



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE ALIMENTOS

Efecto del tiempo de fermentación de la masa madre sobre las características organolépticas del pan tipo tapado

Informe final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Diana Estefanía Suárez Pilicita

Tutor: Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

Ambato- Ecuador

Febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 15 de enero del 2024.

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

0501873954

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Diana Estefanía Suárez Pilicita, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Diana Estefanía Suárez Pilicita

C.I. 1755070529

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizado a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, proceso de integración, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y realice respetando mis derechos de autor.



Diana Estefanía Suárez Pilicita

C.I. 1755070529

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción proyecto de investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para consistencia firman:

Presidente del tribunal

Dr. Diego Manolo Salazar Garcés
1803124294

PhD. Liliana Alexandra Cerda Mejía
1804148086

Ambato, 06 de febrero de 2024

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es dedicado en primer lugar a Dios y la Virgencita del Quinche por guiarme en este camino y proporcionarme sabiduría y resistencia para afrontar las adversidades que cada día me han hecho más fuerte.

A mí Estefanía Suárez, por nunca rendirme pese a los momentos difíciles tanto personales como académicos, por ser una persona fuerte que inició desde cero en otra ciudad, que le costó la adaptación para afrontar la vida y por tener el valor y la perseverancia para alcanzar los sueños.

A Mercedes y Rodrigo, mis padres, quienes han sido el pilar fundamental a lo largo de esta maravillosa etapa. Agradezco infinitamente por haber confiado en mí, por motivarme a ser mejor cada día, por cada llamada llena de ilusión y nostalgia, por cada plato de comida en la mesa y el abrazo infinito de cada fin de semana.

A mi hermanita Kerly que siempre me ha generado felicidad con su compañía, ella me ve como un ejemplo, sin embargo, ella es la que me ha enseñado a ser fuerte y sobrellevar los problemas con una sonrisa.

A mi segunda madre, Esthela A., que ha sido la persona que me ha inculcado valores desde niña, la mujer que cada sábado me ha brindado un consejo para ser mejor persona y no abandonar mis sueños, por compartirme un plato de comida y permitirme tener mi primer trabajo, del cual he subsistido a lo largo de esta etapa.

A mi tía Margot, por brindarme un espacio en su hogar y motivarme a seguir con mi etapa universitaria con una llamada y un consejo.

A todos mis familiares maternos, a mis abuelos, tíos, primos, que cada reunión familiar me brindaron un consejo y aliento para seguir en el camino, siempre manteniendo la ilusión de tener un profesional más en la familia

A todos los amigos que Ambato me permitió conocer, gracias por siempre estar para mí, unos llegaron a ser mi familia.

Estefanía Suárez

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mi tutora Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar por su tiempo dedicado en mí, la paciencia, por brindarme palabras de aliento, por la confianza puesta en mí y los consejos, que Dios le brinde salud y agradezco que existan profesores con vocación.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, a los docentes que aportaron con su experiencia y conocimiento durante los 8 semestres, así mismo al personal que la conforma.

Así mismo quiero agradecer a esos seres que llegaron a mi vida para darle sentido, Nathaly P., María T, por hacerme compañía, por los platos de comida compartidos, por los informes que nos desvelaron 24 h antes de su entrega, por las conversaciones infinitas, los cumpleaños en los que festejábamos las 3, hemos compartido tanto, tristezas y felicidades, amo el grupo “las tres mosqueteras” con quienes recorrí la mayor parte de la carrera, las llevo en mi corazón. Agradezco a María T, por cuidarme siempre cuando me enfermaba, con cada taza de infusión abrigaba mi corazón en medio de la ausencia de mi familia.

A Magaly M. María C., gracias queridas amigas por escucharme, por siempre estar para todo, por brindarme consejos, por compartir bellos momentos, gratas experiencias, y anhelo que nuestras vidas se vuelvan a cruzar en el futuro mis pequeñas.

Agradezco a Sebastián S, Ibeth y Michael, mis buenos amigos, así mismo al grupo “panas para química”.

Agradezco a Andrea, Emili, Alex A. y Kevin V. por permitirme conocer un excelente grupo de amigos “Juanitos” en mi último semestre, gracias por todos los momentos vividos.

También quiero agradecer al comité evaluador, por el tiempo empleado.

A todas las personas que han formado parte de esta etapa y que por alguna razón no han sido nombradas, agradezco su apoyo para alcanzar este logro.

Estefanía Suárez

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Trigo	1
1.1.1. Carbohidratos	2
1.1.2. Almidón	3
1.1.3. Oligosacáridos	3
1.1.4. Proteína	3
1.1.5. Gluten	4

1.1.6.	Enzimas	4
1.1.7.	Lípidos	4
1.1.8.	Vitaminas y minerales	4
1.2.	Harinas de trigo (refinada e integral)	5
1.3.	Masa madre y su clasificación	6
1.5.	Pan.....	8
1.6.	OBJETIVOS	9
1.6.1.	Objetivo general	9
1.6.2.	Objetivos específicos	9
1.7.	Hipótesis.....	9
1.7.1.	Hipótesis nula H0	9
1.7.2.	Hipótesis alternativa H1	9
CAPÍTULO II		10
MATERIALES Y MÉTODOS		10
2.1	Materiales.....	10
2.1.1	Ingredientes	10
2.1.2	Materiales de laboratorio.....	10
2.1.3	Equipos.....	10
2.2	Métodos.....	11
2.2.1	Elaboración de formulaciones de pan tipo tapado utilizando masa madre fermentada	11

2.2.2	Evaluación de las características sensoriales de los panes elaborados ..	13
2.2.3	Evaluación de la calidad de la masa y textura.....	14
CAPÍTULO III.....		15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		15
3.1.	Elaboración de formulaciones de pan tipo tapado utilizando masa madre fermentada	15
3.1.1.	Desarrollo de la masa madre	15
3.1.2.	Desarrollo del pan tipo tapado	16
3.2.	Evaluación de las características sensoriales de los panes elaborados	17
3.2.1.	Análisis sensorial	17
3.3	Evaluación de la calidad de la masa y textura de la mejor formulación	21
3.3.1	Calidad de la masa	21
3.3.2.	Textura.....	25
3.4.	Verificación de hipótesis	26
CAPÍTULO IV.....		27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		27
4.1.	Conclusiones	27
4.2.	Recomendaciones.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....		29
ANEXOS		35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición aproximada de la harina de trigo integral y refinada.....	5
Tabla 2. Formulación de pan tipo tapado con inclusión de masa madre.....	11
Tabla 3. Formulación base para la elaboración de pan tipo tapado.....	13
Tabla 4. Tiempos de fermentación para cada muestra.....	14
Tabla 5. Valores obtenidos en el análisis mixográfico	22
Tabla 6. Resultados del análisis de textura de las muestras	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del grano de trigo en sección longitudinal y transversal.....	1
Figura 2. Planta de trigo.....	2
Figura 3. Diagrama de flujo de elaboración de pan tipo tapado	12
Figura 4. Masa madre de 3 días de fermentación	15
Figura 5. Masa madre de 7 días de fermentación	15
Figura 6. Masa madre de 15 días de fermentación	15
Figura 7. Panes tipo tapado elaborados con levadura (Blanco) y con una masa madre tradicional de diferente tiempo de fermentación de 0 (PT – 366), 1 (PT – 573), 7 (PT – 789) y 15 (PT – 911) días. El volumen alcanzado por el pan tipo tapado va incrementándose conforme aumenta el tiempo de fermentación.....	16
Figura 8. Índice de aceptabilidad de las muestras y el blanco, la muestra PT-789 es el pan tipo tapado elaborado con masa madre de mayor aceptación	17
Figura 9. Análisis sensorial de las muestras de pan tipo tapado, la muestra PT-789 destaca en todos los atributos, incluso superando al blanco.	18
Figura 10. Análisis mixográfico de la muestra Blanco, se observa un perfil de 754466, característico de harina de trigo.	21

Figura 11. Formulaciones posteriores al leudado.....	35
Figura 12. Panes posteriores al horneado.....	35
Figura 13. Muestras posteriores al análisis sensorial.....	35
Figura 14. Aplicación de la evaluación sensorial.....	35
Figura 15. Evaluación sensorial aplicada al panel de catadores	35
Figura 16. Análisis de textura del pan.....	35

RESUMEN EJECUTIVO

Las nuevas generaciones adoptan estilos de alimentación asociados a rutinas saludables y sensorialmente aceptables, enfocándose en descubrir nuevas sensaciones, esto ha permitido a la línea de panadería incluir productos elaborados utilizando masa madre. El uso de la masa madre ha retomado importancia dentro de la industria alimentaria, pues al ser un hábitat idóneo para el crecimiento de levaduras y bacterias confiere características sensoriales especiales.

El desarrollo de este trabajo de investigación muestra una solución a la necesidad actual, se enfoca en incluir masa madre de diferentes tiempos de fermentación en la elaboración de pan tipo tapado para modificar las características sensoriales. Se propuso 4 formulaciones de pan tipo tapado con inclusión de masa madre. En el análisis sensorial se destacó la muestra con inclusión de masa madre de 7 días de fermentación, la cual, presentó los mejores valores de sabor, color y aceptabilidad.

Las mezclas de las harinas utilizadas fueron analizadas mediante mixografía y el pan elaborado se evaluó mediante textura. El análisis de textura de las muestras de pan reflejó valores favorables de dureza, elasticidad y masticabilidad de la muestra con inclusión de masa madre de 7 días de fermentación. Finalmente, en mixografía se evidenciaron diferencias significativas en C1 (índice de absorción de agua) en contraste con las muestras C2 (calidad de proteína), C3 (gelatinización), C4(índice de amilasa) y C5 (retrogradación del almidón).

