

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



T E S I S

**“EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE UN BIZCOCHO
CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MEJORADOR Y MASA MADRE”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
DIANA GABRIELA AGUILAR GAONA**

**ASESOR:
Ing. Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

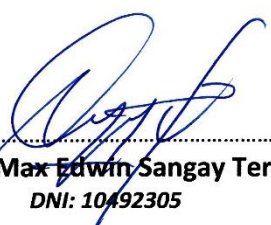
CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Diana Gabriela Aguilar Gaona
DNI: N° 75716416
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE UN BIZCOCHO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MEJORADOR Y MASA MADRE".
6. Fecha de evaluación: 24/09/2025
7. Software antiplagio: ☒ **TURNITIN** ☐ **URKUND (ORIGINAL) (*)**
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
9. Código Documento: oid: 3117:503112764
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: 24/09/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones DNI: 10492305

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los treinta y un días del mes de julio del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente **2H - 204** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 341-2025-FCA-UNC, de fecha 16 de junio del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE UN BIZCOCHO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MEJORADOR Y MASA MADRE"**, realizada por la Bachiller **DIANA GABRIELA AGUILAR GAONA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciocho (18); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M.Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez
PRESIDENTE

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en cada paso de este viaje académico, brindándome la fortaleza para persistir, y así obtener uno de mis sueños más anhelados.

A mis padres, Julio Cesar Aguilar Heras y Maria Emperatriz Gaona Huaman. Este logro es una demostración de su enorme amor, consejos y compromiso. Aprecio profundamente las enseñanzas de vida que me han mostrado y por el afecto que siempre me han otorgado. Y me llena de orgullo honrarlos de esta manera.

Para mi hermana Gladys Soledad Aguilar Gaona, por su apoyo incondicional y confianza. Gracias por enseñarme que la vida es más entretenida cuando se cuenta con compañía.

A mi pareja, por su motivación para culminar esta etapa.

A mis abuelitos, quienes mi impulsan a crecer y ser mejor cada día, por todo el amor y enseñanzas de superación que me dieron.

A mi mejor amiga Sarita Gaona, por el cariño que siempre me ha demostrado. Gracias por siempre estar y por esta amistad especial.

A mis tíos y tías, que siempre estuvieron presentes y me dieron su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme a lo largo de este camino, gracias por ser el apoyo y la fortaleza en los momentos difíciles, para continuar adelante.

Agradezco profundamente a mis padres, Julio Cesar Aguilar y Maria Emperatriz Gaona, quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y el estudio. Su empeño y su compromiso constante para garantizarme una educación son un obsequio que aprecio más allá de las palabras. Esta tesis es la demostración de su dedicación, cariño y sacrificio en todos estos años, y un recordatorio permanente de la importancia del esfuerzo y la formación profesional. Los quiero mucho, son los mejores. Muchas gracias.

A mi hermana Soledad, por estar siempre presentes y acompañándome en las buenas y en las malas durante este proceso académico. Muchas gracias.

A mi tíos y tías, que me apoyaron, en especial a aquellos que me abrieron las puertas para culminar con esta etapa. Gracias.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme permitido formarme en ella.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de mi formación académica.

A mi asesor, el Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones, por su dedicación y orientación, que han jugado un papel importante para dar forma a esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis de investigación (HI).....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Marco teórico	9
2.2.1. Bizcocho	9
2.2.1.1. Tipos de bizcocho	10
2.2.1.2. Requisitos físico-químicos de un bizcocho	11
2.2.1.3. Formulación base del bizcocho	11
2.2.1.4. Funciones tecnológicas de los ingredientes del bizcocho	12
2.2.1.5. Composición nutricional de los ingredientes de un bizcocho	18
2.2.2. Mejorador.....	19
2.2.2.1. Tipos de mejorador	19
2.2.3. Masa madre	20
2.2.3.1. Tipos de masa madre	21
2.2.4. Densidad aparente	23

2.2.5.	Color instrumental	23
2.2.5.1.	Elementos de la percepción del color	24
2.2.5.2.	Sistema de color CIE	25
2.2.5.3.	Cielab (L*a*b*)	25
2.2.5.4.	Equipos de medición de color	25
2.2.6.	Porosidad.....	26
2.2.6.1.	Método de análisis 2D con imagen J.	26
2.3.	Definición de términos	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1.	Ubicación	28
3.2.	Materiales y equipos de laboratorio	29
3.3.	Metodología	31
3.3.1.	Variables independientes	31
3.3.2.	Variables dependientes	31
3.3.3.	Niveles y tratamientos de estudio	31
3.3.4.	Diseño experimental y arreglos de los tratamientos	31
3.4.	Procedimientos	33
3.4.1.	Diagrama de flujo de la masa madre tipo poolish.....	33
3.4.2.	Proceso de obtención de la masa madre tipo poolish	33
3.4.3.	Diagrama de flujo de masa madre tipo biga italiana.....	34
3.4.4.	Proceso de obtención de la masa madre tipo poolish.....	35
3.4.5.	Diagrama de flujo de masa madre tipo esponja	35
3.4.6.	Proceso de obtención de la masa madre tipo esponja	36

3.4.7.	Diagrama de flujo del bizcocho	37
3.4.8.	Proceso de obtención del bizcocho	38
3.4.9.	Evaluación de densidad aparente	40
3.4.10.	Evaluación de color instrumental.....	41
3.4.11.	Evaluación de porosidad	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1.	Resultados de la densidad aparente	42
4.1.1.	Análisis de varianza para la densidad aparente.....	43
4.2.	Resultados de color instrumental	49
4.2.1.	Luminosidad	50
4.2.1.1.	Análisis de varianza para la Luminosidad de la corteza.....	50
4.2.1.2.	Análisis de varianza para la Luminosidad de la miga	56
4.2.2.	Análisis de espacio de color a*	59
4.2.2.1.	Análisis de espacio de color a* de la corteza	59
4.2.2.2.	Análisis de espacio de color a* de la miga	65
4.2.3.	Análisis de espacio de color b*	66
4.2.3.1.	Análisis de espacio de color b* de la corteza	66
4.2.3.2.	Análisis de espacio de color b* de la miga.....	71
4.3.	Resultados de la porosidad.....	74
4.3.1.	Análisis de varianza para la porosidad.....	76
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.1.	Conclusiones.....	81

5.2. Recomendaciones	82
VI BIBLIOGRAFIA.....	83
VII. ANEXOS.....	91
ANEXO 1 Datos experimentales para evaluación fisicoquímica de la densidad y porosidad de los tratamientos y testigo	91
ANEXO 2 Datos experimentales para evaluación fisicoquímica del color instrumental de los tratamientos y testigo	92
ANEXO 3 Elaboración de masa madre y tratamientos del bizcocho	93
ANEXO 4 Toma de datos.....	98
ANEXO 5 Matriz de operacionalización de variables	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos fisicoquímicos del bizcocho.....	11
Tabla 2 Ingredientes para la elaboración del biscocho en base a 1 kilogramo de harina	12
Tabla 3 Matriz de factores, variables(independientes), niveles y tratamientos de estudio	31
Tabla 4 Resultados de la densidad aparente de la muestra testigo	42
Tabla 5 Resultados de la densidad aparente de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre	43
Tabla 6 Análisis de varianza para la densidad aparente.....	44
Tabla 7 Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable densidad, confianza de 95%	44
Tabla 8 Pruebas de HSD tukey para el factor mejorador de masa para la variable densidad, confianza de 95%.....	45
Tabla 9 Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable densidad, confianza de 95%.....	46
Tabla 10 Resultados del color de la muestra testigo	50
Tabla 11 Resultados de luminosidad de la corteza de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre	50
Tabla 12 Análisis de Varianza para la variable L* de la corteza	51
Tabla 13 Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa para la variable L* de la corteza, confianza de 95%	52
Tabla 14 Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable L* de la corteza, confianza de 95%	53
Tabla 15 Resultados de luminosidad de la miga de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre	56
Tabla 16 Análisis de Varianza para la variable L* de la miga	57

Tabla 17 Resultados de a^* (corteza) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre	60
Tabla 18 Análisis de Varianza para la variable a^* de la corteza	60
Tabla 19 Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable a^* de la corteza, confianza de 95%	61
Tabla 20 Pruebas de HSD tukey para el factor mejorador de masa para la variable a^* de la corteza, confianza de 95%	62
Tabla 21 Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable a^* de la corteza, confianza de 95%	63
Tabla 22 Resultados de a^* (miga) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre	65
Tabla 23 Análisis de Varianza para la variable a^* de la miga	66
Tabla 24 Resultados de b^* (corteza) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre	67
Tabla 25 Análisis de Varianza para la variable b^* de la corteza	67
Tabla 26 Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable b^* de la corteza, confianza de 95%	68
Tabla 27 Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable b^* de la corteza, confianza de 95%	69
Tabla 28 Resultados de b^* (miga) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre	71
Tabla 29 Análisis de Varianza para la variable b^* de la miga	72
Tabla 30 Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable b^* de la miga, confianza de 95%	72
Tabla 31 Resultados de la porosidad de la muestra testigo	75

Tabla 32 <i>Resultados de la densidad aparente de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre</i>	76
Tabla 33 <i>Análisis de Varianza para la variable número de poros</i>	76
Tabla 34 <i>Pruebas de HSD tukey para el factor mejorador de masa para la variable número de poros, confianza de 95%</i>	77
Tabla 35 <i>Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable número de poros, confianza de 95%</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de ubicación de la investigación</i>	28
Figura 2 <i>Diagrama del diseño experimental</i>	32
Figura 3 <i>Diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo poolish</i>	33
Figura 4 <i>Diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo biga italiana</i>	34
Figura 5 <i>Diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo esponja</i>	35
Figura 6 <i>Diagrama de flujo para la elaboración de bizcocho</i>	37
Figura 7 <i>Influencia de las variables sobre la densidad aparente de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo</i>	47
Figura 8 <i>Influencia de las variables sobre la luminosidad (corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo</i>	54
Figura 9 <i>Influencia de las variables sobre la luminosidad (miga) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo</i>	58
Figura 10 <i>Influencia de las variables sobre a^*(corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo</i>	64
Figura 11 <i>Influencia de las variables sobre b^*(corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo</i>	70
Figura 12 <i>Influencia de las variables sobre b^*(miga) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo</i>	73
Figura 13 <i>Análisis de imagen digital 2D con software ImageJ. Esquema del proceso. (A) imagen original, (B) imagen a escala de grises, (C) imagen binaria</i>	75
Figura 14 <i>Influencia de las variables sobre el número de poros de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo</i>	79

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 <i>Datos experimentales para evaluación fisicoquímica de la densidad y porosidad de los tratamientos y testigo</i>	91
ANEXO 2 <i>Datos experimentales para evaluación fisicoquímica del color instrumental de los tratamientos y testigo</i>	92
ANEXO 3 <i>Elaboración de masa madre y tratamientos del bizcocho.....</i>	93
ANEXO 4 <i>Toma de datos.....</i>	98
ANEXO 5 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	106

RESUMEN

La investigación fue realizada en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. El estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de mejorador y el tipo de masa madre en la elaboración de bizcocho evaluando características fisicoquímicas. Para este estudio, se utilizó una metodología experimental aplicada. Bajo un diseño estadístico completamente al azar (DCA). El primer factor A (masa madre), con 3 tipos de masa madre (poolish, biga italiana, esponja) y el segundo factor B (mejorador de masa) con 3 concentraciones diferentes (0.5%, 0.7%, 1.0%), de las cuales se hizo 3 repeticiones cada una, obteniendo 9 tratamientos, replicados tres veces obteniendo un total de 27 muestras, luego se evaluó sus características fisicoquímicas como: densidad aparente, color instrumental y porosidad, durante 8 días. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), mostrando así que ambas variables juntas (concentración de mejorador y tipo de masa madre) influyen significativamente en los resultados de densidad, color y porosidad del bizcocho, en cambio por separado solo la variable tipo de masa madre afecta las características fisicoquímicas del bizcocho. Se concluye que en relación a la densidad aparente el tratamiento T8 (esponja con 0.7% de mejorador) obtuvo una baja densidad en comparación a los demás tratamientos; en color L*, a* y b* el tratamiento T1(poolish con 0.5% de mejorador) obtuvo un mejor color a comparación a los demás tratamientos, y en porosidad el T9 (esponja con 1.0% de mejorador) obtuvo mayor cantidad de poros. Entonces deducimos que el tipo de masa madre poolish es el que afecta significativamente la densidad aparente y el color del bizcocho, y en el caso de porosidad el tipo de masa madre esponja es el que afecta significativamente.

Palabras claves: masa madre, mejorador, bizcocho, densidad aparente, color instrumental, porosidad.

ABSTRACT

The research was conducted in the Food Analysis Laboratory of the Professional School of Food Industry Engineering at the National University of Cajamarca. The study aimed to determine the concentration of improver and the type of sourdough in the production of sponge cake by evaluating physicochemical characteristics. For this study, an applied experimental methodology was used. Under a completely randomised statistical design (CRD). The first factor A (sourdough), with 3 types of sourdough (poolish, Italian biga, sponge) and the second factor B (dough improver) with 3 different concentrations (0.5%, 0.7%, 1.0%), each of which was repeated 3 times, obtaining 9 treatments replicated three times, for a total of 27 samples. Their physicochemical characteristics, such as apparent density, instrumental colour and porosity, were then evaluated over 8 days. The results obtained were subjected to an analysis of variance (ANOVA), showing that both variables together (improver concentration and sourdough type) significantly influence the results of density, colour and porosity of the sponge cake, whereas separately only the sourdough type variable affects the physicochemical characteristics of the sponge cake. It is concluded that in relation to apparent density, treatment T8 (sponge with 0.7% improver) obtained a low density compared to the other treatments; in terms of colour L*, a* and b*, treatment T1 (poolish with 0.5% improver) obtained a better colour compared to the other treatments, and in terms of porosity, T9 (sponge with 1.0% improver) obtained a greater number of pores. We therefore conclude that the type of poolish sourdough significantly affects the apparent density and colour of the sponge cake, and in the case of porosity, the type of sponge sourdough significantly affects it.

Keywords: sourdough, improver, sponge cake, apparent density, instrumental color, porosity.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se basó en evaluar características fisicoquímicas de un bizcocho con diferentes concentraciones de mejorador y masa madre, el cual se desarrolló en la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

El tema planteado en torno a la masa madre y mejorador, ha experimentado un crecimiento en los últimos años, ya que son métodos antiguos que generan mayores ventajas para los productores de pan, relacionado en la calidad del producto final.

Desde el surgimiento de la levadura industrial, la idea de masa madre natural ha sido apartada; la creación de aditivos como mejoradores de masa facilitan el proceso de producción, mejorando la estética del producto, pero al mismo tiempo disminuyen el aroma y sabor que distinguen al pan convencional (Reyes, 2009).

Los bizcochos son considerados como unos de los productos de panadería más populares, no solo por sus características físicas sino también por su aceptación por parte de los consumidores (Ammar et al., 2020).

En esta investigación se agregó tres diferentes concentraciones de mejorador y tres tipos de masa madre al bizcocho, con el objetivo de evaluar sus características fisicoquímicas. Los objetivos específicos fueron determinar la concentración de mejorador en la elaboración de un bizcocho evaluando características fisicoquímicas y evaluar cuál de los tres tipos de masa madre afectaron las características fisicoquímicas de un bizcocho. Se utilizó una metodología experimental aplicada, las cuales se representaron en un diseño estadístico completamente al azar (DCA). Teniendo como resultados que las variables: concentración de mejorador y tipos de masa madre, influyen positivamente en las características fisicoquímicas de un bizcocho.

1.1. Descripción del problema

Hoy en día, hay una demanda progresiva por alimentos más saludables. El uso de la levadura industrial y mejorador de masa en el pan, genera alteraciones en las propiedades fisicoquímicas de las masas por consecuencia en la calidad del producto final.

Desde el surgimiento de la levadura industrial, se han originado varios problemas de salud. El resultado es que, al emplear levadura comercial, el producto principal generado es el etanol, y en menor proporción también pueden hallarse diferentes ácidos que contribuyen en el sabor y olor del producto (Bot, 2008).

Los aditivos empleados en la elaboración de bizcocho, como mejoradores de masa, disminuyen el proceso de fabricación, mejorando la apariencia física del producto, pero simultáneamente afectan las características organolépticas y fisicoquímicas de este mismo (Casas, 2012). Así pues, notamos que se ha dejado de valorar los tipos de pan elaborados con masa madre, que desde épocas remotas se ha fabricado con levadura natural.

Por este motivo se evaluó reconsiderar el uso las levaduras naturales, el objetivo principal de esta investigación fue la elaboración de un bizcocho con diferentes concentraciones de mejorador y tipo de masa madre evaluando sus características fisicoquímicas.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las características fisicoquímicas de un bizcocho elaborado con diferentes concentraciones de mejorador y masa madre?

1.3. Justificación

Por lo general en la elaboración de bizcocho se requiere de cualquier tipo de masa madre y mejorador de masa, ya que estos ayudan a mejorar el proceso de elaboración del mismo, particularmente en lo que respecta al manejo de masa, proceso de fermentación y horneado, para obtener un producto final de buena calidad con cualidades externas (color,

volumen y textura) e internas (color, porosidad y densidad aparente). La investigación nos permite conocer de forma teórica y experimental, los 3 diferentes porcentajes de mejorador y los 3 tipos de masa madre que se utilizaron en la elaboración del bizcocho, evaluando sus características fisicoquímicas.

En la actualidad, las nuevas tendencias por productos más saludable, toman fuerza en cuanto a las necesidades de los consumidores que buscan alimentos frescos, seguros, poco procesados y con la menor cantidad posible de aditivos. De esta forma se llega a promover un valor agregado a la masa madre y concentración de mejorador. Al mismo tiempo reducimos el uso de la levadura industrial, generando una disminución económica de los gastos de los productores de pan.

Con los resultados de este estudio se podrá conocer el tipo de masa madre y concentración de mejorador que aportan beneficios en las características fisicoquímicas de un bizcocho y así poder ingresar un producto novedoso al mercado de buena calidad, elaborado con levadura natural y mejorador de masa dentro de los parámetros permitidos que oscilan de 0.5% a 1%.

Esta investigación resultó ser factible dado que se disponía de los recursos humanos y económicos necesarios para su aplicación, además se disponía de los instrumentos requeridos para su elaboración.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar las características fisicoquímicas de un bizcocho a diferente concentración de mejorador y tipo de masa madre.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de mejorador de masa en la elaboración de un bizcocho evaluando sus características fisicoquímicas.
- Evaluar los tres tipos de masa madre que afectan las características fisicoquímicas de un bizcocho.

1.5. Hipótesis de investigación (HI)

La masa madre tipo poolish y el 0.7% de concentración de mejorador influyen positivamente en las características fisicoquímicas de un bizcocho.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Bernabé et al. (2007) en su investigación “La masa madre: el secreto del pan”, dice que el empleo de masa agria o masa madre para la fabricación del pan es una práctica panadera muy antigua, ampliamente utilizada en varios países. La masa madre aporta una flora microbiana y unos principios activos (enzimas, ácidos orgánicos) que confieren la vitalidad fermentativa y la acidez necesaria a la masa para asegurar la buena marcha del proceso de panificación. La preparación de una masa madre se suele realizar amasando harina, agua y una porción de masa de una hornada anterior. Los microorganismos implicados son las bacterias lácticas, como acidificantes, y las levaduras. Esta investigación nos aportara información sobre beneficios de la masa madre desde épocas pasadas y su elaboración, para poder realizar una comparación con los tipos de masa madre que utilizaremos en nuestra investigación.

Reyes (2009) en su investigación “Determinación de los cambios organolépticos y la disminución de aditivos empleando masa madre en la formulación de pan artesanal campestre”, planeo 4 pruebas: la prueba 1 contienen 18% de masa madre y 3% de mix de mejorador, la prueba 2 contiene 18% de masa madre y 0% de mix de mejorador, prueba 3 contiene 0% de masa madre y 3% de mix de mejorador y la prueba 4 que contienen 0% de masa madre y 0% de mix de mejorador. Llegando a la conclusión que se puede obtener un producto panario a base de masa prefermentada con mejores características organolépticas y sensoriales en comparación con el pan elaborado con mix de mejoradores. Esta investigación nos ayudara a evaluar los porcentajes de masa madre y mejorador de masa que utilizaremos en la elaboración de un bizcocho, y saber si hay cambios al utilizar diferentes concentraciones de mejorador y diferente tipo de masa madre.

Grau (2014) en su investigación “Uso industrial de aditivos alimentarios en la elaboración de productos de panificación y pastelería”, para realizar un proceso tecnológico eficiente en la elaboración de panes y pasteles, es necesario utilizar aditivos o mejoradores con lo cual se logra un ahorro en tiempo en el proceso, se evita la oxidación de las grasas presentes en las harinas, además mejora la duración de la vida útil del producto, estos conocimientos tecnológicos mejoran la textura de la masa, viscosidad, palatabilidad, flavor, aroma, y otros, como parte del proceso directo de elaboración de masas. En esta investigación se obtendrá información sobre el uso de aditivos alimentarios en la elaboración de productos de panificación, sus límites máximos y mínimos permitidos en la elaboración de productos, nos servirá para el porcentaje que utilizaremos en el bizcocho.

Santos (2015) en su investigación “Efecto de la temperatura de maduración de la masa madre y de cocción en la elaboración de panetón, realizado en la planta piloto agroindustrial de la UNTRM-A”, tuvo como objetivo evaluar la mejor temperatura de almacenamiento de la masa madre y la temperatura de cocción, además de evaluar las características fisicoquímicas del producto final del panetón, para ello la masa madre se almacenó bajo diferentes temperaturas de maduración (5°C, 15°C y 25°C) en un tiempo de 6 horas, así como también las temperaturas de cocción del panetón (155°C, 160°C y 165°C) en un tiempo de 70 minutos, posteriormente se realizó el análisis sensorial (sabor, aroma y textura) de cada uno de los tratamientos, en la que la temperatura de maduración de la masa madre a 25°C y la temperatura de cocción a 165°C, tratamiento 09, resultó con mejor aceptación mediante la prueba Duncan. Finalmente se obtuvo un panetón con características aceptables.

Córdova y Santiago (2018) en su investigación “Obtención de bizcochos con diferentes porcentajes de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)”, tuvo como

objetivo analizar las características fisicoquímicas, microbiológico y organolépticas de 5 tratamientos en estudio. Para ello se ensayaron cinco tratamientos de porcentajes: T1 10% harina de arracacha y 90% harina de trigo, T2 20% harina de arracacha y 80% harina de trigo, T3 30% harina de arracacha y 70% harina de trigo, T4 40% harina de arracacha y 60% harina de trigo y T5 50% harina de arracacha y 50% harina de trigo y se tuvo como tratamiento control T0 con 100% harina de trigo. El mejor porcentaje para la obtención de bizcochos fue el tratamiento T3. Llegando a la conclusión que la calidad del producto final es adecuada fisicoquímicamente, teniendo proteínas 8,96%, carbohidratos 67,60%, cenizas 0,0576 g y humedad 16,04%. Con esta investigación se podrá obtener información sobre la elaboración de un bizcocho, para poder tener una guía para nuestra investigación.

