Se determinaron los parámetros del proceso de elaboración

Evaluación de panes precocidos

Composición química de los panes precocidos.

Determinaciones fisicoquímicas de los panes precocidos.

Evaluación sensorial de los panes precocidos

Instrumentos de recolección de la información

Materiales y equipos de laboratorio

Materiales de vidrio: pipetas, buretas, vasos, Erlenmeyer, otros.

Equipo Kjeldahl, marca VELP SCIENTIFICA Equipo Soxhlet, marca FOSS, modelo SOXTEC

Estufa, marca Blue-M, modelo SW-17TC-1, Serie SW-1990. Mufla, marca Thermolyne, Serie 34703484

Glucomatic. Marca Perten modelo 2200. Falling number. Marca Perten modelo FN 1900.

Alveo- consistógrafo. Marca Chopin modelo 901003. pH metro digital, Marca Hach, Modelo EC20.

Reactivos en análisis químicos

Para la determinación de proteínas, grasas, acidez titulable

Materiales y equipos para procesamiento de panes

Materiales: termómetro, utensilios, moldes, otros. Equipos:

Amasadora de 25-40 kg de capacidad NOVA

Cámara de fermentación marca NOVA, modelo MAX 1000. Horno rotatorio por convección marca NOVA modelo MAX 1000. Cámara de frío

Balanza digital capacidad 5 kg.

4.6. Análisis y Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de datos de la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento:

Se ordenó y tabularon los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos, reológicos y de evaluación sensorial.

Se calcularon los porcentajes de los análisis químicos obtenidos. Se calcularon los parámetros reológicos.

Se aplicaron la estadística descriptiva para los resultados del análisis sensorial en los panes precocidos utilizando el software Minitab 18 en la

determinación del análisis de varianza, Tukey y en la aplicación del diseño factorial.

4.7. Aspectos éticos en Investigación

El desarrollo de la investigación se realizó acorde a las especificaciones establecidas en la Directiva N°004 -2022-R. Se garantiza la confiabilidad y veracidad en el reporte de los datos. Asimismo, se respeta los derechos de autor en las citas y referenciación según la norma ISO 690.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

5.1.1. Composición química, análisis fisicoquímico, reológico, microbiológico y sensorial de la harina

Se reportan los resultados sobre la caracterización físico química, reológica, microbiológica y sensorial de la harina que se utilizó para su posterior tratamiento químico enzimático. Los resultados se observan desde la tabla 5 al 9.

Tabla 5: *Composición química de la harina de trigo*

Producto	Energí aKcal	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Carbohidratos %	Fibra %	Cenizas %
Harina especial	342	14.90	11.6	0.91	72.04	0.6	0.55

Tabla 6: *Análisis fisicoquímico de la harina de trigo*

Producto	Gluten seco %	Gluten húmedo %	Actividad diastática	Índice de sedimentación cm ³
Harina especial	10.1	29.6	360	40

Tabla 7: *Calidad microbiológica de la harina de trigo*

Análisis	Resultados
Recuento De mohos y levaduras	8 x10 ufc/g
Recuento de Enterobacterias	4 x10 ufc/g
Recuento de Bacillus cereus	<102 ufc/g
Detección de Salmonella	Ausencia/25g

Tabla 8: Calidad sensorial de la harina de trigo

Características	Resultados
Aspecto	Polvo fino fluido, libre dematerias extrañas
Olor	Característico
Sabor	Suave característico

Tabla 9: Alveograma de la harina especial sin aditivos

Alveograma	Unidad de medida	Resultado*
Tenacidad (P)	mm	92
Extensibilidad (L)	mm	71
(Ex)		18.8
Fuerza de la harina (W)	10 ⁻⁴ J	272
P/L		1.30
Índice de elasticidad (Iec)	%	67.4
Hidratación (HYDRA)	%	55.4

(*) Cinco lecturas realizadas

5.1.2. Tratamiento químico enzimático de la harina de trigo

Se muestran los resultados del acondicionamiento de la harina, disponible para el proceso de panificación. Se establecieron inicialmente 6 formulaciones (tabla 10), luego se seleccionaron 4 (tabla 11), se determinó los alveogramas, las pruebas de panificación y análisis sensorial siendo el tratamiento T₄ con mejor calificación (tabla 12 a 16). En la tabla 17 el complejo enzimático recomendado.

Formulación, selección y evaluación de tratamientos

Tabla 10: *Formulación de los tratamientos de la harina*

Insumos	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆
mg/kg							
Ácido Ascórbico	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
ADA	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Alfa amilasa	0.00	15.00	15.00	17.50	17.50	15.00	17.50
Xilanasa	0.00	30.00	40.00	35.00	40.00	50.00	55.00
Glucosidasa	0.00	20.00	20.00	30.00	35.00	40.00	40.00
Total	70.00	135.00	145.00	152.50	162.50	175.00	182.50

Tabla 11: *Selección de cuatro tratamientos de testigos*

Componente	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
(ppm. ó mg/kg)					
Ácido ascórbico	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
ADA	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Alfa amilasa		17.50	17.50	15.00	17.50
Xilanasa		35.00	40.00	50.00	55.00
Glucosa oxidasa		30.00	35.00	40.00	40.00
Total	70.00	152.50	162.50	175.00	182.50

Pruebas reológicas en el tratamiento de la harina

Tabla 12: Alveograma de los tratamientos con aditivos en la harina

Alveograma**	Unidad de medida	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
P	mm	92	123	123	115	115
L	mm	71	36	43	47	49
Ex		18.8	13.3	14.7	15.3	15.5
W	10 ⁻⁴ J	272	207	240	242	249
P/L		1.30	3.43	2.85	2.43	2.37
lec	%	67.4	60	63.2	65.8	65.3
HYDRA	%	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4

(*) Cinco lecturas realizadas

(**) Significado de parámetros (ver tabla 9).

Prueba de panificación empleando harinas tratadas con aditivos.

Tabla 13: Prueba de panificación de tratamiento de las harinas con aditivos

Prueba: Pan francés	Harina especial + Aditivos				
Muestras	1	2	3	4	5
Tratamientos	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Harina (g)	500	500	500	500	500
Agua (g)	305	305	305	305	305
Azúcar (g)	10	10	10	10	10
Levadura (g)	5	5	5	5	5
Manteca (g)	10	10	10	10	10
Sal (g)	10	10	10	10	10
Tiempo de mezcla (5min15s)	5, 15	5,15	5,15	5,15	5,15
Absorción de agua (%)	61	61	61	61	61
Peso de la masa (g)	834	836	832	830	835
Temperatura de masa (°C)	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6
Textura de la masa: firme a suave (1-5)	1	1 a 2	1 a 2	3	3
Cámara (°C)	30	30	30	30	30
Primer reposo (min)	30	30	30	30	30
Reposo en tabla (min)	30	30	30	30	30
Desarrollo(min)	40	40	40	40	40
Peso masa de pan (g)	50.0	51.0	51.0	50.0	50.0
Temperatura horno (°C)	225	225	225	225	225
Tiempo de horneado inicial(min)	12	12	12	12	12
Peso pan precocido (g)	47.90	47.04	48.12	46.02	46.14
Volumen pan precocido(cm ³)	216	218	223	258	259
%	100	100	116.05	118.34	119.9
Volumen específico pan precocido (cm ³ /g)	4.50	4.63	5.25	5.60	5.61
Tiempo de horneado final (min)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Peso del pan cocido (g)	42	42	43	42	42
Volumen del pan (cm ³)	213	217	251	255	256
	100	100	115.7	117.51	112.9
Volumen específico (cm ³ /g)	5.07	5.17	5.84	6.07	6.09
Del pan precocido:					
Color de la corteza (1-9)	5.25	5.83 marrón claro =1	6.00 R crema =5	6.33	6.42 blanco= 9
Textura de la corteza (1-9)	5.33	6.00 lando = 1	6.17 R = 5	6.67 firme =9	6.75

Evaluación sensorial de panes precocidos con harinas tratadas.

Tabla 14: Prueba sensorial del color de panes precocidos con harinas tratadas

Panelistas	Muestras de panes precocidos				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	5	6	7	7	6
2	5	6	5	6	6
3	5	6	6	7	7
4	6	6	5	6	6
5	5	5	6	6	6
6	5	6	6	6	7
7	5	6	6	6	6
8	5	5	6	6	6
9	5	6	6	6	7
10	6	7	7	7	7
11	5	6	6	6	7
12	6	5	6	7	6
Suma	63	70	72	76	77
Promedio	5.25	5.83	6.00	6.33	6.42

Tabla 15: Prueba sensorial de textura en corteza de panes precocidos con harinas tratadas

Panelistas	Muestras de panes precocidos				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	5	6	7	7	7
2	5	6	5	6	7
3	5	6	6	7	7
4	6	6	5	7	6
5	6	5	6	7	7
6	5	6	7	6	7
7	5	6	6	7	6
8	5	5	6	7	7
9	6	6	6	6	7
10	6	7	7	7	7
11	5	6	6	6	6
12	5	6	7	7	7
Suma	64	72	74	80	81
Promedio	5.33	6.00	6.17	6.67	6.75

Formulación óptima con inclusión de complejo enzimático para el tratamiento de la harina

Tabla 16: *Formulación óptima para el tratamiento de la harina*

Componentes	Cantidad mg/kg
Ácido ascórbico	30.00
Azodicarbonamida (ADA)	40.00
Complejo enzimático	112.50
Total	182.50

Complejo enzimático para el tratamiento de la harina

Tabla 17: *Complejo enzimático para el tratamiento de la harina*

Componentes	Cantidad mg/ kg
Alfa amilasa	17.50
Xilanasas	55.00
Glucosa oxidasa	40.00
Total	112.50

5.1.3. Mejoradores de masa de panes precocidos

Los resultados obtenidos se reportan desde la propuesta de 5 formulaciones iniciales, luego fueron preseleccionados 3 formulaciones (tablas 18 y 19). Se obtuvieron sus valores reológicos en los alveogramas y consistogramas (tablas 20 y 21). Seguidamente los resultados de la prueba de panificación (tabla 22), para finalmente contar con los datos de las pruebas sensoriales (tablas 23, 24 y 25).

Formulación y pre selección de mejoradores de masa

Tabla 18: *Formulaciones de mejoradores de masa en 50 kg. de harina*

Insumos (g)	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Alfa amilasa	1.80	2.0	2.45	2.62	2.62
Xilanasa	0.20	0.20	0.22	0.22	0.22
Glucosidasa	0.27	0.26	0.25	0.25	0.20
Ác. ascórbico	2.00	2.30	2.37	3.75	7.0
ADA puro	1.80	1.80	2.00	1.60	1.85
ABITEM*	0.00	0.00	100.00	200.00	250.00
CaCO ₃	246.96	246.72	146.23	45.65	0.00
Harina especial	246.97	246.72	246.48	245.65	238.10
Total	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00

(*) *Emulsionante*

Tabla 19: *Pre selección de tres mejoradores de masa en 50 kg de harina*

Componentes (g)	M ₃	M ₄	M ₅
Alfa amilasa	2.45	2.62	2.625
Xilanasa	0.22	0.22	0.22
Glucosa oxidasa	0.25	0.25	0.20
Ácido ascórbico	2.37	3.75	7.00
ADA puro	2.00	1.60	1.85
ABITEM	100.00	200.00	250.00
CaCO ₃	146.23	45.65	0.00
Harina Especial	246.48	245.91	236.10
Total	500.00	500.00	500.00

Pruebas reológicas con la harina y mejoradores de masa

Tabla 20: Alveograma de la harina y mejoradores de masa

Alveograma	Unidad de medida	M ₀	M ₃	M ₄	M ₅
P	mm	71.00	121.00	109.15	115.00
L	mm	95.00	54.00	59.00	57.00
Ex		21.70	16.30	17.10	16.80
W	10 ⁻⁴ J	243.00	280.00	278.00	279.00
P/L		0.75	2.24	1.85	2.01
lec	%	61.90	64.20	67.80	67.10
HYDRA	%	55.40	55.60	55.70	55.60

(*) M₀ = testigo, solo harina

Tabla 21: Consistogramas de la harina y mejoradores de masa

Consistogramas*	Unidad de medida	M ₀	M ₃	M ₄	M ₅
HYDRA	%	55.4	53.7	55.7	53.5
Pr máx.	mb	2132	2176	2210	2271
T.Pr. máx.	s	130	116	145	118
Tol	s	182	184	198	176
D250	mb	476	505	356	556
D450	mb	1029	1093	975	1171
WAC b/s	%	56.5	56.0	58.2	56.4

(*) HYDRA: hidratación a 15% humedad; Pr máx: presión máxima;

T.Pr. máx: tiempo a presión máxima; Tol: tolerancia; D₂₅₀ y D₄₅₀:

debilitamiento de la masa.