Palabras clave: nutrición, fermentación, tecnología de cereales, masa madre, panificación.

ABSTRACT

New generations are adopting eating styles associated with healthy and sensorially acceptable routines, focusing on discovering new sensations, which has allowed the bakery line to include sourdough products. The use of sourdough has regained importance in the food industry, as it is an ideal habitat for the growth of yeast and bacteria, conferring special sensory characteristics.

The development of this research work provides a solution to the current need, focusing on including sourdough with different fermentation times in the elaboration of covered bread to modify the sensory characteristics. Four formulations of tapado bread with sourdough inclusion were proposed. In the sensory analysis, the sample with sourdough after 7 days of fermentation stood out, which presented the best values of flavor, color, and acceptability.

The flour mixtures were analyzed by mixing, and the bread made was evaluated by texture. The texture analysis of the bread samples showed favorable values of hardness, elasticity and chewiness of the sample with inclusion of sourdough after 7 days of fermentation. Finally, in mixography, significant differences were observed in C1 (water absorption index), in contrast to C2 (protein quality), C3 (gelatinization), C4 (amylase index), and C5 (starch retrogradation).

Keywords: nutrition, fermentation, cereal technology, sourdough, baking.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Trigo

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es uno de los cereales básicos más antiguos, pertenece a la familia Gramineae del género *Triticum*. El grano es importante para la agricultura debido a la producción actual intensificada (**Khalid, Hameed, y Farrukh, 2023**). Existen dos variedades de trigo cultivadas: trigo duro y trigo blando, el 95% de trigo cultivado a nivel mundial es el trigo blando, el 5% restante es trigo duro (**de Sousa et al., 2021**). El trigo es el principal alimento para el 36 % de la población mundial, además constituye aproximadamente el 55% de las fuentes de carbohidratos y el 21% de las calorías alimentarias consumidas (**Khalid et al., 2023**).

La figura 1 muestra la estructura del grano de trigo en sección longitudinal y transversal:

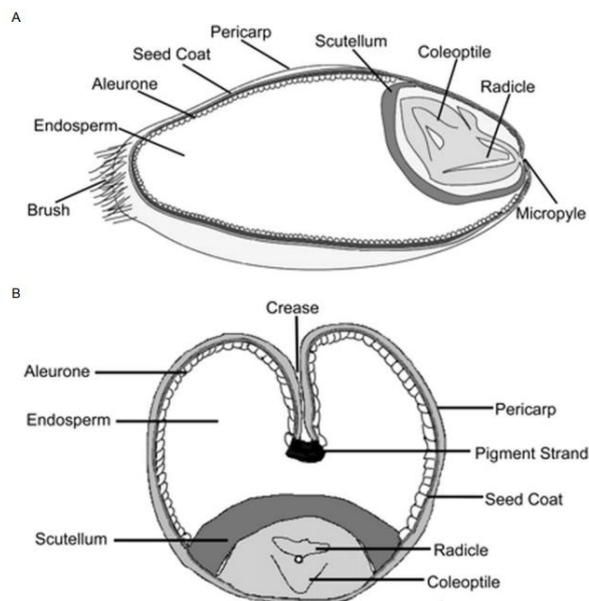


Figura 1. Estructura del grano de trigo en sección longitudinal y transversal

Fuente: (Khalid et al., 2023).

El trigo es importante para la agricultura a nivel mundial, se sitúa en tercer lugar de producción posterior al arroz y maíz. El trigo es adaptable a diversas condiciones climáticas, no obstante, existen suelos en los que no germina, principalmente en aquellos asociados a los niveles de salinidad (Miransari y Smith 2019).



Figura 2. Planta de trigo

Fuente: (Khalid et al., 2023).

De la producción mundial del trigo, el 90 a 95% es trigo harinero (*Triticum aestivum* L.). Resulta una fuente importante de proteínas, vitaminas, minerales y fibra (Giraldo et al., 2019; Levy y Feldman, 2022).

1.1.1. Carbohidratos

El carbohidrato principal de la harina es el almidón, sin embargo, también contiene azúcares, glucofructanos y hemicelulosas (pentosas) (D'Appolonia y Rayas-Duarte, 1994). La clasificación de los carbohidratos se puede presentar en función de unidades de monosacáridos combinadas en monosacáridos, oligosacáridos o polisacáridos (Mussatto y Mancilha, 2007). El trigo está compuesto de 85 % (p/p) de carbohidratos, de esto el 80 % es almidón y 7 % aproximadamente de monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos de bajo peso molecular (presentes en la capa aleurona, endospermo y tejidos del eje embrionario) (Shewry y Hey 2015).

1.1.2. Almidón

Es el carbohidrato de almacenamiento primordial de los cereales, representa el 70 – 80 % aproximadamente del peso del grano de trigo, se encuentra en el endospermo de forma granular **(D'Appolonia y Rayas-Duarte, 1994)**. El almidón está compuesto de dos polímeros de glucosa: amilosa lineal y amilopectina ramificada en conjunto conforman del 65 y el 82% del total **(Zhong et al., 2023)**.

La amilosa y amilopectina son compuestos insolubles en agua que conforman el almidón. La amilosa está presente en un aproximado de 25 a 28 % y la amilopectina de 72 a 75 %. La amilosa posee una cadena casi lineal y forma complejos con lípidos polares en el almidón nativo o gelatinizado. La amilopectina es un polisacárido ramificado con un mayor número de unidades de glucosa en contraste con la amilosa **(Koehler y Wieser, 2013)**.

1.1.3. Oligosacáridos

Los oligosacáridos son carbohidratos solubles en agua y moderadamente dulces, con un grado de polimerización de 3 a 10. Son utilizados para aumentar la viscosidad debido a los pesos moleculares altos en comparación con los monosacáridos y disacáridos. Además, son inhibidores de la retrogradación del almidón **(Pepe, Ventorino, Cavella, Fagnano y Brugno, 2013)**. Los polímeros de fructosa: fructooligosacáridos, galacto-oligosacáridos y fructanos, son los oligosacáridos más abundantes en el trigo **(Shewry y Hey 2015)**. Los fructooligosacáridos son, oligómeros conformados por cadenas de fructosa que no son digeribles, pueden ser utilizados como ingrediente alimentario prebiótico **(Sudha et al., 2022)**. El trigo inmaduro posee alto contenido de FOS por lo que es usado como prebiótico en la elaboración de alimentos funcionales **(Pepe et al., 2013)**. Los Galacto-oligosacáridos (GOS), son los carbohidratos no digeribles, es un ingrediente soluble y estable considerado como apoyo clínico para la salud digestiva e inmunológica, además tiene excelente aplicabilidad como prebiótico **(Sangwan et al., 2011)**.

1.1.4. Proteína

Los componentes principales de las proteínas de los cereales son las prolaminas y gluteninas. El porcentaje de proteína en el trigo comprende del 6 al 20%, en cada

compartimento se distribuye: el germen tiene 30%, endospermo amiláceo 13 % y el salvado 7%. Los aminoácidos importantes de las proteínas de la harina son: la glutamina (15-31%), prolina (12-14%), leucina (7-14%) y alanina (4-11%) **(Koehler y Wieser, 2013)**.

1.1.5. Gluten

Las proteínas del gluten son gliadinas y gluteninas, estas confieren propiedades viscoelásticas a la masa. Las gluteninas generan mayor viscosidad y elasticidad a la masa mientras que las gliadinas confieren extensibilidad, debido a que éstas últimas tienen proteínas monoméricas y oligoméricas **(Koehler y Wieser, 2013)**.

1.1.6. Enzimas

- **Hidrolizantes**

Las amilasas (α, β) hidrolizan los polisacáridos en gránulos de almidón. Se clasifican en dos grupos, endohidrolasas que afectan los enlaces glucosídicos en la parte interna de las moléculas de polisacáridos y exohidrolasas que afectan los enlaces glucosídicos en el final de las cadenas **(Koehler y Wieser, 2013)**.

- **Oxidantes**

En el germen se encuentra la lipoxigenasa, esta cataliza la peroxidación de ácidos grasos poliinsaturados mediante el oxígeno molecular **(Koehler y Wieser, 2013)**. Además de lipoxigenasa, hidroperóxido liasa y polifenol oxidasa **(De Vuyst, Comasio y Kerrebroeck 2021)**.

1.1.7. Lípidos

El contenido de lípidos en la harina de trigo comprende del 1 – 2 %, distinguiéndose los glicolípidos no asociados al almidón que influyen en la calidad de horneado, aumenta el volumen del pan **(De Vuyst et al., 2021)**.

1.1.8. Vitaminas y minerales

Los minerales de los cereales están distribuidos en el salvado, capa aleurona y el germen **(Koehler y Wieser, 2013)**. Los cereales tienen predominio de vitamina B y las

vitaminas liposolubles, siendo los más importantes los tocoferoles. Las vitaminas se concentran en las capas exteriores de los granos (Koehler y Wieser, 2013).

1.2. Harinas de trigo (refinada e integral)

El proceso de molienda del trigo para obtener harina con una tasa de extracción del 70 % generalmente disminuye los niveles de nutrientes de un 60 y 80 % (Fernández-Canto et al., 2022).

-Harina refinada: para obtener la harina refinada se muele el endospermo, mientras que el germen y salvado se re tiran y clasifican como subproductos, la harina refinada contiene de 80 % y 86 % de almidón y contenido bajo en fibra (Fernández-Canto et al., 2022).