Montalvo y Hernani (2019) en su investigación “Influencia de mejorador de masa en el rendimiento y características organolépticas del pan de tarata”, tuvo como objetivo determinar las características organolépticas; aspecto general, textura, color, olor y sabor, así mismo el rendimiento a diferentes concentraciones de mejorador de masa que son utilizadas para el procesamiento del pan. Se formuló diferentes mezclas a partir de un diseño experimental de mezclas con las siguientes proporciones de harina y mejorador; 99,5: 0,5 %, 99,25: 0,75%, 99: 1%, 98,75: 1,25 %, 98,5: 1,5 %, estas mezclas se compararon con una muestra testigo sin mejorador. Una vez elaborados fueron sometidos a evaluación sensorial, para ello se empleó una ficha de evaluación hedónica estructurada de 9 puntos, se evaluó aspectos fisicoquímicos como humedad y cenizas. Los resultados mostraron que el mejorador de masa no tiene efectos sobre las características organolépticas, rendimiento, ni en los aspectos físico químicos del pan de Tarata al 95 % de confianza, no obstante, la mezcla con 1 % de mejorador de masa tuvo las mejores características organolépticas. Se concluye por tanto que el mejorador

de masa en los porcentajes evaluados no tiene efectos significativos en las características evaluadas pan de Tarata. Con esta investigación, se realizará una comparación entre los porcentajes de mejorador de masa utilizados en el pan tarata con nuestro bizcocho, para poder evaluarlo fisicoquímicamente.

Delgado (2019), en su estudio “Optimización del tiempo y temperatura de maduración de la masa madre en la elaboración de empanadas”, tuvo por objetivo determinar el tiempo y temperatura de maduración de la masa madre para elaborar empanadas. Se evaluó las características fisicoquímicas y organolépticas de las empanadas elaboradas con masa madurada a diferentes tiempos (12, 48 y 72 h) y temperaturas (4, 18, 25 °C) por triplicado. Los resultados fueron analizados con análisis de varianza y comparaciones múltiples de Tukey para determinar el mejor tratamiento. Se encontró que cuando la masa madre es madurada durante 12 h a 25°C; 48 h a 18°C y 72 h a 4°C; se obtiene empanadas con aceptación sensorial, con calificación “Me gusta mucho”; resaltando que no existe diferencia significativa de acuerdo al análisis de varianza tanto para el sabor, textura, color y aroma.

Quineche (2023) en su estudio “Características tecnológicas y sensoriales en bizcochos con adición de harina de tocosh (*Solárium tuberosum*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*)”, tuvo como objetivo determinar las características tecnológicas y sensoriales en bizcochos con adición de harina de tocosh (HT) y tarwi (HTa). Para lo cual se empleó un diseño de superficie de respuesta tipo DCCR 22 con adiciones de HT de 2%-8% y HTa de 2%-5%. Teniendo como resultados que sus características funcionales fueron significativas ($p < 0.05$), obteniendo que la F5 (2% HT y 4% HTa) es la que obtuvo un mayor valor en su análisis sensorial, además de presentar un mayor % de proteína (8.48%). Concluyendo que es posible el utilizar las harinas de tocosh y tarwi en elaboración de los bizcochos, obteniendo así bizcochos con buena aceptabilidad por

parte de los consumidores y con un tiempo de vida útil similar al bizcocho control.

Suárez (2024) en su investigación “Efecto del tiempo de fermentación de la masa madre sobre las características organolépticas del pan tipo tapado”, 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. En esta investigación, tendremos información de los diferentes tiempos de fermentación de que tiene una masa madre, en el análisis sensorial se destacó la muestra con inclusión de masa madre de 7 días de fermentación, esta información nos servirá en la investigación para la elaboración de un bizcocho con diferentes tipos de masa madre.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Bizcocho

La palabra bizcocho proviene del latín bis coctus, el cual significa cocido dos veces, práctica que se realiza antiguamente, sin embargo, se ha dejado de realizar hoy en día, encontrándose miles de recetas dependiendo del tipo del lugar. Los bizcochos son productos panaderos, los cuales son muy consumidos y tienen una buena aceptabilidad en el mercado, son elaborados principalmente a base de harina de trigo, ya que depende parcialmente del desarrollo del gluten, también se encuentra entre sus ingredientes, agua, azúcar, grasa y sal. También se le suele agregar para mejorar la estabilidad de la masa, el volumen y/o la vida útil. (Cordova y Santiago, 2018).

Según la NTP 206.002 (2018), el bizcocho es el producto de consistencia blanda, de sabor dulce obtenido por amasamiento y cocimiento de masas fermentadas, preparadas con harina y con uno o más de los siguientes elementos: levadura, leudantes, leche, féculas, huevos, sal, azúcar, agua potable, mantequilla, grasas comestibles y otros aditivos permitidos. Se considera comprendido en la definición de bizcocho del panetón, el chancay, pan de dulce, pan de pasas y otros similares. Los ingredientes básicos del bizcocho son: harina, agua, levadura, azúcar, gluten, mejorador, almidón, glucosa, jarabe invertido, lecitina de soya, propionatos, antioxidantes, emulsificantes y sal, etc. Los cuales son llevados a un proceso de fermentación y de cocción a altas temperaturas (150 a 220°C), que inactivan a hongos y levaduras y por ser un producto de consumo diario siempre se encuentra a la venta en forma fresca y cualquier alteración que pueda presentar es detectable a simple vista, por lo que se evitara su consumo.

2.2.1.1. Tipos de bizcocho

La norma técnica peruana para bizcochos (2018), clasifica a los bizcochos según su forma o preparación, encontrándose:

- a. Sin agregados:** Cuando no presenta ningún tipo de agregado especial en la masa como el chancay y el pan dulce.
- b. Rellenos o agregados:** Como su mismo nombre lo dice presentan relleno o agregado, los cuales son añadidos durante el proceso de elaboración.
- c. Revestidos o con cobertura:** Son bizcochos que pueden tener o no algún tipo de agregado, sin embargo, presenta algún tipo de revestimiento o cobertura el cual se encuentra.
- d. Finos:** En los que sólo será permitido emplear mantequilla u otras grasas comestibles de calidad equivalente. Será obligatorio el usar huevos frescos o en polvo. Y de emplearse frutas frescas, secas o confitadas éstas deberán estar en proporción mínima del 20 % del peso de la materia seca.

- e. **Corrientes:** Emplear grasas comestibles; y de ser empleadas frutas frescas, secas o confitadas, la proporción de éstas será libre.

2.2.1.2. Requisitos físico-químicos de un bizcocho

Los bizcochos deberán cumplir con los requisitos fisicoquímicos:

Tabla 1

Requisitos fisicoquímicos del bizcocho

Característica	Requisito	Método de ensayo
Humedad	Máximo 40.0%	NTP 206.011
Acidez (Como ácido láctico)	Máximo 0.7%	NTP 206.013
Cenizas	Máximo 3.0%	NTP 2016.012

Nota: En la Tabla 1 se muestra los requisitos fisicoquímicos del bizcocho, adaptado de la NTP 206.002. 2018.

2.2.1.3. Formulación base del bizcocho

Existen algunas formulaciones para la fabricación del biscocho, donde los ingredientes que se utilizan se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

Ingredientes para la elaboración del biscocho en base a 1 kilogramo de harina

Ingredientes	Peso	Unidad de medida	Porcentaje
Harina de trigo	1000	g	100%
Manteca vegetal	100	g	10%
Mejorador	5-10	g	0.5-1.0%
Agua	500	ml	50%
Azúcar	400	g	40%
Sal	10	g	1%
Huevos	2	unidades	0.2%
Levadura	1	g	0.1%
Masa madre	300	g	30%
Saborizantes o aromas (vainilla y panetón)	10	ml	1%

Nota: En la Tabla 2 se describe los ingredientes para la elaboración del biscocho en base a 1 kilogramo de harina, adaptado de Casas, 2022.

2.2.1.4. Funciones tecnológicas de los ingredientes del bizcocho

a. Harina de trigo

La harina de trigo, es un subproducto del trigo sano, seco e industrialmente limpio, el cual se ha convertido en un vehículo vital y versátil en la elaboración de diferentes productos de panificación (Calaveras, 2004).

La harina de trigo es única entre las harinas de cereales por su capacidad para retener el gas producido durante el procesado y durante la cocción, por tanto, de formar la estructura esponjada típica que conocemos en la panificación (Dendy y Dobraszczyk, 2004).

Según Quaglia (1991), dentro de las funciones principales de la harina tenemos:

- Fuerza, es la capacidad o condición para producir un alto rendimiento de panes bien formados.
- Estabilidad, es la cualidad de la harina de producir una masa que no se afloje indebidamente durante la fermentación.
- Absorción de agua, es la cantidad de agua que necesita para la formación de la masa de consistencia normal.
- Retención de agua, se refiere al poder de la harina de retener el agua previamente absorbida por ella, sin aflojarse o volverse pegajosa durante el periodo de fermentación.

b. Manteca vegetal

Se denomina como manteca cualquier grasa, aceite o mezcla que sea sometido a un proceso de cristalización controlada. El olor y sabor deben ser característicos del producto designado, que deberá estar exento de olores y sabores extraños o rancios. El color de la manteca debe ser entre blanco y crema sin vetas visible. En un producto horneado, si no existiera la grasa, las partículas de gluten y almidón se juntarían entre sí generando tenacidad al momento de masticarlo. Por esta razón, las mantecas son importantes, ya que rompen la estructura del almidón permitiendo una lubricación de las partículas de gluten, obteniendo un producto suave y aireado (Ghotra et al., 2002).

Según Cubero (2002) tiene las siguientes funciones:

- Retarda el endurecimiento del bizcocho y mejora las características de la masa.

- Al añadirle grasas a la masa se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red glutínica, otorgando a la miga una estructura fina y homogénea

c. Agua

Es un elemento muy importante, porque tiene diversas funciones como dispersar la grasa, disuelve además el azúcar y la sal. El agua hidrata la proteína y el almidón de la harina, haciendo posible el desarrollo del gluten y su gelatinización durante el horneado. El agua convertida en vapor sirve como agente leudante. Sin agua la harina no se cocería, sino que se tostaría o se quemaría (Ibérico, 2003).

Se sabe que para la fabricación de pan se debe utilizar agua potable. La calidad de la misma afecta a todo el proceso de panificación y el periodo de retención de los productos de panadería (porosidad de la miga, corteza suave, brillante y estética) (Zhou & Hui, 2014).

Según Zhou & Hui (2014), nos indica que las principales funciones del agua son:

- Dispersión uniforme de los ingredientes presentes en la formulación.
 - El agua hidrata los almidones de la harina, que, junto con el gluten, dan por resultado una masa plástica, suave y elástica.
 - El agua hace posible las propiedades de plasticidad y extensibilidad de la masa, de modo que pueda crecer por acción del gas producido en la fermentación.
 - La presencia del agua hace posible la porosidad y el buen sabor del bizcocho.
- Una masa con poca agua, da un producto seco y quebradizo.

d. Azúcar

La utilización del azúcar en la panificación, es para dar el sabor dulce y color caramelo, mejorando la corteza del bizcocho, este obtiene de la caña de azúcar, su composición química es: Carbono, Hidrogeno y Oxigeno, por lo que pertenecen al grupo de los carbohidratos (Zegarra, 2021).

Zegarra (2021), menciona que las funciones del azúcar son:

- Desarrolla ciertos compuestos (ácidos y aldehídos), que son responsables del sabor y aroma de los bizcochos.
- Proporciona el rápido desarrollo de la corteza, debido a la reacción entre los azúcares reductores (glucosa, fructosa, maltosa) y las proteínas de la harina (reacción de Maillard).
- Prolonga el tiempo de vida de los bizcochos, gracias a la mayor retención de humedad.
- Proporcionan un grado, textura y miga más suave y blanda.
- Ayuda a la fermentación inicial, sirve como alimento de la levadura y como base para la fermentación.
- Contribuye con la dulzura.

e. Sal

El cloruro de sodio (NaCl), comúnmente conocido como sal o sal de mesa, se utiliza ampliamente en la producción de alimentos (Zapotecas y Sánchez, 2016).

El sector de la panificación, aunque esté presente en bajas cantidades, tiene un impacto bastante elevado en las características de calidad del pan. Actualmente, la cantidad media de sal esta entre 1,5% a 3%, (Lynch et al., 2009).

En general, las funciones de la sal en el pan de acuerdo con Zapotecas y Sánchez (2016), se resumen en:

- Proporciona sabor en la panificación, resalta y mejora los sabores de los otros ingredientes en los bizcochos y dulces.
- Por su higroscopicidad (capacidad de absorción de agua) influye en la duración y en el estado de conservación del bizcocho.
- Fortalece el gluten, mejorando las características de la masa y le permite retener mejor el agua y el gas, por consiguiente, la sal da fuerza a cualquier harina.
- Tiende a controlar o reducir la actividad de la levadura, regulando el consumo de azúcar en la masa y permitiendo un mejor manejo de la corteza.

f. Huevos

El huevo es otro ingrediente que se utiliza en la panadería y pastelería; estos otorgan una mayor riqueza a la masa dando una mejor flexibilidad y color al producto. Los huevos son alimentos con más alto valor nutritivo, ricos en proteínas, grasas y minerales, su peso oscila entre 50 a 60 g (cáscara 10%, yema 30%, clara 60%). Los huevos unen los elementos gracias al agua que contienen, enriquecen la masa y le otorgan suavidad (Cabezas, 2010).

De acuerdo a Froning (2008), la función de los huevos es multifuncional, incluye la formación de espuma, coagulación, emulsificación y propiedades aglutinantes en muchas aplicaciones alimentarias como productos de panadería sin presentar sustitución que pueda superar su función.

Froning (2008) menciona que las funciones de los huevos son:

- Aumenta la conservación del producto.
- Proporciona un sabor característico.
- En masas batidas ricas en huevo, la yema permite obtener buena miga con mayor emulsión al aumentar el volumen del batido y un mayor esponjamiento.
- Proporciona la miga un color amarillo natural que lo vuelve más atractivo.

g. Levadura

Según Soto (2000), la levadura para el pan está hecha de células de cepas selectas del microorganismo *saccharomy cescerevisiae*. Las células de levaduras frescas y activas se encuentran en el mercado como tortas comprimidas o como pastillas secas. La levadura se incluye en la masa del pan debido a que, como las células prevalecen en la masa, producen bióxido de carbono como producto de desecho. Este producto de desecho del metabolismo de las células de levadura se utiliza en la masa como leudante. Las células de levadura son capaces de fermentar cuatro azúcares: glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa; no pueden utilizar el azúcar de la leche.

Soto (2000) indica que las funciones de la levadura son:

- Hace posible la fermentación de la masa, porque produce una sustancia que rompe los almidones de la harina y los transforma en azúcares y éstos a su vez en alcohol y gas carbónico.
- Convierte a la harina cruda en un producto ligero.
- Aumenta el valor nutritivo al suministrar al producto proteína suplementaria de la mejor calidad.

h. Saborizantes o aromas

Los saborizantes o aromas son aquellas sustancias complejas que pueden dividirse en tres grupos: natural, idéntico al natural y sintético; los naturales pueden provenir directamente de la fuente natural o de la extracción los que funcionan muy bien en la aplicación presentando inconvenientes del tipo financiero (como vainilla y fruta cítrica), los idénticos a los naturales son materiales sintéticos que presentan el mismo compuesto que del aromatizante natural, y los sintéticos están elaborados de una mezcla de sustancias aromatizantes de sabor determinada (Edwards, 2007).

2.2.1.5. Composición nutricional de los ingredientes de un bizcocho

- **Harina de trigo:** la harina de trigo presenta un contenido de carbohidratos (72.82%), grasa (1%), proteínas (12.7%), aminoácidos como (lisina y treonina), fibra (11%) y una capacidad de retención de agua (Vásquez et al., 2016).
- **Manteca vegetal:** la manteca vegetal es una sustancia grasienta y cremosa de color blanco. Contiene 0,1% de ácidos grasos libres, 0, 1% de humedad e impurezas, su punto de fusión es superior a los 36 °C, y contiene más del 98% de sólidos (López, 2003).
- **Huevos:** el huevo entero contiene alrededor del 65% de agua, 12 % de proteína y 11 % grasa. Pero la composición de la clara y la yema difieren considerablemente. Prácticamente toda la grasa se encuentra en la yema, el 12 % de sólidos de clara de huevo este compuesto casi exclusivamente por proteínas. La yema es rica en vitaminas A, D, E, y K, que son solubles en grasa (Codony, 2002).
- **Mejorador:** el mejorador contiene 22% de carbohidratos, 14% de proteínas, 3% de grasas totales, 18% de fibra alimentaria y 17% de valor energético (Cerdeira, 2012).

2.2.2. Mejorador

Según Cubero (2022), el mejorador es una mezcla de compuestos químicos utilizados para mejorar las características de la harina, con la finalidad de acelerar el acondicionamiento de la masa, mejorar la plasticidad de la masa durante la fermentación y proporciona volumen y buen color a la corteza del bizcocho durante el horneado. El mejorador contiene los siguientes ingredientes: agente antiapelmazante (carbonato de calcio SIN 170i), harina de trigo fortificada según DS 012-2006-SA, agentes para tratamientos de harinas (sulfato de calcio SIN 516, ácido ascórbico SIN 300), enzimas (xilanasas fúngicas, xilinasas bacterianas, alfa amilasa fúngica SIN 100i y lipasas SIN 1104). El uso excesivo del mejorador de masa tiene consecuencias negativas tanto para el producto final como para la salud del consumidor.

Dentro de las ventajas de usar un mejorador se tiene:

- Usando el mejorador en proporciones de 0.5 a 1.0%, sobre la base de la harina reducimos el tiempo de amasado.
- Se obtiene una masa más homogénea, suave y elástica.
- En la fermentación, acelera la transformación de almidón en azúcares fermentados.
- El pan adquiere un mayor volumen, mejor color y estructura.

2.2.2.1. Tipos de mejorador

Tejero (2008), nos menciona que los mejorantes de masa, suelen ser una combinación de tres tipos de materias activas fundamentales: agentes oxidantes, emulsionantes y enzimas.

- a. **Agente oxidante:** El ácido ascórbico es un antioxidante alimentario famoso y frecuentemente empleado que, debido a la transformación que experimenta en la masa de pan, desempeña el rol de agente oxidante en todos los mejorantes comerciales.

- b. Emulsionante:** la lecitina y el DATA, son los emulsionantes principalmente utilizados, pudiendo llevar asociados otros complementarios. La acción de los emulsionantes sobre la masa también está ligada a la mejora de las propiedades del gluten, aunque los mecanismos bioquímicos son diferentes a los del ácido ascórbico.
- c. Enzimas:** Los cambios en el contenido de alfa-amilasa en las harinas afectan las propiedades y la uniformidad del pan. El número de estas enzimas que se encuentran naturalmente en la harina está sujeto a las condiciones de cultivo del trigo.

2.2.3. Masa madre

La masa madre es un producto de antigüedad utilizado como iniciador natural, se usa como alternativa de la levadura para elaborar productos de panificación horneados (Arora et al., 2021).

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)

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).

Garriga y Koppman (2019) nos dice que, como todo ingrediente o producto dentro de una receta, la masa madre también desempeña funciones dentro de los distintos productos de panificación que dan como resultado un pan con características organolépticas diferentes y novedosas. La aplicación de masa madre en productos de

panificación trae consigo múltiples beneficios y ventajas como:

- Extiende la vida útil de los productos obtenidos.
- Aumenta su volumen de forma natural.
- Posee un mejor sabor y características sensoriales más notorias.
- Mejora su calidad nutricional.
- Con el uso de masa madre, se obtendrá una miga con porosidad más fina y regular.

2.2.3.1. Tipos de masa madre

Según Artés (2016) la clasificación de la masa madre, es la siguiente:

a. Masa madre mixta

También llamada cucharón, es uno de los métodos más usados tradicionalmente.

Se elabora a partir de un trozo de pasta que haya sobrado del último trabajo que ya lleva levadura y se refresca con harina, agua, sal y levadura fresca.

Obtendremos una masa consistente que estará a punto cuando doble su volumen.

La cantidad a usar suele estar entre un 10% y un 25% sobre el peso de la harina.

b. Poolish

Es una masa madre líquida y consiste en la mezcla de cantidades iguales de harina y agua (100%-100%) y una pequeña cantidad de levadura fresca (0,1%) y sal (0,5%) en un periodo de fermentación de aproximadamente 12 horas. Se usa entre un 30% y un 60% sobre el peso de la harina. Debe triplicar su volumen y está a punto de uso cuando se ven en la superficie unas pequeñas burbujas que salen con mucha constancia y tiene sabor a lácteo debido a la presencia de ácido láctico. El poolish genera sabores más dulces.

c. Biga italiana

La biga italiana es un pre fermento que a diferencia del poolish posee una menor cantidad de agua en su composición; su relación entre harina y agua es de 100%-45%, en un periodo de fermentación de aproximadamente de 15 a 20 horas. Aquí, la actividad de las bacterias provoca una acidez que aporta rigidez y volumen a la masa. Su consistencia es dura y es la más óptima para la elaboración de productos que requieran fuerza para levantar panes compuestos de grasa, azúcar y huevo.

Es bastante utilizado en Italia para la elaboración de la mayoría de masas y panes. Los panaderos italianos la utilizaban principalmente para dar fuerza a la masa. La biga al ser un pre fermento firme debe ser utilizado con cuidado al combinarse con harinas de fuerza debido a que pueden causar defectos en la masa.

d. Esponja

Básicamente se usa para masas muy cargadas de azúcar como panes de molde o bizcochos. Es un proceso con dos etapas en la que en la primera se toma parte de la formula y se amasa, dejándola fermentar, doblando su volumen, y posteriormente se completa la formula con los ingredientes restantes acabando el amasado. La esponja es el más utilizado y tiene una relación 100%-60% entre harina y agua. Para un periodo de fermentación de 12 horas necesita un 0,1% de levadura y un 0,5% de sal. Se puede utilizar para cualquier variedad de pan.

e. Masa madre de cultivo o natural

Es la masa que se obtiene por la fermentación de harina de trigo o también de centeno con agua sin añadir levadura de panadero. La fermentación natural de la harina causa la aparición de una microflora constituida por bacterias lácticas y acéticas y la aportación también de levaduras salvajes.

2.2.4. Densidad aparente

Talens (2020), define a la densidad como una magnitud intensiva que expresa la relación entre la masa y el volumen de una sustancia líquida o un objeto sólido. Su unidad, en el Sistema Internacional, es kilogramo por metro cúbico (kg/m³), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm³. Cuando hablamos de densidad, es importante diferenciar entre densidad real y densidad aparente. La densidad real viene dada por la relación existente entre la masa de producto y su volumen real, es decir, el volumen que ocupa el objeto sin tener en cuenta el aire presente en su interior. La densidad aparente, es el cociente entre la masa de producto y el volumen aparente (volumen de materia + volumen de aire de huecos) del mismo. La densidad aparente comprueba la pureza y la concentración de una muestra y ofrecen información de su composición. La medición de la densidad resulta fundamental para asegurar la calidad tanto de materias primas como de productos acabados en diferentes sectores. La fórmula de densidad aparente es la siguiente:

$$Da = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen aparente}}$$

Según la FAO/INFOODS (2012), la densidad aparente de un bizcocho suele encontrarse en un rango de 0.15 a 0.49 g/mL, aunque puede variar dependiendo de factores como el tipo de harina y el proceso de elaboración.

