

Instituto de Ciencias Económico Administrativas

Área Académica de Turismo

**“Elaboración de productos de panificación a partir de la adición de fermentos
elaborados a base de frutas.”**

TESIS

Para obtener el título de:

Licenciada en Gastronomía

PRESENTA:

Stacey Hillary Pablo García

DIRECTOR:

E. en B. Juan Francisco Gutiérrez Rodríguez

CODIRECTORA:

Dra. Nayeli Vélez Rivera

Pachuca de Soto, Hidalgo. Noviembre 2025.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR,
PRESENTE.

Con fundamento en los Artículos 1° y 3° de la Ley Orgánica y el Título Quinto, Capítulo II, Artículo 114, Fracción X y XI del Estatuto General, así como en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículos 40 y 41 del Reglamento de Titulación, ordenamientos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, el jurado del examen recepcional ha revisado, analizado y evaluado el trabajo titulado **"ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN A PARTIR DE LA ADICIÓN DE FERMENTOS ELABORADOS A BASE DE FRUTAS."**, presentado por el **C. STACEY HILLARY PABLO GARCÍA**, con número de cuenta **351720**, de la **LICENCIATURA EN GASTRONOMÍA**, otorgando el voto aprobatorio para extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

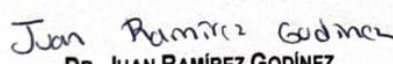
Por lo que el/la sustentante deberá cubrir los requisitos de acuerdo al Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el que sustentará y defenderá el documento de referencia.

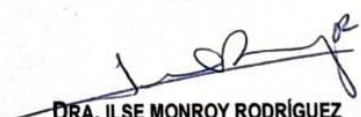
ATENTAMENTE
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
San Agustín Tlaxiaca, Hgo., a 20 de octubre de 2025

EL JURADO


E. EN B. JUAN FRANCISCO GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ
PRESIDENTE


DRA. NAYELI VÉLEZ RIVERA
SECRETARIA


DR. JUAN RAMÍREZ GODÍNEZ
PRIMER VOCAL


DRA. ILSE MONROY RODRÍGUEZ
SUPLENTE


Vo. Bo.
DRA. ARLEN CERÓN ISLAS
DIRECTORA

c.c.p. Coordinador de Titulación del ICEA.
Líder del Cuerpo Académico
Coordinación del programa educativo
Alumno/Egresado

Circuito la Concepción Km 2.5, Col. San Juan
Tilcuautla, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo,
México; C.P. 42160
Teléfono: 771 71 72000 Ext. 4101
icea@uaeh.edu.mx



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Económico Administrativas
School of Commerce and Business Administration

OFICIO DE INCORPORACIÓN AL REPOSITORIO DE TESIS

OF.ICEA/AAT/LG/627/2025

Mtro. Jorge E. Peña Zepeda
Director de Bibliotecas y Centro de Información
PRESENTE

Por medio de la presente hago constar que la tesis en formato digital titulada "Elaboración de productos de panificación a partir de la adición de fermentos elaborados a base de frutas", que presenta la pasante de la Licenciatura en Gastronomía, C. Stacey Hillary Pablo García, con número de cuenta 351720, es la versión final validada por el Comité Tutorial y cumple con el oficio de autorización de impresión, por lo que solicito su integración al repositorio institucional de tesis.

ATENTAMENTE
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, 23 de octubre 2025



DRA. ARLEN CERÓN ISLAS
DIRECTORA

Juan Ramírez Godínez
DR. JUAN RAMÍREZ GODÍNEZ
COORDINADOR DE LA LICENCIATURA EN GASTRONOMÍA

C. STACEY HILLARY PABLO GARCÍA
AUTOR



Circuito la Concepción Km 2.5, Col. San Juan
Tilcuautla, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo,
México; C.P. 42160
Teléfono: 771 71 72000 Ext. 4101
icea@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

“Cocinar con imaginación y amor es lo que convierte
ingredientes simples en platos extraordinarios”.

– Marco Pierre Blanco

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada, con todo mi amor y gratitud, a mi familia. Gracias por ser mi pilar, mi guía y mi refugio en cada etapa de mi vida. Este logro no habría sido posible sin su apoyo constante, sin sus palabras de aliento en los momentos de incertidumbre y sin su confianza plena en mis capacidades. A mis padres y a mi hermano, por sostenerme cuando sentí que ya no podía, por celebrar conmigo cada pequeño avance y por demostrarme que el amor familiar es la fuerza más poderosa para seguir adelante. Cada página de este trabajo representa un esfuerzo compartido, un sueño construido en familia. Este triunfo también les pertenece.