-Harina integral: implica las características anatómicas del trigo, es decir el endospermo, germen y salvado, cabe destacar que el porcentaje de salvado y germen varía entre los cultivares de trigo y el genotipo. Las harinas integrales tienen contenido elevado de minerales, fibra y compuestos bioactivos (Gómez et al., 2020).

Tabla 1. Composición aproximada de la harina de trigo integral y refinada

	Harina integral	Harina refina
Hidratos de carbono (g/100 g)	71,20	76,31
Fibra (g/100 g)	10,60	2,70
Proteína (g/100 g)	15,10	10,33
Lípidos (g/100 g)	2,73	0,98
Calcio (mg/100 g)	38	15
Hierro (mg/100 g)	3,86	1,17
Magnesio (mg/100 g)	138	22

Fósforo (<i>mg/100 g</i>)	352	108
Potasio (<i>mg/100 g</i>)	372	107

Fuente: (Gómez et al., 2020).

1.3. Masa madre y su clasificación

La masa madre es un producto de antigüedad utilizado como iniciador natural, se usa como alternativa a los fermentos química y la levadura para elaborar productos de panificación horneados (**Arora et al., 2021**). Su origen se remonta a épocas asociadas con el milenio antes de Cristo.

La masa madre es una mezcla de agua y harina, la fermentación se da por acción de microorganismos endógenos nativos de la harina y puede llevarse a cabo de forma espontánea o dirigido por la adición de cultivos iniciadores (**Lau et al., 2021**).

Según **Canesin y Cazarin, (2021)**, para obtener una masa madre de calidad es recomendable utilizar harina de grano entero, ya que posee mayor cantidad de nutrientes como; vitaminas, minerales, compuestos fenólicos, tocoferoles y esteroles

Los microorganismos presentes son cruciales en el desarrollo de las características de la masa madre. La fermentación de las bacterias ácido-lácticas (BAL) influye directamente en las características específicas en los alimentos . Las BAL provienen de la harina, masa, otros ingredientes y el ambiente en el que se realiza (**Suo et al., 2021**).

Incluir masa madre para la elaboración de pan permite obtener productos panificados de calidad, puesto que el proceso de fermentación de la masa madre proporciona la síntesis de probióticos, ácidos orgánicos, enzimas, compuestos antifúngicos (**Canesin y Cazarin, 2021**). La formación del sabor en el pan con inclusión de masa madre depende de diversos factores, inicialmente de la fermentación, oxidación de grasas y cocción. Así mismo, las BAL en masa madre o en conjunto con levadura incrementa los niveles de compuestos aromáticos (**Suo et al., 2021**).

Según **Ramos, et al., (2021); Akamine, Mansoldo y Vermelho, (2023)** una clasificación de la masa madre, es la siguiente:

- La masa madre tipo 0 o esponja madre, cumple un tiempo corto de fermentación a temperatura ambiente (<30°C). Generándose la propagación de los microorganismos nativos (BAL), produciendo ácidos orgánicos (ácido láctico y acético). Para este tipo de masa madre es fundamental colocar cultivos iniciadores **(Ramos, et al., 2021)**.
- La masa madre tipo I o masa tradicional, está compuesta de agua y harina que debe fermentarse por intervalos de tiempos largos a temperatura ambiente. Están conformadas por poblaciones microbianas competentes que se encuentran en la harina utilizada **(Ramos et al., 2021)**.
- La masa madre tipo II o masa de estado semilíquido, requiere adición de cultivo iniciador (BAL), el tiempo de fermentación es de dos a cinco días a temperatura mayor de 30°C. Durante la fermentación de esta masa madre se produce ácidos orgánicos **(Ramos et al., 2021)**.
- La masa madre tipo III, se asemeja a la del tipo II, se diferencia porque la masa madre esta liofilizada para facilitar el uso (Ramos et al., 2021). La fermentación se efectúa de 24 -72 h a temperatura > 30 °C en una sola etapa **(Akamine et al., 2023)**.

La masa madre se usa como ingrediente en la elaboración de panes **(De Vuyst et al., 2021)**.

- **Fermentación**

La fermentación es un proceso de transformación natural que tiene el fin de mejorar la conservación, sabor y textura de los alimentos **(Ribet et al., 2023)**. La fermentación genera la acidificación de la masa madre, que va a influir sobre las propiedades reológicas de la masa. La acidificación y formación de sabores son los cambios metabólicos importantes que se efectúan **(Menezes, et al., 2019)**. Durante la fermentación se producen: alcoholes, aldehídos, ésteres y cetonas; ruta primordial de compuestos orgánicos volátiles que modifican el aroma del pan **(Akamine et al., 2023)**.

La acidificación de las BAL de la masa madre proporciona volumen y suavidad a la miga del pan, debido a la solubilidad del gluten en ambiente ácido, así como una

tardanza en el envejecimiento debido a la retrogradación del almidón (De Vuyst et al., 2021).

Los factores principales que influyen en la fermentación es el tiempo y temperatura, ya que de estos dependerá que se produzcan las reacciones propias de la fermentación. A mayor tiempo de fermentación se intensifica la generación de compuestos beneficiosos (Ramos et al., 2021).

El factor con mayor relevancia es la temperatura de fermentación ya que va a influir directamente en la tasa de acidificación y en la composición de microorganismos de la masa (Chavan y Chavan 2011).

- **Ventajas de la fermentación**

En la fermentación de la masa se reducen oligosacáridos, disacáridos, monosacáridos y polioles fermentables (Akamine et al., 2023). La masa madre confiere al producto final características reológicas resaltables en textura, miga, dureza, aroma, masticabilidad, elasticidad, etc (Arora et al., 2021).

1.5. Pan

La panificación se fundamenta en el uso trigo blando (*Triticum aestivum*). Aproximadamente el 70 – 80 % de la producción de trigo se destina al consumo en forma de pan. El trigo se considera un cereal especialmente adecuado para la panificación debido a su rendimiento superior en comparación a otros cereales (Zhong et al., 2023). La tradición de elaborar pan tiene sus raíces en el Asia neolítica, remontándose a unos 14,400 años. Diversos factores, como el tipo de harina, la ubicación geográfica y otras variables relacionadas con la ecología de la masa fermentada , influyen en los resultados sensoriales del pan (Calvert et al., 2021).

Desde la antigüedad el pan ha sido uno de los principales alimentos para la humanidad. La primera aparición de los panes se asocia a un accidente en afán de elaborar otros productos. Por otro lado, en la actualidad, el pan se consume a nivel global, no obstante, las recetas varían en función de la geografía, tradiciones, materia prima y economía (Hutkins, 2006).

La panificación se considera un proceso discontinuo por las etapas y equipos que se requiere para la obtención del producto. El empleo de masa madre para obtener pan es un método indirecto. La calidad del producto es influenciada por el tipo de harina, formulación y proceso. El uso de masa madre permitirá obtener ligereza inicial, el pan obtendrá características destacadas en sabor y olor (**Bernabé, Llin y Pérez, 2007**).

En la panificación la harina de trigo proporciona energía mecánica necesaria para generar la red proteica. El proceso de amasado es fundamental, debe desarrollarse en un tiempo óptimo para ofrecer resistencia a la extensión, de lo contrario al sobrepasar el amasado se disminuye la consistencia debilitando la red proteica. El gluten es importante en la elaboración del pan influencia en las propiedades de mezcla, amasado y horneado (**Rosell, 2011**).

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del tiempo de fermentación de la masa madre sobre las características organolépticas del pan tipo tapado.

1.6.2. Objetivos específicos

- Elaborar formulaciones de pan tipo tapado utilizando masa madre fermentada.
- Evaluar las características sensoriales de los panes elaborados.
- Evaluar la calidad de la masa y textura de la mejor formulación

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis nula (H_0)

H_0 : El tiempo de fermentación de la masa madre no influye en las características organolépticas del pan tipo tapado.

1.7.2. Hipótesis alternativa (H_1)

H_1 : El tiempo de fermentación de la masa madre influye en las características organolépticas del pan tipo tapado.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Ingredientes

- Harina de trigo
- Harina de trigo integral
- Sal
- Azúcar
- Manteca vegetal
- Levadura
- Agua

2.1.2 Materiales de laboratorio

- Bowl
- Vasos de precipitación
- Probeta

2.1.3 Equipos

- Texturómetro Brookfield
- Mixolab
- Refrigerador
- Balanza de precisión digital
- Cámara de leudado
- Horno rotatorio
- Batidora industrial

2.2 Métodos

2.2.1 Elaboración de formulaciones de pan tipo tapado utilizando masa madre fermentada

Desarrollo de la masa madre

Se realizó la masa madre siguiendo la metodología de **Gallegos y Caranqui (2023)** con modificaciones, se aplicó una proporción 1:1 harina y agua.

En la siguiente tabla se evidencia la formulación de pan tipo tapado con inclusión de masa madre.

Tabla 2. Formulación de pan tipo tapado con inclusión de masa madre

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo	48,50
Harina integral (masa madre)	12,14
Azúcar	3,40
Sal	0,97
Manteca vegetal	8,25
Agua	26,7

Fuente: Modificado de **Cookpad (2022)**; **Gallegos y Caranqui (2023)** y **Jerez (2022)**

Desarrollo del pan tipo tapado

El pan tapado es un tipo de pan tradicional en Ambato, para su elaboración se realizó una adaptación del proceso detallado por **Cookpad (2022)** y **Jerez (2022)**.

El pan tipo tapado se desarrolló en el laboratorio de Cereales de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. En la figura 3 se muestra el proceso llevado a cabo.