Prueba de panificación empleando mejoradores de masa

Tabla 22: Prueba de panificación con los mejoradores de masa

Pan de molde precocido	Tratamientos			
	M ₀	M ₃	M ₄	M ₅
Mezcla (min)	5.15	4.30	4.32	4.20
Absorción de agua (%)	61	61	61	61
Peso de masa (g)	850	856	857	857
Temperatura de masa (°C)	28.0	27.8	27.2	27.6
Textura de masa (pegajoso- firme)	5	4-5	4-5	3-4
Cámara (°C)	30	30	30	30
Desarrollo (min)	115	115	115	115
Peso masa de pan (g)	160	160	160	160
Temperatura de horno (°C)	200	200	200	200
Tiempo horneado inicial (min)	13.5	13.5	13.5	13.5
Peso pan precocido (g)	148.8	148	149	149
Volumen pan precocido (cm ³)	780	790	879	905
Volumen específico (cm ³ /g)	5.24	5.33	5.89	6.07
Tiempo horneado final (min)	7	7	7	7
Peso pan cocido (g)	142	142	143	142
Volumen pan cocido (cm ³)	760	787	885	909
Volumen específico (cm ³ /g)	5.35	5.54	6.18	6.40
Color de corteza (marrón:0-blanco:9)	5.00	4.83	5.92	6.08
Textura de corteza (blando:9-duro:0)	5.00	5.33	6.42	6.17

Evaluación sensorial de panes con mejoradores de masa

Tabla 23: Prueba sensorial del color de panes precocidos con mejoradores

Panelistas	M ₀	M ₃	M ₄	M ₅
1	5	5	7	6
2	5	4	5	5
3	5	5	6	6
4	5	4	5	6
5	5	5	6	6
6	5	5	6	7
7	5	5	7	6
8	5	5	5	6
9	5	5	6	6
10	5	5	6	6
11	5	5	6	7
12	5	5	6	6
Promedio	5.00	4.83	5.92	6.08

Tabla 24: Prueba sensorial de textura (miga) de panes precocidos con mejoradores

Panelistas	Muestras de panes precocidos			
	M ₀	M ₃	M ₄	M ₅
1	5	6	7	6
2	5	5	7	7
3	5	5	6	6
4	5	4	6	6
5	5	5	6	6
6	5	6	7	7
7	5	5	6	6
8	5	6	8	7
9	5	5	6	6
10	5	5	6	6
11	5	6	6	5
12	5	6	6	6
Suma	60	64	77	74
Promedio	5.00	5.33	6.42	6.17

Tabla 25: Prueba sensorial de textura de corteza de panes precocidos con mejoradores

Panelistas	Muestras de panes precocidos			
	M0	M3	M4	M5
1	5	5	6	6
2	5	5	6	7
3	5	6	7	6
4	5	5	7	7
5	5	5	6	6
6	5	6	7	6
7	5	5	6	6
8	5	6	8	7
9	5	5	6	6
10	5	5	7	7
11	5	6	6	6
12	5	5	7	6
Suma	60	64	79	76
Promedio	5.00	5.33	6.58	6.42

5.1.4. Elaboración de panes precocidos con mejorador M₄

Se reportan los resultados de los parámetros del proceso de elaboración de panes precocidos incluyendo las pruebas sensoriales, microbiológicas y de composición química de los productos obtenidos. Podemos observar desde la tabla 26 hasta el 40. En la figura 4 presentamos el flujo de proceso de elaboración de panes precocidos a nivel piloto.

Formulación

Se utilizó la formulación con mejorador (M₄) aplicando el término valor panadero para 20 kg de harina.

Pesado de ingredientes

Se realizó el pesado de ingredientes en base a la formulación M₄.

Amasado

El tiempo para 34.2 kg de masa fue 5.0 min con velocidad de 1600 rpm.

Reposo

Se ensayaron 4 tiempos de reposo 10, 15, 25 y 35 min a 21°C, y se aplicó la prueba de valoración de textura que se observa a continuación.

Tabla 26: *Relación de temperatura y tiempo con la textura de masa en reposo*

Temperatura(°C)	Tiempo (min)	Puntaje deTextura*
21	10	3.20
21	15	3.40
21	25	4.80
21	35	4.00

Tabla 27: *Prueba sensorial de textura de masas en reposo*

Panelistas	Tiempo de reposo			
	A	B	C	D
1	3	4	5	4
2	3	4	5	4
3	3	3	5	4
4	3	3	5	4
5	4	4	4	5
6	3	4	5	4
7	3	3	5	5
8	3	3	4	3
9	4	3	5	4
10	3	4	4	3
11	3	3	5	4
12	3	3	5	4
Suma	38	41	57	48
Promedio	3.2	3.4	4.8	4.0

(*) A= 10 min B= 15 min C= 25 min D= 35 min

División y pesado

La masa se dividió y peso en porciones de 160 g cada una.

Moldeado

Las masas fueron formados y colocados en moldes metálicos.

Fermentación

Los resultados de las pruebas de fermentación con humedad relativa constante de 75% y diferentes temperaturas se muestran a continuación.

Tabla 28: *Relación de temperatura y tiempo con apariencia general en masas fermentadas*

Temperatura(°C)	Tiempo(min)	Aparienciageneral*
24	165	3.40
26	145	3.67
28	130	4.60
30	120	4.57

(*) Test sensorial de valoración, puntaje: 1=deficiente; 2=bajo; 3=regular; 4=bueno; 5=excelente volumen y estable).

Tabla 29: *Test sensorial de apariencia general de masas fermentadas a 24,26,28 y 30 °C*

Panelistas	Temperatura de fermentación			
	A	B	C	D
1	3	4	4	5
2	4	4	5	5
3	3	3	4	4
4	4	3	5	5
5	3	3	4	4
6	4	4	5	5
7	4	3	5	4
8	3	4	4	5
9	3	5	4	5
10	3	4	5	4
11	4	4	5	5
12	3	3	5	5
Suma	41	44	55	56
Promedio	3.41	3.67	4.58	4.67

Precocción

En primer término, la precocción se realizó a 4 niveles de temperatura por un tiempo determinado hasta que se forme la corteza del pan y el color de la corteza sea blanco homogéneo.

Tabla 30: *Relación de temperatura y tiempo con el color de corteza de panes precocidos*

Muestra	Temperatura(°C)	Tiempo(min)	Calificación del colorcorteza*
A	180	13.50	4.10
B	200	12.50	4.30
C	210	12.30	4.42
D	220	12.00	4.50

(*) *Test sensorial de valoración, puntaje: 1= marrón oscuro; 2= marrón; 3=marrón claro; 4=crema 5= blanco homogéneo.*

En la segunda parte se estableció un diseño experimental para evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de precocción sobre el volumen del pan precocido.

Tabla 31: *Diseño Experimental: Efecto de temperatura y tiempo de precocción en el volumen del pan precocido (I, II, III)*

FACTOR		Combinación de tratamiento	RÉPLICA (cm ³)		
A	B		I	II	III
.	-	A bajo, B bajo	875	878	870
+	-	A alto, B bajo	918	915	920
-	+	A bajo, B alto	891	895	894
+	+	A alto, B alto	916	914	918

Factores: A (180°C, 200°C, 210°C, 220°C), B (13.5min, 12.5min, 12.3min, 12min)).

Enfriado

Se realizó a 21°C por 30 minutos, retirándose previamente los moldes metálicos.

Tabla 32: *Peso, volumen y volumen específico de panes precocidos*

Temperatura de horneado (°C)	Tiempo (min)	Peso ¹ (g)	Peso ² (g)	Volumen (cm ³)	Volumen específico (cm ³ /g)
180	13.50	160.05	149.00	888.0	5.95
200	12.50	160.04	148.80	890.0	5.98
220	12.00	160.02	148.90	891.9	5.99

Envasado

Se llevó a cabo en bolsas de polietileno de alta densidad.

Congelación

Se realizó a -20°C con ensayos de 70 a 85 minutos.

Tabla 33: *Peso, volumen y volumen específico de panes precocidos congelados*

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Tiempo (min)	Peso (g)	Volumen(cm^3)	Volumen específico(cm^3/g)
-20	70	148.80	871	5.85
-20	85	148.08	867	5.86

Conservación

Se realizó manteniendo la temperatura a -20°C por 30 días de almacenamiento.

Tabla 34: *Peso, volumen y volumen específico de panes precocidos almacenados 30 días a -20°C*

Tiempo (días)	Peso (g)	Volumen(cm^3)	Volumen específico (cm^3/g)
30	148.00	850.0	5.74

Descongelación

Se realizó la calificación de apariencia general con la prueba sensorial de valoración.

Tabla 35: *Apariencia general de panes precocidos en descongelación*

Temperatura($^{\circ}\text{C}$)	Tiempo(min)	Calificación de aparienciageneral
10	85	3.60
20	50	4.62

(*) Prueba de valoración

Cocción

La temperatura de los ensayos estuvo entre 180 a 220°C y el tiempo entre 6 a 7.3 minutos.

Tabla 36: Peso, volumen y volumen específico de panes cocidos

Temperatura(°C)	Tiempo (min)	Peso(g)	Volumen(cm ³)	Volumen específico (cm ³ /g)
180	7.3	143.00	852.0	5.96
200	6.5	142.70	854.2	5.98
220	6.0	142.90	854.5	5.98

Enfriamiento

Realizado a temperatura ambiente (21°C).

5.1.5. Análisis microbiológico de panes precocidos**Tabla 37: Análisis microbiológico en panes precocidos**

Agente	n	í	Límite por g	Límite por g MINSA/DIGESA		
microbiano			m	M	M	M
Mohos	5	:	10	10 ²	10 ²	10 ³

5.1.6. Composición química de panes precocidos**Tabla 38: Composición química de los panes precocidos**

Harina	Energía cal	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Carbohidratos %	Cenizas %
Especial	245.9	39.89	7.26	1.17	51.58	0.087

5.1.7. Evaluación sensorial de panes precocidos

La evaluación sensorial de panes precocidos elaborados según formulación M₄ (óptima) y muestra comercial aplicando la hoja de aplicación con descriptores de calidad del pan (Cauvain, 2016), utilizando panelistas entrenados (07) se obtuvieron los resultados promedios que se observa en la tabla 39.

Tabla 39: Prueba sensorial de panes precocidos M₄ y comercial

Externo	C*		E*		Descriptorios de calidad
Puntaje de volumen (10)	8.6	B	8.4	B	A. Pequeño B. Grande
Uniformidad en la forma (10)	9.2	B	9.0	B	A. Falta de fuerza
					B. Forma tiene simetría
					C. Lados encogidos
Características de la corteza (10)	8.4	D	8.4	D	D. Lado bajo
					E. Medio bajo
					F. Tapa plana
					G. Extremo pequeño
					A. Desigual
Rotura y desgarrado(10)	9.2	B	9.4	B	B. Apagado
					C. Grueso
					D. Resistente
Subtotal 40	35.4		35.2		E. Quebradizo
					A. Ninguno
					B. Sin cáscara
Interno					C. Insuficiente
					A. Abierto grueso
					B. Paredes celulares uniforme
Estructura celular (20)	16.6	B	16.3	B	C. Agujeros
Color de la miga (10)	9.6	B	9.2	B	D. No uniforme
					A. Gris opaco
Resistencia de lamiga (10)	9.8	B	9.6	B	B. Cremoso
					A. Duro
Textura (10)	7.6	B	7.4	B	B. Débil
					A. Áspero
					B. Natural
					C. Desmenuzable
					D. Firme
Sabor y aroma (10)	7.0	A	6.7	A	E Gomoso
					A. Satisfactorio
Subtotal: 60	50.6		49.2		B. Insatisfactorio
Total: 100	86.0		84.4		

(*) C= pan precocido comercial y E= pan precocido formulación óptima M₄

Los reportes de la evaluación sensorial con la prueba de preferencia con escala hedónica en panes precocidos con la formulación M₄ y muestra comercial (C) utilizando 20 panelistas, se indican a continuación en la tabla 40.