Asimismo, dedico este logro de todo corazón a mis queridas “tijeritas”, Daniela Omaña Gómez y Denisse Ariadna Yáñez Vargas. Aunque hoy ya no puedan acompañarme físicamente, su presencia se mantiene viva en mis recuerdos y en cada paso que doy. Sé que desde el cielo celebran conmigo este momento tan especial. Gracias por ser parte de mi historia, por escucharme con el corazón, por las risas que aliviaron mis días, por los abrazos, por las anécdotas y confidencias que guardo con profundo cariño, y por el amor incondicional que me ofrecieron cuando más lo necesité. Esta tesis es también un homenaje a ustedes, a la amistad verdadera que perdura más allá del tiempo y la distancia terrenal. Su luz y su recuerdo vivirán por siempre en mí.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza para salir adelante, por mostrarme que siempre puedo y por llenarme de amor en los momentos más difíciles. Gracias por iluminar mi camino y sostener mi espíritu cuando más lo he necesitado.

A mi mamá Alma García, gracias por ser mi motor, mi inspiración y la prueba viviente de que el amor todo lo puede. Gracias por tus sacrificios, por tus desvelos, por cada palabra de aliento y por cada abrazo que curó mis inseguridades. Eres mi lugar seguro, mi mayor admiración y la razón por la que aprendí a luchar sin rendirme. Gracias por demostrarme con tu ejemplo que la vida se enfrenta con valentía, bondad y fe. Este logro también es tuyo, porque tú sembraste en mí la fuerza y el coraje que hoy me permiten cumplir este sueño. Gracias por caminar a mi lado en cada paso y por estar eternamente orgullosa de mí. Nada sería igual sin ti.

A mi papá Miguel Bolaños, gracias por todo el amor con el que has construido mi camino. Gracias por tomarme de la mano desde que era niña y enseñarme a ser valiente, a no rendirme y a luchar por mis sueños. Eres mi ejemplo de fuerza, entrega y dedicación. Cada paso que doy lleva un pedacito de tu esfuerzo y sacrificio, porque siempre has hecho lo imposible por verme feliz y realizada. Gracias por abrazarme cuando mi mundo se hacía pequeño, por tus palabras que siempre llegan en el momento justo y por esa manera tan tuya de hacerme sentir segura. Gracias por ser mi guía y mi refugio. Este logro te pertenece tanto como a mí.

A mi hermano Víctor García, gracias por ser ese compañero de vida que convirtió mis días en recuerdos llenos de risas, complicidad y amor. Eres mi mejor amigo, mi confidente y una de las personas que más admiro en este mundo. Gracias por creer ciegamente en mí incluso antes de que yo misma lo hiciera y por impulsarme con tus palabras. Gracias por cada abrazo, cada consejo, cada llave de lucha que terminó en carcajadas. Gracias por ser mi fuerza cuando la mía no era suficiente, gracias por cuidarme y por hacerme sentir siempre capaz de lograrlo todo. Gracias por ser mi héroe. No podría haber llegado hasta aquí sin ti.

A mi novio Tony, gracias por ser mi pilar en los últimos años, por sostenerme cuando sentí que podía derrumbarme. Gracias por creer en mí, por motivarme a superarme y por acompañarme en cada paso de este camino. Gracias por tu amor incondicional, por tus esfuerzos para construir una vida juntos, por hacerme tu prioridad y por ser mi persona favorita. Gracias por las risas, los abrazos y hasta los silencios incómodos que también hablan de amor. Gracias por mostrarme que amar también es estar, escuchar, cuidar y crecer juntos. Eres parte fundamental de esta meta, porque en cada momento difícil, tú estabas ahí recordándome quién soy y hacia dónde voy.

A mi cuñada Maru, gracias por siempre estar, por tus palabras certeras y tu apoyo incondicional. En ti encontré no solo una cuñada, sino una amiga que celebra mis metas y me alienta a seguir creciendo.

A mi sobrino que está por llegar, gracias por convertirte en una gran motivación aun antes de conocerte. Tu sola existencia me hizo recordar por qué era importante terminar esta etapa, para que cuando llegues, tu tía ya te reciba siendo licenciada.