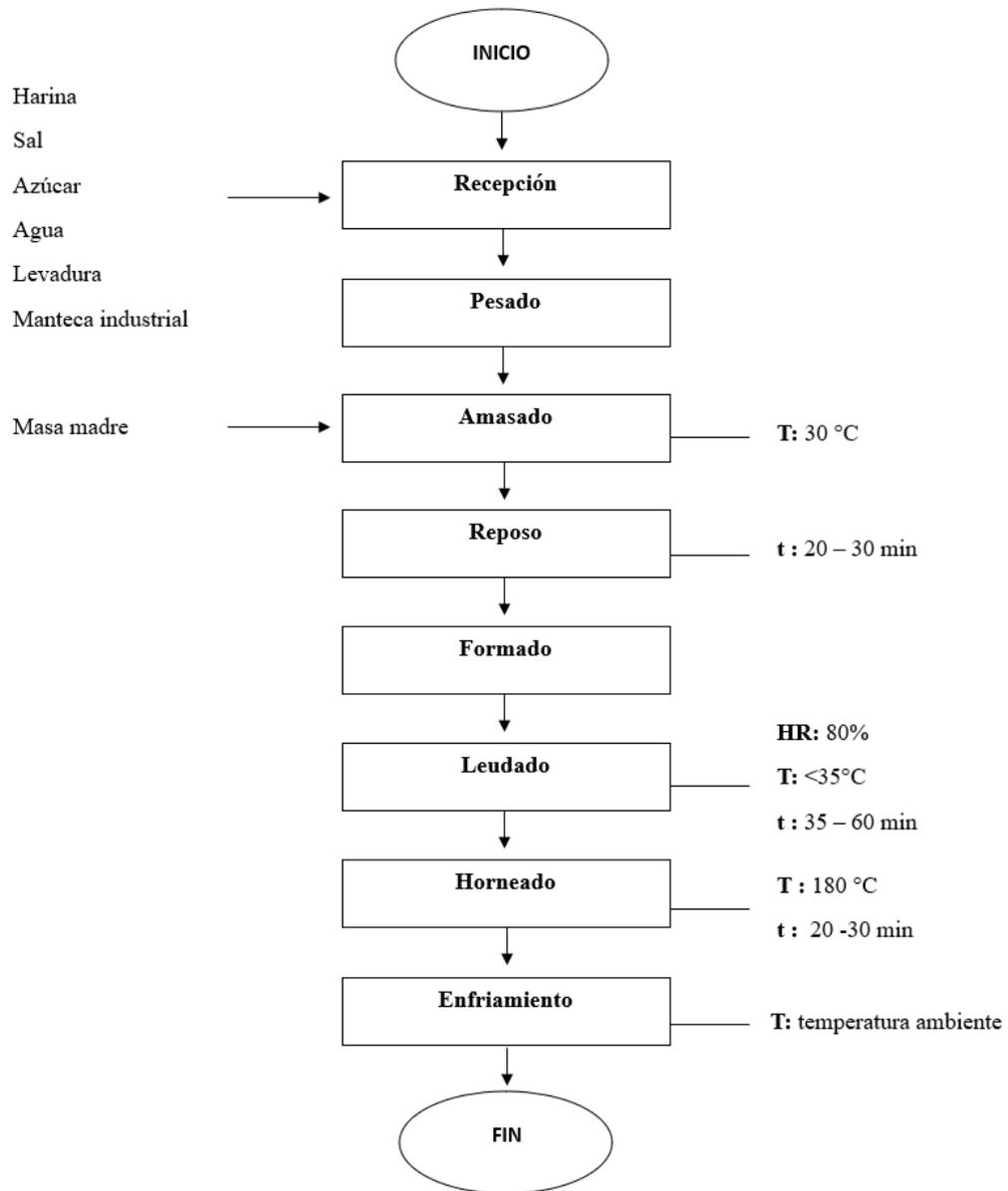


Figura 3. Diagrama de flujo de elaboración de pan tipo tapado

Fuente: Modificado por **Suárez**, a partir de **Cookpad (2022)** y **Jerez (2022)**.

La formulación se detalla en la Tabla 3, dónde se observa la proporción de cada harina que forma parte de la mezcla utilizada.

Tabla 3. Formulación base para la elaboración de pan tipo tapado

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo	47
Harina integral	5,9
Azúcar	3,7
Sal	1,1
Manteca vegetal	9,0
Levadura	0,8
Agua	32

Fuente: Modificado de Cookpad (2022) y Jerez (2022)

2.2.2 Evaluación de las características sensoriales de los panes elaborados

Evaluación sensorial

El análisis sensorial lo realizó un panel de 25 catadores semientrenados, en la sala de cata de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, se entregaron las muestras y las hojas de cata donde los catadores evaluaron atributos sensoriales como: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

Diseño experimental

El presente estudio se desarrolló con un diseño completamente aleatorizado, en donde la variable independiente es el tiempo de fermentación de la masa madre y la variable dependiente son las características organolépticas (Tabla 4).

Tabla 4. Tiempos de fermentación para cada muestra

Muestras	Tiempo de fermentación (días)
T ₁	0
T ₂	1
T ₃	7
T ₄	15

Elaborado por: Suárez (2023).

2.2.3 Evaluación de la calidad de la masa y textura

Análisis de la calidad de la masa

Se evaluaron las harinas en el equipo Mixolab (CHOPIN technologies), para lo cual se colocó cada mezcla en el equipo, se fijó la humedad, el porcentaje de hidratación y restos de parámetros acorde al tipo de alimento, posterior a un ciclo de 45 min se obtuvieron parámetros como: índice de absorción de agua, calidad de proteína, gelatinización del almidón, actividad amilasa y retrogradación del almidón, según lo establecido en la norma AACC 54-60,01 (Kim, et al., 2022).

Análisis de textura

En análisis de textura se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL), siguiendo la metodología establecida en el manual del equipo texturómetro de Brookfield CT3. Para ello se utilizó una sonda Ta4/1000 específica para pan de molde, se ingresaron en el computador los parámetros como: carga de activación de 5 g, velocidad de la prueba de 2,00 mm/seg, porcentaje de deformación. Así se obtuvieron resultados de dureza en el ciclo 1 y 2, elasticidad y masticabilidad, hay que aclarar que la evaluación se realizó por triplicado (García-Hernandez, Roldan-Cruz, Alvarez-Ramirez y Vernon-Carter, 2022).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Elaboración de formulaciones de pan tipo tapado utilizando masa madre fermentada

3.1.1. Desarrollo de la masa madre

Para la elaboración de la masa madre se empleó una proporción 1:1 agua y harina, la harina utilizada fue harina integral, la cual fue pesada, se mezcló con el agua dentro de un frasco de vidrio, luego se selló herméticamente y se almacenó a temperatura ambiente, la masa fue refrescada cada 24 horas, para cumplir los tiempos de fermentación planteados de 15 días, 7 días, 1 día, 0 días.



Figura 4. Masa madre de 3 días de fermentación



Figura 5. Masa madre de 7 días de fermentación



Figura 6. Masa madre de 15 días de fermentación

En las figuras 4, 5 y 6 se observan las masas madres obtenidas a diferentes tiempos de fermentación. Según **Palla et al., (2020)**, durante la fermentación de la masa madre los microorganismos generan metabolitos secundarios como vitaminas, antioxidantes, polioles, compuestos bioactivos, compuestos aromáticos como aldehídos, ésteres, y cetonas, además, se produce dióxido de carbono y etanol, todos estos compuestos influyen en la calidad nutricional y organoléptica del producto. **Mariotti et al., (2017)** realizaron ensayos con masa madre tipo I para panificación, obteniendo resultados positivos en cuanto a volumen, sabor y textura del pan.

3.1.2. Desarrollo del pan tipo tapado

Para la obtención del pan tipo tapado se pesaron los ingredientes: harina de trigo blanca, harina de trigo integral, azúcar, sal, manteca vegetal, levadura y agua. Cabe destacar que la levadura se incluyó solo en la muestra blanco. Siguiendo el procedimiento, se mezclaron los ingredientes con la masa madre, luego se amasaron durante 15 minutos aproximadamente. Se pesaron panes de molde de 180 g y panes redondos de 90 g. Luego se colocó en la cámara de leudado durante un aproximado de 70 minutos, posterior se inició el proceso de horneado de 28 minutos. Finalmente se enfrió y almacenó en fundas termoselladas.



Figura 7. Panes tipo tapado elaborados con levadura (Blanco) y con una masa madre tradicional de diferente tiempo de fermentación de 0 (PT – 366), 1 (PT – 573), 7 (PT – 789) y 15 (PT – 911) días. El volumen alcanzado por el pan tipo tapado va incrementándose conforme aumenta el tiempo de fermentación.

En un ensayo realizado por **Cardinali et al., (2023)** afirman que el uso de masa madre en la elaboración de pan aporta suavidad y contribuye un mayor volumen. En las figuras de la 7 se evidencia el aumento de volumen de los panes elaborados con masa madre, el volumen de cada uno se incrementa conforme aumentan los días de fermentación.

3.2. Evaluación de las características sensoriales de los panes elaborados

3.2.1. Análisis sensorial

Los resultados obtenidos del análisis sensorial llevado a cabo se muestran en la figura 8, donde se evidencia que la formulación de código PT-789 (pan elaborado con masa madre de 7 días de fermentación) se destaca en todas las características sensoriales como color, sabor, textura y aceptabilidad.