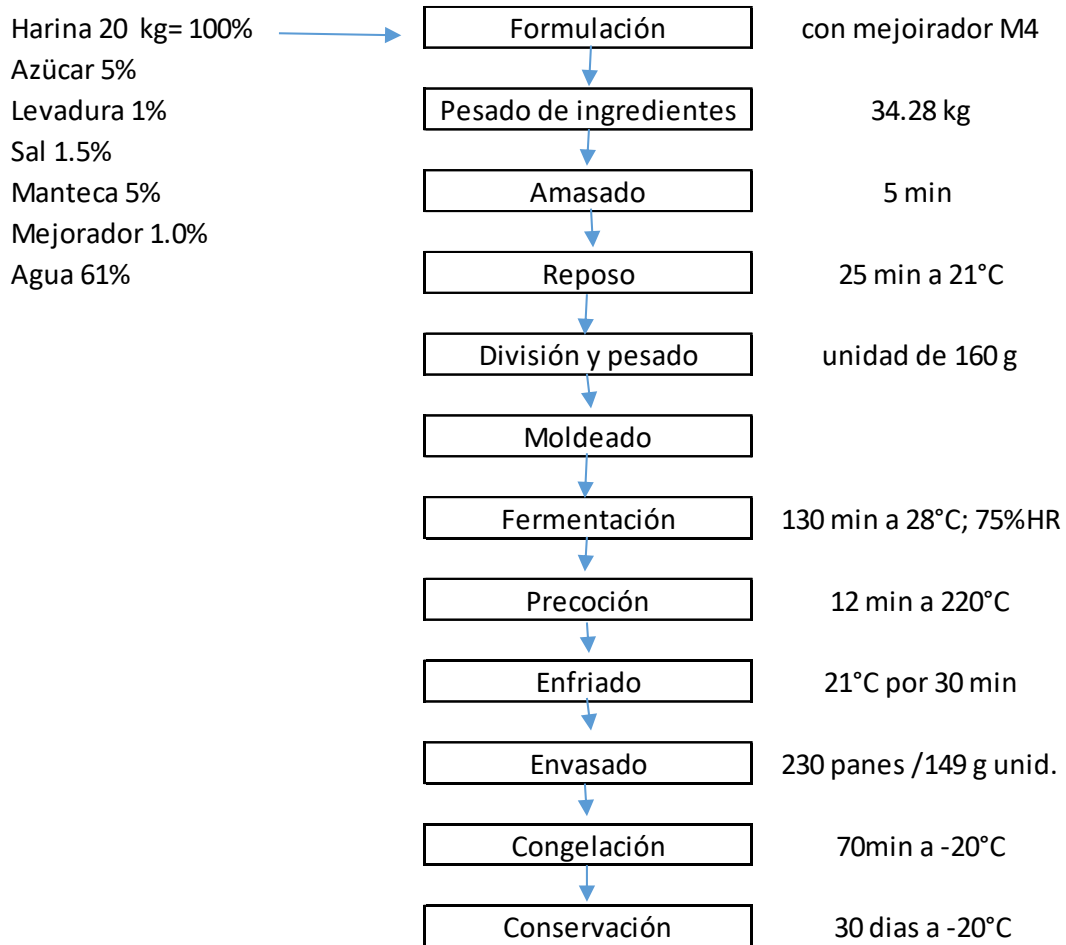
Tabla 40: Prueba sensorial de preferencia en panes precocidos M_4 y C

Panelistas	C	M_4
1	8	7
2	7	8
3	7	6
4	8	7
5	7	7
6	9	7
7	8	8
8	6	7
9	7	6
10	9	8
11	6	6
12	7	6
13	7	8
14	7	7
15	8	7
16	8	8
17	8	7
18	7	8
19	8	7
20	7	7
Suma	149	142
Promedio	7.45	7.1

(*) panes precocidos comercial (C) y M_4 (experimental)

(**) Prueba de preferencia por escala hedónica

Figura 4: Flujo del proceso de elaboración de panes precocidos



5.2. Resultados Inferenciales

5.2.1 Prueba sensorial de comparación múltiple en color, textura la corteza y volumen específico de panes precocidos con muestras de harinas tratadas.

Comparación múltiple del color

Según los resultados de la prueba sensorial de comparación múltiple para la característica color de los panes precocidos elaborados con las harinas tratadas con aditivos reporto con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ que existe diferencia significativa entre las muestras de panes con diferentes tratamientos (T_0 , T_1 , T_2 ,

T₃ y T₄). Según la prueba de Tukey T₀ es diferente a T₂, T₃ y T₄. Y las muestras T₀ y T₁ son similares en la característica color.

Textura de la corteza

Para la característica textura de la corteza de los panes precocidos elaborados con las harinas tratadas con aditivos los resultados demostraron a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ que existe diferencia significativa entre en las muestras de panes con diferentes tratamientos (T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄). Según la prueba de Tukey T₀ es diferente a T₁, T₂, T₃ y T₄. De otro lado T₁, y T₂ son similares como también entre T₃ y T₄.

5.2.2. Prueba sensorial de comparación múltiple en color, textura la corteza y volumen específico de panes precocidos con muestras de harinas tratadas.

Comparación múltiple del color

Según los resultados de la prueba sensorial de comparación múltiple para la característica color de los panes precocidos elaborados con las harinas tratadas con aditivos reporto con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ que existe diferencia significativa entre las muestras de panes con diferentes tratamientos (T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄). Según la prueba de Tukey T₀ es diferente a T₂, T₃ y T₄. Y las muestras T₀ y T₁ son similares en la característica color.

Textura de la corteza

Para la característica textura de la corteza de los panes precocidos elaborados con las harinas tratadas con aditivos los resultados demostraron a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ que existe diferencia significativa entre en las muestras de panes con diferentes tratamientos (T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄). Según la prueba de Tukey T₀ es diferente a T₁, T₂, T₃ y T₄. De otro lado T₁, y T₂ son similares como también entre T₃ y T₄.

5.2.3. Prueba sensorial de comparación múltiple en color y textura de corteza de panes precocidos con mejoradores.

Comparación múltiple del color

Según los resultados de la prueba sensorial de comparación múltiple para la característica color de los panes precocidos elaborados con muestras de mejoradores reporto que con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ que existe diferencia significativa entre las muestras de panes con diferentes mejoradores (M_0, M_3, M_4, M_5). Según la prueba de Tukey M_0, M_3 son similares en el color, pero diferentes al par M_4, M_5 . También M_4 y M_5 son similares en el color.

Textura de la corteza de panes precocidos con mejoradores

Para la característica textura de la corteza de los panes precocidos elaborados con las harinas tratadas con aditivos reportó que con un nivel de significación $\alpha = 0.05$ que existe diferencia significativa entre las muestras de panes con diferentes mejoradores (M_0, M_3, M_4, M_5). Según la prueba de Tukey M_0 y M_3 son similares en la textura de la corteza. Y M_4 y M_5 son también similares en la textura, pero diferentes al par M_0, M_3 .

Textura de la corteza de panes cocidos con mejoradores

De acuerdo a los resultados aplicando ANOVA se observa que existe diferencia significativa con un $\alpha = 0.05$ entre las muestras de panes cocidos con mejoradores (M_0, M_3, M_4, M_5). Según la prueba de Tukey M_4 y M_5 son similares, pero diferentes al par M_0, M_3 .

5.2.4 Análisis del proceso de panificación: Reposo

Realizando la operación de reposo de la masa a temperatura de 21°C (temperatura ambiente) se reporta 25 min como el tiempo más adecuado en cuatro alternativas (10, 15 y 25 y 35 min), evaluándose la textura de la masa a través del análisis sensorial, prueba de valoración y evaluación estadística a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ se determina los

promedios (véase anexo 18) y según el ANVA existe diferencia significativa en la textura de la masa según el tiempo de reposo que se asigne (10, 15, 25 y 35 min). La prueba de Tukey nos reporta que las pruebas que tuvieron un tiempo de reposo A (10 min) y B (15 min) son similares en la textura de la masa. Y comparando los tiempos A con C y D son diferentes en la textura y finalmente el tiempo de reposo B es diferente a C y D.

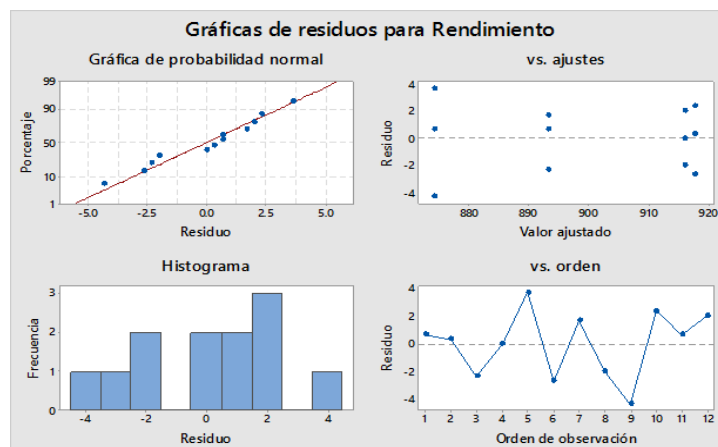
5.2.5 Análisis del proceso de panificación: Fermentación

Analizando los parámetros de la operación de fermentación, temperatura y tiempo respectivamente (véase anexo 19) se establece la mejor alternativa a través de la prueba de valoración, característica apariencia general de la masa fermentada con un nivel de significación $\alpha = 0.05$ y el ANVA reportó diferencia significativa entre las diversas temperaturas de fermentación y la apariencia general de las masas fermentadas (nivel de desarrollo). Según la prueba de Tukey la fermentación de masas a 24 y 26°C son similares, pero diferentes a 28 y 30°C. De otro lado las temperaturas de fermentación de 28 y 30°C tuvieron similar respuesta en apariencia general.

5.2.6. Análisis del proceso de panificación: Precocción.

Validar datos con distribución normal

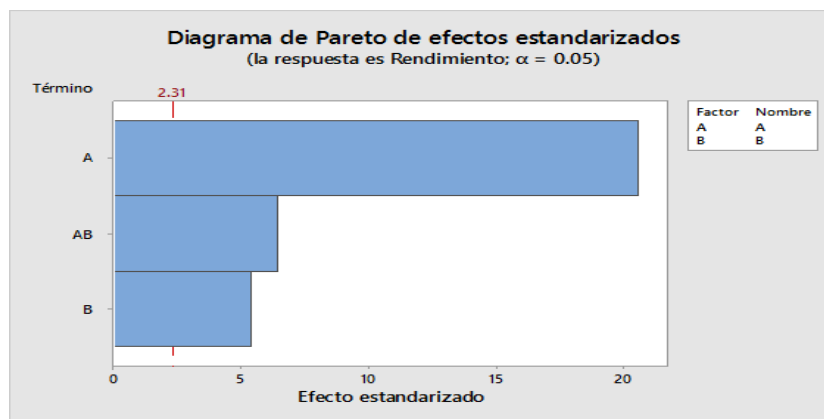
Figura 5: Análisis de los resultados de datos temperatura, tiempo



Los datos están cerca de la línea de distribución normal ajustada. Los datos siguen una distribución normal ($p > 0.05$). Los residuos están distribuidos aleatoriamente y la varianza en los diferentes tratamientos son aproximadamente iguales. Respecto a los residuos, son independientes no muestran tendencias, ni patrones en el orden cronológico.

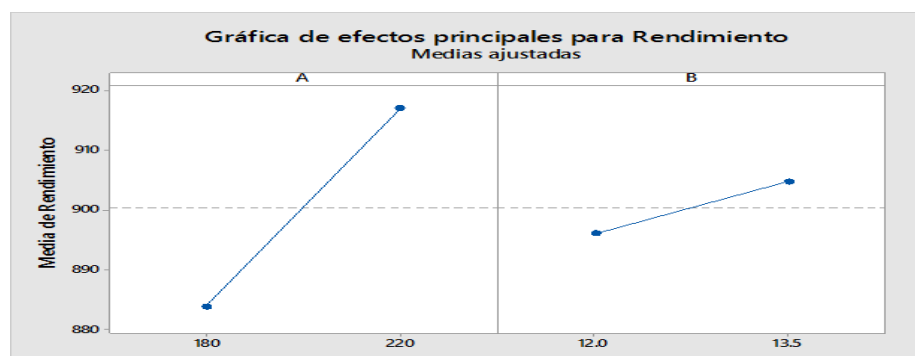
Interacción entre temperatura y tiempo

Figura 6: Análisis de los resultados temperatura y tiempo. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados



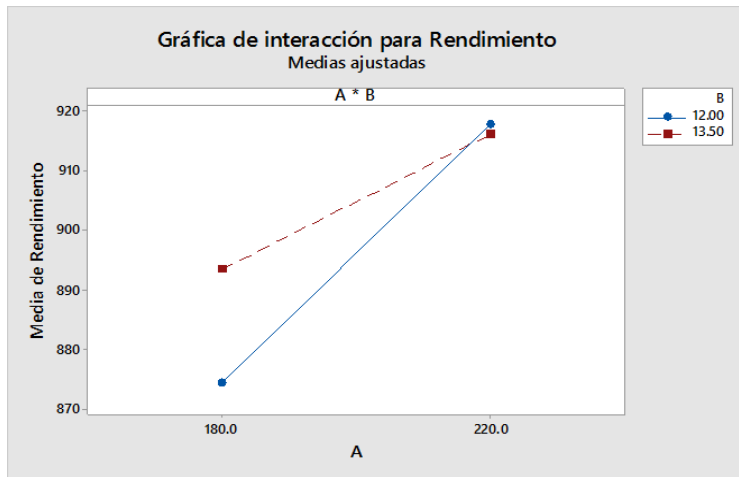
El efecto de los factores temperatura y tiempo son significativos estadísticamente tal y como indica el hecho de que cruzan la línea roja, mientras que el efecto de la interacción AB también lo es.