A mi psicóloga Denise, Gracias por tu paciencia en cada sesión, por tu manera de escucharme sin juzgar y por mostrarme que mis emociones también tienen un espacio y un sentido. Gracias por acompañarme cuando me costaba poner en palabras lo que sentía, por darme calma cuando todo se me hacía pesado y por recordarme que avanzar también implica detenerse, respirar y volver a intentar. Gracias por enseñarme a reconocer mis límites, a cuidarme y a creer en mí. Gracias por ser una parte importante de mi proceso, de mi red de apoyo y por confiar en mí incluso en los días en los que yo no podía hacerlo.

INDICE

1	RESUMEN	13
2	ABSTRACT	14
3	INTRODUCCIÓN	15
4	MARCO TEORICO.....	17
4.1	Historia del pan.....	17
4.2	El pan y las civilizaciones.....	18
4.3	Ingredientes en la elaboración de pan	19
4.4	Proceso de elaboración del pan.....	20
4.5	Fermentación.....	22
4.5.1	Definición.....	23
4.5.2	Tipos de fermentación.....	23
4.5.3	Factores que influyen en el proceso fermentativo	24
4.6	Prefermentos	25
4.6.1	Tipos de prefermentos	27
4.7	Masa madre	27
4.8	Las frutas y su fermentación.....	29
4.9	Durazno.....	30
4.9.1	Taxonomía	30
4.9.2	Características	30
4.9.3	Microorganismos nativos del durazno	31
4.9.4	Composición Nutricional	31
4.9.5	Beneficios	32
4.10	Uva	33
4.10.1	Taxonomía.....	34
4.10.2	Características	34
4.10.3	Microorganismos nativos de la uva	34
4.10.4	Composición Nutricional.....	35
4.10.5	Beneficios	35
4.11	Análisis de Imagen	36
4.11.1	Características colorimétricas	37

4.11.2	Índice de oscurecimiento IO	38
4.11.3	Diferencia de color ΔE	38
4.11.4	Índice de blancura (IW)	38
5	JUSTIFICACION.....	39
6	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	40
6.1	Objetivo general	40
6.2	Objetivos específicos	40
7	METODOLOGIA.....	41
7.1	Elaboración de fermento de uva y durazno.....	41
7.1.1	Prueba de Ph y grados brix.....	43
7.2	Elaboración de prefermento (Masa Madre de uva y durazno)	43
7.2.1	Prueba de flotabilidad	45
7.3	Elaboración de pan baguette.....	45
7.4	Análisis de imagen	48
7.4.1	Procesamiento y segmentación	48
7.4.2	Extracción de parámetros	49
7.5	Evaluación sensorial mediante una prueba sensorial afectiva.....	52
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
8.1	Ph	54
8.2	Grados brix.....	55
8.3	Masa Madre de Uva y Durazno	56
8.4	Elaboración de Pan Baguette.....	57
8.5	Análisis de Imagen	59
8.6	Evaluación sensorial.....	64
9	CONCLUSIONES	72
10	BIBLIOGRAFIA.....	73
11	ANEXOS	80

INDICE TABLAS

Tabla 1: Tipos de prefermentos en la elaboración del pan.....	27
Tabla 2: Composición nutricional del Durazno	32
Tabla 3: Composición nutricional de la uva	35
Tabla 4: Total de imágenes que se utilizaron para la caracterización de colorimétrica de las costras del pan baguette en los diversos tratamientos.	51
Tabla 5: Total de imágenes que se utilizaron para la caracterización de colorimétrica de las migas del pan baguette en los diversos tratamientos.	51
Tabla 6: Ph de fermentos de uva y durazno.....	54
Tabla 7. Grados brix de uva y durazno	55
Tabla 8: Valor promedio de la Diferencia de color (ΔE) y del Índice de oscurecimiento (IO) para la corteza de las baguettes con fermento de frutas.	59
Tabla 9: Galería de imágenes de las costras de los baguettes elaborados con los diversos fermentos.	61
Tabla 10 Valores promedio de la diferencia de color (ΔE) y del Índice de blancura (IW) para las migas de las baguettes con fermento de frutas.....	62
Tabla 11: Galería de imágenes de las migas de los baguettes elaborados con los diversos fermentos.	63