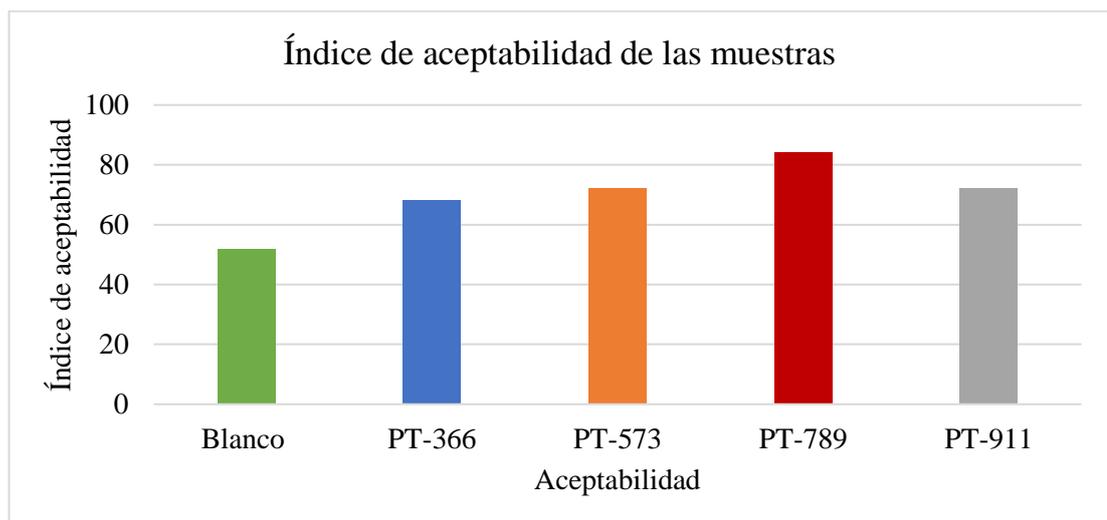


Figura 8. Índice de aceptabilidad de las muestras y el blanco, la muestra PT-789 es el pan tipo tapado elaborado con masa madre de mayor aceptación

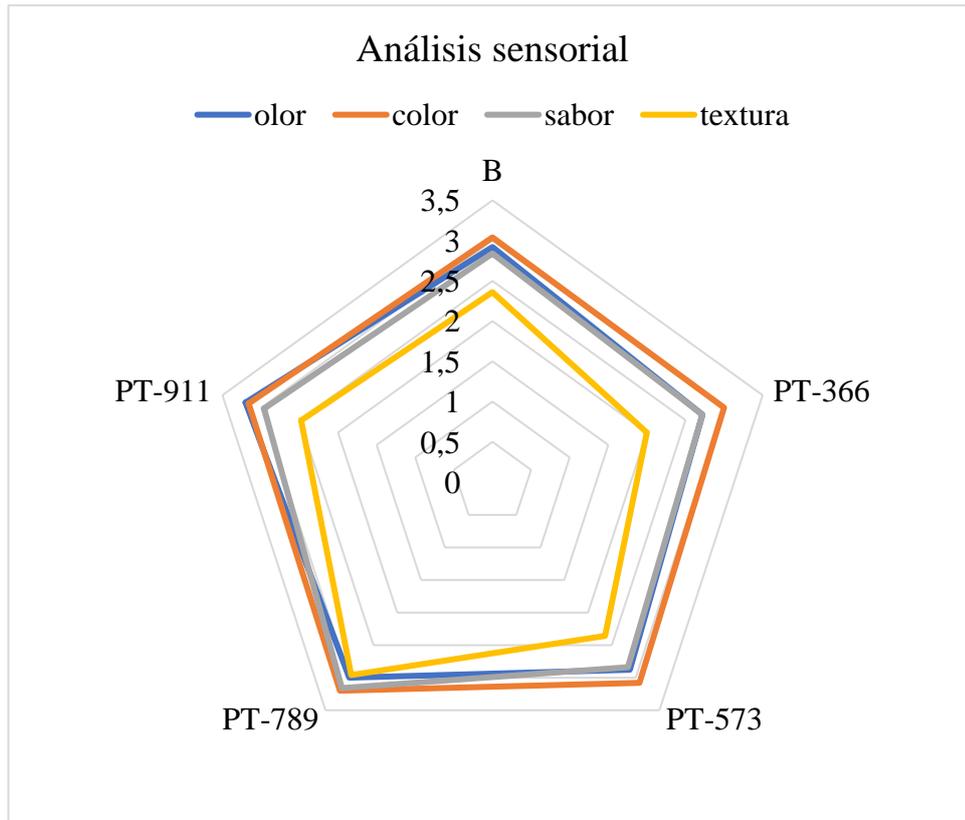


Figura 9. Análisis sensorial de las muestras de pan tipo tapado, la muestra PT-789 destaca en todos los atributos, incluso superando al blanco.

Ruiz-Capillas y Herrero (2021) afirman que el análisis sensorial es un proceso importante para determinar la aceptación o rechazo de un alimento, se basa en examinar propiedades de textura, sabor, apariencia, etc., mediante los sentidos de un panel de evaluación. Los resultados obtenidos muestran la preferencia de los catadores por la muestra P7-789, lo cual supera incluso al blanco (Figura 8 y 9). Esto puede deberse al especial sabor que la masa madre confiere al pan, acentuando sus propiedades organolépticas, además se puede observar que la fermentación por 7 días es suficiente para obtener una textura del pan agradable.

- **Color**

En la figura 9 se aprecian los resultados obtenidos correspondientes al color, los cuales indican que la muestra PT-789 (pan elaborado con masa madre de 7 días de fermentación) tiene el valor más alto en la escala hedónica de 3,2, seguido de la muestra PT-911 (pan elaborado con masa madre de 15 días de fermentación) con un valor de 3,16. Dichos resultados están relacionados con una mayor liberación de

azúcares reductores por el aumento de tiempo de fermentación, lo cual incrementa a su vez el efecto de la reacción de Maillard en las etapas finales del horneado, generando melanoidinas o el pigmento característico del pan, así mismo los aromas de la corteza del pan (**Troadec et al., 2022**).

Por otro lado, la muestra PT-366 (pan elaborado con masa madre de 0 días de fermentación) obtuvo un índice de aceptabilidad de 3, siendo el más bajo de la prueba. No obstante, las evaluaciones obtenidas para el resto de las muestras, no tienen calificaciones menores a 3 puntos en la escala hedónica lo que significa que todas las muestras agradaron en el aspecto de color a los catadores.

- **Olor**

En la figura 9 se observa que la muestra con mayor puntuación en cuanto al olor es la muestra PT-911 (pan elaborado con masa madre 15 días de fermentación) con un valor de 3,2, seguido de la muestra PT-789 (pan elaborado con masa madre de 7 días de fermentación), ambas muestras se traducen en la escala hedónica de “me gusta” y me gusta mucho”. Los resultados obtenidos en la evaluación del atributo olor se relacionan con lo mencionado por (**Katsi et al., 2021**) quien afirma que la masa madre es un fermento natural que contiene bacterias ácido lácticas y levaduras nativas de la harina, las levaduras son responsables de generar compuestos aromáticos al pan. Por otra parte, la muestra PT-376 (pan elaborado con masa madre 0 días de fermentación) obtuvo un valor de 2,72 que es el valor más bajo, eso podría estar relacionado a que no atravesó un proceso de acidificación limitándose la producción de los componentes aromáticos.

- **Sabor**

En cuanto al sabor en la figura 9 se observa que la muestra PT-789 (pan elaborado con masa madre 7 días de fermentación) destaca con un puntaje de 3,16, seguido de la muestra PT-911 (pan elaborado con masa madre 15 días de fermentación) con un valor de 2,96 en la escala hedónica. Estos resultados están asociados con la acidificación producida en la masa madre, ya que se presenta la formación del ácido acético, compuesto relacionado con la generación del sabor (**Limbad et al., 2020**). Por otro lado, la muestra blanco resultó en tercer lugar con 2,84 de calificación, estos valores

se pueden atribuir a que el pan tenía en su composición levadura que distingue en sabor, lo que pudo haber provocado la atracción del panel, debido a la familiaridad con productos convencionales.

- **Textura**

En la figura 9 se aprecia que la muestra PT-789 (pan elaborado con masa madre 7 días de fermentación) posee la mayor calificación en cuanto a textura con un valor en 2,96 en la escala hedónica, hallándose como aceptable, seguido de la muestra PT-911 (pan elaborado con masa madre 15 días de fermentación) con una calificación de 2,48. Según **Mariotti et al., (2017)**, para obtener un pan la textura ideal de toma en cuenta las proteínas de la harina, ya que proporcionan viscoelasticidad, sin embargo, la calidad de la proteína se verifica cuando se produce un completo encapsulado del gas producido durante el leudado, incrementando el volumen y suavizando la textura, para lo cual, la carga de fermento biológico es determinante. Finalmente, la muestra PT-366 (pan elaborado con masa madre de 0 días de fermentación) obtuvo una calificación de dos puntos en la escala hedónica, esto debido a que no se presentó fermentación y con ello ausencia de leudado, no obstante, la muestra no es rechazada en su totalidad.

- **Aceptabilidad**

En la figura 8, se observa que la muestra con mayor índice de aceptabilidad corresponde a PT-789 (pan elaborado con masa madre de 7 días de fermentación) cumpliendo con un 84%, esto significa que el panel tuvo una un excelente nivel de aceptación a este alimento. Seguido de las muestras PT-911 (pan elaborado con masa madre de 15 días de fermentación) y PT -573 (pan elaborado con masa madre de 1 día de fermentación) con un porcentaje de aceptabilidad del 72 %. Posterior se encuentra la muestra PT-366 (pan elaborado con masa madre de 0 días de fermentación) con el índice de aceptabilidad de 68%. Los valores de porcentaje son positivos, ya que superan al porcentaje de la muestra blanco y se encuentran sobre el 50%, por lo que se deduce que las muestras pueden ser consumidas con libertad.