Figura 7: Análisis de los resultados temperatura y tiempo: efectos principales



La temperatura tiene efecto más grande que el tiempo. El volumen del pan aumenta a medida que aumenta la temperatura y el tiempo que lo hace en menor magnitud.

Figura 8: *Análisis de los resultados: Interacción de factores*



Una interacción ocurre cuando el efecto de un factor depende del nivel del otro factor. El paralelismo indica que no hay interacción. En la figura se observa la existencia de interacción al alcanzar los 220°C, en los factores temperatura y tiempo.

Según el análisis de varianza se observa que los valores “p” son menores que 0.05, por lo tanto, son estadísticamente significativos.

El R cuadrado ajustado (97.80%) es el porcentaje de la varianza que explica el modelo.

Análisis de varianza de la temperatura y tiempo de precocción

De acuerdo a los resultados, para un valor $\alpha = 0.05$ existe diferencia significativa en los datos de temperatura y tiempo respectivamente, así como en las interacciones.

Respecto a la ecuación de regresión en unidades no codificadas obtenida es:
$$\text{Rendimiento} = -217 + 5.217 A + 74.7 B - 0.3444 A*B$$

5.2.7. Análisis de la prueba de preferencia en pan precocido comercial y experimental.

Los resultados promedios de 7 panelistas fueron: pan precocido comercial 86.0 y para el pan experimental 83.6.

Análisis de la prueba de preferencia en pan precocido comercial y experimental. Con la aplicación del ANOVA con $\alpha = 0.05$, de los reportes de los panelistas de la prueba de preferencia con escala hedónica no existe diferencia significativa en la preferencia de los panelistas entre los panes precocidos comercial y el experimental.

5.3. Otros tipos de Resultados Estadísticos

Prueba sensorial de comparación múltiple en color, textura de la corteza y volumen específico de panes pre cocidos con muestras de harinas tratadas.

Comparación múltiple del color

Tabla 41: *Análisis de varianza del color de panes precocidos*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Panes	4	10.43	2.608	9.26	0.000
Error	55	15.50	0.281		
Total	59	25.93			

Tabla 42: *Comparaciones del color de panes precocidos por Tukey*

Panes	N	Media	Agrupación
T4	12	6.417	A
T3	12	6.333	A
T2	12	6.000	A
T1	12	5.833	A
T0	12	5.250	B

Textura de la corteza

Tabla 43: *Análisis de varianza textura de corteza de panes precocidos*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Panes	4	15.73	3.933	23.39	0.000
Error	55	9.25	0.168		
Total	59	24.98			

Tabla 44: *Comparación de textura de corteza en parejas de Tukey*

Panes	N	Media	Agrupación
T4	12	6.750	A
T3	12	6.667	A
T2	12	6.167	B
T1	12	6.000	B
T0	12	5.333	C

Prueba sensorial de comparación múltiple en color y textura de corteza de panes precocidos con mejoradores.

Comparación múltiple del color de panes precocidos con mejoradores

Tabla 45: *Análisis de varianza del color panes precocidos con mejoradores*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Panes	3	14.22	4.743	22.56	0.000
Error	44	9.25	0.210		
Total	47	23.47			

Tabla 46: Comparaciones del color de panes precocidos con mejorador en parejas de Tukey

Panes	N	Media	Agrupación
M ₅	12	5.333	A
M ₄	12	4.916	A
M ₃	12	4.167	B
M ₀	12	4.000	B

Textura de la corteza de panes precocidos con mejoradores

Tabla 47: Análisis de varianza de textura de corteza panes precocidos con mejoradores

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Panes	3	16.23	5.409	17.96	0.000
Error	44	13.25	0.301		
Total	47	29.48			

Tabla 48: Comparaciones de textura (miga) de panes precocidos con mejoradores en parejas de Tukey

Panes	N	Media	Agrupación
M ₄	12	6.417	A
M ₅	12	6.167	A
M ₃	12	5.333	B
M ₀	12	5.000	B

Tabla 49: Análisis de varianza de textura de corteza panes precocidos con mejoradores

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Panes	3	21.06	7.020	30.14	0.000
Error	44	10.25	0.233		
Total	47	31.31			

Tabla 50: Comparaciones de textura de corteza de panes cocidos en parejas de Tukey

Panes	N	Media	Agrupación
M ₄	12	6.583	A
M ₅	12	6.333	A
M ₃	12	5.333	B
M ₀	12	5.000	B

Análisis del proceso de panificación: Reposo

Tabla 51: Análisis de varianza de textura de masa en la operación de reposo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	3	23.25	7.75	30.14	0.000
Error	56	14.40	0.25		
Total	59	37.65			

Tabla 52: Comparaciones de textura de masa en parejas de Tukey

Tiempo	N	Media	Agrupación
C	15	4.800	A
D	15	4.000	B
B	15	3.400	C
A	15	3.200	C

Análisis del proceso de panificación: Fermentación

Tabla 53: Análisis de varianza de apariencia general de masas fermentadas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	3	18.72	6.2389	22.02	0.000
Error	56	15.87	0.2833		
Total	59	34.58			

Tabla 54: Comparaciones de apariencia general de masas fermentadas en parejas de Tukey

Temperatura	N	Media	Agrupación
D	15	4.66	A
C	15	4.60	A
B	15	3.66	B
A	15	3.40	B

Análisis del proceso de panificación: Precocción

Tabla 55: Análisis de varianza: Temperatura y tiempo de precocción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	3812.67	1270.89	163.99	0.000
Lineal	2	3492.33	1746.17	225.31	0.000
A	1	3267.00	3267.00	421.55	0.000
B	1	225.33	225.33	29.08	0.001
Interacciones de 2 términos	1	320.33	320.33	41.33	0.000
A+B	1	320.33	329.33	41.33	0.000
Error	8	62.00	7.75		
Total	11	3874.67			

Análisis de prueba de preferencia en panes precocidos comercial y experimental.

Tabla 56: Análisis de varianza en panes precocidos: mejorador comercial y experimental

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	ValorF	Valor p
Panes	1	1.225	1.2250	2.05	0.161
Error	38	22.750	0.5987		
Total	39	23.975			

Tabla 57: *Contrastación de resultados en panes precocidos con harina tratada*

Atributo*	Testigo (T ₀)	T ₄ *	Mejora %
Color de corteza	5.25	6.42	22.28
Textura de corteza	5.33	6.75	26.64

(*) resultados promedios

(*) T₄ es el mejor tratamiento de la harina.

Tabla 58: *Contrastación de resultados en panes precocidos con mejorador*

Atributo*	Testigo (T ₀)	M ₄ *	Mejora %
Color de corteza	5.00	5.92	18.40
Textura de corteza	5.00	6.42	28.40

(*) resultados promedios.

(**) M₄ es el óptimo mejorador

Tabla 59: *Contrastación de resultados de volumen específico en panes precocidos*

Tratamiento de harina*	Testigo	T ₄	Mejora %
Volumen específico (cm ³ /g)	4.5	5.61	24.6
Con mejorador	Testigo	M ₄	
Volumen específico (cm ³ /g)	5.17	6.18	19.5

(*) resultados promedios

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis de los resultados

6.1.1 Contrastación con la hipótesis general

Se corrobora la hipótesis planteada al inicio de la investigación, donde se establece que la calidad de los panes precocidos depende de la calidad de la harina, mejorador de masa y el proceso de elaboración. Según se observa en las tablas 57, 58 y 59. Los atributos sensoriales de color y textura de corteza, así como el volumen específico permitieron demostrar el aumento de la calidad de los panes precocidos con el incremento de la calidad de la harina por el tratamiento químico enzimático, y el mejorador de masa.

6.1.2. Contrastación con las hipótesis específicas

La harina de trigo se sometió a un tratamiento químico enzimático con la finalidad de mejorar su respuesta en la calidad de los panes precocidos.

Se realizó primero la composición química de la harina, reportando: humedad 14.9%, proteínas 11.5%, cenizas 0.55%, cumpliendo con la NTP 205.064 (2015) que fija un límite máximo de 15% de humedad. La cantidad de gluten húmedo fue de 29.6% (mínimo es 22%), actividad diastásica 360, (mayor a 300 harinas recomendable para panificación). Se verificó que es una harina de uso tradicional en panificación.

La calidad inicial de las proteínas en la harina se sustentó con las pruebas reológicas. Los parámetros de los alveogramas fueron: $P = 92$ mm; $L = 71$ mm; $Ex = 18.8$; $W = 272 \cdot 10^{-4}$ J; $P/L = 1.30$. Para la elaboración de los panes precocidos se requiere una harina con mayor tenacidad (P) y menor extensibilidad de la masa (L), y menor valor de fuerza panadera.

Para determinar si el tratamiento químico enzimático favorece la calidad de la harina para su uso en la elaboración de panes precocidos. Se contrastó con las pruebas reológicas. De la aplicación de los alveogramas entre los tratamientos, se obtuvo el tratamiento T₄, idóneo. Con el tratamiento T₄ se alcanzaron P = 115 mm; L = 49 mm; Ex = 15.5; W = 249 10⁻⁴ J; P/L = 2.37. Se obtuvo mayor tenacidad (P) y menores valores de extensibilidad (L) y fuerza panadera (W) en comparación al testigo.

Las pruebas de panificación permitieron confirmar las propiedades reológicas de las harinas con tratamiento químico y enzimático, observándose que los volúmenes específicos de los panes precocidos se incrementaron de 4.50 a 5.61 cm³ /g con relación al testigo (panes elaborados sin harina tratada). Y las características sensoriales de color y textura de la corteza fueron superiores. El pan precocido adquiere un color blanco y una textura de corteza firme (T₄).

Para determinar si el desarrollo del mejorador y su utilización influyen en la calidad de los panes precocidos se hicieron formulaciones y su idoneidad se contrastó con pruebas de reología y panificación.

Los alveogramas de la harina sin mejorador (testigo) reportaron: P = 71 mm; L = 95 mm; Ex = 21.7; W = 243 10⁻⁴ J; P/L = 0.75 y los consistogramas: Pr máx = 2132 mb; T Pr máx. = 130 s; Tol = 182 s; D₂₅₀=476 mb; D₄₅₀= 1029 mb y WAC b/s = 56.5 %. En cambio, los alveogramas con la harina más mejorador (M4) reportaron: P = 109 mm; L = 59 mm; Ex = 17.1; W = 278 10⁻⁴ J; P/L = 1.85 y los consistogramas: Pr máx = 2210 mb; T Pr máx. = 145 s; Tol = 198 s; D₂₅₀=356 mb; D₄₅₀= 975 mb y WAC b/s = 58.2 %. Si contrastamos los resultados observamos que el parámetro de mayor importancia que es la fuerza panadera (W) se incrementa con la incorporación de los mejoradores. Los niveles de Pr máx y TPr máx, aumentan debido al mayor aumento de la absorción de agua (WAC b/s). También observamos que los valores de D₂₅₀ y D₄₅₀ disminuyen, se interpreta que el debilitamiento de la masa después del amasado tiene un debilitamiento físico

menor cuando utilizamos los mejoradores. La prueba de panificación en laboratorio permitió confirmar la acción favorable del uso de los mejoradores, siendo M₄ la mejor formulación.

Se realizaron pruebas de panificación a nivel piloto con el mejorador M₄ (idóneo) primero se realizó ajustes de las operaciones del proceso para luego obtener panes con las siguientes características: peso 142.90g, volumen específico 5.98 cm³/g (incremento de 19.9%) y la evaluación sensorial reportó panes con características internas, externas y de preferencia con buen puntaje similares a un pan precocido de calidad comercial.

Respecto al proceso de elaboración de los panes, los factores críticos temperatura y tiempo en la precocción de los panes se observa que el factor temperatura ejerce mayor influencia que el tiempo en la precocción además que existe interacción entre ambos factores. Similar caso ocurre en la descongelación, pero el tiempo ejerce mucho menos influencia con relación a la temperatura.

El almacenamiento a -20°C de los panes precocidos por 30 días genera una ligera pérdida de agua (alrededor de 5%), este efecto negativo se detiene por la presencia del emulsificante (ABITEM).