INDICE FIGURAS

Figura 1: Proceso de la elaboración del pan	22
Figura 2: Cambios que la masa madre produce en la masa de pan.....	29
Figura 3: Planta de durazno	30
Figura 4: Planta de uva	33
Figura 5: Espacio de color CIELab.	37
Figura 6: Etapas de la investigación	41
Figura 7: Proceso de elaboración del pan baguette con masa madre de frutas	47
Figura 8: Región de interés (ROI) de la corteza del pan baguette de masa madre (5128 x 1008 pixeles)	48
Figura 9: Región de interés (ROI) de la miga del pan baguette de masa madre (5128 x 1008 pixeles)	49
Figura 10: Extracción de parámetros colorimétricos: 1) Imagen RGB en el baguette de durazno, 2) ROI de la baguette en RGB, 3) ROI de la baguette en el canal a* y 4) Histograma de color	49
Figura 11. Muestras del pan baguette con sus respectivos códigos.....	52
Figura 12. Panelistas realizando la evaluación sensorial de las baguettes	53
Figura 13. Masa madre de durazno	56
Figura 14. Masa madre de uva.....	56
Figura 15: Resultados del pan de durazno	64
Figura 16. Resultados del pan de uva.....	66
Figura 17. Resultados del pan de levadura	68
Figura 18. Nivel de agrado respecto a las muestras de pan baguette	70

1 RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito elaborar pan tipo baguette utilizando fermentos espontáneos obtenidos a partir de uva y durazno, con el fin de evaluar sus características físicas, sensoriales y colorimétricas mediante análisis de imagen. Se prepararon dos masas madre a partir de los fermentos frutales y un pan control con levadura comercial para su comparación.

Los resultados mostraron diferencias entre los fermentos: el durazno presentó mayor acidez ($\text{pH } 3.62 \pm 0.10$), mientras que la uva mostró una mayor concentración de azúcares fermentables (16.2°Bx). Estas condiciones influyeron en el comportamiento de las masas y en el desarrollo de la estructura del pan. El análisis colorimétrico indicó que la corteza de la baguette con fermento de uva presentó el mayor oscurecimiento ($\text{IO}=37.819$), mientras que el elaborado con durazno mostró una menor diferencia cromática respecto al control ($\Delta E=4.858$).

En la evaluación sensorial, el pan elaborado con fermento de durazno obtuvo la mayor aceptación en atributos como aroma, sabor y textura, mientras que el pan con fermento de uva destacó visualmente por su coloración más intensa. Los resultados indican que los fermentos frutales representan una alternativa viable para la innovación panadera, ofreciendo productos con perfiles sensoriales diferenciados y características artesanales.

2 ABSTRACT

The aim of this research was to develop French baguette bread using spontaneous fruit-based fermentations from grape and peach, and to evaluate their physical, sensorial, and colorimetric characteristics using image analysis. Two sourdoughs were produced from the fruit fermentations and compared to a control sample made with commercial yeast.

The peach fermentation showed higher acidity ($\text{pH } 3.62 \pm 0.10$), while the grape fermentation presented a higher concentration of fermentable sugars (16.2°Bx). These differences influenced dough behavior and the structural development of the bread. Colorimetric analysis showed that the crust of the grape sourdough baguette had the highest darkening index ($\text{IO} = 37.819$), whereas the peach sourdough baguette showed the lowest chromatic difference from the control ($\Delta E = 4.858$).

In the sensory evaluation, the peach sourdough baguette achieved the highest acceptance in attributes such as aroma, flavor, and texture, while the grape sourdough bread was characterized by a more pronounced crust coloration. Overall, fruit-based fermentations demonstrated viability as an alternative for artisanal breadmaking, providing differentiated sensory profiles and added product value.

3 INTRODUCCIÓN

La panificación es una de las practicas más antiguas de la humanidad y ha evolucionado desde procesos artesanales hasta técnicas industriales altamente estandarizadas.