3.3 Evaluación de la calidad de la masa y textura de la mejor formulación

3.3.1 Calidad de la masa

La mixografía permite medir y estandarizar la calidad de la masa, el análisis proporciona información sobre el índice de absorción de agua (C1), calidad de la proteína (C2), gelatinización del almidón (C3), actividad de la amilasa (C4) y retrogradación del almidón (C5).

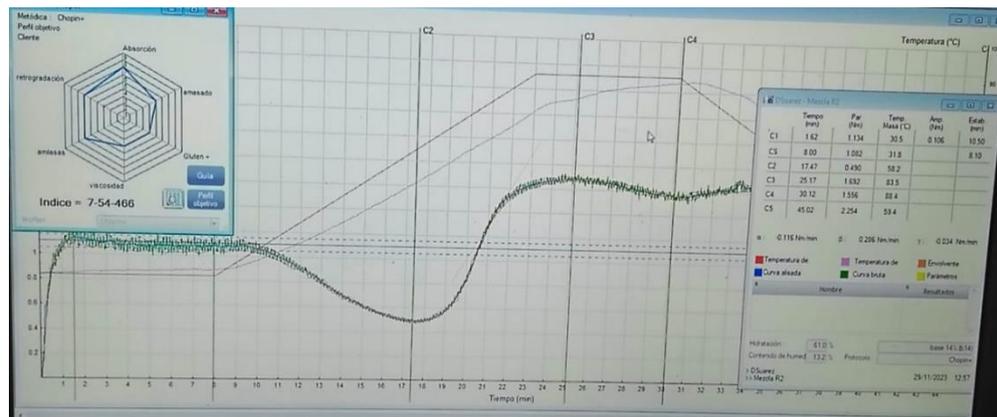


Figura 10. Análisis mixográfico de la muestra Blanco, se observa un perfil de 754466, característico de harina de trigo.

En la figura 10 y Tabla 5 se evidencian los valores obtenidos en el análisis mixográfico de las harinas utilizadas para la elaboración del blanco y de la mezcla utilizada para la elaboración del pan tipo tapado con masa madre (PT-366, PT-573, PT,789 y PT-911). El porcentaje de hidratación tuvo una pequeña variación, ya que para el blanco se utilizó un porcentaje de hidratación de 60.8% y para la mezcla fue de 61 % de hidratación, esto puede ser ocasionado por la adición de harina integral en la mezcla, lo cual aumenta ligeramente la capacidad de hidratación.

En cuanto a valores de humedad para el blanco se detectó un porcentaje del 13%, mientras que para la mezcla 1 fue de 13,1 % de humedad, de acuerdo con los valores establecidos en normativa NTE INEN 0616, las dos muestras se encuentran dentro del intervalo dispuesto (NTE INEN 0616, 2006).

Tabla 5. Valores obtenidos en el análisis mixográfico

	Formulación	C	Tiempo (min)	Par (Nm)	
Blanco	Hidratación: 60.8%	C1	1,64±0,09	1,09±0,01	
		C2	17,48±0,18	0,40±0,00	
		C3	26,42±0,18	1,64±0,00	
		Humedad: 13%	C4	31,53±0,35	1,54±0,01
		C5	45,02±0,00	2,19±0,01	
Mezcla	Hidratación: 61%	C1	1,75±0,18	1,11±0,03	
		C2	17,58±0,15	0,47±0,02	
		C3	25,47±0,42	1,69±0,00	
		Humedad: 13,1	C4	30,11±0,01	1,57±0,02
		C5	45,06±0,06	2,28±0,03	

Elaborado por: Suárez (2023). La media obtenida es el promedio de las réplicas realizadas en el texturómetro Brookfield para cada uno de los tratamientos

- **Índice de absorción de agua (C1)**

El índice de absorción de agua es la capacidad de hidratación de las harinas generado por el almidón dañado y en su mayoría por la presencia de gluten con el fin de obtener una consistencia adecuada en la masa (Codiña et al., 2019). En la tabla 5 se observan los valores de las medias obtenidos en C1 para las dos muestras, hallándose valores similares en cuanto al tiempo. Best et al. (2023) aseguran que el índice de absorción de agua varía en función del contenido de gluten, para el ensayo realizado los valores son similares ya que incluyen harina de trigo la cual tiene gluten en su composición. El gluten está formado por gliadinas y gluteninas que al amasarse y combinarse con el agua generan una red con la capacidad para retener dióxido de carbono liberado en el proceso de fermentación. Además, el gluten es una proteína fundamental para proporcionar la capacidad de absorción de agua, cohesividad, elasticidad y viscosidad a la masa.

Los tiempos obtenidos en la prueba Mixolab para la absorción de agua fueron $1,64\pm 0,09$ min y $1,75\pm 0,18$ min con un par óptimo de $1,09\pm 0,01$ Nm y $1,11\pm 0,03$ Nm respectivamente para el blanco y la mezcla 1. El ensayo está dentro del rango obtenido por **Gujral et al., (2018)**, quienes en su estudio obtienen un tiempo de absorción de agua para harina de trigo de 1,9 min. La absorción de agua confiere estabilidad permitiendo obtener consistencia a la masa.

- **Calidad de la proteína (C2)**

En cuanto a la calidad de la proteína los resultados no varían en el tiempo de desarrollo de la prueba, el cálculo de las medias muestra que se mantienen los valores similares, siendo $17,48\pm 0,18$ min para el blanco y $17,58\pm 0,15$ min para la mezcla 1 (ver en la tabla 5).

Por otro lado, el par tiene una variación, presentándose un descenso en las dos muestras, tanto para el blanco con un valor par de $0,40\pm 0,00$ Nm y la mezcla 1 con $0,47\pm 0,02$ Nm, **Gujral et al. (2018)** afirman que el descenso en el par dentro de la calidad de la proteína puede asociarse a la desnaturalización de las proteínas, provocándose una desestabilización, se desdoblaron las proteínas que luego se vuelven hidrofóbicas, esto ya que al inicio de esta nueva etapa del ciclo las muestras se someten a temperaturas altas.

- **Gelatinización del almidón (C3)**

En el tercer ítem de gelatinización del almidón los valores en tiempo se extendieron en contraste a las dos primeras pruebas, no obstante, no existen variación con amplio intervalo en las dos muestras. Tanto el blanco y la mezcla 1 varían en una décima, sea en el tiempo como en el par (ver tabla 5). El calentamiento de la masa combinada con el agua liberada por las proteínas térmicamente desnaturalizadas inicia la gelatinización del almidón. La hidratación de los gránulos de almidón ocasiona un incremento de la consistencia de la masa (**Banu et al., 2011**).

- **Actividad de la amilasa (C4)**

La actividad amilasa se relaciona con la estabilidad del gel del almidón que se ve afectado por la α -amilasa inherente de la harina de trigo (**Suprabha Raj et al., 2023**).

En la tabla 5 se puede observar que el blanco se desarrolló en un tiempo de $31,53 \pm 0,35$ min y el torque de $1,54 \pm 0,01$ Nm, mientras que la mezcla uno tardó $30,11 \pm 0,01$ min y el torque de $1,57 \pm 0,02$, estos dos hallándose en un intervalo similar.

El par de C4 disminuyó en comparación con C3, tanto para el blanco como para la mezcla, coincidiendo con el ensayo de **Suprabha Raj et al. (2023)**, en donde evidencian una disminución del par C4, esto debido a que el almidón dañado es propenso a la hidrólisis por la α -amilasa, el aumento de la enzima y el almidón dañado se relacionan con la disminución de los pares. Además, la actividad de la enzima afecta la capacidad de retención de agua y la porosidad de la masa.

- **Retrogradación del almidón (C5)**

Es la fase final, sucede el enfriamiento del gel del almidón, provocando el aumento de la consistencia de la masa, la retrogradación del almidón, que se relacionan con la porosidad y el volumen del pan (**Banu et al., 2011**). El cambio de temperatura influye en la red de gluten provocando un aumento en el módulo del almacenamiento de la masa de gluten. De tal modo, el gluten y el almidón contribuyen a las propiedades de C4 y C5 de la masa (Kim et al., 2022).

Para C5 el torque en la muestra blanco corresponde a $2,19 \pm 0,01$ y para la mezcla 1 es de $2,28 \pm 0,03$, en donde no exista una variabilidad significativa, en este punto se hace un contraste con C4, en donde se evidencia un incremento en el torque de aproximadamente 1 Nm, para la muestra blanco el valor es $1,54 \pm 0,01$ y para la mezcla 1 es $1,57 \pm 0,02$, lo que coincide con el estudio realizado por (Kim et al., 2022), en el que los cambios en los periodos de C4 (1.41 ± 0.03^d) y C5 (2.29 ± 0.09^e) están asociados a las modificaciones en el almidón es decir la gelatinización y retrogradación.

Los resultados obtenidos muestran un comportamiento cercano entre el blanco y la mezcla, es decir, la adición de harina integral establecida no debilita la viscoelasticidad de la masa utilizada para la elaboración de pan tipo tapado con masa madre.

3.3.2. Textura

En la tabla 6 se evidencian los valores de las medias correspondientes a dureza, elasticidad y masticabilidad de las muestras realizadas incluyendo la muestra blanco.

Tabla 6. Resultados del análisis de textura de las muestras

MUESTRA	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Masticabilidad (Mj)
B	6,05±0,98	7,96±1,15	29,95±8,56
PT-366	93,85±2,37	4,68±0,35	338,45±3,32
PT-573	93,02±3,58	8,80±0,13	429,70±10,04
PT-789	38,45±0,67	8,62±0,33	178,75±23,12
PT-911	31,97±1,30	8,79±0,08	122,05±9,69

Elaborado por: Suárez (2023). Los resultados obtenidos son el promedio de tres réplicas realizadas en el texturómetro Brookfield para cada uno de los tratamientos.