2.2.5. Color instrumental

El color es un atributo muy importante a la hora de medir la calidad de un alimento, y en base a este se identifican muchas de las propiedades del mismo, de hecho, el color es el primer contacto que tiene el consumidor con los productos y posteriormente, los juzga por sus demás características sensoriales como textura, sabor, etc. (Jaros, et al., 2000).

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos de los cuales son el resultado del procesamiento y manejo del alimento. Otros son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos (Badui, 2006).

Por estas razones el color es un parámetro de calidad de gran importancia en los alimentos, ya que aporta información sobre sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, además de modular las preferencias de los consumidores (Kostyla y Clydesdale, 1978).

En productos de panificación los cambios de color ocurren durante el horneado, almacenamiento, maduración, procesado, etc. (Vargas & Rojas, 2016).

2.2.5.1. Elementos de la percepción del color

Para el correcto entendimiento de la percepción del color son fundamentales 3 elementos: la fuente de luz, el objeto y el observador. La interacción de estos elementos da como resultado la visualización del objeto por parte del observador, que puede ser el ojo humano o un equipo de medición de color.

- **La fuente de luz:** Los cuerpos emisores de luz, como el sol o lámparas, emiten diferentes longitudes de ondas electromagnéticas que al estimular nuestros ojos provocan la sensación del color. La luz blanca del sol es un conjunto de ondas, dentro del espectro de 380 a 770 nm, la luz puede provenir de fuentes naturales y artificiales (Joshi y Brimelow, 2012).
- **El objeto:** La luz que incide sobre un objeto es transformada de acuerdo a las características del mismo (forma, espesor, longitud, composición química, etc.), dando fenómenos como transmisión, reflexión, absorción y dispersión (Ohta y Robertson, 2006).
- **El observador:** El ser humano percibe la sensación del color cuando la luz

(primaria o secundaria) se refleja en la retina, la cual posee 2 tipos de sensores a la radiación electromagnética: los bastones y los conos, estos funcionan junto a un sistema óptico para enviar la información captada a nuestro cerebro, que será finalmente el que nos muestre el color de los objetos (Bujdud, 2015).

2.2.5.2. Sistema de color CIE

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), es la institución responsable de las recomendaciones internacionales para la fotometría y colorimetría. En 1931 la CIE estandarizó los sistemas de orden de color explicando las fuentes de luz (Schanda, 2007).

En la industria alimenticia, el método de medición de color más utilizado es el L^*a^*b o también conocido como el sistema CIELAB (Mc Caig, 2001).

2.2.5.3. Cielab ($L^*a^*b^*$)

Cuando un color se expresa en CIELAB, a^* : denota el valor rojo/verde (valores positivos indican la cantidad de componentes rojos y negativos la cantidad de componentes verdes), b^* : define el valor amarillo/azul (valores positivos indican componentes amarillos y los negativos el azul), L^* : luminosidad, define la claridad (sólo tiene valores positivos que mide en una escala de 0 – 100) (Schanda, 2007).

2.2.5.4. Equipos de medición de color

Con el fin de disminuir la subjetividad que representa la apreciación humana en la evaluación el color, se han desarrollado instrumentos que proporcionen una medición objetiva. Un instrumento de medición de color, consta de dos partes: el sensor óptico y el procesador de señales. El sensor óptico puede ser un espectrofotómetro o un colorímetro (Marqués, 2010).

O'Sullivan, et al., (2002) menciona que el colorímetro es un instrumento analítico basado en la espectrofotometría, el cual mide el grado de luminosidad (L), la variación

de color entre el rojo y el verde (a) y la variación de color entre el amarillo y el azul (b), permitiendo la cuantificación de diferencias no perceptibles en coloración en los alimentos por el ojo humano. Para realizar la medición se considera adecuado un número de cinco muestras, realizando un mínimo de cinco mediciones en cada muestra obteniendo un valor medio fiable. Los puntos de medición se eligen de forma aleatoria

2.2.6. Porosidad

Rodríguez, (2010) menciona que únicamente la porosidad (n) como una propiedad física, es decir como un parámetro numérico, denominado también volumen poroso. Esta porosidad se determina normalmente mediante técnicas experimentales, basadas en la toma de una imagen en forma directa o transversal a tras luz o con luz directa y cuantificando los datos por medio de un computador.

Los productos alimentarios, como los alimentos horneados, extruidos, inflados, secos y congelados tienen una microestructura porosa inherente que da al producto su textura característica medida en términos de propiedades físicas como la resistencia a la tracción, la resistencia a la compresión y la rigidez. La porosidad es una propiedad física importante en la caracterización de la textura y la calidad de los alimentos de humedad intermedia y seca (Hicsasmaz y Gueven, 2013).

2.2.6.1. Método de análisis 2D con imagen J.

El software Imagen J es utilizado para analizar los poros y determinar las áreas de los poros que utiliza el contraste entre fases (poros y parte solida) de la imagen. En primer lugar, se adquiere la imagen la que se convierte en escala de grises y por medio de barras de longitudes conocidas, los valores de pixeles se convierten en unidades de distancia, luego por el software son extraídos los poros. La porosidad está basada en la fracción de área y distribución del tamaño del poro basado en el área del pan (Broeken et al., 2016).

2.3. Definición de términos

- **Bizcocho:** Se define como el producto que tiene una textura suave y un sabor dulce, resultado del amasado y el horneado de masas fermentadas, elaboradas con harina de trigo, azúcar, levadura, masa madre, mejorador, huevos, sal, agua y esencias autorizadas.
- **Color instrumental:** Se define como una característica fisicoquímica de los alimentos que se percibe a través del sentido de la vista (ojo humano), y es medida con ayuda de un instrumento llamado colorímetro.
- **Densidad aparente:** Es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga un producto de panificación.
- **Fermentación:** factor que afectará las características fisicoquímicas de la masa madre provocando la acidificación de la misma, transformando el almidón (azúcar) en glucosa.
- **Masa madre:** También conocida como levadura de origen natural, es una mezcla de agua y harina, ambos componentes favorecen la multiplicación de microorganismos que pueden fermentar la masa.
- **Mejorador:** Sustancia formada por una mezcla de enzimas, emulsificantes, oxidantes, agentes reductores y otros aditivos. Que ayuda en mejorar aspectos fundamentales como la textura, color, el aroma y la durabilidad de productos de panificación.
- **Porosidad:** Es el volumen de huecos de la materia, y determina la capacidad de esta de retener más o menos cantidad de fluido. Se manifiesta como la proporción del volumen de los poros en relación al volumen total de la materia.

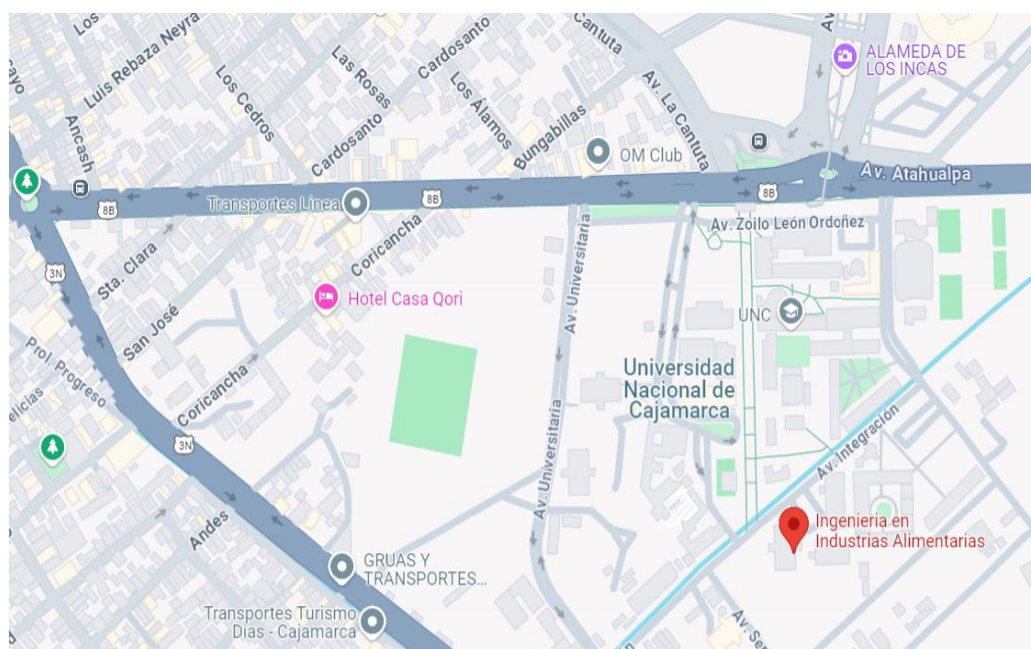
III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La presente investigación sobre la evaluación de características fisicoquímicas de un bizcocho con diferentes concentraciones de mejorador y el mejor tipo de masa madre, se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, pabellón 2H de la Facultad de ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca). Ubicada en Av. Atahualpa a 3.5 Km de la ciudad de Cajamarca, presenta ciertas características demográficas las cuales son las siguientes: altitud 2750 msnm, 7°10' latitud sur, 78°30' longitud, temperatura promedio 14°C, humedad relativa de 65% y precipitación promedio anual 650mm.

Figura 1

Mapa de ubicación de la investigación



Nota: En la Figura 1 se muestra el mapa de ubicación de la investigación (Fuente: Google Maps).

3.2. Materiales y equipos de laboratorio

a. Materia prima e insumos

La materia prima e insumos fueron adquiridos del mercado modelo de la ciudad de Cajamarca:

- Harina de trigo - marca (INCA)
- Manteca vegetal - marca (FAMOSA)
- Mejorador - marca (FLEISHMANN)
- Agua
- Azúcar - marca (CARTAVIO)
- Sal - marca (MARINA)
- Huevos
- Levadura - marca (FLEISHMANN)
- Esencias (vainilla y panetón) - marca (UNIVERSAL)

b. Utensilios

- Cucharas
- Espátulas
- Jarras medidoras
- Latas panaderas
- Matraz de Erlenmeyers
- Papel film
- Pipetas
- Probetas
- Recipientes de metal y plástico
- Utensilios de corte (cuchillos)

c. Equipos

- Amasadora PERUMINOX
- Balanza (kilogramos) VALTOX
- Balanza analítica digital PRECISA®
- Cámara SAMSUNG
- Colorímetro KONICA MINOLTA
- Cortadora de masa PERUMINOX
- Horno artesanal (LEÑA)
- Impresora HP SMART TANK 510
- Laptop LENOVO

d. Reactivos

- Agua destilada
- Alcohol (98 %)

e. Otros materiales

- Anillados
- Cuaderno de apuntes – marca (LAYCONSA)
- Empastados de tesis (5 unidades)
- Fotocopias
- Hojas bond (2 cientos) – marca (REPORT)
- Lapicero indeleble (1 unidad) – marca (ARTESCO)
- Papel toalla absorbente (1 unidad) – Marca (NOVA)
- Útiles de escritorio

3.3. Metodología

3.3.1. Variables independientes

- Tipos de masa madre (poolish, biga italiana y esponja)
- Mejorador de masa (0.5%, 0.7%,1.0%)

3.3.2. Variables dependientes

- Densidad aparente
- Color instrumental (L*a*b)
- Porosidad

3.3.3. Niveles y tratamientos de estudio

Tabla 3

Matriz de factores, variables(independientes), niveles y tratamientos de estudio

Factores	Niveles	Combinaciones	Tratamientos
A: tipos de masa madre	A1: Poolish	A1*B1	T1
	A2: Biga italiana	A1*B2	T2
	A3: Esponja	A1*B3	T3
B: mejorador de masa	B1: 0.5%	A2*B1	T4
	B2: 0.7%	A2*B2	T5
	B3:1.0%	A2*B3	T6
		A3*B1	T7
		A3*B2	T8
		A3*B3	T9

Nota: En la Tabla 3 se describen la matriz de factores, variables(independientes), niveles y tratamientos de estudio.

3.3.4. Diseño experimental y arreglos de los tratamientos

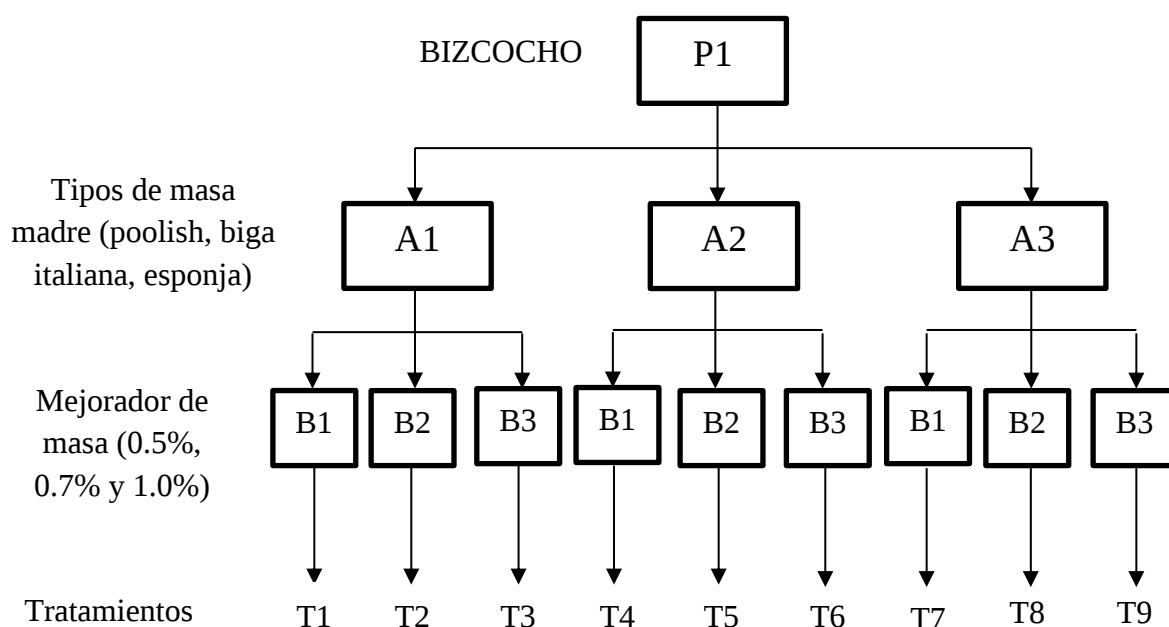
Para este estudio, se utilizó una metodología experimental aplicada; experimental porque se apoya en la observación de fenómenos provocados o manipulados; aplicada, porque se intenta resolver problemas prácticos en la panificación (Salazar, 2011); por

las variables cuantitativas, las cuales se representan en un diseño estadístico completamente al azar (DCA). El primer factor A (masa madre), que incluye tres tipos de esta (poolish, biga italiana, esponja), y el segundo factor B (mejorador de masa), que presenta tres concentraciones distintas (0.5%, 0.7%, 1.0%), de las cuales se realizaron 3 combinaciones de cada una (9 tratamientos), repicado 3 veces haciendo un total de 27 muestras. Se realizó una evaluación de la densidad aparente, el color instrumental y la porosidad, con el objetivo de establecer qué formulación posee la mejor concentración de mejorador de pan y tipo de masa madre. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para los resultados. Detectándose variaciones, por tal motivo se aplicó el test de rango múltiple de Tukey al 5% de probabilidad.

A continuación, se muestra el esquema del diseño experimental en la figura 2.

Figura 2

Diagrama del diseño experimental



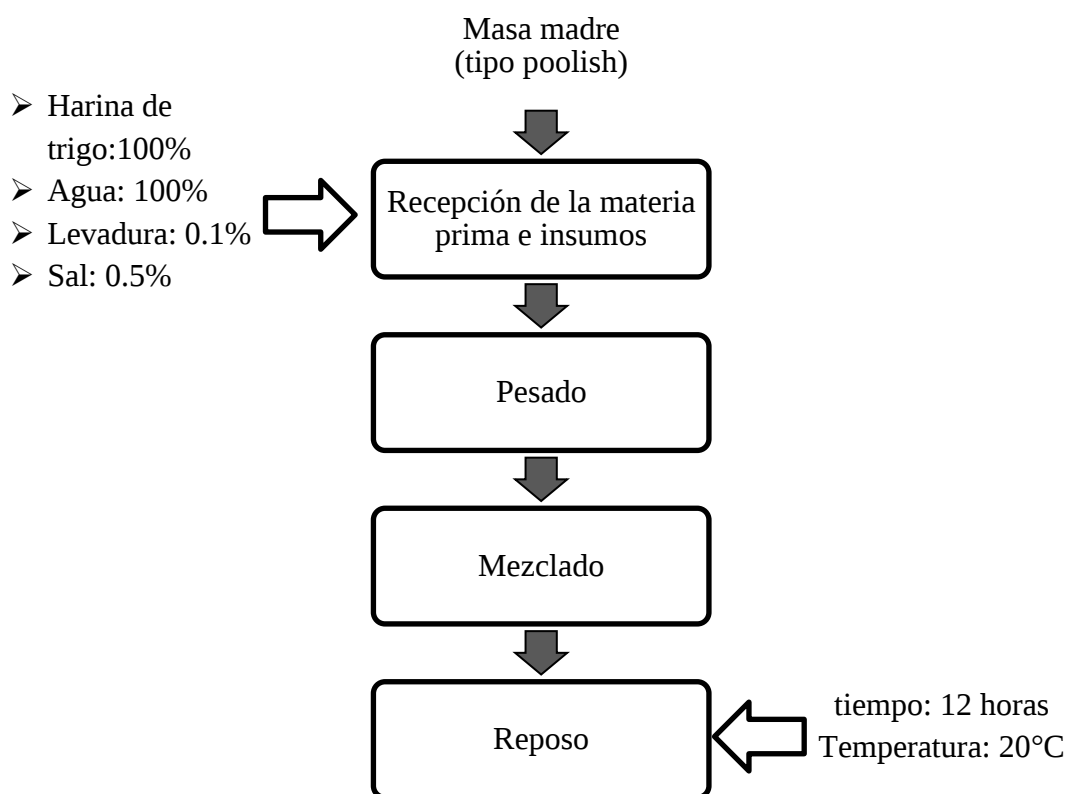
Nota: En la Figura 2 se describe el diagrama del diseño experimental para la evaluación de características fisicoquímicas de un bizcocho elaborado con diferentes concentraciones de mejorador y masa madre.

3.4. Procedimientos

3.4.1. Diagrama de flujo de la masa madre tipo poolish

Figura 3

Diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo poolish



Nota: En la Figura 3 se presenta Diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo poolish, adaptado de Artés (2016).

3.4.2. Proceso de obtención de la masa madre tipo poolish

Para la obtención de la masa madre tipo poolish se siguió la metodología de Artés (2016):

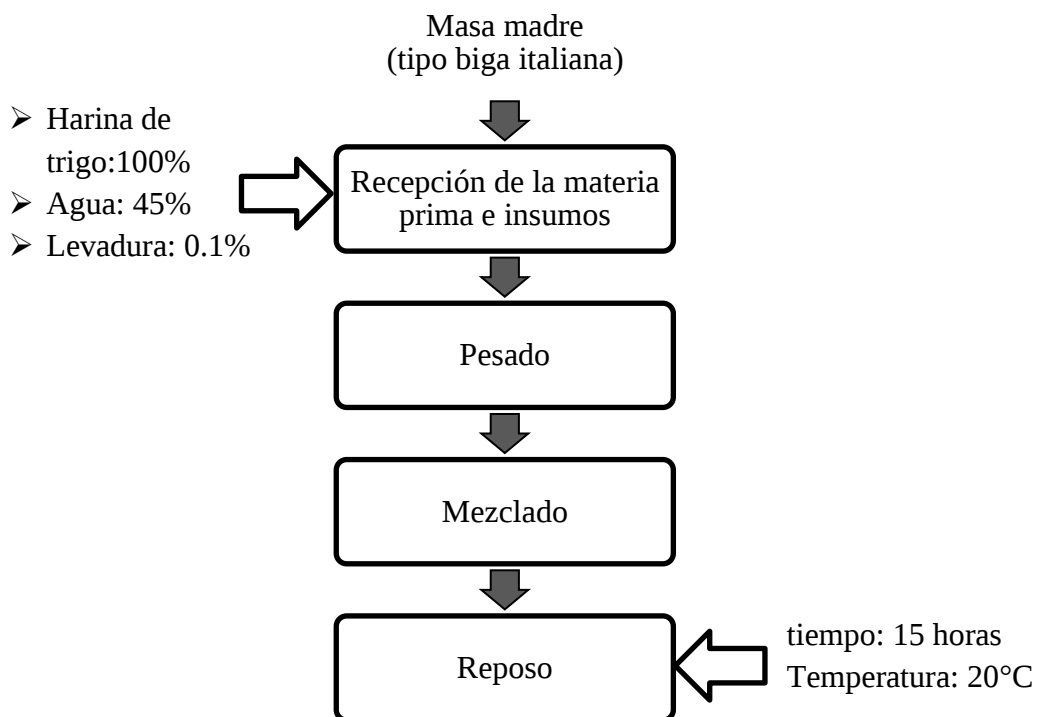
- **Recepción de la materia prima e insumos:** Se recepcionó harina de trigo, agua, levadura y sal, todos fueron obtenidos en buen estado y de buena calidad para la elaboración de la masa madre.

- **Pesado:** Con ayuda de una balanza de kilogramos, se pesó 1kg de harina de trigo, 1litro de agua, 1 gramo de levadura y 5 gramos de sal que se necesitó en la elaboración de la masa madre.
- **Mezclado:** Se mezcló todos los ingredientes en un bowl, y de forma manual se integró los insumos.
- **Reposo:** Se dejó reposar durante 12 horas a 20°C de temperatura, tapado con papel film, para su adecuada fermentación.

3.4.3. Diagrama de flujo de masa madre tipo biga italiana

Figura 4

Diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo biga italiana



Nota: En la Figura 4 se presenta diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo biga italiana, adaptado de Artés (2016).