Tradicionalmente, el pan se elabora mediante la fermentación de masas con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*), que garantiza una producción rápida, estable y con características uniformes. Sin embargo, en las últimas décadas ha resurgido el interés por métodos de fermentación tradicionales, como el uso de prefermentos o masa madres, debido a su impacto positivo en las características sensoriales, nutricionales y funcionales del pan. (Arendt, Ryan y Dal Bello, 2007; De Vuyst y Neysens, 2007)

El prefermento o masa madre es una mezcla de harina y agua fermentada de forma natural, que contiene un microbiota complejo formada por levaduras y bacterias ácido láctica. Este ecosistema microbiano es responsable de la producción de dióxido de carbono, ácidos orgánicos y una amplia variedad de compuestos aromáticos, los cuales modifican la estructura y el perfil organoléptico del pan (Gobbetti et al., 2019). En este sentido Gobbetti dice que la fermentación lenta que caracteriza a este método mejora la textura, prolonga la vida útil y potencia sabores más complejos en comparación con la fermentación con levadura comercial.

La incorporación de frutas como medio de cultivo para el desarrollo de prefermentos representa una propuesta diferente que combina el valor funcional de la masa madre con los compuestos bioactivos propios de la fruta.

Frutas como la uva y el durazno contienen azúcares fermentables, ácidos orgánicos y un microbiota natural rica en levaduras y bacterias, lo que favorece el inicio y desarrollo de la fermentación (Fleet, 2003). Asimismo, aportan compuestos fenólicos, vitaminas y pigmentos naturales que pueden influir tanto en el perfil sensorial como en las propiedades antioxidantes del pan (Li et al., 2014).

El uso de prefermentos elaborados a partir de frutas no solo puede mejorar atributos sensoriales como el aroma, sabor, color y textura, sino también generar un producto

con valor agregado, en línea con la creciente demanda de alimentos artesanales, naturales y percibidos como más saludables (Karina et al., 2006).

Investigaciones previas han demostrado que la adición de frutas o extractos vegetales en panificación puede intensificar el aroma, modificar el color de la miga, incrementar la retención de humedad y prolongar la frescura del producto (Pico, Bernal y Gómez, 2015)

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto sensorial de panes elaborados con prefermentos a base de uva y durazno en comparación con panes elaborados con levadura comercial. Para ello se analizarán parámetros sensoriales como olor, color de corteza, color de miga, sabor, textura y aceptación general con el fin de determinar si la fermentación con frutas puede ser una alternativa viable para la innovación en la industria panadera.

4 MARCO TEORICO

4.1 Historia del pan

El pan (del latín *panis*), en sus múltiples formas, es un alimento básico ampliamente consumido por la humanidad, formando parte de la dieta tradicional en Europa, Medio Oriente, India, América y Oceanía (Hensperger et al., 2002).

Su historia está íntimamente ligada al desarrollo de la agricultura, la domesticación de cereales y el progreso de las técnicas de preparación de alimentos. A través del tiempo, este producto ha sido mucho más que un sustento básico: ha representado simbolismos culturales, religiosos y sociales que reflejan la evolución de las civilizaciones (Martínez, 2023).

Se piensa que los primeros panes fueron creados hace alrededor de 14,000 años, mucho antes del surgimiento de la agricultura, usando granos silvestres que se trituraban y se cocinaban. Con el paso del tiempo, las prácticas para la preparación del pan fueron mejorando, sobre todo con el hallazgo de la fermentación, lo que posibilitó la elaboración de panes más livianos y aireados. Culturas como la egipcia, la griega, romana entre otras refinaron estas prácticas y el pan llegó a ser un alimento esencial en numerosas culturas a nivel mundial (Martínez, 2023).

Los vestigios arqueológicos más antiguos que evidencian la producción de pan datan de aproximadamente 14 400 años, hallados en el yacimiento de Shubayqa 1, en el noreste de Jordania. Estos restos corresponden a panes planos elaborados por comunidades natufienses, previas a la revolución agrícola (Arranz-Otaegui et al., 2018).

Con la domesticación de cereales en el Neolítico, hacia el 9 500 a.C., el pan se convirtió en un alimento cotidiano. El cultivo sistemático de trigo, cebada y centeno en el Creciente Fértil permitió el desarrollo de dietas más estables y ricas en carbohidratos, lo que favoreció la transición hacia sociedades sedentarias.

En este contexto, el pan no solo se consolidó como alimento básico, sino también como símbolo de seguridad alimentaria y cohesión social (Samuel, 2000).

4.2 El pan y las civilizaciones

Los antiguos egipcios son reconocidos por haber sido de los primeros en producir pan de forma sistemática. La evolución en la panificación ocurrió de manera significativa entre los egipcios, ya que ellos fueron quienes identificaron la fermentación “cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto” (Mesas, Alegre. 2002).