- **Dureza**

La dureza es un parámetro importante en la textura de un pan, ya que describe la fuerza máxima necesaria a ser aplicada durante el primer bocado (Adamczyk et al., 2021). En la tabla 6, se puede observar que entre las muestras PT-366 Y PT-573 no existen diferencias significativas en la dureza, así como, entre las muestras PT-789 y PT-911 que se encuentran en un rango similar, éstas se contrastan con la muestra blanco que posee una dureza con un intervalo significativamente diferente, siendo un valor de 6,05±0,98 N, que resulta bajo.

El valor de la dureza de las muestras PT-366 y PT-573, pueden estar asociados que las muestras no incluyen agente leudante en comparación del blanco o masa madre activa, en el caso de las muestras finales. Las muestras PT-366 y PT-573 fueron desarrolladas con masa madre de 0 y 1 día de fermentación respectivamente, careciendo de actividad suficiente para provocar leudado y suavidad en el pan, lo que repercutió en la prueba de dureza. Además, el uso de harina integral y su contenido de fibra pudo haber repercutido en el aumento de la dureza del pan, generando una miga no elástica y

textura densa del pan. Según **Cardinali et al., (2023)**, los intervalos largos de fermentación de masa madre generan una textura suave en el pan, lo cual es corroborado por los resultados obtenidos en el ensay puesto que los panes con menor dureza fueron los de mayores días de fermentación.

- **Elasticidad**

En la elasticidad se presenta la altura que el pan recupera respecto a la que poseía en el inicio durante el tiempo transcurrido desde el fin de la primera compresión hasta que se da la segunda (**Hernandez-Aguilar et al., 2021**). En la tabla 6 se muestran las medias correspondientes a la elasticidad, en dónde los valores de las muestras no tienen variabilidad significativa, excepto para la muestra PT-366 que posee una elasticidad de $4,68 \pm 0,35$ mm. Esto puede asociarse a que se realizó con una masa madre de 0 días de fermentación carente de agente leudante, lo que provocó un pan con menor capacidad para recobrar la altura inicial.

- **Masticabilidad**

La masticabilidad se define como el trabajo requerido para desintegrar el pan y ser tragado (**Hernandez-Aguilar et al., 2021**). Las muestras obtuvieron valores altos en contraste a la dureza y elasticidad, exceptuando el blanco que tiene un valor de $29,95 \pm 8,56$ Mj, no obstante, esto significa que tardará menos en ser tragada por el consumidor (ver tabla 6). Comparando las muestras restantes: blanco, PT-366, PT-789, PT-911 con la muestra PT-573 (elaborada con masa madre de 0 días de fermentación) ésta última tiene el valor más alto de masticabilidad con $429,70 \pm 10,04$ Mj, lo que indica que se tardará mayor tiempo en desintegrarse y en llegar al estómago luego de ser tragado.

3.4. Verificación de hipótesis

Con un nivel de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, ya que el tiempo de fermentación de la masa madre influye en las características organolépticas del pan tipo tapado.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se elaboraron cuatro formulaciones del pan tipo tapado con inclusión de masa madre tipo I (tradicional). Los panes obtenidos mediante la técnica de panificación incrementaron el volumen en función del tiempo de fermentación de la masa madre, ya que fue usada como agente leudante en las formulaciones.
- La formulación con mayor índice de aceptabilidad obtenida posterior a la evaluación sensorial fue PT-789 (pan elaborado con masa madre de 7 días de fermentación), con 84% de aceptabilidad. La misma muestra se destacó en color, sabor y textura, superando a las restantes, inclusive a la muestra blanco. Las características sensoriales obtenidas fueron influenciadas por los compuestos precursores liberados en la fermentación de la masa madre, así como las levaduras que son responsables de generar compuestos aromáticos. Así mismo, en la textura influyeron las proteínas de la harina, que proporciona viscoelasticidad.
- En el análisis reológico de las mezclas de las harinas, se evidenció que en la absorción de agua no hubo variación significativa en el tiempo debido a que está relacionada con el contenido de gluten y al utilizar harina de trigo no se presentó variación. Así mismo, en la calidad de la proteína, según el protocolo del equipo se requirió un incremento en la temperatura lo que provocó un descenso en el par generando desestabilización de las proteínas y por ende la desnaturalización. La actividad de la enzima amilasa disminuyó en comparación debido al aumento del almidón dañado. En la etapa final donde sucede el enfriamiento del gel implica directamente el gluten, el cambio de torque entre la actividad amilasa y retrogradación del almidón se asocian a procesos propios de gelatinización y retrogradación.
- En cuanto a dureza se evidenció una variabilidad en la muestra realizada con levadura y las muestras que contenían masa madre tradicional, los panes de

masa madre resultaron con mayor dureza, asociando a que en los intervalos de fermentación prolongados se presenta textura suave en el pan. De la misma manera en la elasticidad la muestra PT-366 presentó valores bajos, asociando a procesos carentes de leudado, mientras que en masticabilidad la muestra PT-911, exhibió el mejor índice ante el consumidor.

4.2. Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar otros tipos de masa madre que incluyan iniciadores y evaluar intervalos de tiempo más prologados de fermentación con la finalidad de evidenciar el efecto sobre las características organolépticas del mismo.
- Con el fin de ampliar la investigación se recomienda incluir análisis enfocados en la parte nutricional de pan, como aminoácidos, contenido de gluten, entre otros, para evidenciar el efecto de la fermentación en la composición nutricional del pan.
- Para poder evidenciar los microorganismos presentes en la masa madre, se recomienda realizar análisis microbiológicos para identificar las cepas que se desarrollen, tomando en cuenta los tiempos y temperatura de fermentación.

BIBLIOGRAFÍA

- Adamczyk, G., Ivanišová, E., Kaszuba, J., Bobel, I., Khvostenko, K., Chmiel, M., y Falendysh, N. (2021). Quality assessment of wheat bread incorporating chia seeds. *Foods*, *10*(10), 1–10. doi.org/10.3390/foods10102376
- Akamine, I. T., Mansoldo, F. R. P., y Vermelho, A. B. (2023). Probiotics in the Sourdough Bread Fermentation: Current Status. *Fermentation*, *9*(2). doi.org/10.3390/fermentation9020090
- Arora, K., Ameer, H., Polo, A., Di Cagno, R., Rizzello, C. G., y Gobbetti, M. (2021). Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. *Trends in Food Science and Technology*, *108*(November 2020), 71–83. doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.008
- Banu, I., Stoenescu, G., Ionescu, V., y Aprodu, I. (2011). Estimation of the baking quality of wheat flours based on rheological parameters of the Mixolab curve. *Czech Journal of Food Sciences*, *29*(1), 35–44. doi.org/10.17221/40/2009-cjfs
- Bernabé, C., Llin, M., y Pérez, C. (2007). Introducción La Masa Madre: El Secreto Del Pan. [Monográfico tecnología para pastelería y panadería 1, 46–62]. Revisado el 07 de julio del 2023. Recuperado de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MASA%20MADREELSECRETO%20DE L%20PAN%20(3).pdf
- Best, I., Casimiro-gonzales, S., Aguilar, L., Ramos-escudero, F., Honorio, Z., Rojas-villa, N., Benavente, C., y Mar, A. (2023). Physicochemical and Rheological Characteristics of Commercial and Monovarietal Wheat Flours from Peru. *Foods*, *12*(1789), 1–12. doi.org/10.3390/foods12091789
- Calvert, M. D., Madden, A. A., Nichols, L. M., Haddad, N. M., Lahne, J., Dunn, R. R., y McKenney, E. A. (2021). A review of sourdough starters: ecology, practices, and sensory quality with applications for baking and recommendations for future research. *PeerJ*, *9*, 1–37. doi.org/10.7717/peerj.11389
- Canesin, M. R., y Cazarin, C. B. B. (2021). Nutritional quality and nutrient bioaccessibility in sourdough bread. *Current Opinion in Food Science*, *40*, 81–

86. doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.007

- Cardinali, F., Garofalo, C., Taccari, M., Osimani, A., Polverigiani, S., Milanović, V., Rampanti, G., y Aquilanti, L. (2023). Development of sourdough bread from roll-milled and stone-ground soft (*Triticum aestivum*) wheat flours milled to different extraction rates. *European Food Research and Technology*, 0123456789. doi.org/10.1007/s00217-023-04409-4
- Chavan, R. S., y Chavan, S. R. (2011). Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(3), 169–182. doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x
- Codiña, G. G., Istrate, A. M., Gontariu, I., y Mironeasa, S. (2019). Rheological properties of wheat-flaxseed composite flours assessed by mixolab and their. *Foods*, 8, 333. doi:10.3390/foods8080333
- Cookpad (2022). Pan de Ambato. [*Recetas Ecuatorianas*]. Revisado el 9 de octubre del 2023. Recuperado de: <https://cookpad.com/ec/recetas/16375282-pan-de-ambatotapado-ecuatoriano>
- D'Appolonia, B., y Rayas-Duarte, P. (1994). Wheat carbohydrates: structure and functionality. In W. Bushuk & V. Rasper (Eds.), *Wheat production, properties and quality* (pp. 1–21). Boston, Massachusetts: Springer. doi: 10.1007/978-1-4615-2672-8_8
- de Sousa, T., Ribeiro, M., Sabenca, C., y Igrejas, G. (2021). The 10,000-Year Success Story of Wheat. *Foods*, 20, 2124. doi.org/doi.org/10.3390/foods10092124
- De Vuyst, L., Comasio, A., y Kerrebroeck, S. Van. (2021). Sourdough production: fermentation strategies, microbial ecology, and use of non-flour ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(15), 2447–2479. doi.org/10.1080/10408398.2021.1976100
- Fernández-Canto, M. N., García-Gómez, M. B., Boado-Crego, S., Vázquez-Odériz, M. L., Muñoz-Ferreiro, M. N., Lombardero-Fernández, M., Pereira-Lorenzo, S., y Romero-Rodríguez, M. Á. (2022). Element Content in Different Wheat Flours and Bread Varieties. *Foods*, 11(20), 1–13. doi.org/10.3390/foods11203176