En la determinación de los parámetros de las operaciones de proceso, estas guardan relación con las propiedades reológicas de las harinas y de los mejoradores, especialmente en operaciones de amasado, reposo, corte o división y fermentación.

6.2. Contrastación de los Resultados con otros estudios similares

Aranibar et al., (2018) menciona que las características de las harinas comerciales de calidad tienen en proteínas de 10.82 a 12.75%, carbohidratos de 75.24 a 77.40%. Oyeyinka y otros (2021) indican en grasa 1.36 a 1.53% y cenizas 0.87 a 1.10%.

Debonne et al., (2017) reportó los siguientes parámetros de la harina: humedad 15%, proteína de 12-13%, cenizas 0.68% absorción de agua 59%.

Wysocka et al., (2024) referente a las propiedades reológicas indica valores de $W = 230$, $P/L = 0.8$, N° de caída = 330. En la investigación los resultados alcanzados con el tratamiento de la harina fueron: proteínas 11.5%, gluten húmedo 29.6%, gluten seco 10.1%, $W = 249$, $P/L = 2.49$, N° de caída = 360.

Verbeke et al., (2023) reportan un contenido de humedad del pan precocido es de 47.4%.

Los valores determinados de la caracterización de la harina de trigo están dentro de los mencionados por los autores, pudiendo variar debido a la naturaleza de origen del trigo, proceso de molienda, tratamientos químicos enzimáticos, tiempo y condiciones de almacenamiento.

Lacovino et al., (2024) manifiestan que las pruebas empíricas resultaron que las harinas con mayor contenido de proteína y fibra requerían más agua para hidratarse de manera óptima, mostrando también un tiempo de desarrollo de la masa más prolongado. También se observó mayor tenacidad y menor extensibilidad. Las masas elaboradas con harinas menos refinadas eran menos deformables y mostraban una capacidad de recuperación más elástica. La temperatura de gelatinización del almidón y la velocidad del proceso aumentaron y disminuyeron, respectivamente, con la tasa de extracción.

Comparando los datos se establece en el tratamiento de las harinas los valores de P se incrementa de 71 harina sin aditivos hasta 115 para T₄; el valor de L desciende desde 95 para la harina sin aditivos hasta 49 para T₄.

Debonne et al., (2017) manifiestan que la precocción se refiere a hornear el pan justo hasta que la miga se endurezca, antes de que comience el dorado Maillard, en lugar de hornear hasta completarlo como en la panificación tradicional. Cuando el pan precocido se hornea hasta el final durante el segundo

horneado (nuevo horneado), se forma una corteza crujiente y la miga interior se ablanda. La tecnología de precocción se utiliza para capturar los mejores aspectos sensoriales. Determinaron los parámetros de precocción en ensayos de 8 min a 175 y 200°C respectivamente, con peso de la masa de pan 70 g obtuvieron valores de volumen 244 y 264 mL, peso del pan precocido (primera fase) 62.7 y 60.7 g, volumen específico 3.9 y 4.3 mL/g, grosor de corteza 1.5 y 17 mm respectivamente.

Debonne et al., (2017) en la segunda fase de horneado reportaron para un tiempo de 13 min y temperatura de 175°C, un volumen de 218 mL, peso 51.8 g, volumen específico 4.34 mL/g. Y para 200°C, el volumen fue de 232 mL, el peso 50.6 g y el volumen específico 4.60 mL/g.

En la prueba de panificación con el tratamiento de la harina se alcanzó un 16% de pérdida de peso y en la prueba con mejorador fue de alrededor de 11% en el producto final. Las diferencias se pueden deber a factores como tipo de pan, su formulación, ingredientes y de proceso. En la investigación si se puede establecer que con el uso de mejorador de masa la pérdida de peso es menor.

En general, la temperatura de horneado de la fase de precocido influyó en las propiedades del pan, tanto precocidos como completamente horneados. Los efectos del precocido. El pan no se ve afectado por el tiempo de horneado, el vapor o la temperatura de almacenamiento. Solo se ve afectado por la temperatura de horneado del producto precocido (Debonne et al., 2017).

El almacenamiento congelado de panes precocidos no tiene una influencia significativa sobre el volumen, el peso y el espesor de la corteza del pan. Sin embargo, afecta los parámetros de color y textura (Debonne et al., 2017). El contenido de humedad del pan precocido es de 47.4% (Verbeke et al., 2023).

Verbeke et al., (2024) manifiestan que los panes precocidos consumidos el día 0 (inmediatamente después de la cocción completa), el grado de precocción no influyó en la calidad del producto final. Sin embargo, con el tiempo

de almacenamiento, la calidad se vio fuertemente impactada en términos del grado de precocción.

La tecnología de precocción aumenta la eficiencia de producción del pan. Sin embargo, el grado de precocción puede variar significativamente entre los tipos de productos, lo que genera diferencias sustanciales en los atributos de calidad del producto terminado.

Según el reporte de los resultados observamos que el volumen específico del pan disminuye ligeramente después de la segunda fase de cocción, concordando con los autores mencionados, asimismo la temperatura de horneado influye más que el tiempo de cocción en las características físicas del pan.

(Hemdane et al., 2016) manifiestan que en general, cuando las harinas contienen salvado producen pan con poco volumen, color oscuro, textura densa y firme y sabor amargo. Sucede una dilución de las proteínas del gluten por proteínas no endospermicas, competencia de la fibra por el agua que resulta en una hidratación insuficiente del gluten y el almidón, efectos físicos de las partículas de salvado y de los constituyentes del salvado en la red del gluten, Se manifiesta en una pérdida de humedad con disminución del volumen del pan (Tebben et al., 2018)

Los resultados obtenidos de la reología de la masa pueden variar en función del nivel de proteínas presentes. Es debido probablemente a que en nuestro medio las harinas alcanzan un nivel de extracción del 82% es decir parte de la fibra del salvado del trigo se incorpora a la harina, produciendo una disminución en el porcentaje de proteína, cambiando los parámetros reológicos, incluyendo la fuerza, extensibilidad, absorción entre otros factores.

Al hidrolizar arabinosilanos, se informó que la xilanasas disminuye la absorción de agua de la harina (con salvado), aumenta la concentración de azúcares fermentables en la masa, la velocidad de fermentación de la masa; además, la

xilanasa mejoró la capacidad de retención de gas, el volumen del pan, la suavidad de la miga y el endurecimiento de la miga ((Tebben et al., 2018).

Respecto al valor W la harina sin aditivos tuvo 243×10^{-4} J y el tratamiento T_4 un valor de 249×10^{-4} . Tebben et al., (2018). reportan valores de 160 a 200×10^{-4} J y de calidad superior $220-300 \times 10^{-4}$ J.

En las pruebas de formulación de mejoradores los valores P aumentaron desde 71 (M_0) a 109 (M_4). Los valores de L descendieron desde 95 (M_4) hasta 59 (M_4). Y finalmente los valores de W aumentaron de 243 (M_0) hasta 278 (M_4). Alcanzando las características de calidad superior ($220-300 \times 10^{-4}$ J).

Almeida et al., (2016) recomiendan el uso de emulsionantes con la finalidad de mejorar la textura del pan. Y como el pan lleva dos etapas de horneado se debe agregar más agua que el habitual. Sin embargo, para que la masa pueda incorporar esa cantidad extra de agua se pueden utilizar sustancias que la retengan, como los hidrocoloides.

Tebben et al., (2018) mencionan que la estabilidad de la masa aumentó con la xilanasa y α amilasas disminuyeron la firmeza de la miga y mostraron un efecto antienvjecimiento. Los aditivos redujeron la pérdida de horneado, aumentaron el volumen del pan y conservaron o mejoraron los atributos sensoriales del pan. Sin embargo, se encontró que la α amilasa a 60 mg/kg, xilanasa bacteriana a 30 mg/kg y ácido ascórbico a 50 mg/kg eran los más adecuados para evaluar en combinaciones.

Debonne Els et al., (2022) mencionan que los aditivos en el pan precocido influyen principalmente en la elasticidad de la miga (valor constante) y en la resiliencia (menos desmenuzable) después de 48 h. Hasta las 24h, hay poca diferencia entre los panes comerciales y los panes sin aditivos. La temperatura de almacenamiento del pan precocido (12°C durante 4 días) no tuvo ningún efecto sobre la calidad del pan.

Bilyk et al., (2020) trata sobre los aspectos tecnológicos de la producción de mejoradores de panificación complejos para prolongar la duración de la frescura de los productos de panadería de harina de trigo. Estableció que la dosis óptima de mejorador es 2,0 a 3,0% de la masa de harina. Se ha demostrado la influencia positiva de los mejoradores de panificación complejos sobre el índice de friabilidad, hinchamiento y conservación del aroma. Los resultados obtenidos demuestran la conveniencia de utilizar mejoradores de panadería complejos en la tecnología de los productos de harina de trigo harinero para extender la duración de su frescura hasta 72 horas de almacenamiento sin envasar.

Verbeke et al., (2024) mencionan que establecer el grado de precocción basándose únicamente sobre la temperatura central es insuficiente. Por ejemplo, una temperatura central de 95 °C puede resultar insuficiente para varias formulaciones de pan, que resulta en un menor grado de precocción (<75%) y un impacto negativo en la calidad del pan: menor elasticidad y mayor adherencia. Además, un menor grado de precocción también da como resultado un mayor contenido de humedad de la miga y actividad de agua (aw) del pan, lo que hace que los productos sean más susceptibles al deterioro microbiológico.

Los valores de volumen específico y humedad final del pan obtenidos resultan favorables con el uso de los mejoradores, extendiendo su vida útil.

Gerardo-Rodríguez et al., (2021) manifiestan que el tiempo de cocción parcial y la velocidad de congelación afectan significativamente los parámetros de calidad, volumen específico y firmeza de pan precocido durante todo el tiempo de conservación congelado. El pan precocido y la posterior congelación permite prolongar la vida útil de pan. Azizah Siti Nur et al., (2024) obtuvo una pérdida de humedad en panes precocidos almacenados 28 días a -18°C del 3.8% y el volumen tuvo una pérdida de 1.10%.

Se recomienda una congelación rápida y tiempos de almacenamiento no excesivos, en nuestra investigación se tuvo pérdida de humedad en el pan

alrededor del 5% almacenados a -20°C por 30 días, siendo similar la pérdida de volumen.

6.3. Responsabilidad ética

El presente trabajo de investigación se realizó teniendo en consideración la información fidedigna realizados por el autor, cumpliendo la directiva N°004-2022-R para la elaboración de proyecto e informe final de investigación de posgrado. Se garantizó la confiabilidad y veracidad en el reporte de los datos. Asimismo, se respetó los derechos de autor en las citas y referenciación según la norma ISO 690.

VII. CONCLUSIONES

1. La calidad de la harina, mejorador de masa y proceso de elaboración influyen en la calidad de los panes precocidos. Con el acondicionamiento químico enzimático mejoraron los atributos sensoriales de los panes en color 22.28%, textura de corteza 26.64% y volumen específico 4.6%. Con el uso del mejorador de masa el incremento fue 18.40% en el color, texturade corteza 40%, y volumen específico 19.5%. Los parámetros críticos en el proceso de la precocción fueron la temperatura y tiempo.

2. La harina empleada contiene: proteínas 11.6%, grasas 0.91%, carbohidratos 72.04%, cenizas 0.55%, gluten húmedo 29.6%. Su tratamiento químico enzimático fue favorable para la elaboración de panes precocidos. Los parámetros de los alveogramas fueron: al inicio $P=92$ mm, $L=71$ mm, $W = 272 \times 10^{-4}$ J y $P/L = 1.30$. Con el tratamiento T_4 (idóneo) $P = 115$ mm; $L = 49$ mm; $Ex = 15.5$; $W = 249 \times 10^{-4}$ J; $P/L = 2.37$, y su composición: ácido ascórbico 30 mg; ADA 40 mg; alfa amilasa 17.50 mg; xilanas 55.0 mg y glucosa oxidasa 40.0 mg.

3. El mejorador de masa recomendable para panes precocidos fue M_4 , siendo su formulación por cada 50 kg de harina: alfa amilasa 2.62 g; xilanas 0.22 g; glucosa oxidasa 0.25 g; ácido ascórbico 3.75 g; ADA puro 1.60 g ABITEM 200 g y $CaCO_3$ 45.65 g.

4. Las características fisicoquímicas de los panes precocidos elaborados con la harina tratada y mejorador de masa M_4 fueron: humedad 39.89%, peso 142.90 g, volumen específico $5.98 \text{ cm}^3/\text{g}$. Las características sensoriales internas y externas, la calificación fue en promedio de 84.4 de 100 y en preferencia 7.1 (máximo 9) respectivamente. Y los parámetros del proceso de elaboración fueron: amasado 5 min, reposo 25 min a 25°C , fermentación 130 min a 28°C , precocción 220°C por 12 min y enfriado 30 min a 21°C .

VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de determinación de vida útil en panes precocidos refrigerados y congelados.
2. Evaluar el efecto de la incorporación de “masa madre” en la elaboración de panes precocidos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akintayo, O. A., Oyeyinka, S. A., Aziz, A. O., Olawuyi, I. F., Kayode, R. M. O., & Karim, O. R. (2020). Quality attributes of breads from high-quality cassava flour improved with wet gluten. *Journal of Food Science*, *85*(8), 2310–2316. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15347>
- Almeida, E. L., Steel, C. J., & Chang, Y. K. (2016). Par-baked Bread Technology: Formulation and Process Studies to Improve Quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*(1), 70–81. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.715603>
- Alviola, J. N. A., & Monterde, V. G. (2018). Physicochemical and functional properties of wheat (*Triticum aestivum*) and selected local flours in the philippines. *Philippine Journal of Science*, *147*(3), 419–430.
- Amiri, A., Shahedi, M., & Kadivar, M. (2017). Structural properties of gluten modified by ascorbic acid and transglutaminase. *International Journal of Food Properties*, *20*(August), 1588–1599. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1349141>
- Aranibar, C., Pigni, N. B., Martinez, M., Aguirre, A., Ribotta, P., Wunderlin, D., & Borneo, R. (2018). Utilization of a partially-deoiled chia flour to improve the nutritional and antioxidant properties of wheat pasta. *Lwt*, *89*, 381–387. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.003>
- Azizah Siti Nur, Yulianto Wilsnu, & Suryani Ch. Lilis. (2024). Analysis of changes in bread during frozen storage with pre-cooking and steaming. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, *11*(1), 71–82. <https://doi.org/10.37373/tekno.v11i1.685>

- Bilyk, O., Lytvynenko, O. K., Bondarenko, Y., Vasylichenko, T., & Pukhliak, A. (2020). Developing An Improver Of Targeted Action For The Prolonged Freshness Of Bread Made From Wheat Flour. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(11–107), 62–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214934>
- Bressiani, J., Oro, T., Santetti, G. S., Almeida, J. L., Bertolin, T. E., Gómez, M., & Gutkoski, L. C. (2017). Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size. *Journal of Cereal Science*, 75, 269–277. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.05.001>
- Cappelli, A., Bettaccini, L., & Cini, E. (2020). The kneading process: A systematic review of the effects on dough rheology and resulting bread characteristics, including improvement strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 104(August), 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.008>
- Cappelli, A., Lupori, L., & Cini, E. (2021). Baking technology: A systematic review of machines and plants and their effect on final products, including improvement strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 115(June), 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.048>
- Cauvain, S. P. (2016). *Technology of Breadmaking* (Issue 0). Springer International Publishing. ISBN-13 : 978-1461522003. 408 pgs.
- Chen, Y., Eder, S., Schubert, S., Gorgerat, S., Boschet, E., Baltensperger, L., Boschet, E., Städeli, C., Kuster, S., Fischer, P., & Windhab, E. J. (2021). Influence of Amylase Addition on Bread Quality and Bread Staling. *ACS Food Science and Technology*, 1(6), 1143–1150. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.1c00158>
- Chen, Y., Gavaliatsis, T., Kuster, S., Städeli, C., Fischer, P., & Windhab, E. J. (2021). Crust treatments to reduce bread staling. *Current Research in Food Science*, 4(March), 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.004>

- Coaguila, V. (2019). Evaluación del proceso operacional de la planta de molino Victoria. *Universidad Nacional San Agustín De Arequipa*, 0(0), 1–116. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8782>
- Dahiya, S., Bajaj, B. K., Kumar, A., Tiwari, S. K., & Singh, B. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *Process Biochemistry*, 99(May), 290–306. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.09.002>
- Dai, Y., & Tyl, C. (2021). A review on mechanistic aspects of individual versus combined uses of enzymes as clean label-friendly dough conditioners in breads. *Journal of Food Science*, 86(5), 1583–1598. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15713>
- Dai, Y., & Tyl, C. (2021). A review on mechanistic aspects of individual versus combined uses of enzymes as clean label-friendly dough conditioners in breads. *Journal of Food Science*, 86(5), 1583–1598. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15713>
- Debonne Els, Charles, L., Celeste, V., Ingrid, D. L., & Mia, E. (2022). *Reductor of par-baked bread additives by process optimization*.
- Debonne, E., De Leyn, I., Vroman, A., Spaepen, G., Van Hecke, M., Ruysen, T., & Eeckhout, M. (2020). Technological and microbiological evaluation of different storage conditions of par-baked bread. *Lwt*, 131, 109757. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109757>
- Debonne, E., Van Bockstaele, F., Philips, E., De Leyn, I., & Eeckhout, M. (2017). Impact of par-baking and storage conditions on the quality of par-baked and fully baked bread. *Lwt*, 78, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.021>
- García-Gómez, B., Fernández-Canto, N., Vázquez-Odériz, M. L., Quiroga-García, M., Muñoz-Ferreiro, N., & Romero-Rodríguez, M. Á. (2022). Sensory descriptive analysis and hedonic consumer test for Galician type breads. *Food Control*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108765>

- Gerardo-Rodríguez, J. E., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P. I., Ledesma-Osuna, A. I., Carvajal-Millán, E., López-Cervantes, J., & Silvas-García, M. I. (2021). Effect of part-baking time, freezing rate and storage time on part-baked bread quality. *Food Science and Technology (Brazil)*, 41(June), 352–359. <https://doi.org/10.1590/fst.06820>
- Gioia, L. C., Ganancio, J. R., & Steel, C. J. (2017). Food Additives and Processing Aids used in Breadmaking. In *Food Additives* (pp. 147–166). InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70087>
- He, X., Gahtyari, N. C., Roy, C., Dababat, A. A., Brar, G. S., & Singh, P. K. (2022). Globally Important Non-rust Diseases of Wheat. In *Wheat Improvement: Food Security in a Changing Climate*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3_9
- He, Y., Lin, Y. L., Chen, C., Tsai, M. H., & Lin, A. H. M. (2019). Impacts of Starch and the Interactions Between Starch and Other Macromolecules on Wheat Falling Number. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 641–654. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12430>
- Hejrani, T., Sheikholeslami, Z., Mortazavi, A., & Davoodi, M. G. (2017). The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. *Food Hydrocolloids*, 71, 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.012>
- Hemdane, S., Jacobs, P. J., Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, J. A., & Courtin, C. M. (2016). Wheat (*Triticum aestivum* L.) Bran in Bread Making: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 28–42. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12176>
- Iacovino, S., Trivisonno, M. C., Messia, M. C., Cuomo, F., Lopez, F., & Marconi, E. (2024). Combination of empirical and fundamental rheology for the characterization of dough from wheat flours with different extraction rate. *Food Hydrocolloids*, 148(PA), 109446. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109446>

- Kang, N., Reddy, C. K., Park, E. Y., Choi, H. D., & Lim, S. T. (2018). Antistaling effects of hydrocolloids and modified starch on bread during cold storage. *Lwt*, 96(January), 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.009>
- Katyal, M., Singh, N., Viridi, A. S., Kaur, A., Chopra, N., Ahlawat, A. K., & Singh, A. M. (2017). Extraordinarily soft, medium-hard and hard Indian wheat varieties: Composition, protein profile, dough and baking properties. *Food Research International*, 100, 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.050>
- Kim, H. J., & Yoo, S. H. (2020). Effects of combined α -amylase and endo-xylanase treatments on the properties of fresh and frozen doughs and final breads. *Polymers*, 12(6), 1–10. <https://doi.org/10.3390/POLYM12061349>
- Krasnikova, E. S., Krasnikov, A. V., & Babushkin, V. A. (2020). The influence of composite flour mixtures on *Saccharomyces cerevisiae* biotechnological properties and bread quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/2/022008>
- Li, J., Zhu, Y., Yadav, M. P., & Li, J. (2019). Effect of various hydrocolloids on the physical and fermentation properties of dough. *Food Chemistry*, 271(July), 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.192>
- Liu, Y., Zhang, X., Ding, B., Ding, W., Xiao, S., Song, J., Lyu, Q., Ke, Y., Wang, X., & Fu, Y. (2020). Effect of hydrocolloids on physical, thermal and microstructure properties of par-baked baguette during frozen storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 1866–1874. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.122>
- Matsushita, K., Santiago, D. M., Noda, T., Tsuboi, K., Kawakami, S., & Yamauchi, H. (2017). The bread making qualities of bread dough supplemented with whole wheat flour and treated with enzymes. *Food Science and Technology Research*, 23(3), 403–410. <https://doi.org/10.3136/fstr.23.403>

- Miranda-Ramos, K. C., & Haros, C. M. (2023). Influence of pre-baking and frozen storage on the technological and nutritional quality of a multi-seed bread. *Lwt*, 187(September), 115340. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115340>
- Mohajan, S., Orchy, T. N., & Farzana, T. (2018). Effect of incorporation of soy flour on functional, nutritional, and sensory properties of mushroom–moringa-supplemented healthy soup. *Food Science and Nutrition*, 6(3), 549–556. <https://doi.org/10.1002/fsn3.594>
- Mohammadi, M., Zoghi, A., & Azizi, M. H. (2022). Effect of Xylanase and Pentosanase Enzymes on Dough Rheological Properties and Quality of Baguette Bread. *Journal of Food Quality*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2910821>
- Motta, J. F. G., de FREITAS, B. C. B., de ALMEIDA, A. F., Martins, G. A. de S., & Borges, S. V. (2023). Use of enzymes in the food industry: a review. *Food Science and Technology (Brazil)*, 43, 1–14. <https://doi.org/10.1590/fst.106222>
- Mudawi, H. A., Mohamed, S., & Abdelrahim, K. (2017). Optimization of Bread Baking Conditions in Superheated Steam Oven Using Response Surface Methodology. *International Journal of Agricultural and Environmental Research*, 3(3), 290–301. <https://www.researchgate.net/publication/322329879>
- Novozymes. (2020). *Enzymes in bread baking* (BAKERpedia (ed.)).
- Ortolan, F., & Steel, C. J. (2017). Protein Characteristics that Affect the Quality of Vital Wheat Gluten to be Used in Baking: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 369–381. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12259>
- Ortolan, F., Urbano, K., & Steel, C. J. (2018). Simple tests as tools for vital wheat gluten evaluation. *British Food Journal*, 120(7), 1590–1599. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2017-0356>

- Osuna, M. B., Romero, C. A., Romero, A. M., Judis, M. A., & Bertola, N. C. (2018). Proximal composition, sensorial properties and effect of ascorbic acid and α -tocopherol on oxidative stability of bread made with whole flours and vegetable oils. *Lwt*, *98*, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.012>
- Oyeyinka, S. A., & Basse, I. A. V. (2023). Composition, Functionality, and Baking Quality of Flour from Four Brands of Wheat Flour. *Journal of Culinary Science and Technology*, *00*(00), 1–21. <https://doi.org/10.1080/15428052.2023.2191874>
- Oyeyinka, S. A., Adepegba, A. A., Oyetunde, T. T., Oyeyinka, A. T., Olaniran, A. F., Iranloye, Y. M., Olagunju, O. F., Manley, M., Kayitesi, E., & Njobeh, P. B. (2021). Chemical, antioxidant and sensory properties of pasta from fractionated whole wheat and Bambara groundnut flour. *Lwt*, *138*, 110618. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110618>
- Parenti, O., Guerrini, L., & Zanoni, B. (2020). Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. *Trends in Food Science and Technology*, *99*(February), 152–166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>
- Putseys, J. A., & Schooneveld-Bergmans, M. E. F. (2019). Enzymes used in baking. *Industrial Enzyme Applications*, 97–123. https://doi.org/10.1002/9783527813780.ch2_1
- Schopf, M., & Scherf, K. A. (2021). Water absorption capacity determines the functionality of vital gluten related to specific bread volume. *Foods*, *10*(2), 0–12. <https://doi.org/10.3390/foods10020228>
- Shelke, A. D. (2020). Effect of silver nanoparticles on antioxidant enzymes of Zebrafish, *Danio rerio*. *Toxicology International*, *27*(3), 93–100. <https://doi.org/10.18311/ti/2020/v27i3&4/25048>
- Tebben, L. (2016). *Effect of enzymes, hydrocolloids, and emulsifiers on qualities of dough and bread made from whole grain wheat flour*. July, 1–23.