3.4.4. Proceso de obtención de la masa madre tipo poolish

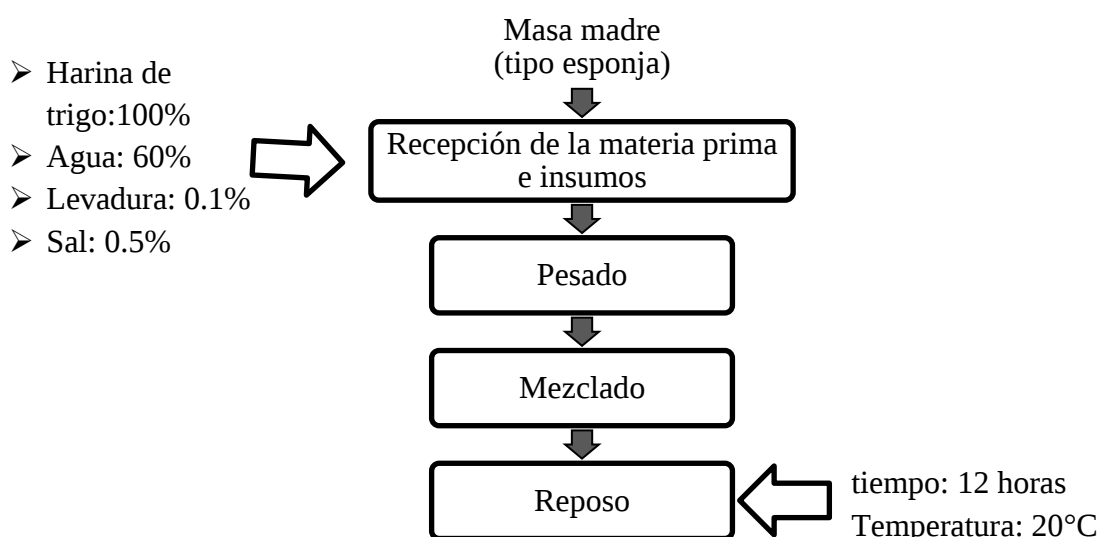
Para la obtención de la masa madre tipo biga italiana se siguió la metodología de Artés (2016):

- **Recepción de la materia prima e insumos:** Se recepcionó harina de trigo, agua y levadura, todos fueron obtenidos en buen estado y de buena calidad para la elaboración de la masa madre.
- **Pesado:** Con ayuda de una balanza de kilogramos, se pesó 1kg de harina de trigo, 450 mililitros de agua y 1 gramo de levadura, que se necesitó en la elaboración de la masa madre.
- **Mezclado:** Se mezcló de forma manual los ingredientes en un bowl, primero la harina de trigo con la levadura, y luego se fue agregando el agua por partes, hasta su totalidad.
- **Reposo:** Se dejó reposar durante 15 horas a 20°C de temperatura, tapado con papel film, para su adecuada fermentación.

3.4.5. Diagrama de flujo de masa madre tipo esponja

Figura 5

Diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo esponja



Nota: En la Figura 5 se presenta diagrama de flujo para la elaboración de masa madre tipo esponja, adaptado de Artés (2016).

3.4.6. Proceso de obtención de la masa madre tipo esponja

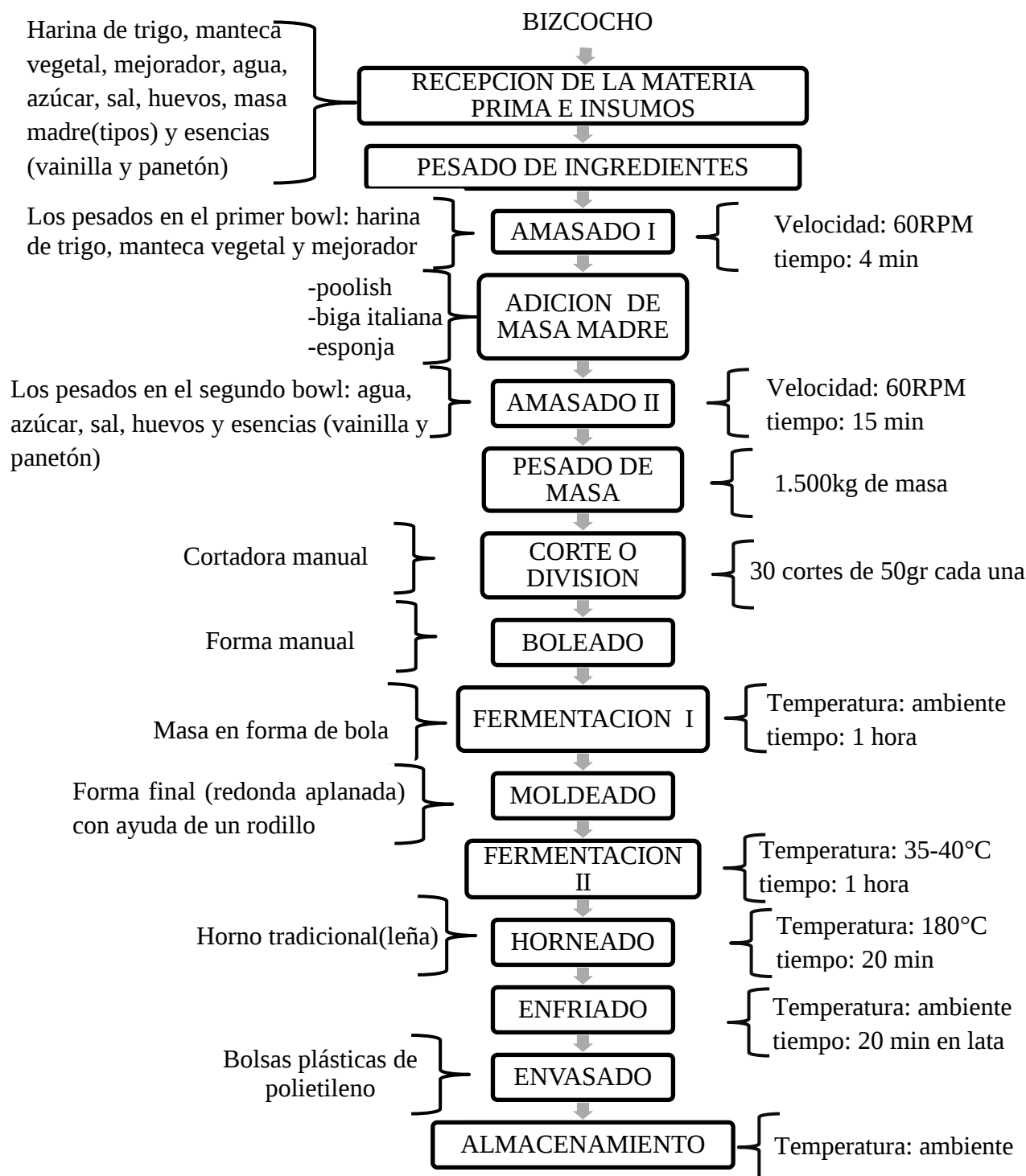
Para la obtención de la masa madre tipo esponja se siguió la metodología de Artés (2016):

- **Recepción de la materia prima e insumos:** Se recepcionó harina de trigo, agua, levadura y sal, todos obtenidos en buen estado y de buena calidad para la elaboración de la masa madre.
- **Pesado:** Con ayuda de una balanza de kilogramos, se pesó 1kg de harina de trigo, 600 mililitros de agua, 1 gramo de levadura y 5 gramos de sal que se necesitó en la elaboración de la masa madre.
- **Mezclado:** Se mezcló todos los ingredientes en un bowl, y de forma manual se integraron los insumos.
- **Reposo:** Se dejó reposar durante 12 horas a 20°C de temperatura, tapado con papel film, para su adecuada fermentación.

3.4.7. Diagrama de flujo del bizcocho

Figura 6

Diagrama de flujo para la elaboración de bizcocho



Nota: En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración del bizcocho, adaptado de Yancán (2023).

3.4.8. Proceso de obtención del bizcocho

Para la obtención del bizcocho se siguió la metodología:

- **Recepción de la materia prima e insumos:** En esta etapa se recepcionó harina de trigo, manteca vegetal, mejorador, agua, azúcar, sal, huevos, masa madre(tipos) y esencias (vainilla y panetón), todo ellos estuvieron en buen estado y de buena calidad, la mayoría obtenidos del mercado modelo de Cajamarca, para la elaboración del bizcocho (Ammar, et al. 2020).
- **Pesado de ingredientes:** En esta etapa con ayuda de una balanza de kilogramos y gramera primero se pesó en un bowl, harina de trigo, manteca vegetal y mejorador (0.5%,0.7%, 1.0%), luego en un segundo bowl se pesó, agua, azúcar, sal y esencias, en un tercer envase se pesó huevos, para su posterior proceso (Cabezas, 2004).
- **Amasado I:** En esta etapa el orden de adición de los ingredientes en la amasadora industrial fue el siguiente: los pesados en el primer bowl (harina de trigo, manteca vegetal y mejorador), luego se adiciono la mezcla que se obtuvo del pesado del agua, azúcar, sal y esencias, posteriormente se adiciono los huevos, todos estos ingredientes se amasaron a una velocidad de 60 RPM por un tiempo de 4 minutos hasta obtener una mezcla homogénea y pegajosa (Yancán, 2023).
- **Adición de masa madre:** Se adiciono la masa madre según el tratamiento (tipo poolish, biga italiana y esponja, cada una de estas por separado), a la mezcla homogénea y pegajosa (Casas, 2012).
- **Amasado II:** Se continuo con el amasado a una velocidad de 60 RPM por un tiempo de 15 minutos, esta etapa sirvió para airear la masa y estirar el gluten a fin de suavizarlo, la masa se hizo más pastosa al pasar el tiempo de amasado, la masa se tornó más elástica y comenzó a separarse de las paredes de la tolva de la amasadora,

así el gluten se desarrolla completamente. Al finalizar el tiempo de amasado, la masa obtuvo liga y no se pegó en la tolva (Yancán, 2023).

- **Pesado de masa:** Se pesó 1.500 kg de masa obtenida en el amasado II, para su posterior proceso (Gómez, 2021).
- **Corte o división:** En esta etapa con ayuda del cortador de masa semi industrial, se obtuvo 30 cortes de 50 gr cada una (León, 2022).
- **Boleado:** Esta etapa se hizo de forma manual, cada corte de 50 gr se enrolló de forma esférica, luego se colocó en latas panaderas (León, 2022).
- **Fermentación I:** La masa en forma de bola, se dejó fermentar por 1 hora a temperatura ambiente, cubierto con papel film, para ayudar en el aumento de su tamaño y así también evitar que la masa se torne seca. En esta etapa la masa desarrolló su olor y sabor (Yancán, 2023).
- **Moldeado:** Una vez que la masa en forma de bola obtuvo el doble de su volumen, fue moldeado con ayuda de un rodillo, para darle su forma (redonda) final (Quineche, 2023).
- **Fermentación II:** Esta etapa fue la fermentación final o fermentación en piezas, por un tiempo de 1 hora a temperatura de 35-40°C, cubierto con papel film hasta que cada pieza obtuvo el doble de su volumen y estuvo lista para su posterior horneado (Yancán, 2023).
- **Horneado:** Se precalentó el horno tradicional (leña) a 180 °C por un tiempo de 45 minutos, para luego ingresar las latas panaderas con la masa de bizcocho, estos se hornearon a 180°C por un tiempo de 20 minutos. Mediante el horneo la masa se transformó en un producto comestible de buen sabor, color y olor (Quineche, 2023).

- **Enfriado:** Al salir del horno, los bizcochos se dejaron enfriar en la lata panadera durante 20 minutos a temperatura ambiente, evitando corrientes de aire que puedan resecar a superficie y agrietar el producto, así también evitar la contaminación del producto (Casas, 2012).
- **Envasado:** El bizcocho fue envasado en bolsas plásticas de polietileno transparentes, para evitar así que el producto se reseque (Quineche, 2023).
- **Almacenamiento:** El producto envasado fue almacenado a temperatura ambiente, en un lugar limpio y seco. Para su posterior evaluación de densidad aparente, color instrumental y porosidad (León, 2022).

3.4.9. Evaluación de densidad aparente

La densidad aparente es una magnitud aplicada a materiales porosos, la densidad se puede obtener de forma indirecta o directa. Para la obtención de la densidad aparente, se mide la masa(peso) y el volumen por separado, la masa se mide en una balanza y el volumen puede medirse determinando la forma de objeto (Montesdeoca, 2011). En la evaluación de la densidad aparente utilizamos el método de inmersión seca según Montesdeoca (2011):

- 1°. Se lleno granos de lentejas en una probeta, hasta alcanzar los 50 ml.
- 2°. Se peso 4 gramos de bizcocho y se trituro hasta alcanzar una mezcla homogénea de miga y corteza.
- 3°. Añadimos el homogenizado de miga y corteza a la probeta que contenía los 50 ml de lenteja.
- 4°. Anote las diferencias o el aumento del volumen, la diferencia entre el primer y segundo volumen obtenido nos sirvió para hallar el volumen aparente del bizcocho.

Con ayuda de la siguiente formula se obtuvo el dato de densidad aparente, para luego trabajar los resultados de forma estadística.

$$Da = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen aparente}}$$

3.4.10. Evaluación de color instrumental

Bujdud (2015), indica que, para la evaluación del color instrumental, se debe tener cuidado con aspectos como: el iluminante (se sugiere sea la luz del día) y el ángulo en el que debe estar colocado el observador para evitar la interferencia del brillo.

Los instrumentos de medición del color buscan simular la manera en la cual los ojos humanos captan el color de un objeto, para proporcionar una medida cuantitativa. El instrumento que se utilizó en nuestra investigación fue el colorímetro, usando el método de medición L^*a^*b o también conocido como el sistema CIELAB, este dará expresiones numéricas, que permitirán hacer un reporte de tres valores numéricos que representarán al color (Escamilla, 2006). Antes de llevar a cabo la evaluación, el colorímetro fue calibrado según indicaciones del proveedor, dentro de la calibración está el número de disparos o flashes (3), que se hizo para cada muestra de bizcocho en 3 diferentes puntos de la misma superficie (corteza y miga), luego el dispositivo mostro resultados numéricos expresados en L^*a^*b , posteriormente estos resultados fueron analizados con pruebas estadísticas como es el ANOVA.

3.4.11. Evaluación de porosidad

Para llevar a cabo este análisis de porosidad se cortó el bizcocho en rebanadas y mediante una cámara fotográfica de 10MP (Mega pixeles) se obtuvo imágenes a una distancia de 10cm desde la base del bizcocho hacia arriba, luego la imagen fue convertida a escala de grises utilizando el software Imagen J, para luego obtener la imagen binaria. A partir de esta imagen, se extrajo el porcentaje de porosidad mediante el software mencionado. El software Imagen J, invirtió la coloración, así los poros fueron de color blanco y la miga color negra, determinando el número de poros por cm^2 y el área promedio de los poros por cm^2 (Arias, 2015).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la densidad aparente

La densidad aparente se realizó con el objetivo de determinar la concentración de mejorador y el tipo de masa madre en la elaboración de un bizcocho, mediante el método de inmersión seca. Las concentraciones de mejorador fueron (0.5, 0.7, 1.0) y los tipos de masa madre (poolish, biga italiana y esponja), donde se obtuvo 9 tratamientos.

Tabla 4

Resultados de la densidad aparente de la muestra testigo

Densidad aparente	
Muestra testigo	0.173913 g/cm ³

Nota: En la Tabla 4 se muestran los resultados de la densidad aparente de la muestra testigo.

En la siguiente Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos de la densidad de los 9 tratamientos.

Tabla 5

Resultados de la densidad aparente de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre

Resultados de la densidad aparente				
Tratamientos	Repeticiones			Promedio (g/cm³)
	1	2	3	
T1	0.200	0.202	0.200	0.200667
T2	0.213	0.211	0.211	0.211667
T3	0.200	0.199	0.200	0.199667
T4	0.183	0.182	0.182	0.182333
T5	0.176	0.174	0.174	0.174667
T6	0.200	0.199	0.200	0.199667
T7	0.190	0.187	0.190	0.189000
T8	0.167	0.169	0.167	0.167667
T9	0.200	0.203	0.200	0.201000

Nota: En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de la densidad aparente de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre de los 9 tratamientos.

4.1.1. Análisis de varianza para la densidad aparente

En la tabla 6, se muestra los resultados del análisis de varianza para la densidad aparente, donde se observa cómo se relaciona las variables independientes: concentración de mejorador, tipos de masa madre y la interacción entre ambas.

Tabla 6*Análisis de varianza para la densidad aparente*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	0.001837	0.000918	24.90	0.000
B: mejorador de masa	2	0.000712	0.000356	9.66	0.001
AB	4	0.002214	0.000554	15.01	0.000
Error	18	0.000664	0.000037		
Total	26	0.005427			

R cuadrado: 82.33 %

Los resultados de la Tabla 6 ANOVA para la variable densidad del bizcocho muestra una alta significación estadística para los factores tipos de masa madre y mejorador de masa, puesto que $p < 0.05$, lo cual indica que estos factores producen efectos en la densidad de las muestras y existen diferencias estadísticas para los tratamientos de ambos factores. Así mismo la interacción de los factores influyen ya que el valor de $p < 0.05$ es decir producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables están asociadas o correlacionadas.

Tabla 7

Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable densidad, confianza de 95%

Tipos de masa madre	N	Media	Agrupación
1	9	0.203862	A
3	9	0.186727	B
2	9	0.186026	B

La Tabla 7, muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la densidad de bizcocho

formulado con diferentes tipos de masa madre para determinar cuál es la mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con el tipo de masa madre 1 de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con masa madre 2 y 3 de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos de masa madre 2 y 3 comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo el tratamiento con masa madre 1 que corresponde a un solo grupo (A) el que tiene mayor media 0.203862 g/cm^3 , y es estadísticamente diferente de los otros tratamientos.

Tabla 8

Pruebas de HSD tukey para el factor mejorador de masa para la variable densidad, confianza de 95%

Mejorador de masa	N	Media	Agrupación
1.0	9	0.199053	A
0.5	9	0.190876	B
0.7	9	0.186685	B

La Tabla 8, muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la densidad de bizcocho formulado con proporciones de mejorador de masa para determinar cuál es el mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con 1 % de mejorador de masa de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con 0.5 y 0.7 % de mejorador de masa de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos con 0.5 a 0.7 % de mejorador de masa comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo los tratamientos con 1 % de mejorador de masa que corresponde a un solo grupo (A) el que tiene mayor media 0.199053 g/cm^3 , y es

estadísticamente diferente de los otros tratamientos.

Tabla 9

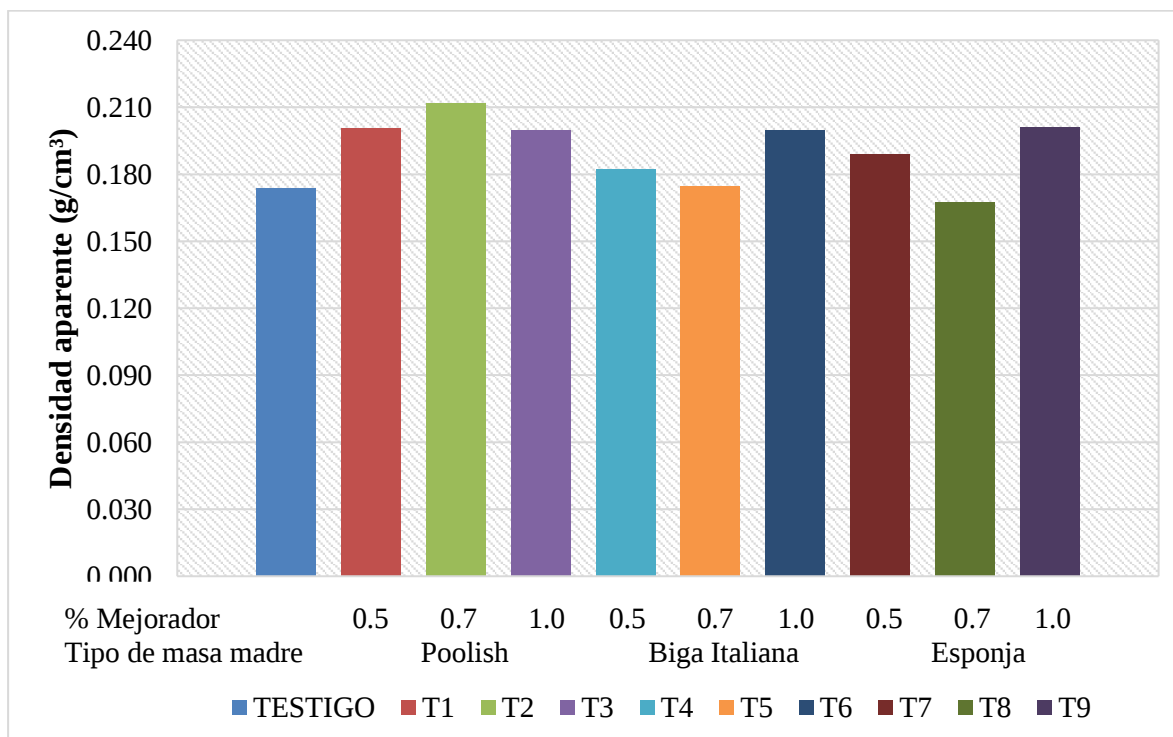
*Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable densidad, confianza de 95%*

Tipos de masa madre*mejorador de masa	N	Media	Agrupación
1 * 0.7%	3	0.211667	A
3 * 1.0%	3	0.201000	A
1 * 0.5%	3	0.200667	A
1 * 1.0%	3	0.199667	B
2 * 1.0 %	3	0.199667	B
3 * 0.5 %	3	0.189000	C
2 * 0.5 %	3	0.182333	C
2 * 0.7%	3	0.174667	D
3 * 0.7%	3	0.167667	E

En la Tabla 9, se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable densidad, y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio, se observa que el tratamiento T2 con 0.7 % de mejorador de masa en combinación con tipo de masa madre 1(poolish) es el tratamiento con una media de densidad alta (0.211667 g/cm³). Así mismo se observa que el T8 con la combinación 0.7 % de mejorador de masas con el tipo de masa madre 3(esponja) es estadísticamente diferente a los demás tratamientos, este tratamiento alcanzo una media de 0.167667 g/cm³ siendo inferior estadísticamente a los demás. A continuación, se muestran la gráfica de barras de los 9 tratamientos en comparación con la muestra comercial.

Figura 7

Influencia de las variables sobre la densidad aparente de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo



Nota: En la Figura 7 se observa la influencia de las variables sobre la densidad aparente de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo.

En la Figura 7, se observa la representación gráfica de la densidad aparente de la muestra comercial de un bizcocho en comparación con los 9 tratamientos realizados con diferente concentración de mejorador y tipo de masa madre, donde se muestra que el tratamiento T2 tiene mayor densidad (0.211667g/cm³), en comparación de los 8 tratamientos restantes y la muestra comercial. Dando como resultado que la concentración 0.7 de mejorador y el tipo de masa madre poolish, dan una mayor densidad al bizcocho.

En el caso del T8, se observa que es el que tiene menor densidad (0.167667 g/cm³) en comparación de los demás tratamientos, podemos decir que se obtiene un producto de baja densidad con la concentración 0.7% de mejorador de masa y el tipo de masa madre esponja.

Según la FAO/INFOODS (2012), la densidad aparente de un bizcocho suele encontrarse en un rango de 0.15 a 0.49 g/cm³, aunque puede variar dependiendo de factores como el tipo de harina y el proceso de elaboración.

La densidad aparente, es importante en la industria panadera, según Vargas (2016) la densidad aparente afecta la textura, el sabor y la calidad general del producto final. Durante la elaboración del pan afecta el proceso de fermentación, la formación de las burbujas de aire y la consistencia final del pan. En el producto final la densidad se representa entre la masa por unidad de volumen aparente, un producto panadero con densidad alta tendrá la miga más compacta y firme, mientras que un pan con baja densidad tendrá la miga más suave y esponja. Un pan con la densidad adecuada puede tener una textura agradable y un sabor enriquecido. Debido a esto según los resultados el T8(0.7% de mejorador de masa y esponja como masa madre), es el bizcocho de menor densidad, por lo tanto, es el que tiene mejor textura (más suave y esponjoso), sabor y calidad final. El bizcocho con tratamiento T2(0.7% de mejorador y masa madre tipo poolish), es más compacto y duro.