Grecia introdujo el pan, debido a las relaciones comerciales que mantenía con los egipcios y fueron ellos en el siglo III a.C. los que transformaron el arte de la panadería, creando más de setenta panes diferentes, inventando formas variadas y utilizados en fiestas religiosas. También elaboraron variedad de masas de panadería a base trigo, avena y salvado; añadiendo especias, aceites, frutos secos y azúcares naturales como la miel. (Castiblanco, E. 2020, p 12).

Los romanos mejoraron la producción de pan ya que clasificaban los panes en función de su forma y composición, creando panaderías e inventando métodos de horneado más efectivos “mejoraron los molinos, las máquinas de amasar y los hornos; de tal manera, que hoy en día se denomina “horno romano” al convencional horno de calentamiento directo.” (Castiblanco, E. 2020, p 12).

En el siglo XVIII, se perfecciona la técnica de molienda de la harina, desarrollando productos más finos y de mejor calidad; incrementando la producción del trigo en el Viejo Continente. Durante el siglo XIX se desarrolla el molino de vapor; agilizando los métodos de elaboración e incorporando etapas en el proceso de panificación como la aireación de la masa y técnicas mecánicas de amasado. Esta tecnificación permite el crecimiento de la industria en Europa (López, Correa y Osorio, 2009).

4.3 Ingredientes en la elaboración de pan

El pan, como producto básico de la alimentación humana, es el resultado de transformaciones físicas, reacciones químicas y actividades biológicas muy complejas, que se producen en el seno de una mezcla de harina, agua, grasa, sal, levadura y en ocasiones de otros ingredientes (Feillet, 2000).

La harina es el ingrediente responsable de las diferencias de sabor en la amplia variedad de panes en el mundo. Las harinas varían en sabor, fuerza y textura; la fuerza depende de la cantidad de gluten (proteína) que contienen, se sabe que “El 85% de las proteínas son Gliadinas y Gluteninas, proteínas insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad para aglutinarse cuando se las mezcla con agua dando una red o malla que recibe igualmente el nombre de gluten” (Mesas y Alegre, 2002)

El agua es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan (Mesas y Alegre, 2002).

La sal es el componente que refuerza la estructura del gluten, haciendo que la masa sea más elástica y mejora la textura del pan. También inhibe el crecimiento de la levadura, controla la fermentación de la masa y evita la subida de las levaduras naturales e indeseables (Gayle, 2009).

La levadura es un organismo unicelular que en presencia de calor y alimento fermenta y desprende dióxido de carbono “Este CO_2 queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa” (Mesas y Alegre, 2002).

La levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) es probablemente el microorganismo más ampliamente utilizado por el hombre a través del tiempo; aunque no se tuviera, en

un principio, conciencia plena de la participación del microorganismo en la elaboración de diversos alimentos como el pan o las bebidas alcohólicas (Almazan, 2008). Es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza). Es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa (Querol, 2003).

De manera complementaria, la incorporación de grasas y aceites mejora la extensibilidad de la masa y prolonga la vida útil del producto; los azúcares contribuyen tanto al sabor como al color de la corteza mediante la reacción de Maillard y la caramelización; y los productos lácteos o huevos aportan nutrientes, suavidad y enriquecimiento sensorial (Cauvain y Young, 2007). En el contexto contemporáneo, los mejoradores de panificación como enzimas, emulsionantes o agentes oxidantes también cumplen funciones específicas en la estandarización y calidad del pan (Rosell, 2011).

4.4 Proceso de elaboración del pan

La elaboración del pan es un proceso técnico que transforma ingredientes básicos como harina, agua, sal y fermento en un producto final con características específicas de textura, sabor y aroma. La fermentación es el núcleo de este proceso, ya que permite la producción de dióxido de carbono y compuestos aromáticos mediante la actividad de levaduras y bacterias lácticas, responsables del levado y del desarrollo de las propiedades organolépticas del pan (Flecha, 2016;).