- Gallegos, C., y Caranqui, V. (2023). Análisis del efecto de la concentración y del tiempo de fermentación de agua de ciruela pasa (*Prunus doméstica*) sobre las características de calidad de pan de masa madre.[*Universidad de Guayaquil*]. Revisado el 23 de octubre del 2023. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/67083/1/BINGQ-GS-23P17.pdf>
- Garcia-Hernandez, A., Roldan-Cruz, C., Vernon-Carter, E. J., y Alvarez-Ramirez, J. (2022). Effects of leavening agent and time on bread texture and in vitro starch digestibility. *Journal of Food Science and Technology*, 59(5), 1922–1930. doi.org/10.1007/s13197-021-05206-1
- Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F., y Gimenez, E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy*, 9(7). doi.org/10.3390/agronomy9070352
- Gómez, M., Gutkoski, L. C., y Bravo-Núñez, Á. (2020). Understanding whole-wheat flour and its effect in breads: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3241–3265. doi.org/10.1111/1541-4337.12625
- Gujral, H. S., Sharma, B., y Khatri, M. (2018). Influence of replacing wheat bran with barley bran on dough rheology, digestibility and retrogradation behavior of chapatti. *Food Chemistry*, 240(May 2017), 1154–1160. doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.042
- Hernandez-Aguilar, C., Dominguez-Pacheco, A., Valderrama-Bravo, C., Cruz-Orea, A., Martínez Ortiz, E., Ivanov, R., y Ordonez-Miranda, J. (2021). Photoacoustic characterization of wheat bread mixed with *Moringa oleifera*. *Current Research in Food Science*, 4(July), 521–531. /doi.org/10.1016/j.crf.2021.07.008
- Hutkins, R. (2006). Microbiology and Technology of Fermented Foods. In J. W. y Sons (Ed.), *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering - 4 Volume Set* (First). doi.org/10.1201/b15995-206
- Jerez, D. (2022). Propuesta de mejoramiento del proceso de producción de pan en la panificadora ‘NOVAPAN’ del cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi. [*Universidad Tecnológica Indoamérica*]. Revisado el 9 de octubre del 2023. Recuperado de:

[https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/3778/1/JEREZ_DANYELI_LISBETH_B21 .pdf](https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/3778/1/JEREZ_DANYELI_LISBETH_B21.pdf) CRUZ

- Katsi, P., Kosma, I. S., Michailidou, S., Argiriou, A., Badeka, A. V, y Kontominas, M. . (2021). Characterization of Artisanal Spontaneous Sourdough Wheat. *Foods*, *10*, 635. doi.org/doi.org/10.3390/foods10030635 Academic
- Khalid, A., Hameed, A., y Farrukh, M. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Frontiers in Nutrition*, *10*. doi.org/10.3389/fnut.2023.1053196
- Kim, H. R., Kim, M. R., Ryu, A. R., Bae, J. E., Choi, Y. S., Lee, G. B.,...J. (2022). Comparison of rheological properties between Mixolab-driven dough and bread-making dough under various salt levels. *Food Science and Biotechnology*, *32*, 193–202. doi.org/10.1007/s10068-022-01186-w
- Koehler, P., y Wieser, H. (2013). Chemistry of Cereal Grains. In M. Gobbetti y M. Gänzle (Eds.), *Handbook on Sourdough Biotechnology* (pp. 11–45). doi.org/doi:10.1007/978-1-4614-5425-0
- Lau, S. W., Chong, A. Q., Chin, N. L., Talib, R. A., y Basha, R. K. (2021). Sourdough microbiome comparison and benefits. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, *9*(7). doi.org/10.3390/microorganisms9071355
- Levy, A. A., y Feldman, M. (2022). Evolution and origin of bread wheat. *Plant Cell*, *34*(7), 2549–2567. doi.org/10.1093/plcell/koac130
- Limbad, M., Maddox, N. G., Hamid, N., y Kantono, K. (2020). Sensory and physicochemical characterization of sourdough bread prepared with a coconut water **kefir** starter. *Foods*, *9*(9). doi.org/10.3390/foods9091165
- Mariotti, M., Cappa, C., Picozzi, C., Tedesco, B., Fongaro, L., y Lucisano, M. (2017). Compressed Yeast and Type I Gluten-Free Sourdough in Gluten-Free Breadmaking. *Food and Bioprocess Technology*, *10*(5), 962–972. doi.org/10.1007/s11947-017-1861-z
- Menezes, L. A. A., Molognoni, L., de Sá Ploêncio, L. A., Costa, F. B. M., Daguer, H.,

- y Dea Lindner, J. De. (2019). Use of sourdough fermentation to reducing FODMAPs in breads. *European Food Research and Technology*, 245(6), 1183–1195. doi.org/10.1007/s00217-019-03239-7
- Miransari, M., y Smith, D. (2019). Sustainable wheat (*Triticum aestivum L.*) production in saline fields: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 39(8), 999–1014. doi.org/10.1080/07388551.2019.1654973
- Mussatto, S. I., y Mancilha, I. M. (2007). Non-digestible oligosaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers*, 68(3), 587–597. doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.12.011
- NTE INEN 0616. (2006). *NTE INEN 0616: Harina de trigo. Requisitos*. Inen. <https://archive.org/stream/ec.nte.0616.2006#page/n3/mode/2up>
- Palla, M., Blandino, M., Grassi, A., Giordano, D., Sgherri, C., Quartacci, ...F., Reyneri.(2020). Characterization and selection of functional yeast strains during sourdough fermentation of different cereal wholegrain flours. *Scientific Reports*, 10(1), 1–15. doi.org/10.1038/s41598-020-69774-6
- Pepe, O., Ventrino, V., Cavella, S., Fagnano, M., y Brugno, R. (2013). Prebiotic Content of Bread Prepared with Flour from Immature Wheat Grain and Selected Dextran-Producing Lactic Acid Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(12), 3779–3785. doi.org/10.1128/AEM.00502-13
- Ramos, L., Alonso-Hernando, A., Martínez-Castro, M., Morán-Pérez, J. A., Cabrero-Lobato, P., Pascual-Maté, A., Téllez-Jiménez, E., y Mujico, J. R. (2021). Sourdough biotechnology applied to gluten-free baked goods: Rescuing the tradition. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 10(7). doi.org/10.3390/foods10071498
- Ribet, L., Dessalles, R., Lesens, C., Brusselaers, N., y Durand-Dubief, M. (2023). Nutritional benefits of sourdoughs: A systematic review. *Advances in Nutrition*, 14(1), 22–29. doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.003
- Rosell, C. M. (2011). The Science of Doughs and Bread Quality. In *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc. doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10001-7

- Ruiz-Capillas, C., y Herrero, A. (2021). Sensory analysis and consumer research in new product development. *Foods*, *10*(3), 2–5. doi.org/10.3390/foods10030582
- Sangwan, V., Tomar, S. K., Singh, R. R. B., Singh, A. K., y Ali, B. (2011). Galactooligosaccharides: Novel Components of Designer Foods. *Journal of Food Science*, *76*(4). doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02131.x
- Shewry, P. R., y Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, *4*(3), 178–202. doi.org/10.1002/FES3.64
- Sudha, M. L., Soumya, C., Saravanan, M., Madhushree, P., Singh, J., Roy, S., y Prabhasankar, P. (2022). Influence of short chain fructo-oligosaccharide (SC-FOS) on the dough rheological, microstructural properties and, bread quality during storage. *Lwt*, *158*(August 2021), 113102. doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113102
- Suo, B., Chen, X., y Wang, Y. (2021). Recent research advances of lactic acid bacteria in sourdough: Origin, diversity, and function. *Current Opinion in Food Science*, *37*, 66–75. doi.org/10.1016/j.cofs.2020.09.007
- Suprabha Raj, A., Boyacioglu, M. H., Dogan, H., y Siliveru, K. (2023). Investigating the Contribution of Blending on the Dough Rheology of Roller-Milled Hard Red Wheat. *Foods*, *12*(10). doi.org/10.3390/foods12102078
- Troade, R., Nestora, S., Niquet-Léridon, C., Marier, D., Jacolot, P., Sarron, E., Regnault, S., Anton, P. M., y Jouquand, C. (2022). Effect of leavening agent on Maillard reaction and the bifidogenic effect of traditional French bread. In *Food Chemistry* (Vol. 393). /doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133387
- Zhong, Y., Chen, Y., Pan, M., Wang, H., Sun, J., Chen, Y., Cai, J., Zhou, Q., Wang, X., y Jiang, D. (2023). Insights into the Functional Components in Wheat Grain: Spatial Pattern, Underlying Mechanism and Cultivation Regulation. *Plants*, *12*(11). doi.org/10.3390/plants12112192

ANEXOS



Figura 11. Formulaciones posteriores al leudado



Figura 12. Panes posteriores al horneado



Figura 13. Muestras posteriores al análisis sensorial



Figura 14. Aplicación de la evaluación sensorial



Figura 15. Evaluación sensorial aplicada al panel de catadores



Figura 16. Análisis de textura del pan