Moltalvo y Hernani (2019), indican que la función principal de los mejoradores de masa es fortalecer y resaltar las propiedades de la harina para que la masa tenga buena capacidad de producción y retención de gases debido al aporte del gluten presente en el mejorador de masa. Estos atributos son fundamentales para definir la industria del pan, no deben ser modificados, resultando en un producto final con buena suavidad de la miga, color, olor, textura y brillo en la corteza. Además, nos señalan que, si llevamos a cabo una sobredosis de mejorador de masa, se produce un incremento en el volumen, una miga más blanda pero un sabor desagradable. Es por eso que en esta investigación se centra en utilizar la dosis adecuada(de 0.5% a 1%) de mejorador de masa para no alterar el producto final, estadísticamente nos da como resultado que hay diferencias

significativas al utilizar diferentes concentraciones de mejorador; como resultado se obtiene un bizcocho de menor densidad con el T8 en comparación de la muestra comercial, utilizando 1% de mejorador de masa, lo cual está dentro del rango de lo permitido (de 0.5% a 1%) según la norma técnica NTP 206.002 (2018).

Rández (2023) nos dice que la masa madre mejora la textura esponjosa, el sabor y la vida útil de los alimentos a base de cereales. Una masa madre como agente de fermentación natural, libera gases durante el proceso de fermentación, lo cual también afecta la estructura y densidad. Esta tiene que estar madura y activa para que pueda producir más gases, para tener un producto con menor densidad aparente, si la masa madre no estuviese lo suficientemente madura o activa se obtendrá un pan más denso y compacto. Además, se le atribuyen beneficios para la digestión y la salud debido a su proceso de fermentación natural y cierta descomposición de gluten que implica. Entonces estadísticamente podemos decir que el bizcocho con T8 obtuvo una baja densidad, utilizando masa madre tipo esponja, que tiene una relación 100%-60% entre harina de trigo y agua

4.2. Resultados de color instrumental

Las medidas de color obtenidas a partir de mediciones con ayuda del colorímetro marca Konica Minolta usando el método de medición L^*a^*b o también conocido como el sistema CIELAB son las que se muestran en la Tabla 10, 11, 15, 17, 22, 24 y 28 tanto de la corteza como de la miga.

En la tabla 10 se muestran los resultados del color de la muestra testigo.

Tabla 10*Resultados del color de la muestra testigo*

Colorimetría			
Muestra testigo	L*	a*	b*
Corteza	21.42	10.32	7.39
Miga	44.01	-0.36	11.79

Nota: En la Tabla 10 se observa los resultados de la muestra testigo con relación al color instrumental.

4.2.1. Luminosidad

4.2.1.1. Análisis de varianza para la Luminosidad de la corteza

En la siguiente tabla se presenta los resultados de L* (corteza), de los 9 tratamientos.

Tabla 11

Resultados de luminosidad de la corteza de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre

Resultados de L* (corteza)				
Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1	35.17	31.45	32.58	33.0667
T2	21.37	23.96	25.28	23.5367
T3	23.77	28.48	27.63	26.6267
T4	10.43	13.01	11.04	11.4933
T5	22.61	23.82	25.22	23.8833
T6	18.86	18.61	19.68	19.0500
T7	18.87	20.95	17.04	18.9533
T8	16.78	17.31	19.30	17.7967
T9	22.38	23.24	24.39	23.3367

Nota: En la Tabla 11 se observa los resultados con sus respectivas repeticiones de los nueve tratamientos, con relación a la luminosidad, habiendo una variación en ellos.

Tabla 12*Análisis de Varianza para la variable L* de la corteza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	524.38	262.19	15.73	0.000
B: mejorador de masa	2	64.87	32.43	1.95	0.172
AB	4	395.71	98.93	5.93	0.003
Error	18	300.09	16.67		
Total	26	0.005427			

R cuadrado: 76.65 %

Los resultados de la Tabla 12 ANOVA para la variable L* de la corteza del bizcocho muestra una alta significación estadística para el factor tipos de masa madre, puesto que $p < 0.05$, lo cual indica que este factor produce efectos en la variable evaluada de las muestras y existen diferencias estadísticas para los tratamientos con diferentes tipos de masa madre. Mientras que esta variable no se ve afectada significativamente por el mejorador de masa ya que el valor de p es mayor a 0.05. Mientras que la interacción de los factores influye ya que el valor de $p < 0.05$ es decir producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables están asociadas o correlacionadas.

Tabla 13

Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa para la variable L de la corteza, confianza de 95%*

Tipos de masa madre	N	Media	Agrupación
1	9	28.9656	A
3	9	20.0289	B
2	9	19.2533	B

La Tabla 13, muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable L* de la corteza del bizcocho formulado con diferentes tipos de masa madre para determinar cuál es la mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con el tipo de masa madre 1 de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con masa madre 2 y 3 de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos de masa madre 2 y 3 comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo el tratamiento con masa madre 1 (poolish) que corresponde a un solo grupo (A) el que tiene mayor media 28.9656 de la coordenada L* de la corteza, y es estadísticamente diferente a los otros tratamientos.

Tabla 14

*Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable L* de la corteza, confianza de 95%*

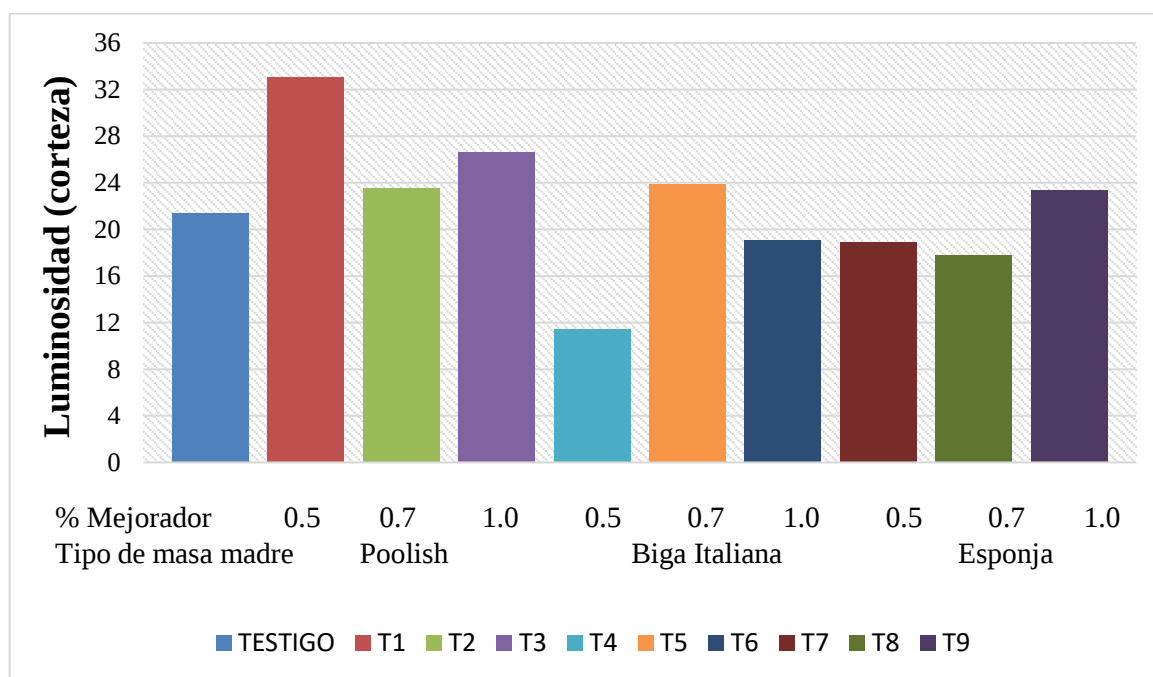
Tipos de masa madre*mejorador de masa	N	Media	Agrupación
1 * 0.5 %	3	33.0667	A
1 * 1.0 %	3	26.6267	B
2 * 0.7 %	3	23.8833	B
1 * 0.7 %	3	23.5367	B
3 * 1.0 %	3	23.3367	B
2 * 1.0 %	3	19.0500	C
3 * 0.5 %	3	18.9533	C
3 * 0.7 %	3	17.7967	C
2 * 0.5 %	3	11.4933	D

En la Tabla 14 se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable L* de la corteza, y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio, se observa que los tratamientos con 0.5 % de mejorador de masa en combinación con tipo de masa madre 1 (poolish) es el mejor tratamiento con una media de L* 33.0667. Se observa que las combinaciones restantes pertenecen a más de un grupo, lo cual significa que no existe diferencias estadísticas entre dichos tratamientos. Así mismo se observa que la combinación 0.5 % de mejorador con el tipo de masa madre 2 (biga italiana) pertenece a un solo grupo, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos, este tratamiento alcanzo una media de 11.4933 siendo inferior estadísticamente a los demás. A continuación, se muestra la gráfica de barras los 9 tratamientos de los resultados de

luminosidad en comparación con la muestra testigo, en relación a la corteza del bizcocho.

Figura 8

Influencia de las variables sobre la luminosidad (corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo



Nota: En la Figura 8 se observa la influencia de las variables sobre la luminosidad (corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo.

La Figura 8 muestra los resultados de luminosidad de la corteza del bizcocho testigo y de los 9 tratamientos, con relación al tipo de masa madre y diferente concentración de mejorador.

Observamos que el T1 tiene mayor luminosidad que los 9 tratamientos, e incluso de la muestra testigo. Este tratamiento cuenta con 0.5% de mejorador y tipo de masa madre poolish. Estas dos variables juntas estadísticamente tienen significancia, pero por separado solo el tipo de masa madre poolish muestra cambios en el producto final.

Tratamiento T4 con 0.5 % de mejorador y tipo de masa madre biga italiana es el más

oscuro o menos luminoso que los demás.

Tejero (2008), en su estudio sobre Panadería y bollería, nos dice que los mejorantes de masa ya preparadas que se añade habitualmente a la masa, son el medio para asegurar un nivel adecuado de amilasas(enzimas) en la masa. De este modo, las dextrinas resultantes de la degradación del almidón, contribuyen al color marrón y brillo de la corteza. Una sobredosificación de mejorador de masa aumenta la absorción de agua al reforzar las cadenas del gluten, aumentando el volumen de los panes, como consecuencia de esto el pan presentara una miga más blanca, mayor volumen, una corteza más clara y brillante, pero sabor más pobre. Es por eso que el tratamiento T1, tiene mayor luminosidad que los demás, este cuenta con 0.5% de mejorador de masa que está dentro del rango permitido (0.5% a 1%), lo cual es beneficioso tanto para la salud del consumidor y la economía del productor de pan y el tratamiento T4, es el que tienen menor luminosidad, este contiene 0.7% de mejorador de masa.

Achaquihui (2020), indica que la incorporación de una masa madre a la masa panaria permite obtener una serie de ventajas propias de su prolongada fermentación como aumentar la fuerza de la masa, mejora las características de la corteza, mejora el sabor del producto y mejora la conservación del producto. La masa madre al ser un fermento natural tiene la capacidad de proporcionar un tono más oscuro a la corteza debido a reacciones enzimáticas y químicas durante el proceso de fermentación, ya que produce ácidos orgánicos y otras sustancias. El proceso de fermentación con masa madre puede resultar en una corteza más oscura, crujiente y con un acabado de color marrón brillante, a causa de la reacción de Maillard, que sucede entre los azúcares y aminoácidos durante el proceso de cocción. Como resultado tenemos que el T1 tiene mayor luminosidad con el tipo de masa poolish, que contiene partes iguales de harina (100%) y agua (100%) y el T4 tiene menor luminosidad con el tipo de masa madre tipo biga italiana, este

contiene harina (100%) y agua (45%).

Con los resultados obtenidos el color de la corteza esta referida al color negro, según Domene y Segura (2014), L(luminosidad) toma valores desde 00 negro hasta 100 blanco.

4.2.1.2. Análisis de varianza para la Luminosidad de la miga

En la siguiente tabla se presenta los resultados de L* (miga) de los 9 tratamientos.

Tabla 15

Resultados de luminosidad de la miga de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre

Resultados de L* (miga)				
Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1	43.35	42.20	42.63	42.727
T2	39.11	39.36	39.13	39.200
T3	45.83	45.18	44.76	45.257
T4	46.66	47.65	46.32	46.877
T5	37.71	36.30	38.10	37.370
T6	45.61	45.23	44.51	45.117
T7	35.45	34.56	34.03	34.680
T8	39.88	38.38	39.63	39.297
T9	34.36	35.75	34.02	34.710

Nota: En la Tabla 15 se observa los resultados con sus respectivas repeticiones de los nueve tratamientos, con relación a la luminosidad (miga).

Tabla 16*Análisis de Varianza para la variable L* de la miga*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	273.61	136.81	2.49	0.111
B: mejorador de masa	2	34.76	17.38	0.32	0.733
AB	4	222.29	55.57	1.01	0.427
Error	18	988.57	54.92		
Total	26	1519.23			

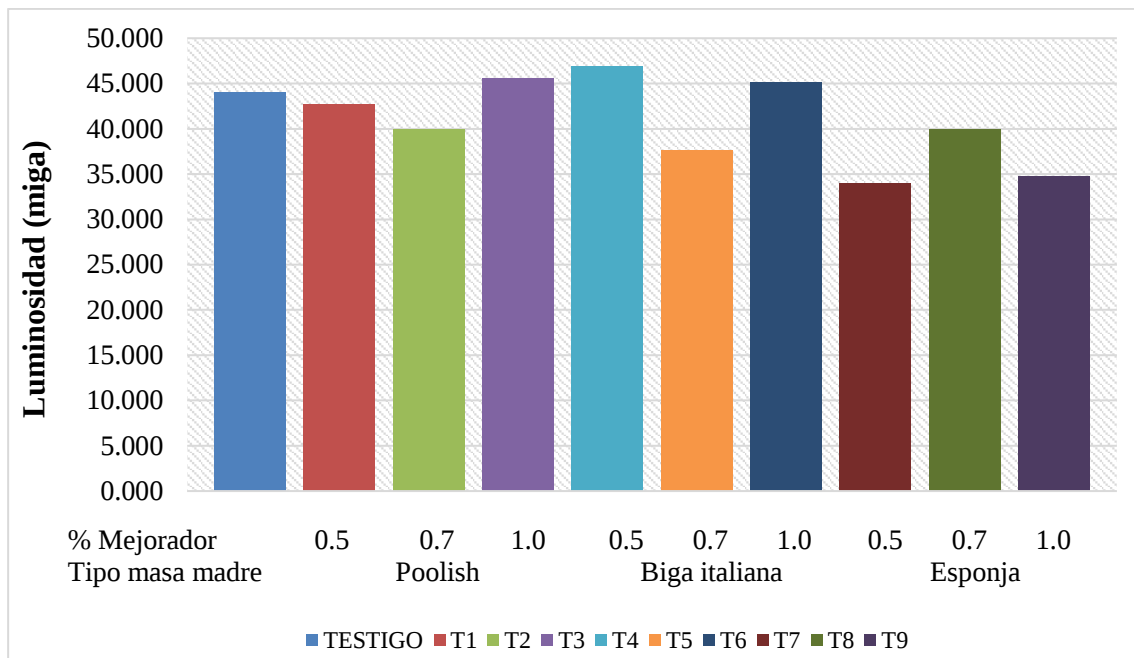
R cuadrado: 34.93 %

Los resultados de la Tabla 16 ANOVA para la variable L* de la miga del bizcocho muestra que los factores evaluados (tipos de masa madre y mejorador de masa), no afectan estadísticamente a la L* de la miga de las muestras puesto que $p > 0.05$, lo cual indica que estos factores no producen cambios en la variable evaluada de las muestras y no existen diferencias estadísticas para los tratamientos de ambos factores. Así mismo la interacción de los factores no influye ya que el valor de $p > 0.05$ es decir no producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables están asociadas o correlacionadas.

A continuación, se muestra la gráfica de barras los 9 tratamientos de los resultados de luminosidad en comparación con la muestra testigo, en relación a la miga del bizcocho.

Figura 9

Influencia de las variables sobre la luminosidad (miga) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo



Nota: En la Figura 9 se observa la Influencia de las variables sobre la luminosidad (miga) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo.

En la Figura 9, se observa que no hay mucha variación en la luminosidad (miga) de la muestra testigo con los 9 tratamientos. Avila (2017) indica que el color es un parámetro crítico en los alimentos que determinan su calidad, por lo tanto, determina la aceptabilidad del producto por los consumidores, en su investigación sobre evaluación del efecto de la masa madre elaborado a partir de harina de trigo (*Triticum aestivum*), harina de centeno (*Cecale cereale*) y harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el pan francés, reporta que para el agregado masa madre de trigo, L^* sus valores demuestran que el color de la miga es claro. Es por eso que los 9 tratamientos presentan una elevada L^* , igual a la muestra testigo.

Tejedo (2008), nos dice que una sobredosificación de mejorador puede alterar el comportamiento de las masas. Su acción oxidante favorece el blanqueamiento de la

masa durante el amasado y de la miga del pan después de la cocción.

Aguirre (2020), indica que la masa madre puede influir en el tono de la miga, generando una tonalidad más amarilla o incluso una tonalidad más oscura, en función del tiempo de fermentación y la clase de masa madre empleada.

Sánchez (2014) menciona que el propósito del análisis de color es determinar si existen o no cambios visualmente notables en las propiedades físicas para supervisar y regular el color de los productos, para garantizar la uniformidad visual de un alimento.

Según Domene y Segura (2014) la coordenada del índice de luminosidad (L^*) toma valores desde 00 negro hasta 100 blanco, es decir está referida al componente blanco-negro; por lo tanto, en este estudio el color de la miga del bizcocho del tratamiento T4(0.5% de mejorador de masa y tipo de masa madre biga italiana) es más blanco que los demás tratamientos, incluyendo a la muestra testigo.

4.2.2. Análisis de espacio de color a^*

4.2.2.1. Análisis de espacio de color a^* de la corteza

En la siguiente tabla se presenta los resultados de a^* (corteza), de los 9 tratamientos.

Tabla 17

Resultados de a (corteza) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre*

Resultados de a* (corteza)				
Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1	12.21	11.93	11.91	12.0167
T2	8.34	8.25	7.33	7.9733
T3	11.39	11.56	10.93	11.2933
T4	8.14	7.02	7.94	7.7000
T5	11.1	10.16	10.18	10.4800
T6	9.41	9.57	10.55	9.8433
T7	8.55	8.1	8.23	8.2933
T8	7.99	7.56	7.63	7.7267
T9	8.47	8.24	8.52	8.4100

Nota: En la Tabla 17 se observa los resultados con sus respectivas repeticiones de los nueve tratamientos, con relación a* habiendo una variación en ellos.

Tabla 18

Análisis de Varianza para la variable a de la corteza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	21.76	10.880	8.60	0.002
B: mejorador de masa	2	12.39	6.195	4.90	0.020
AB	4	48.41	12.101	9.57	0.000
Error	18	22.77	1.265		
Total	26	105.32			

R cuadrado: 78.38 %

Los resultados de la Tabla 18 ANOVA para la variable a* de la corteza del bizcocho

muestra una alta significación estadística para los factores tipos de masa madre y mejorador de masa, puesto que $p < 0.05$, lo cual indica que estos factores producen efectos en la variable evaluada de las muestras y existen diferencias estadísticas para los tratamientos de ambos factores. Así mismo la interacción de los factores influye ya que el valor de $p < 0.05$ es decir producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables están asociadas o correlacionadas.

Tabla 19

Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable a^ de la corteza, confianza de 95%*

Tipos de masa madre	N	Media	Agrupación
1	9	10.4167	A
2	9	9.0078	B
3	9	8.2500	B

La Tabla 19 muestra los resultados la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable a^* de la corteza del bizcocho formulado con diferentes tipos de masa madre para determinar cuál es la mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con el tipo de masa madre 1 de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con masa madre 2 y 3 de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos de masa madre 2 y 3 comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo el tratamiento con masa madre 1(poolish), que corresponde a un solo grupo (A) el que tiene mayor media 10.4167 respecto a la coordenada a^* de la corteza, y es estadísticamente superior y diferente a los otros tratamientos.

Tabla 20

Pruebas de HSD tukey para el factor mejorador de masa para la variable a de la corteza, confianza de 95%*

Mejorador de masa	N	Media	Agrupación	
1.0	9	9.84889	A	
0.5	9	9.54222	A	B
0.7	9	8.28333	B	

La Tabla 20, muestra los resultados la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable a* de la corteza de bizcocho formulado con proporciones de mejorador de masa para determinar cuál es el mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con 1 y 0.5 % de mejorador de masa de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con 0.5 y 0.7 % de mejorador de masa de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos con 0.5 % de mejorador de masa pertenece a ambos grupos (A y B), por tanto, se afirma que estos tratamientos no presentan diferencias con los tratamientos con 1 y 0.7 % son estadísticamente iguales. Siendo los tratamientos con 1 % de mejorador de masa superior estadísticamente con una media de 9.48889, y es estadísticamente diferente de los tratamientos con 0.7 % pero igual a los tratamientos con 0.5 % de mejorador de masa.

Tabla 21

*Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable a* de la corteza, confianza de 95%*

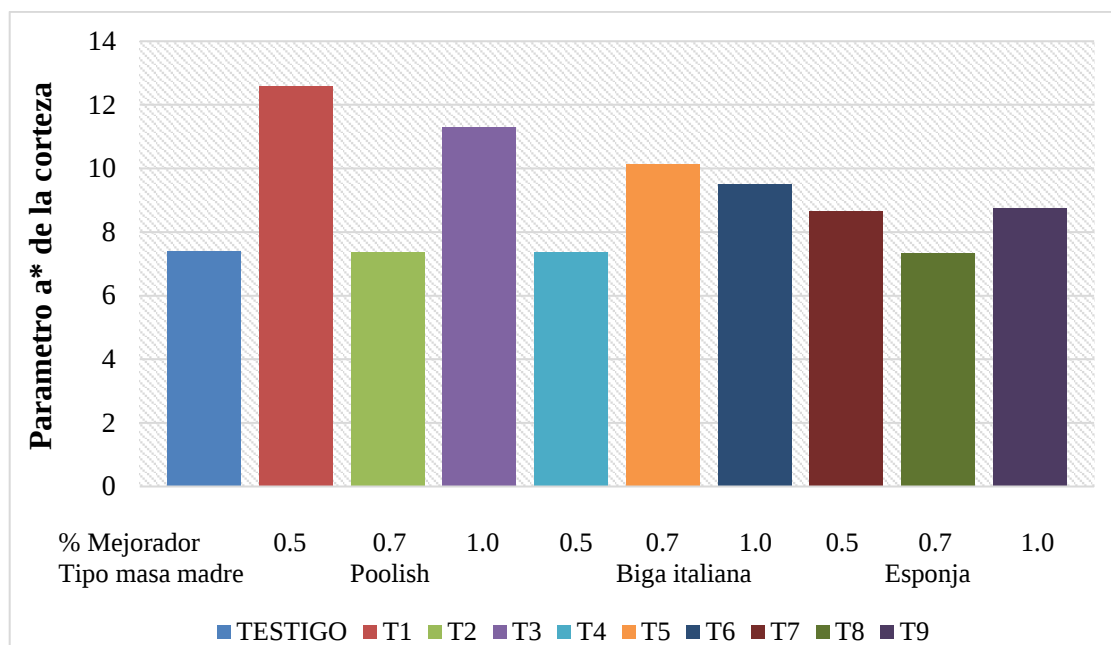
Tipos de masa madre*mejorador de masa	N	Media	Agrupación
1 * 0.5 %	3	12.0167	A
1 * 1.0 %	3	11.2933	A
2 * 0.7 %	3	10.4800	B
2 * 1.0 %	3	9.8433	B
3 * 1.0 %	3	8.4100	C
3 * 0.5 %	3	8.2933	C
1 * 0.7 %	3	7.9733	C
2 * 0.5 %	3	7.7267	C
3 * 0.7 %	3	7.7000	C

En la Tabla 21, se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable a* de la corteza, y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio, se observa que los tratamientos son agrupados en tres grupos A, B y C. Todos los tratamientos comparten grupo. Sin embargo, se observa que el tratamiento con 0.5 % de mejorador de masa en combinación con tipo de masa madre 1(poolish) es el mejor tratamiento con una media de a* 12.0167. Mientras que los demás tratamientos son estadísticamente iguales debido a que al menos comparten un grupo.