- Tebben, L., Shen, Y., & Li, Y. (2018). Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. *Trends in Food Science and Technology*, 81(August), 10–24. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.015>
- Toscano-Palomar, L., García-Gómez, G., Gómez-Puentes, F. J., Beltrán-González, G., Valenzuela-Espinoza, I. G., & Armenta-Gálvez, J. M. (2020). Analysis of the physical-chemical and sensorial properties of nutritional bars based on seeds and nuts without components of animal origin. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica*, 24(2), 143–153. <https://doi.org/10.14306/renhyd.24.2.963>
- Tozatti, P., Hopkins, E. J., Briggs, C., Hucl, P., & Nickerson, M. T. (2020). Effect of chemical oxidizers and enzymatic treatments on the baking quality of doughs formulated with five Canadian spring wheat cultivars. *Food Science and Technology International*, 26(7), 614–628. <https://doi.org/10.1177/1082013220915363>
- Tozatti, P., Hopkins, E. J., Briggs, C., Hucl, P., & Nickerson, M. T. (2019). Effect of chemical oxidizers and enzymatic treatments on the rheology of dough prepared from five different wheat cultivars. *Journal of Cereal Science*, 90(June), 102806. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102806>
- Vasafi, P. S., Hamdami, N., & Keramat, J. (2019). Quality and microbial stability of part-baked 'Barbari bread' during freezing storage. *Lwt*, 104(December 2018), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.033>
- Vázquez Chávez, L., González Sánchez, D., & Cervantes Arista, C. (2016). Calidad de pan precocido almacenado en refrigeración y en congelación. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 49–55. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/1/9.pdf>
- Verbeke, C., Debonne, E., Van Leirsberghe, H., Van Bockstaele, F., & Eeckhout, M. (2024). An Impact Assessment of Par-Baking and Storage on the Quality

- of Wheat, Whole Wheat, and Whole Rye Breads. *Foods*, 13(2).
<https://doi.org/10.3390/foods13020224>
- Verbeke, C., Van Bockstaele, F., Eeckhout, M., & Debonne, E. (2023). *The impact of par-baking on the technological quality of wheat , whole wheat , and whole rye bread. November.*
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28323.02088>
- Vinogradov, D. V., Evsenina, M. V., & Lupova, E. I. (2022). Assessment of technological properties of flour from different manufacturers and the quality of baked goods made of it. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1069(1), 6–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1069/1/012029>
- Wang, Q., Liu, H. zhi, Shi, A. min, Hu, H., Liu, L., Wang, L., & YU, H. Wei. (2017). Review on the processing characteristics of cereals and oilseeds and their processing suitability evaluation technology. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12), 2886–2897. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61799-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61799-4)
- Wysocka, K., Cacak-Pietrzak, G., Feledyn-Szewczyk, B., & Studnicki, M. (2024). The Baking Quality of Wheat Flour (*Triticum aestivum* L.) Obtained from Wheat Grains Cultivated in Various Farming Systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional). *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(5).
<https://doi.org/10.3390/app14051886>
- Yuan, Y., Hong, T., Ma, Y., Xu, D., Zhang, H., Jin, Y., Wu, F., & Xu, X. (2021). Effects of partial preheated dough on its frozen characteristics: Baking, water mobility, thermal, and microstructural properties. *Cereal Chemistry*, 98(4), 912–925. <https://doi.org/10.1002/cche.10433>
- Zeeb, B., McClements, D. J., & Weiss, J. (2017). Enzyme-Based Strategies for Structuring Foods for Improved Functionality. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8(December 2016), 21–34.
<https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025753>

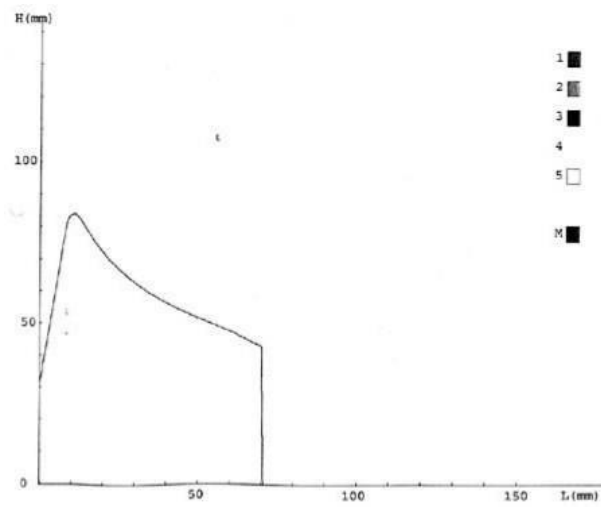
Zhygunov, D., Kovalova, V., Kovalov, M., & Donets, A. (n.d.). Development of technological solutions for flour production with specified quality parameters. *Food Science and Technology*, 12(3). <https://doi.org/10.15673/fst.v12i3.1043>

Zhygunov, D., Mardar, M., & Kovalyova, V. (n.d.). Use of enzyme preparations for improvement of the flour baking properties. *Food Science and Applied Biotechnology*, 1(1), 26. <https://doi.org/10.30721/fsab2018.v1.i1.21>

ANEXOS

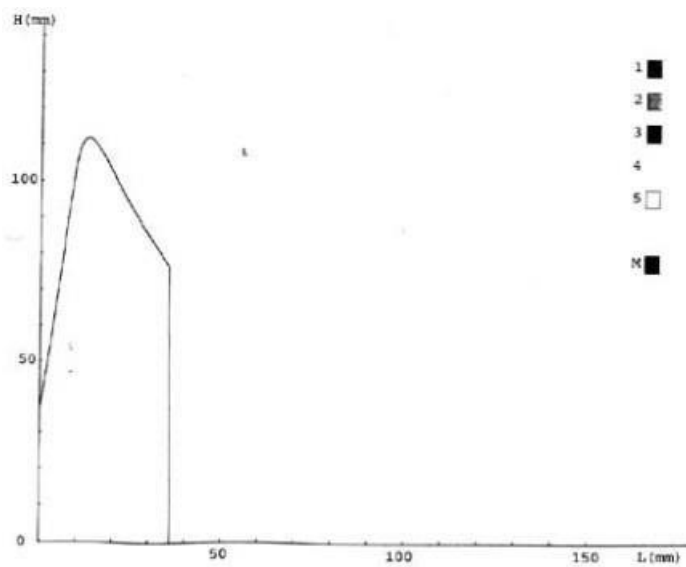
			X3= Las condiciones de proceso para panes precocidos.	<p>Cantidad de componentes</p> <p>Características reológicas</p> <p>Características sensoriales</p> <p>Parámetros físicos</p> <p>Características sensoriales</p>	<p>Aditivos químicos enzimas</p> <p>Presión máxima Tiempo a Pr. máx. Tolerancia Debilitamiento Atributos sensoriales.</p> <p>Textura Aroma Sabor Color</p> <p>Temperatura, tiempo. Atributos sensoriales</p>	<p>Experimental</p> <p>Consistógrafo</p> <p>Pruebas panificación Evaluación sensorial</p>
Y = f(X1, X2, X3)						

Anexo 2: Alveograma con harina testigo (T0)



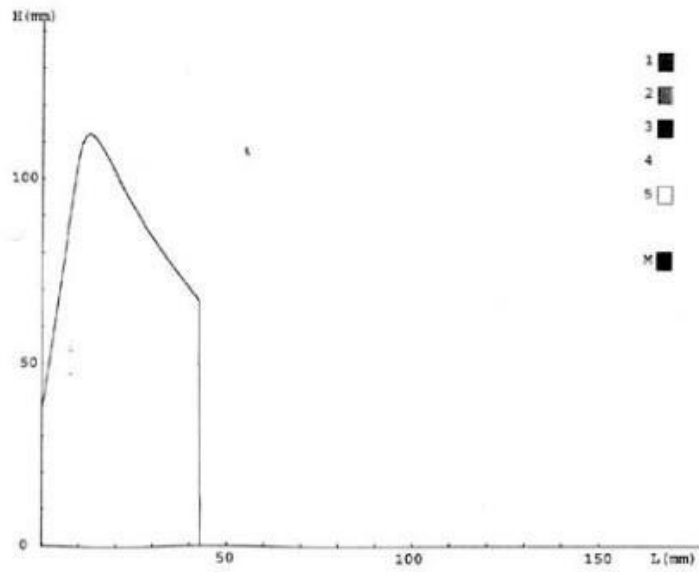
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 3: Alveograma con harina tratamiento 1



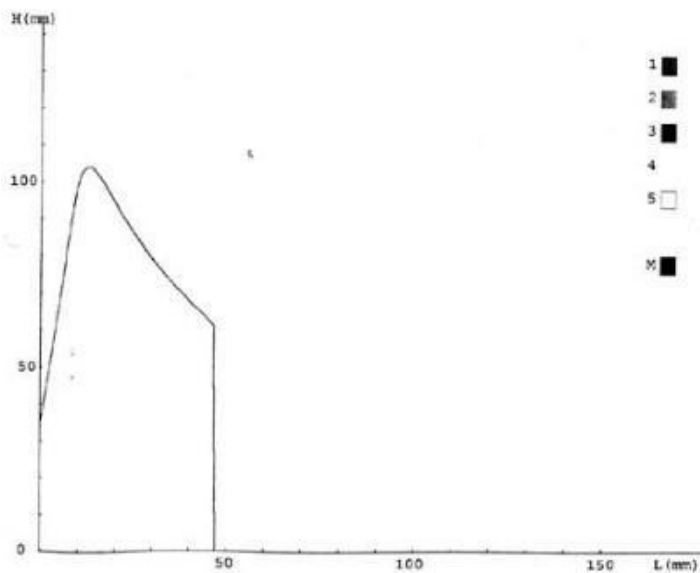
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 4: Alveograma con harina tratamiento 2



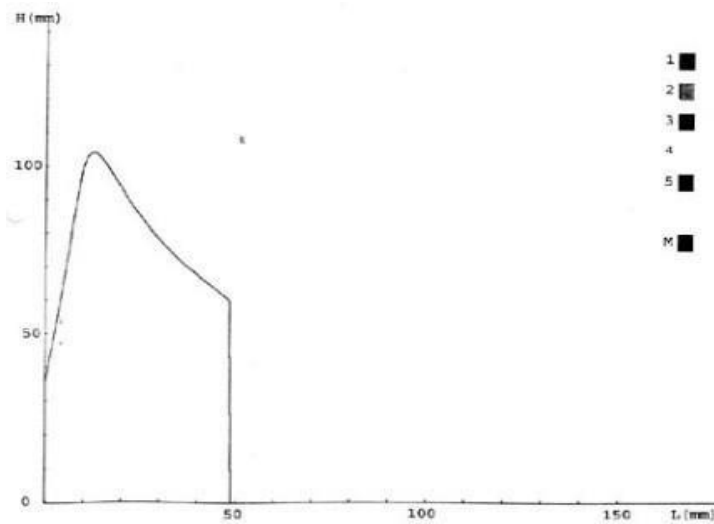
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 5: Alveograma con harina tratamiento 3



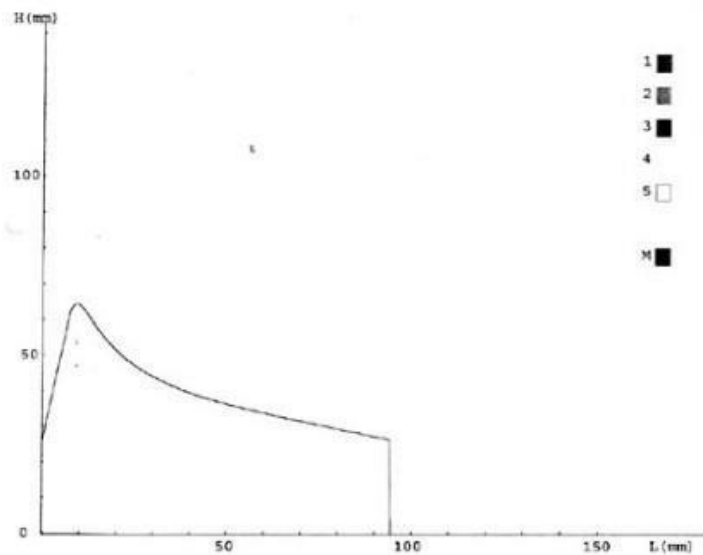
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 6: Alveograma con harina tratamiento 4