A continuación, se muestra la gráfica de barras los 9 tratamientos de los resultados de a* en comparación con la muestra testigo, en relación a la corteza del bizcocho.

Figura 10

Influencia de las variables sobre a^ (corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo*



Nota: En la Figura 10 se observa la influencia de las variables sobre a^* (corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo.

En la Figura 10, se observa el efecto de la variación del parámetro (a^*) en la corteza del bizcocho, el tratamiento T1, tiene mayor tendencia a color rojo, a comparación de la muestra testigo. Con el análisis estadístico podemos decir que T1 es la mejor combinación que los demás tratamientos.

Obregón et al. (2013) mencionan que el parámetro (a^*) indica el componente rojo-verde donde el componente rojo representa los valores positivos y el verde los valores negativos; en el proceso de cocción, los azúcares reducidos y los aminoácidos interactúan (reacción de Maillard), generando compuestos que aportan al característico tono marrón dorado del pan. Con su fermentación, la masa madre tiene la capacidad de incrementar la cantidad de azúcares disponibles para esta reacción, potenciando así el color. Por lo tanto, el color de la corteza del bizcocho está referida hacia el color rojo,

recalcando que el color puede variar depende del horneado.

4.2.2.2. Análisis de espacio de color a^* de la miga

En la siguiente tabla se presenta los resultados de a^* (miga), de los 9 tratamientos.

Tabla 22

Resultados de a^ (miga) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre*

Resultados de a^* (miga)				
Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1	-0.08	-0.09	-0.11	-0.0933
T2	-0.02	-0.02	-0.02	-0.0200
T3	-0.31	-0.30	-0.30	-0.3033
T4	-0.48	-0.49	-0.50	-0.4900
T5	-0.21	-0.19	-0.20	-0.2003
T6	-0.40	-0.41	-0.41	-0.4067
T7	0.06	0.05	0.06	0.0607
T8	-0.23	0.09	0.10	-0.0133
T9	-0.02	-0.02	-0.02	-0.0200

Nota: En la Tabla 22 se observa los resultados con sus respectivas repeticiones de los nueve tratamientos, con relación a^* (miga).

Tabla 23*Análisis de Varianza para la variable a* de la miga*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	0.6827	0.34134	3.33	0.059
B: mejorador de masa	2	0.1030	0.05151	0.50	0.613
AB	4	0.1654	0.04136	0.40	0.804
Error	18	1.8451	0.10251		
Total	26	2.7963			

R cuadrado: 34.01 %

Los resultados de la Tabla 23 ANOVA para la variable a* de la miga del bizcocho muestra que los factores evaluados (tipos de masa madre y mejorador de masa), no afectan estadísticamente a la coordenada cromática a* de la miga de las muestras puesto que $p > 0.05$, lo cual indica que estos factores no producen cambios en la variable evaluada de las muestras y no existen diferencias estadísticas para los tratamientos de ambos factores. Así mismo la interacción de los factores no influye ya que el valor de $p > 0.05$ es decir no producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables están asociadas o correlacionadas.

Obregón et al. (2013), menciona que el espacio de color a* indica las tonalidades de rojo a verde (+a indica rojo, -a indica verde). Por lo tanto, con los resultados negativos obtenidos el color de la miga del bizcocho está referida hacia el color verde.

4.2.3. Análisis de espacio de color b*

4.2.3.1. Análisis de espacio de color b* de la corteza

En la siguiente tabla se presenta los resultados de b^* (corteza), de los 9 tratamientos.

Tabla 24

Resultados de b^ (corteza) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre*

Tratamientos	Resultados de b^* (corteza)			
	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1	18.62	18.79	19.26	18.8900
T2	9.96	10.59	10.02	10.1900
T3	15.59	14.8	15.01	15.1333
T4	5.3	4.9	4.81	5.0033
T5	9.63	10.55	10.48	10.2200
T6	9.52	8.93	9.24	9.2300
T7	7.06	7.6	6.86	7.1733
T8	5.7	4.7	5.03	5.1433
T9	8.11	8.56	8.7336	8.4679

Nota: En la Tabla 24 se observa los resultados con sus respectivas repeticiones de los nueve tratamientos, con relación b^* (corteza) habiendo una variación en ellos.

Tabla 25

Análisis de Varianza para la variable b^ de la corteza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	392.91	196.46	18.16	0.000
B: mejorador de masa	2	37.62	18.81	1.74	0.204
AB	4	278.27	69.57	6.43	0.002
Error	18	194.73	10.82		
Total	26	903.52			

R cuadrado: 78.45 %

Los resultados de la Tabla 25 ANOVA para la variable b^* de la corteza del bizcocho muestra una alta significación estadística para el factor tipos de masa madre, puesto que $p < 0.05$, lo cual indica que este factor produce efectos en variable evaluada de las muestras y existen diferencias estadísticas para los tratamientos con diferentes tipos de masa madre. Mientras que esta variable no se ve afectada significativamente por el mejorador de masa ya que el valor de p es mayor a 0.05. Mientras que la interacción de los factores influye ya que el valor de $p < 0.05$ es decir producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables están asociadas o correlacionadas.

Tabla 26

Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable b^ de la corteza, confianza de 95%*

Tipos de masa madre	N	Media	Agrupación
1	9	14.9600	A
3	9	7.1500	B
2	9	6.6122	B

La Tabla 26 muestra los resultados la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable b^* de la corteza del bizcocho formulado con diferentes tipos de masa madre para determinar cuál es la mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con el tipo de masa madre 1 de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con masa madre 3 y 2 de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos de masa madre 2 y 3 comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo el tratamiento con masa madre 1 que corresponde a un solo grupo (A) el que tiene mayor media 14.96 respecto a la coordenada b^* de la corteza, y es estadísticamente superior y

diferente a los otros tratamientos.

Tabla 27

*Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable b* de la corteza, confianza de 95%*

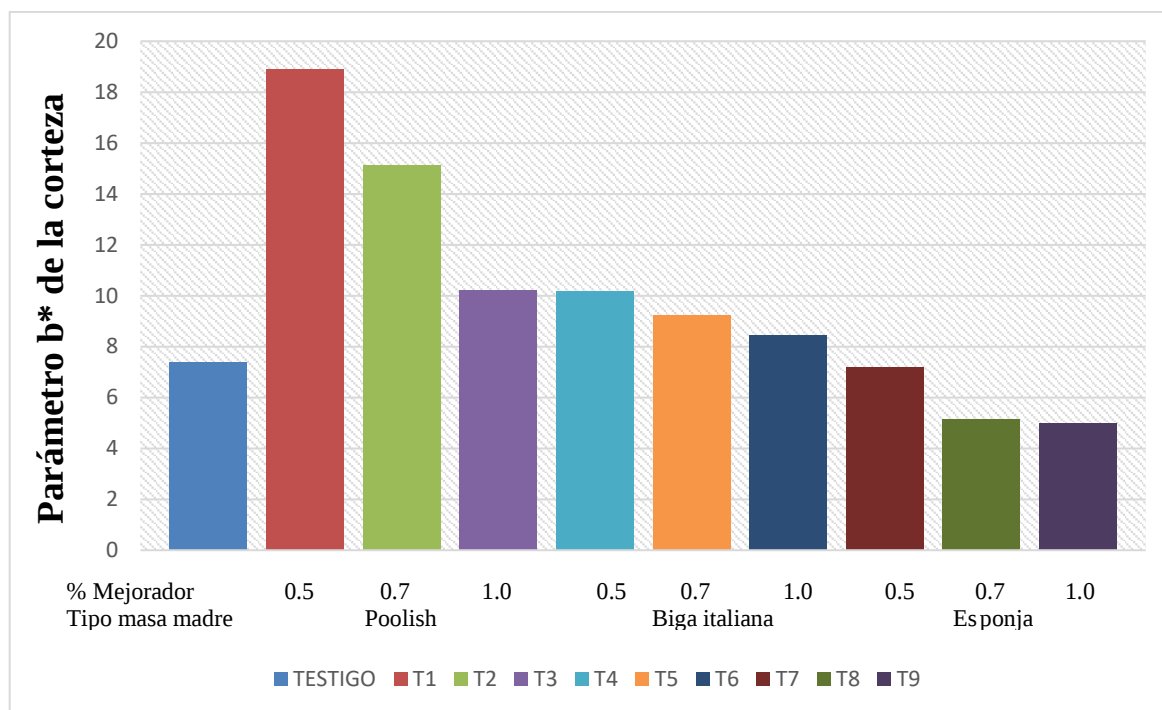
Tipos de masa madre*mejorador de masa	N	Media	Agrupación
1 * 0.5 %	3	18.8900	A
1 * 1.0 %	3	15.1333	A
2 * 0.7 %	3	10.2200	B
1 * 0.7 %	3	10.1900	B
2 * 1.0 %	3	9.2300	C
3 * 1.0 %	3	8.4679	C
3 * 0.5 %	3	7.1733	C
3 * 0.7 %	3	5.1433	C
2 * 0.5 %	3	5.0033	C

En la Tabla 27, se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable a* de la corteza, y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio, se observa que los tratamientos son agrupados en cuatro grupos A, B y C. Sin embargo, se observa que el tratamiento con 0.5 % de mejorador de masa en combinación con tipo de masa madre 1 es el mejor tratamiento con una media de b* 18.89. Mientras que los demás tratamientos son estadísticamente iguales debido a que al menos comparten un grupo.

A continuación, se muestra la gráfica de barras los 9 tratamientos de los resultados de b* en comparación con la muestra testigo, en relación a la corteza del bizcocho.

Figura 11

Influencia de las variables sobre b^ (corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo*



Nota: En la Figura 11 se observa la influencia de las variables sobre b^* (corteza) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo.

En la Figura 11, se observa el efecto de la variación del parámetro (b^*) en la corteza, donde podemos decir que el mejorador de masa no afecta significativamente en el bizcocho, a diferencia del tipo de masa madre polish, que si muestra una diferencia significativa. Domene y Segura (2014) nos indican que el parámetro (b^*) indica el componente amarillo-azul, donde el componente amarillo representa los valores positivos y el azul los valores negativos; por lo tanto, el color de la corteza del bizcocho de tratamiento T1 está referida hacia el color amarillo.

Según Gómez (2011), el color de la corteza se ve afectado por Maillard que es una reacción de pardeamiento no enzimático que implica al grupo amino de la proteína o aminoácido y al grupo carbonilo de un azúcar simple. Consecuentemente, la cantidad

de proteína y de almidón en la fórmula del pan afectarán el índice de oscurecimiento.

Medina (2016) nos indica que los cambios de color sobre la corteza del pan se han visto afectados por el proceso de horneado, siendo la superficie de la pieza poco homogénea en cuanto al tostado, por ello los cambios en los parámetros de color de la corteza no han revelado cambios concluyentes en este sentido.

El color, junto con la textura y el flavor, pueden determinar la elección o no del producto por parte del consumidor. La medición del color de la corteza es un parámetro de calidad útil para evaluar cambios de formulación y del proceso de elaboración en productos panificados (Shittu, 2007).

4.2.3.2. Análisis de espacio de color b^* de la miga

En la siguiente tabla se presenta los resultados de b^* (miga), de los 9 tratamientos.

Tabla 28

Resultados de b^ (miga) de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre*

Resultados de b^* (miga)				
Tratamientos	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1	13.37	12.99	12.27	12.8767
T2	9.85	9.44	9.59	9.6267
T3	11.22	10.63	11.51	11.1200
T4	10.66	12.22	12.47	11.7833
T5	9.72	9.08	9.04	9.2800
T6	10.92	11.13	11.84	11.2967
T7	8.62	8.05	7.76	8.1433
T8	10.98	9.31	9.96	10.0833
T9	7.64	7.39	7.05	7.3600

Nota: En la Tabla 28 se observa los resultados con sus respectivas repeticiones de los nueve tratamientos, con relación b^* (miga).

Tabla 29*Análisis de Varianza para la variable b* de la miga*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	38.653	19.326	5.09	0.018
B: mejorador de masa	2	7.159	3.579	0.94	0.408
AB	4	30.528	7.632	2.01	0.136
Error	18	68.395	3.800		
Total	26	144.734			

R cuadrado: 53.74 %

Los resultados de la Tabla 29 ANOVA para la variable b* de la miga del bizcocho muestra una alta significación estadística para el factor tipos de masa madre, puesto que $p < 0.05$, lo cual indica que este factor produce efectos en b* de la miga de las muestras y existen diferencias estadísticas para los tratamientos con diferentes tipos de masa madre. Mientras que esta variable no se ve afectada significativamente por el mejorador de masa ya que el valor de p es mayor a 0.05. Por otro lado, se observa que la interacción de los factores no influye ya que el valor de $p > 0.05$ es decir no producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas.

Tabla 30*Pruebas de HSD tukey para el factor tipos de masa madre para la variable b* de la miga, confianza de 95%*

Tipos de masa madre	N	Media	Agrupación
1	9	11.0967	A
2	9	10.7867	A
3	9	8.4178	B

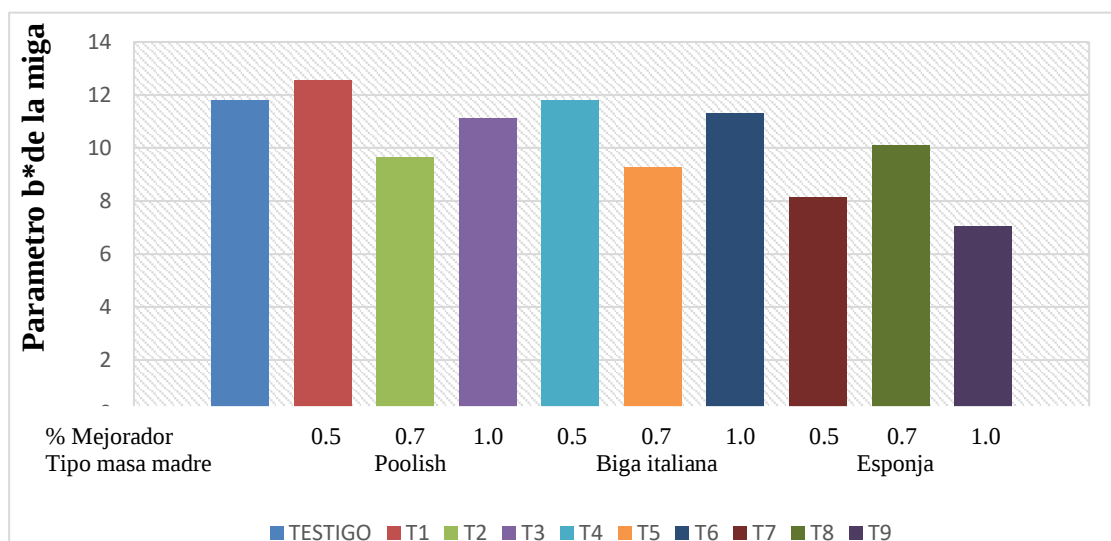
La Tabla 30 muestra los resultados la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable b* de la miga del

bizcocho formulado con diferentes tipos de masa madre para determinar cuál es la mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con el tipo de masa madre 1 y 2 de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con masa madre 3 de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos de masa madre 1 y 2 comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo el tratamiento con masa madre 1 el que tiene mayor media 11.0967 respecto a la coordenada b^* de la miga del bizcocho, y es estadísticamente superior a demás tratamientos. Por otro lado, se observa que los tratamientos con masa madre tipo 3 es estadísticamente diferente a los demás tratamientos ya que no comparte grupo.

A continuación, se muestra la gráfica de barras los 9 tratamientos de los resultados de b^* en comparación con la muestra testigo, en relación a la miga del bizcocho.

Figura 12

Influencia de las variables sobre b^ (miga) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo*



Nota: En la Figura 12 se muestra la Influencia de las variables sobre b^* (miga) de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo.

En la Figura 12, se muestra el efecto de la variación del parámetro (b^*) en la miga del bizcocho, donde se observa que T1, referida al color amarillo y el T9 al color azul.

Entonces concluimos que solo la variable tipo de masa madre tiene influencia sobre b^* .

Según Gómez (2011), el color de la miga no sufre el efecto de reacciones de Maillard.

En general el color de la miga está relacionado con el color de las harinas.

Con los resultados obtenidos el color de la miga esta referido al color amarillo, el T1 es el tratamiento que se muestra más amarillo que los demás tratamientos incluso en comparación con la muestra testigo.

Tejero (2008), indica que los mejoradores de masa y la masa madre, tienen la capacidad de alterar el color de un pan mediante sus impactos en la estructura del gluten, la fermentación y las reacciones químicas que suceden durante el proceso de producción. La mezcla de estos elementos puede derivar en productos de variados tonos y colores, desde panes más claros y dorados hasta panes más oscuros y con una mayor intensidad de color en la corteza y miga.

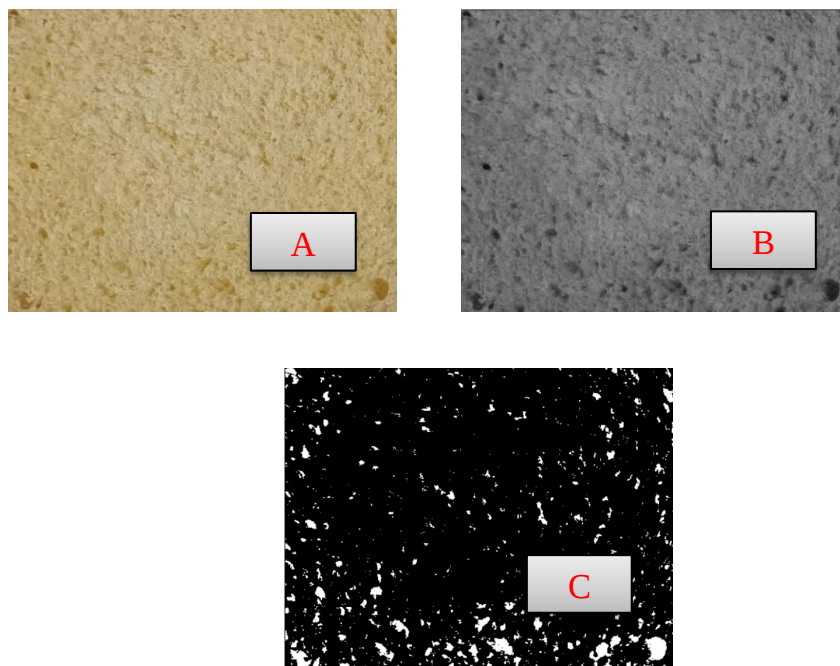
El color de la corteza de los bizcochos de los 9 tratamientos si mostró diferencias significativas en relación a L^* , a^* y b^* . En cambio, los colores de la miga del bizcocho no mostraron diferencias significativas en relación L^* , a^* y b^* en los tratamientos; según Capitani (2013) esto debido a que la corteza de los bizcochos en el horneado obtuvo coloración por la reacción de maillard y caramelización (pigmentos oscuros).

4.3. Resultados de la porosidad

El procedimiento define un área de muestreo de un determinado tamaño, donde las imágenes son procesadas con el software ImageJ, el cual convertida bidimensionalmente de una escala de grises luego a una escala blanco y negro. Teniendo como resultado la cantidad de poros que presenta el bizcocho.

Figura 13

Análisis de imagen digital 2D con software ImageJ. Esquema del proceso. (A) imagen original, (B) imagen a escala de grises, (C) imagen binaria.



Nota: En la Figura 13 se observa el Análisis de imagen digital 2D con software ImageJ.

En la tabla 31 se muestran los resultados de la porosidad de la muestra testigo.

Tabla 31

Resultados de la porosidad de la muestra testigo

Porosidad	
Muestra testigo	Numero de poros
	354

Nota: En la siguiente Tabla 32 se presentan los resultados obtenidos de la porosidad de los 9 tratamientos.

Tabla 32

Resultados de la densidad aparente de los bizcochos elaborados con diferente concentración de mejorador y tipos de masa madre

Resultados de la porosidad				
Tratamientos	Repeticiones			Números de poros
	1	2	3	
T1	293	293	293	293
T2	544	544	544	544
T3	385	385	385	385
T4	398	398	398	398
T5	411	411	411	411
T6	554	554	554	554
T7	236	236	236	236
T8	483	483	483	483
T9	562	562	562	562

Nota: En la Tabla 32 se observa los resultados con sus respectivas repeticiones de los nueve tratamientos, con relación a la porosidad, habiendo una variación en ellos.

4.3.1. Análisis de varianza para la porosidad

Tabla 33

Análisis de Varianza para la variable número de poros

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Tipos de masa madre	2	8839	4420	0.89	0.427
B: mejorador de masa	2	200901	100450	20.26	0.000
AB	4	121892	30473	6.15	0.003
Error	18	89237	4958		
Total	26	420869			

R cuadrado: 78.80 %

Los resultados de la Tabla 33 ANOVA para la variable número de poros del bizcocho muestra una alta significación estadística para mejorador de masa, puesto que $p < 0.05$, lo cual indica que este factor produce efectos en el número de poros de las muestras y existen diferencias estadísticas para los tratamientos. Mientras que el factor tipos de masa madre no afecta significativamente al número de poros del bizcocho ($p > 0.05$). Pero si la interacción de los factores influye ya que el valor de $p < 0.05$ es decir producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables están asociadas o correlacionadas.

Tabla 34

Pruebas de HSD tukey para el factor mejorador de masa para la variable número de poros, confianza de 95%

Mejorador de masa	N	Media	Agrupación
1.0	9	500.444	A
0.7	9	481.889	A
0.5	9	308.889	B

La Tabla 34, muestra los resultados la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable número de poros de del bizcocho formulado con diferentes porcentajes de mejorador de masa para determinar cuál es el mejor, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A está conformado por los tratamientos con 1 y 0.7 % de mejorador de masa de las tres repeticiones y el grupo B está conformado por los tratamientos con 0.5 % de mejorador de masa de las tres repeticiones. Como se observa los tratamientos que comparten el grupo A son iguales estadísticamente es decir no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo el tratamiento con 1 % de mejorador de masa el que tiene mayor media 500.444 poros en las muestras, y es estadísticamente superior a los demás tratamientos. Por otro lado, se observa que los tratamientos con 0.5 % de mejorador de

masa es estadísticamente diferente a los demás tratamientos ya que no comparte grupo, y tiene a menor cantidad de poros (308.889).

Tabla 35

*Pruebas de HSD tukey para la interacción (tipos de masa madre * mejorador de masa), para la variable número de poros, confianza de 95%*

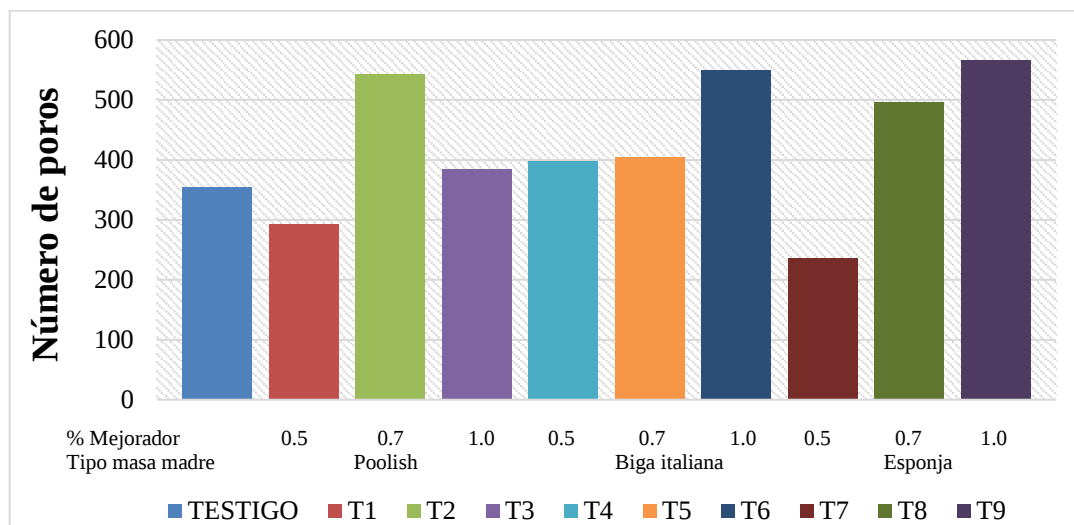
Tipos de masa madre*mejorador de masa	N	Media	Agrupación
3 * 1.0 %	3	562	A
2 * 1.0 %	3	554	A
1 * 0.7 %	3	544	A
3 * 0.7 %	3	483	A
2 * 0.7 %	3	411	A
2 * 0.5 %	3	398	A
1 * 1.0 %	3	385	A
1 * 0.5 %	3	293	B
3 * 0.5 %	3	236	B

En la Tabla 35 se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de poros presentes en las muestras, y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio, se observa que los tratamientos son agrupados en dos grupos A y B. Todos los tratamientos comparten grupo. Sin embargo, se observa que el tratamiento con 1 % de mejorador de masa en combinación con tipo de masa madre 3 es el mejor tratamiento con una media de 562 poros. También se afirma que los demás tratamientos son estadísticamente iguales debido a que al menos comparten un grupo.

A continuación, se muestra la gráfica de barras los 9 tratamientos de los resultados de números de poros en comparación con la muestra testigo.

Figura 14

Influencia de las variables sobre el número de poros de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo



Nota: En la Figura 14 se observa la influencia de las variables sobre el número de poros de los 9 tratamientos de un bizcocho con la muestra testigo.

En la Figura 14, podemos observar que el tratamiento T9, con 1.0% de mejorador de masa y tipo de masa madre esponja, tiene mayor cantidad de poros, el T7 menor cantidad de poros, y la muestra testigo está en intermedio de los demás tratamientos.

Ramírez (2010), indica que la porosidad es un valor determinante en la estructura de panes, debido a la presencia de numerosos pequeños alveolos y un reducido número de grandes alveolos. Los valores de porosidad varían entre (70% y 90%) donde señala que el pan blanco tradicional tiene una mayor porosidad y posee varios alveolos grandes en su miga.

Cauvain y Cister (1996), indican que un incremento en el volumen y en el número de alveolos señalan una mejor calidad en el pan, debido a su suavidad, blandura y manejo. Además, señala la importancia de supervisar los parámetros durante el proceso de producción, dado que un control incorrecto puede causar una estructura compacta en los panes.

Tejero (2008), menciona que los huecos característicos de la miga de pan se denominan alveolos, y su tamaño y distribución son propios de cada tipo de producto, cuanto más se prolongue la pre fermentación de la masa, mayor cantidad de gas tendrá antes de la división y formado, lo que contribuye a un alveolado irregular y abierto. El tamaño del alveolo, depende de la presión interna generada por la acumulación de gas, de la capacidad de dilatación de la masa, y de la capacidad de retención de la misma.

Gómez (2021), indica que los mejoradores de masa son aditivos añadidos a la harina con el fin de potenciar sus características funcionales. Es posible que influyan en la red de gluten, alterando su habilidad para retener gas y, consecuentemente aumente la porosidad del producto terminado. Algunos mejoradores pueden impulsar la creación de celdas de gas más grandes durante la fermentación, lo que conduce a un producto de mayor volumen y con una estructura más abierta, mientras que otros pueden restringir la formación de gas, lo que conduce a una porosidad reducida.

Aguirre (2020), menciona que la masa madre consiste en una combinación de harina y agua que se fermenta naturalmente por medio de levaduras y bacterias lácticas. Esta fermentación genera dióxido de carbono, que se mantiene en la masa, generando pequeñas celdas gaseosas que favorecen la porosidad. Hay diversos tipos de masa madre, cada una con su microbiota específica, lo que puede influir en la textura y porosidad del producto final. La relación entre la harina y el agua, junto con las condiciones de fermentación, afectan la actividad de los microorganismos y, en consecuencia, el resultado final. Los dos elementos son esenciales en la producción de bizcocho y pueden ser modificados para conseguir distintas clases de estructuras y texturas. En consecuencia, se concluye que el T9 es el tratamiento con más poros en comparación con la muestra comercial, y además incluye un 1% de mejorador de masa y una masa madre de tipo esponja.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La concentración de mejorador (0.5%, 0.7 y 1.0%) afectó significativamente en las características fisicoquímicas de un bizcocho, en relación a la densidad aparente el T8 con 0.7% concentración de mejorador de masa, fue el de menor densidad con un media de 0.167667 g/, para la colorimetría el T1 con 0.5 % de mejorador de masa, teniendo en cuenta que solo afectó el color en la corteza, ya que en el color de la miga no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$), L(luminosidad de corteza) obtuvo una media de 33.0667, L(luminosidad de miga) una media de 46.877, a^* (corteza) con una media de 12.0167, para a^* (miga) no afectan estadísticamente a la miga; los resultados de la media para b^* (corteza) fueron 18.89 y para b^* (miga) 12.87. Para la porosidad T9 con el 1% de concentración de mejorador de masa obtuvo mayor cantidad de poros (562). El uso de mejorador de masa en la industria panificadora, en el rango permitido tiene varias ventajas, entre ellas esta mejorar las características fisicoquímicas de la masa, obteniendo un producto de buena calidad.
- Se evaluó los 3 tipos de masa madre en la elaboración de un bizcocho, mediante sus características fisicoquímicas, encontrando que para la densidad aparente si hubo diferencias significativas, siendo la masa madre tipo esponja el que tiene menor densidad aparente con relación a los demás tratamientos, para la porosidad la masa madre tipo esponja, aporta una alta cantidad de poros, lo cual es beneficioso para el producto. Y en el color instrumental la masa madre tipo poolish, donde solo hubo diferencias significativas en el color de la corteza y no en color de la miga. Obteniendo así resultados favorables en comparación de la muestra testigo. El tipo de masa madre biga italiana no obtuvo diferencias significativas en la evaluación de las características fisicoquímicas.

5.2. Recomendaciones

- Realizar una evaluación de textura del bizcocho con diferentes concentraciones de mejorador y tipo de masa madre, para poder compararlo con una muestra comercial y saber si el producto tendría aceptabilidad en el mercado local y nacional.
- Se recomienda realizar una evaluación sensorial de los 9 tratamientos del bizcocho con diferentes concentraciones de mejorador y tipo de masa madre. Utilizando otros tipos de masa madre, y saber si tienen mejor resultados en densidad aparente, colorimetría y porosidad.
- Evaluar el tiempo de vida útil del bizcocho con diferentes concentraciones de mejorador y tipo de masa madre, para su aplicación en la industria panificadora.

V BIBLIOGRAFIA

- Ammar, I. Gharsallah, H. Ben, A. Attia, H. Ayadi, M. A. Hadrich, B. y Felfoul, I. (2020). Optimización del bizcocho sin gluten, pastel fortificado con concentrado de proteína de suero usando diseño de mezcla metodología. Química de los alimentos. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154324002606>
- Arias, T. F. (2015) *Evaluación del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum spp) por harina de banano Cavendish (Musa acuminata) grado de madurez 3 sobre las características de masa y pan* [Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional – Escuela Politécnica Nacional.
- Arora, K. Ameer, H. Polo, A. Di Cagno, R. Rizzello, C. G. y Gobbetti, M. (2021). Treinta años de conocimiento sobre la fermentación de masa madre: una revisión sistemática. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos* 108, 71-83.
- Artes, L. (2016). Masa madre: tipos y preparación. <https://soplosviajeros.com/masa-madre-tipos-preparacion-recetas/>
- Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos (4° ed.). México: Pearson Addison Wesley. <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/libro-badui200626571.pdf>
- Bernabé Marqués, C. J., Llin Albiñana, M. L., Pérez Lacueva, C. (2007). La masa madre: el secreto del pan (1), 51-62. <https://www.indespan.com/wp-content/uploads/2019/09/art.-tecnicos-1.pdf>
- Bot, B. (2008). Estudio del efecto de acciones químicas y biológicas sobre la masa panaria. *Instituto de Tecnología de alimentos*, 8-80.
- Broeken, J., Mateos, J., y Pascau, J. (2015). Procesamiento de imágenes con ImageJ, Bombay: Packt Publishing.
- Bujdud, J. (2015). El color y sus aplicaciones. Aguascalientes, México: Centro de Investigaciones en Óptica, Unidad Aguascalientes.

- Cabezas, A. (2010). Elaboración y Evaluación nutricional de galletas con quinua y guayaba deshidratada. Riobamba - Ecuador.
- Calaveras, J. (2004). Nuevo tratado de panificación y bollería. Edit. Mundi Prensa. 2da Edición. Madrid. España. 617 págs.
- Canesin, M. R., y Cazarin, C. B. (2021). Calidad nutricional y bioaccesibilidad de nutrientes en pan de masa madre. Opinión actual en ciencia de los alimentos. Doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.007
- Casas, A. [Repostería y panadería]. (02 de julio de 2022). El mejor bizcocho (chancay) [archivo de video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=2vKH8a_YpBU&t=136s
- Cerda Sanhueza, P. (2012) Mejoradores de panificación. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Codony, R. (2002). Composición y valor nutritivo del huevo, en: Lecciones sobre el huevo. Editorial Instituto de Estudios del Huevo. Madrid, España
- Cordova Urcos, B. S. y Santiago Quino, C. A. (2018) *Obtención de bizcochos con diferentes porcentajes de harina de arracacha (Arracacia Xanthorrhiza)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/3948/TAI%2000119C79.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cubero N. (2002). Aditivos Alimentarias. Edición ilustrada.
- Dendy y Dobraszczyk, (2004). “Cereales y productos derivados”. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza-España.
- Delgado Altamirano, A. (2019) *Optimización del tiempo y temperatura de maduración de la masa madre en la elaboración de empanadas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas].

<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1805/Delgado%20Altamirano%20Alex.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Edwards, W.P. (2007). La ciencia de los productos de panadería. Reino Unido: RSC Publishing.

Escamilla, M. (2006). *Evaluación instrumental de color en alimentos mexicanos tradicionales y de alto consumo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. https://repositorio.unam.mx/contenidos?c=ym6aWk&d=false&q=:*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

Froning, G. N. (2008). Industria de los productos del huevo y perspectivas futuras. (Ed.), Biociencia y biotecnología del huevo. Estados Unidos (pp. 307-325).

Garriga, R., y Koppman, M. (2019). Masa madre, pan con sabor a pan.

Ghotra, B. S., Dyal, S. D., & Narine, S. S. (2002). Acortamientos lipídicos: una revisión. Elsevier.

Gomez, I. (2021). Microbiota de las masas madre. España.

Grau Bazán, A. E. (2014) *Uso industrial de aditivos alimentarios en la elaboración de productos de panificación y pastelería* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/361/T%20Q05%20G774%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hicsasmaz, Z. y Gueven, A. (2013). Estructura de poros en los alimentos. Estados Unidos: Springer.

Ibérico, K. (2003). Formulación y marketing de productos de panificación con harina de algarroba. Piura.

Instituto Nacional de Calidad. (2018). NTP 206.002: Panadería, pastelería y galletería. Bizcochos. Requisitos (2° ed.). Lima, Perú: Dirección de Normalización-INACAL.

Jaros D., Rohm H. y Strobl M., (2000). Propiedades de apariencia: ¿una contribución

- significativa a la calidad sensorial de los alimentos?, Wiss. Universidad Tecnológica, 33(4), 320-325.
- Joshi, P., & Brimelow, C. J. B. (2002). Medición del color de los alimentos por color, reflectancia. En *Color en los alimentos* (pp. 80-114). Woodhead Publishing.
- Kostyla A. S. y Clydesdale F. M., (1978). Las relaciones psicofísicas entre el color y el sabor, revisiones críticas del CRC en ciencia de los alimentos y nutrición, 10 (3), 321.
- Lau, S. W., Chong, A. Q., Chin, N. L., Talib, R. A., y Basha, R. K. (2021). Comparación y beneficios del microbioma de masa madre. Instituto Multidisciplinario de Edición. Doi.org/10.3390/microorganisms9071355
- Lawless H., T. y Heymann H., (1998). Evaluación sensorial de principios y prácticas alimentarias, Kluwer Academic/Plenum Publishers. USA, (pp. 406-450).
- León Faicán N. S. (2022) *Elaboración de productos de bollería con masas madre y pre fermentos naturales elaborados a partir de infusiones y extractos de plantas aromáticas andinas* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37698/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%20Nicholas%20Sebasti%C3%A1n%20Le%C3%B3n%20Faic%C3%A1n.pdf>
- López, G. (2003). Manual de industrias lácteas. Ed. EDAF, Madrid- España Zaragoza.
- Lynch, E.J., Dal Bello, F., Sheehan, E.M., Cashman, K.D., y Arendt, E.K. (2009). Estudios fundamentales sobre la reducción de sal en las características de la masa y del pan. *Alimentos Res. Int.* 42(7): 885–89.
- Marqués, A. (2010). Estudio de la reproducción del color en rotuladores profesionales usados en diseño gráfico. Tesis de Pregrado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Universidad Pública de Navarra, España
- McCaig, T.N. (2001) Ampliar el uso de espectrofotómetros de reflectancia visible/infrarrojo

- cercano para medir el color de alimentos y productos agrícolas. *Investigación alimentaria internacional*, 35, 731–736.
- Meléndez Martínez, A. J., Vicario, I. M., y Heredia, F. J. (2005). Medición instrumental del color del jugo de naranja: una revisión. *Revista de Ciencias de la Alimentación y la Agricultura*, 85(6), 894-901.
- Montalvo Agurto, M. K. y Hernani Cabrera, J. A. (2019) *Influencia de mejorador de masa en el rendimiento y características organolépticas del pan de tarata* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1314/Montalvo%20Agurto%20Magaly%20%20Hernani%20Cabrera%20Jeffer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montesdeoca Guaycha, S.M. (2011) *Densidad aparente, sus problemas y sus posibles soluciones* [Tesis de grado, Universidad del del Azuay].
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/428/1/08622.pdf>
- Obregón, A., Contreras, E., Muñoz, A., Ayquipa, R., & Fernández, W. (2013). Evaluación sensorial y fisicoquímica de panes con sustituto parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harinas de maíz (*Zea Mays*) y papa (*Solanum tuberosum*). *Ciencia e Investigación - Facultad de Farmacia y Bioquímica-UNMSM*, 2(16), 74-76
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2012). *FAO Databases Density Database Version 2.0*. Roma, Italia. 24 pp.
<https://www.fao.org/4/ap815e/ap815e.pdf>
- O'Sullivan M. G., Byrne D.V. y Martens M., (2003). Evaluación del color de la carne de cerdo: Evaluación sensorial del color mediante panelistas sensoriales capacitados y no capacitados. *Carne. Ciencia*, 63, 119-129.
- Ohta, N., & Robertson, A. (2006). *Colorimetría: fundamentos y aplicaciones*.
- Orrego, C. E. (2003). *Procesamiento De Alimentos*. Universidad Nacional de Colombia

Sede Manizales.

- Pulloquina L., M. (2011). *Estudio del efecto de glucoxidasas y alfa-amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (Solanum tuberosum) nacional* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional – Universidad Técnica de Ambato.
- Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Edit. Acribia. Zaragoza. España. 350 págs.
- Quineche Adrian, U. S. (2023) *Características tecnológicas y sensoriales en bizcochos con adición de harina de tocosh (Solárium tuberosum) y tarwi (Lupinus mutabilis)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4323/52792.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rández, F. (2023). Masas madre, una estrategia para mejorar los atributos sensoriales de panes artesanos. Obtenido de <https://www.iata.csic.es/es/noticias/masas-madre-unaestrategia-para-mejorar-los-atributos-sensoriales-de-panesartesanos#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20masa%20madre,y%20aporta%20acidez%20y%20aromas>.
- Reyes Rentería, M. B. (2009) *Determinación de los cambios organolépticos y la disminución de aditivos empleando masa madre en la formulación de pan artesanal campestre* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11707/6/T-39470.pdf>
- Ribet, L., Dessalles, R., Lesens, C., Brusselaers, N., y Durand-Dubief, M. (2023). Beneficios nutricionales de las masas madre: una revisión sistemática. Avances en Nutrición, 14(1), 22–29. Doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.003
- Rodríguez, J. (2010). Propiedades físicas, densidad y porosidad. Departamento de geología.

Universidad de Oviedo, Asturias (España). Pág. 4.

- Salazar, C. (2011). *Evaluación de la calidad de mejoradores comerciales en panificación* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/435/T.664.S18e.pdf;jseccionid=7C66EEFBB8EDFED451EEC93824CFE046?sequence=1>
- Santos Torres, J. (2019) *Efecto de la temperatura de maduración de la masa madre y de cocción en la elaboración de panetón, realizado en la planta piloto agroindustrial de la Untrm - A* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de azAmazonas]. https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1017/FIA_182.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Schanda, J. (Ed.). (2007). Colorimetría: entendiendo el sistema CIE. John Wiley & Sons.
- Soto, P. (2000). Panadería – Pastelería. Editora y distribuidora palomino E.I.R.L. Primera Edición, 13-14.
- Suárez Pilicita, D. E. (2024) *Efecto del tiempo de fermentación de la masa madre sobre las características organolépticas del pan tipo tapado* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/40809/1/CAL%20111.pdf>
- Talens Oliag, P. (2020). Determinación experimental de densidad y porosidad en alimentos sólidos y líquidos. Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Tejero, F. (2008). Panadería y bollería. Mecanización y calidad. Montagud Editores SA. <https://www.franciscotejero.com/tecnicas/los-mejorantes-en-panificacion/>
- VARGAS, E. (2016). Caracterización fisicoquímica del pan de molde blanco con sustitución parcial de harina de pajuro (*Erythrina edulis*). [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/438/EmiqdioTesis>

bachiller 2 016.pdf?sequence=1&isAllowed=

Vásquez, J., Ramírez, M., y Monsalve, Z. (2016). Actualización en caracterización molecular de levaduras de interés industrial. 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.61530

Velasquez, & Vasquez. (2017). elaboracion de pan por el metodo directo. investigacion y desarrollo en ciencia y tecnologia de alimentos, 2-6.

Yancán Huayna, P. S. (2023) *Mejora en la textura del bizcocho de un producto de panadería fina* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina].
<http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/5955/yancan-huayna-paola-stefany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zapotecas Mendoza, I. y Sánchez Chantes, J. P. (2016). Propiedades físicas y químicas de NaCl.

Zegarra Alarcón, J.C. (2021). Almidones, azúcares y endulzantes en la panificación.

Zhou W. & Hui Y. H. (2014). Ciencia y tecnología de productos de panadería (2° ed).
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=795082>

VII. ANEXOS

ANEXO 1

Datos experimentales para evaluación fisicoquímica de la densidad y porosidad de los tratamientos y testigo

TRATAMIENTOS	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	POROSIDAD (números de poros)
TESTIGO	0.173913	354
T1 (A1*B1)	0.200334	292.667
T2 (A1*B2)	0.214425	543.667
T3 (A1*B3)	0.196825	385.000
T4 (A2*B1)	0.184704	398.000
T5 (A2*B2)	0.176548	405.000
T6 (A2*B3)	0.196825	550.667
T7 (A3*B1)	0.187590	236.000
T8 (A3*B2)	0.169082	497.000
T9 (A3*B3)	0.203509	565.667

Nota: (elaboración propia).

Donde:

A1: tipo de masa madre poolish

A2: tipo de masa madre biga italiana

A3: tipo de masa madre esponja

B1: 0.5% de mejorador de masa

B2: 0.7% de mejorador de masa

B3: 1.0% de mejorador de masa

ANEXO 2

Datos experimentales para evaluación fisicoquímica del color instrumental de los tratamientos y testigo

TRATAMIENTOS	COLOR INSTRUMENTAL	
	CORTEZA	MIGA
TESTIGO	L* = 21.42 a* = 10.32 b* = 7.39	L* = 44.01 a* = -0.36 b* = 11.79
T1 (A1*B1)	L* = 33.0667 a* = 12.5867 b* = 18.8900	L* = 42.727 a* = -0.0967 b* = 12.5433
T2 (A1*B2)	L* = 23.5367 a* = 7.3700 b* = 10.1900	L* = 39.867 a* = -0.0200 b* = 9.6267
T3 (A1*B3)	L* = 30.2933 a* = 11.2933 b* = 15.8000	L* = 45.590 a* = -0.3033 b* = 11.1200
T4 (A2*B1)	L* = 11.4933 a* = 7.3667 b* = 0.1533	L* = 46.877 a* = -0.4933 b* = 11.7833
T5 (A2*B2)	L* = 24.5500 a* = 10.1467 b* = 10.2200	L* = 37.637 a* = -0.2033 b* = 9.2800
T6 (A2*B3)	L* = 21.7167 a* = 9.5100 b* = 9.4633	L* = 45.117 a* = -0.4000 b* = 11.2967
T7 (A3*B1)	L* = 19.2867 a* = 8.6733 b* = 7.1733	L* = 34.013 a* = 0.0600 b* = 8.1433
T8 (A3*B2)	L* = 18.1300 a* = 7.3333 b* = 5.8100	L* = 39.963 a* = -0.0133 b* = 10.0833
T9 (A3*B3)	L* = 22.6700 a* = 8.7433 b* = 8.4679	L* = 34.710 a* = 0.0200 b* = 7.0267

Nota: (elaboración propia).