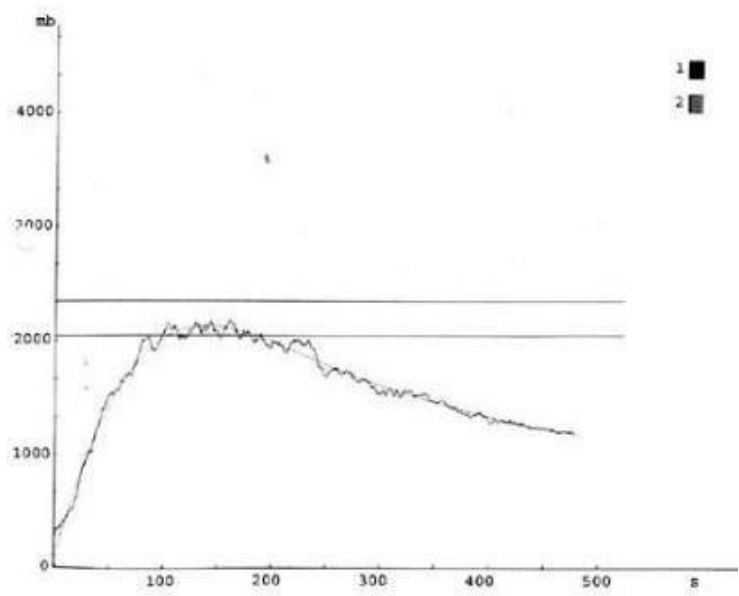
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 7: Alveograma con harina especial sin aditivos



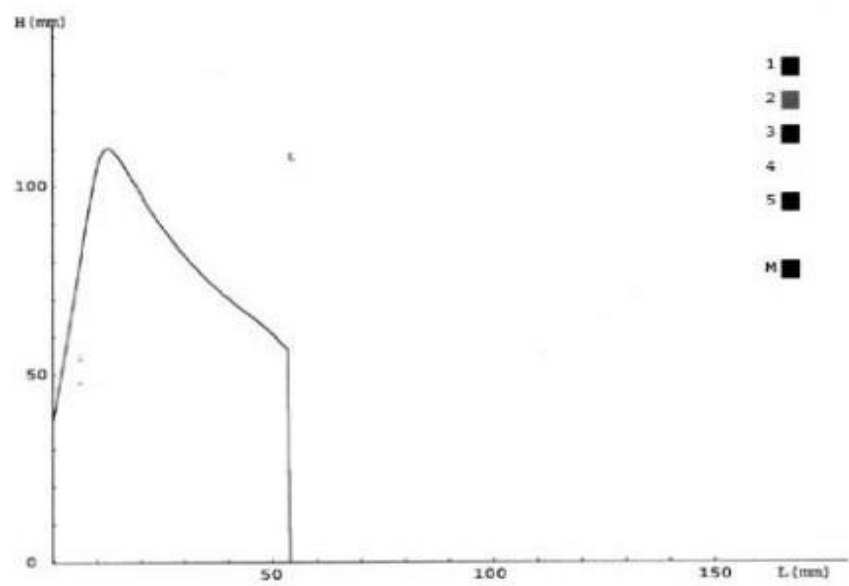
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 8: Consistograma con harina especial sin aditivos



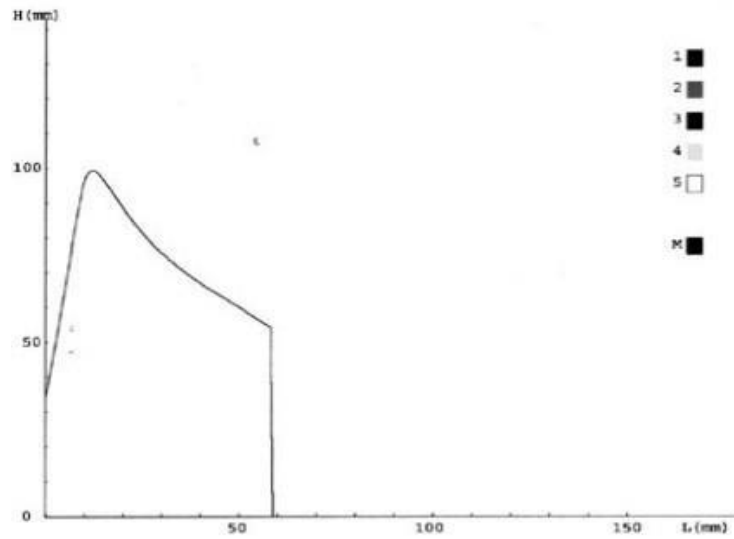
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 9: Alveograma con mejorador M₃



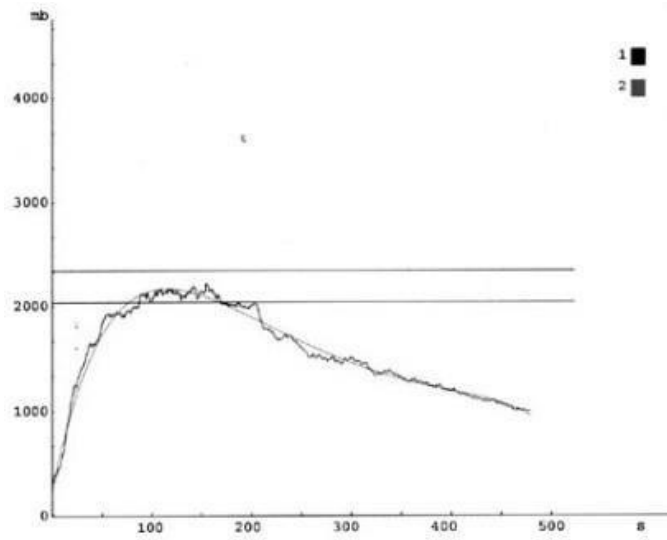
(*) cinco lecturas realizadas

Anexo 10: Alveograma con mejorador M_4

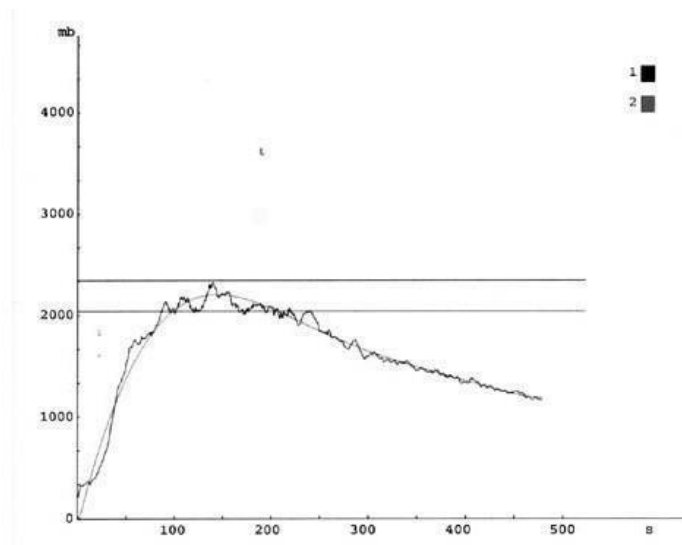


(*) cinco lecturas realizadas

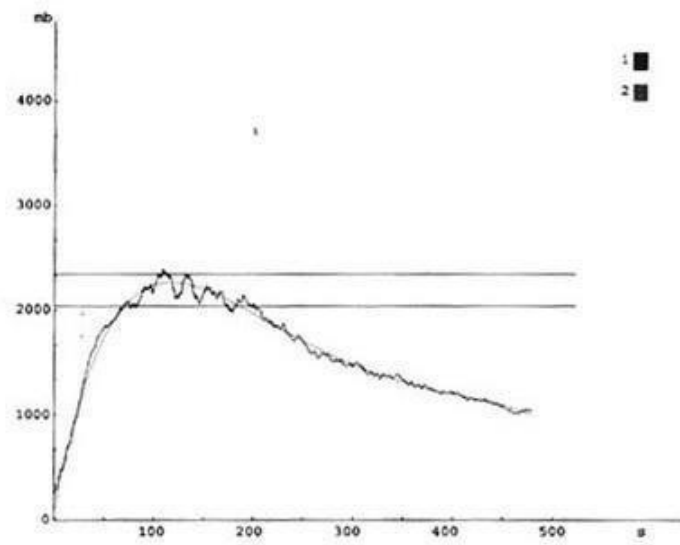
Anexo 11: Consistograma con mejoradores M_3



Anexo 12: Consistograma con mejorador M_4



Anexo 13: Consistograma muestra M_5



Anexo 14: Ficha de evaluación para test descriptivo

Nombre..... Fecha.....

Producto: Hora.

Por favor, califique la calidad de las muestras que se presentan a continuación según la escala que se indica. Marque sólo una calificación por muestra.

Muestra N° 6502	Muestra N° 0952	Muestra N° 7140	Muestra N° 4891
.....excelente	..... excelente	..... excelente	..... excelente
..... bueno	..... bueno	..... bueno	..... bueno
..... regular	..... regular	..... regular	..... regular
..... malo	..... malo	..... malo	..... malo

Comentarios:

.....
.....

Muchas gracias

Fuente: WITTIG DE PENNA, E. (2001).

Anexo 15: Ficha de evaluación para test de comparaciones múltiples

Nombre..... Fecha.....

Producto: Hora.

Está recibiendo muestras de panes precocidos para comparar la textura de corteza. Se le ha proporcionado una muestra de referencia, marcada con una R, con la que debe comparar cada muestra. Pruebe cada muestra; Determine si es más firme, comparable o más suave que la referencia. Luego, calcule la cantidad de diferencia que existe.

Número de muestra	4 26	591	487	874
Más firme que R	--	--	--	--
Igual a R	--	--	--	--
Más suave a R	--	--	--	--

CANTIDAD DE DIFERENCIA

Ninguno	--	-	-	-
		-	-	-
Leve	--	-	-	-
		-	-	-
Moderado	--	-	-	-
		-	-	-
Mucho	--	-	-	-
		-	-	-
Extremo	--	-	-	-
		-	-	-

Comentarios:

.....

Muchas gracias

Fuente: POSTE y otros (1991).

Anexo 16: Ficha de evaluación para test de escala hedónica

Nombre..... Fecha.....
Producto: Hora.

Pruebe estas muestras y compruebe cuánto le gusta o le disgusta.

<u>148</u>	<u>914</u>	<u>579</u>
.... me gusta extremadamente	.... me gusta extremadamente	.... me gusta extremadamente
.... me gusta mucho	.... me gusta mucho	.... me gusta mucho
.... me gusta moderadamente	.... me gusta moderadamente	.... me gusta moderadamente
.... me gusta poco	.... me gusta poco	.... me gusta poco
.... no me gusta ni me disgusta	.... no me gusta ni me disgusta	.... no me gusta ni me disgusta
.... me disgusta poco	.... me disgusta poco	.... me disgusta poco
.... me disgusta moderadamente	.... me disgusta moderadamente	.... me disgusta moderadamente
.... me disgusta mucho	.... me disgusta mucho	.... me disgusta mucho
.... me disgusta extremadamente	.... me disgusta extremadamente	.... me disgusta extremadamente

Comentarios:

.....
.....

Muchas gracias

Fuente: WITTIG DE PENNA, E. (2001).

Anexo 17: Hoja de puntuación de la calidad del pan

Externo	Número	Descriptor	Descriptores de calidad
Puntaje de volumen (10)			A. Pequeño B. Grande
Volumen medio, cc			
Volumen específico, cc/g			
Uniformidad de forma (10)			A. Falta de fuerza B. Parte superior desigual C. Lados encogidos D. Lado bajo E. Medio bajo F. Tapa plana G. Extremo pequeño
Característica de la corteza(10)			A. Pálido B. Oscuro C. Desigual D. Apagado E. Grueso F. Resistente G. Quebradizo
Rotura y desgarrado (10)			A. Salvaje B. Ninguno C. Sin cáscara D. Insuficiente
Subtotal 40			
Interno			
Estructura celular (20)			A. Abierto grueso B. Paredes celulares gruesas C. Agujeros D. No uniforme
Color de la miga (10)			A. Gris opaco B. Cremoso
Resistencia de la miga (10)			A. Duro B. Débil
Textura (10)			A. Áspero B. Natural C. Desmenuzable D. Firme E. Gomoso
Sabor y aroma (10)			A. Satisfactorio B. Insatisfactorio
Subtotal 60			
Total 100			

(*) Los números entre paréntesis se refieren a la proporción de puntuación o características.

Fuente: CAUVAIN y YOUNG (2006).

Anexo 18: Muestras de rodajas de panes cocidos: M_0 ; M_3 ; M_4 y M_5



M_0



M_3



M_4



M_5

Anexo 19: Imágenes de operaciones del proceso de panificación



Amasado



Pesado



Boleado



Formado



Reposo



Precocción



Congelación

Anexo 20: Imágenes de los panes precocidos y cocidos



Pan precocido



Panes cocidos



Pan cocido experimental y comercial

A handwritten signature in black ink, reading "Percy Raúl Ordóñez Huamán". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial 'P'.

Percy Raúl Ordóñez Huamán