Donde:

- A1: tipo de masa madre poolish
- A2: tipo de masa madre biga italiana
- A3: tipo de masa madre esponja
- B1: 0.5% de mejorador de masa
- B2: 0.7% de mejorador de masa
- B3: 1.0% de mejorador de masa

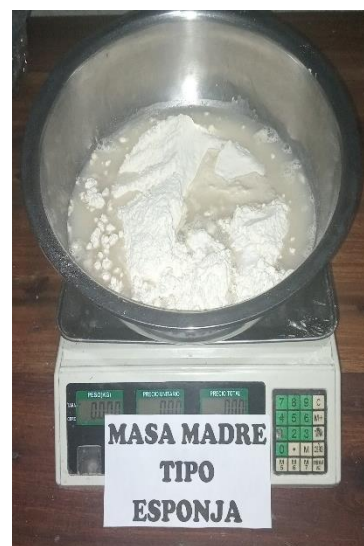
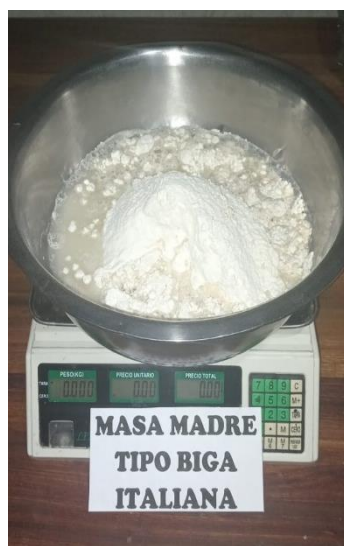
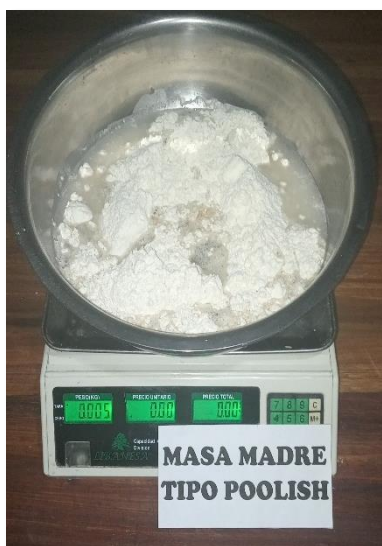
ANEXO 3

Elaboración de masa madre y tratamientos del bizcocho

- a. Materia prima e insumos para los tipos de masa madre (poolish, biga italiana y esponja)



- b. Proceso de elaboración de los tipos de masa madre



Pesado de materia prima e insumos de los tipos de masa madre



**MASA MADRE
TIPO POOLISH**



**MASA MADRE
TIPO
ESPONJA**



**MASA MADRE
TIPO BIGA
ITALIANA**

Mezclado de materia prima e insumos de los tipos de masa madre



Inicio de reposo de los tipos de masa madre



**MASA MADRE
TIPO
ESPONJA**

**12 HORAS
DESPUES**

**MASA MADRE
TIPO POOLISH**



**15 HORAS
DESPUES**

**MASA MADRE
TIPO BIGA
ITALIANA**

Masa madre después del tiempo de reposo

c. Materia prima e insumos del bizcocho



d. Proceso de elaboración del bizcocho



Pesado de materia prima e insumos líquidos y sólidos



Amasado I



Adición de tipos de masa madre



Amasado II



Pesado de la masa



Corte o división



Boleado



Fermentación I



Moldeado



Fermentación II



Horneado



Horneado



Envasado y almacenado

ANEXO 4

Toma de datos



a. Toma de datos de densidad aparente



Pesado del bizcocho



Incorporación del bizcocho
(triturado) a la probeta con lenteja



Toma de datos

b. de datos de colorimetría



Color de la corteza



Color de la miga

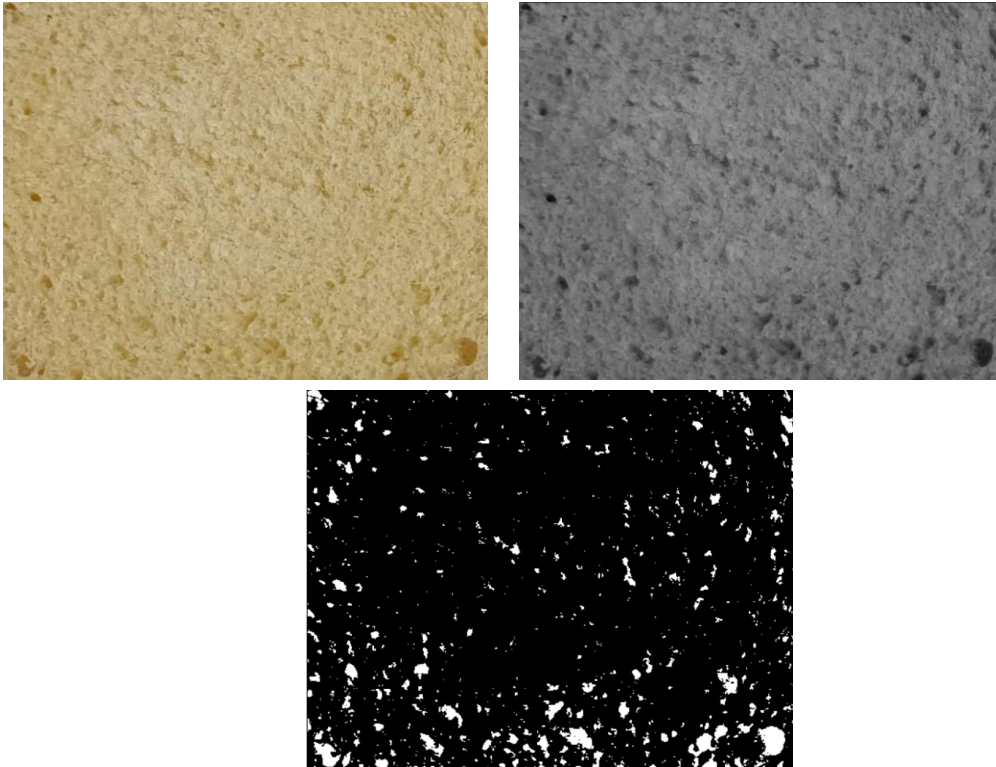
c. Toma



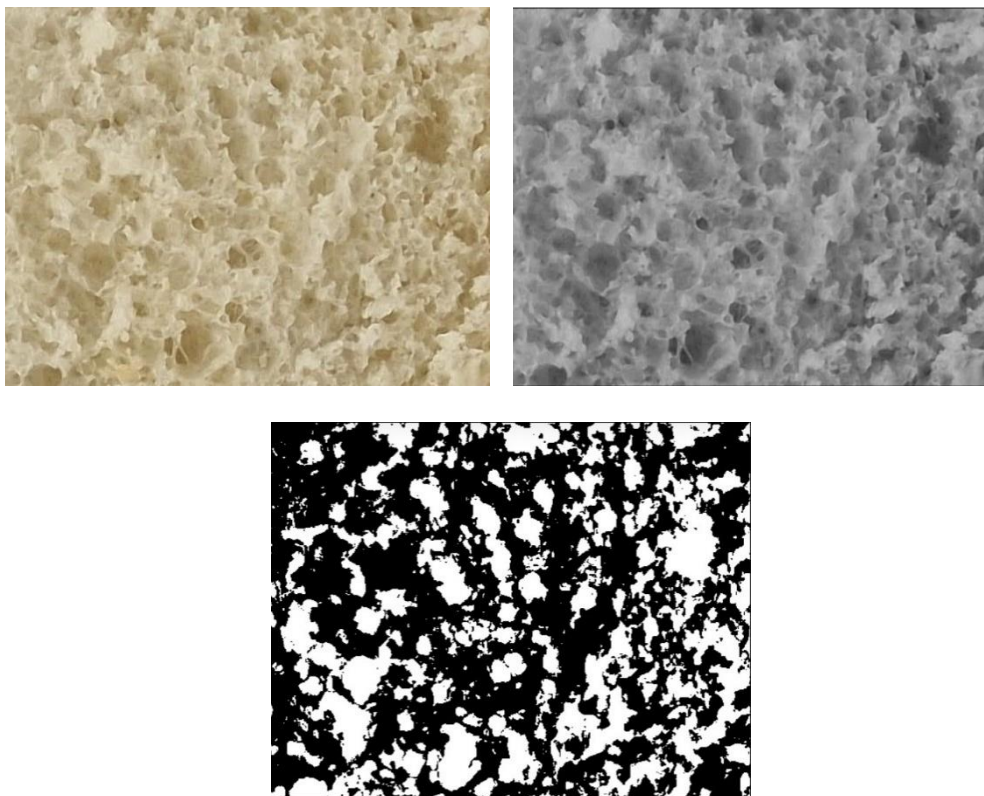
Corte del bizcocho

d. Toma de datos para la porosidad con el software ImgenJ

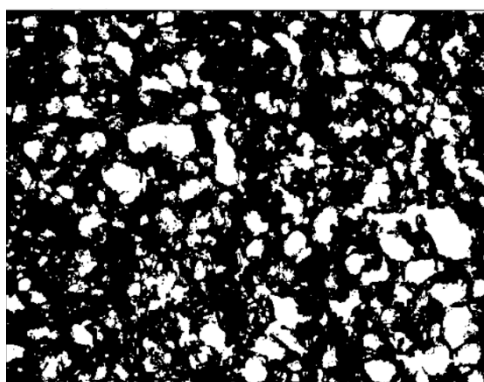
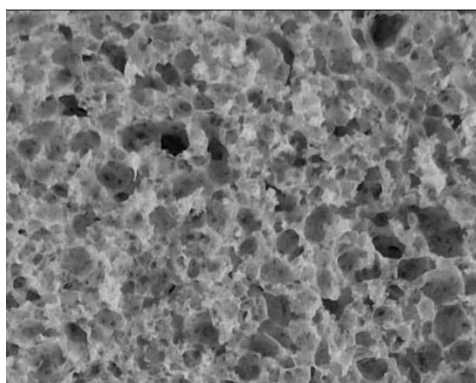
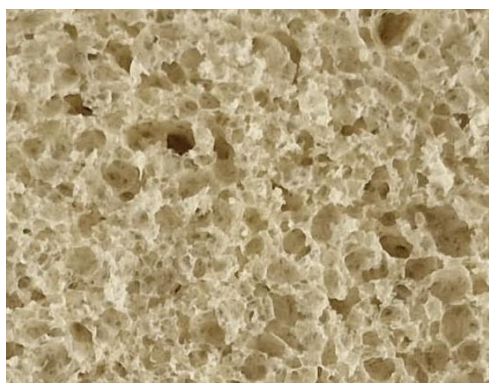
MUESTRA TESTIGO



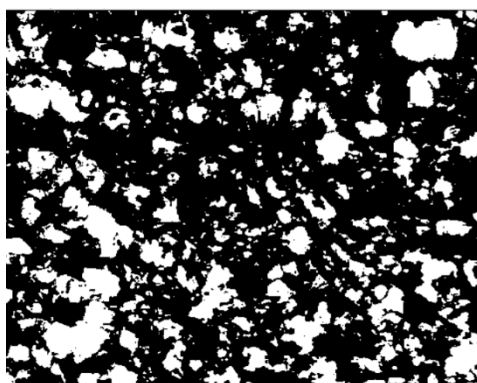
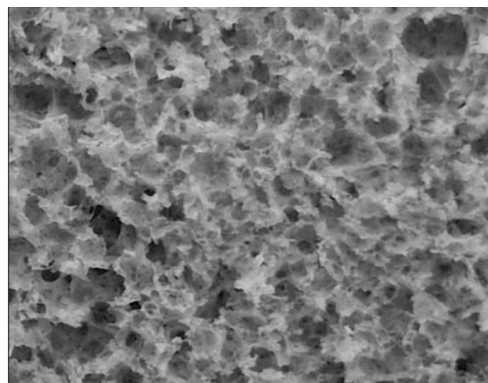
TRATAMIENTO 1



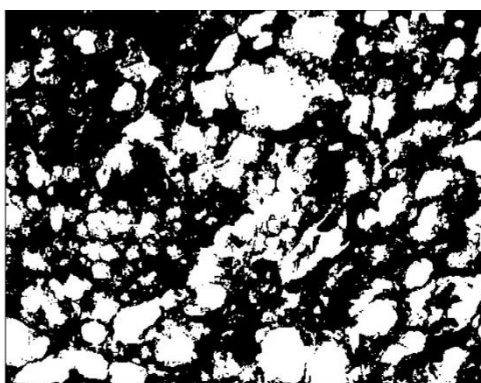
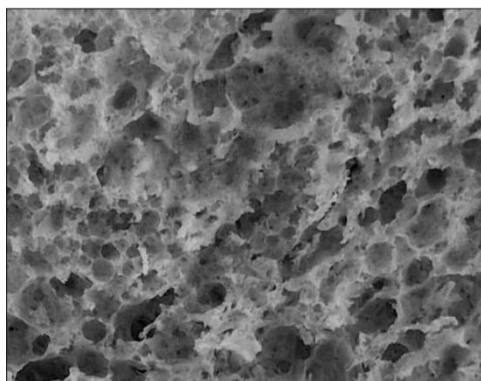
TRATAMIENTO 2



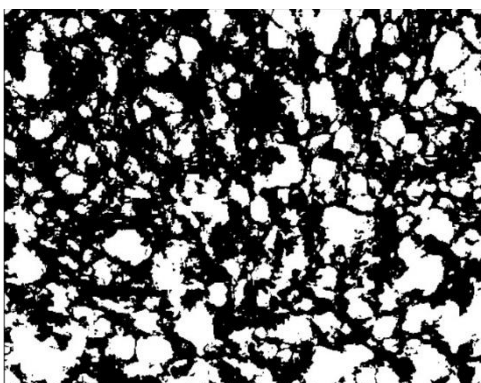
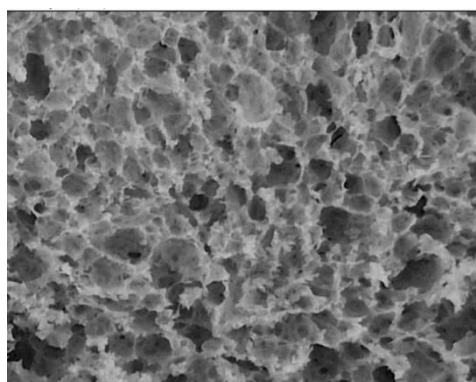
TRATAMIENTO 3



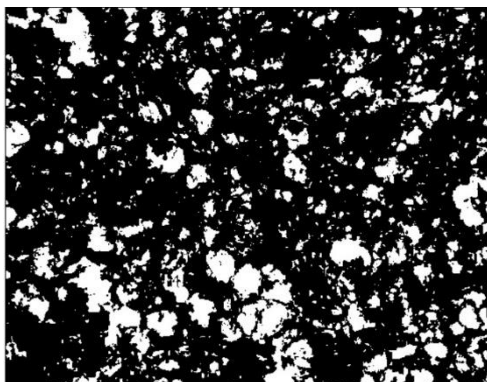
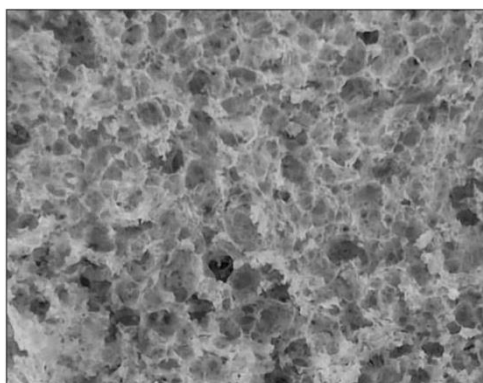
TRATAMIENTO 4



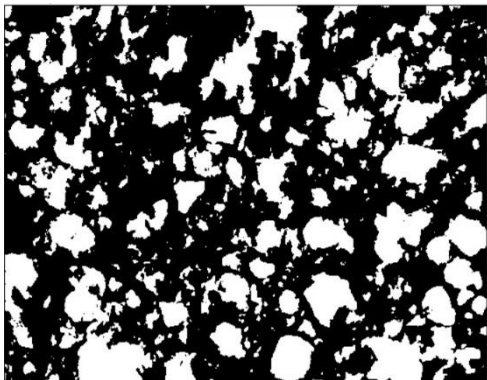
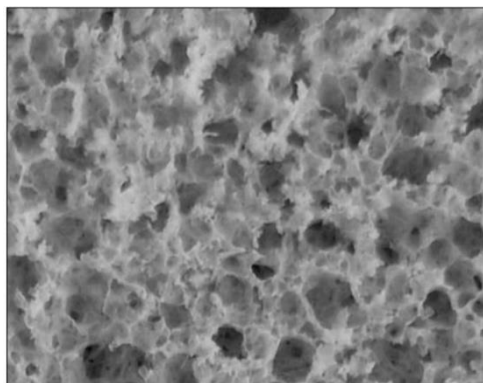
TRATAMIENTO 5



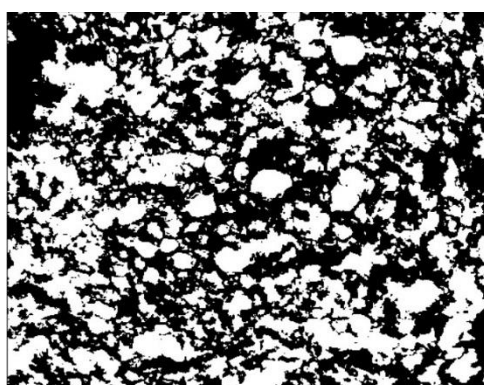
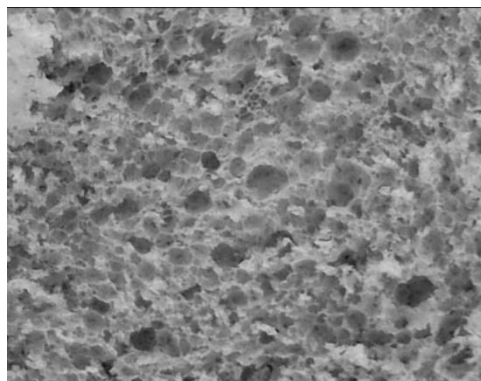
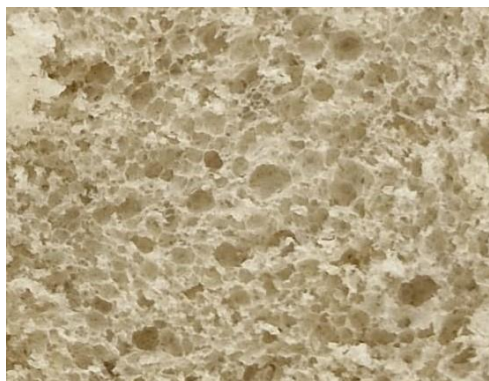
TRATAMIENTO 6



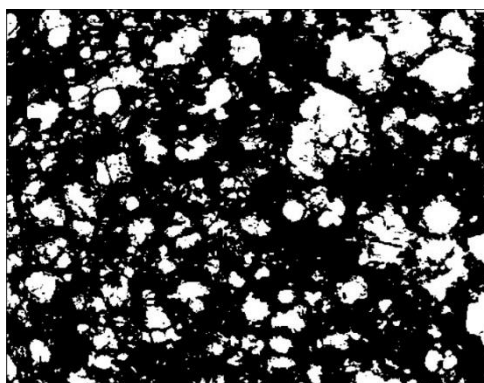
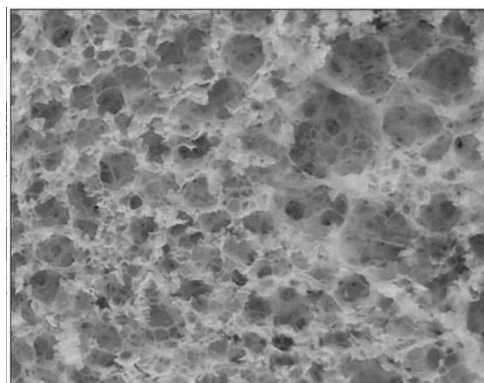
TRATAMIENTO 7



TRATAMIENTO 8



TRATAMIENTO 9



ANEXO 5

Matriz de operacionalización de variables

Matriz de Operacionalización de Variables				
Variables	Definiciones		Dimensiones	Indicadores
Independientes	Conceptual	Operacional		
Masa madre	Masa elaborada con harina de trigo y agua (la sal en pequeñas dosis) que se deja fermentar de forma natural, procediéndose a diversos refrescos con el fin de incrementar la microflora natural que contiene la propia harina y poder así fermentar (subir) la masa. Los microorganismos implicados son las bacterias lácticas y las levaduras (Bernabé et al., 2007).	La masa madre es una combinación de agua, harina y otros insumos como: manteca vegetal y azúcar. Que todo panadero tiene en su lugar de trabajo y que sirve como agente leudante en productos de panificación.	➤ Poolish ➤ Biga italiana ➤ Esponja	Tipo
Mejorador de masa	Es la combinación de agente antiapelmazante (carbonato de calcio SIN 170i), harina de trigo fortificada, agentes para tratamientos de harinas (sulfato de calcio SIN 516, ácido ascórbico SIN 300), enzimas (xilanasas fúngicas, xilinasas bacterianas, alfa amilasa fúngica SIN 100i y lipasas SIN 1104) en polvo que mejoran las cualidades físicas de las harinas, el mejorante va a actuar a lo largo de la panificación, desde los primeros instantes del amasado hasta la cocción del pan (Pulloquinga, 2011).	Mejorador de pan es aquel aditivo añadido a la harina que procura mejorar las cualidades físicas de la masa en elaboración, y también mejorar las propiedades organolépticas finales del producto de panificación.	$\frac{\text{Kg de mejorador de masa}}{\text{Kg de harina}} \times 10$	%
Dependientes				

Densidad aparente	La densidad aparente se define como la masa seca por unidad de volumen (en estado húmedo), y existen numerosos métodos y otros parámetros físicos para medir la densidad aparente. Esta medición es esencial para evaluar la calidad y la uniformidad de los materiales utilizados en diversos proyectos (Salamanca, 2005).	Su importancia radica en que está relacionada directamente con el volumen de los poros. La densidad aparente es un buen índice de buena elaboración y calidad.	$Da = \frac{\text{peso}}{\text{Volumen aparente}}$	g/ml, Kg/m ³ o g/cm ³
Color instrumental	El color es el resultado de la percepción de la luz después de haber interactuado con un objeto, es una cualidad sugestiva que depende de la intensidad de la luz, del objeto sobre el que incide y del buen funcionamiento del órgano de la vista (Lawless, 1998). Las longitudes de onda, pueden ser identificadas por instrumentos como el colorímetro, este es un instrumento analítico basado en la espectrofotometría, el cual mide el grado de luminosidad (L), la variación de color entre el rojo y el verde (a) y la variación de color entre el amarillo y el azul (b), permitiendo la cuantificación de diferencias no perceptibles en coloración en los alimentos por el ojo humano (O'Sullivan, et al., 2002).	El color es uno de los primeros factores evaluados en los alimentos antes de probarlos. El color forma parte de la apariencia de los alimentos, el cual es un atributo en el que se basa la decisión tomada por el consumidor al momento de la compra. Se utilizará como instrumento el colorímetro.	*L *a *b	Luminosidad
Porosidad	Rodríguez, (2010) menciona que únicamente la porosidad como una propiedad física, es decir como un parámetro numérico, denominado también volumen poroso. La porosidad admite ciertas matizaciones y se establecen distintos tipos, siendo los principales: la porosidad total y la porosidad abierta.	Para ello se realizará el corte en rebanadas del bizcocho con el fin de capturar imágenes a través de fotografía con ayuda de una cámara, posteriormente convertido a escala de grises empleando el software Imagen J.	Área/ Poros	mm ² /cm ²