Dependiendo del tipo de pan y del método utilizado, se pueden emplear diferentes estrategias de fermentación, como el uso directo de levadura comercial o la incorporación de prefermentos, que mejoran la estructura de la miga, la esponjosidad y el sabor del producto final (Hispano Europea, 2008). En el caso de los prefermentos elaborados a partir de frutas, se aprovecha el microbiota natural y

los azúcares presentes en la fruta para generar un fermento que contribuye a un pan más aromático, con mayor valor sensorial y potencialmente más saludable (Flecha, 2016). Comprender las etapas del proceso de panificación como mezcla, amasado, fermentación, formado, horneado y enfriado es fundamental para garantizar la calidad del producto y para aplicar innovaciones que optimicen el tiempo de producción y las propiedades del pan tipo baguette (Flecha, 2016).

El amasado es sin duda el paso más crucial de todo el proceso ya que proporciona fuerza y desarrolla la masa, facilitando el leudado. En cuanto al pesado y la división, su objetivo es dar a las piezas el peso adecuado para que inmediatamente después se realice el boleado que consiste en dar forma apropiada a cada tipo de pan, este se divide en 3 fases:

- Desgasificación
- Plegado
- Estirado.

Finalmente, en la cocción se lleva a cabo la transformación de la masa fermentada en pan, lo que implica: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de agua presente en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares simples y el dorado de la corteza (Castiblanco, 2020).

En la figura 1 se presenta un esquema del proceso de elaboración del pan más común.

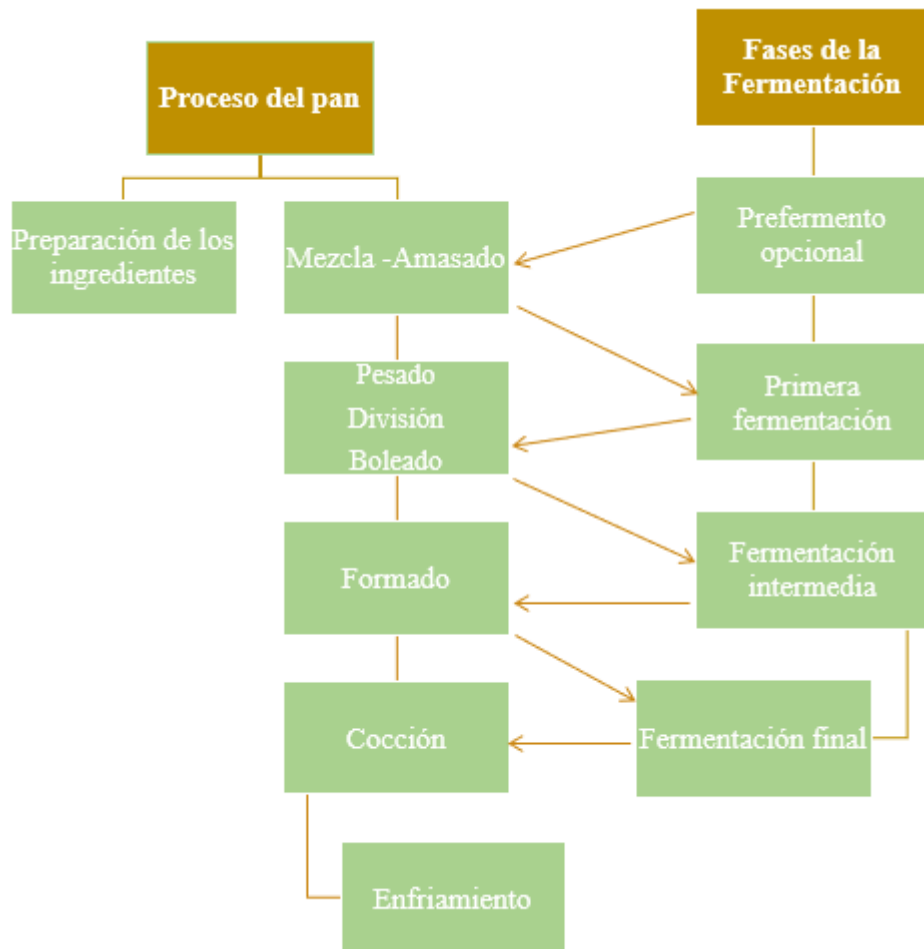


Figura 1: Proceso de la elaboración del pan. Información tomada de Castiblanco, (2020).

4.5 Fermentación

La fermentación ha acompañado al ser humano desde tiempos antiguos, siendo aplicada en la producción de alimentos y bebidas como pan, cerveza, vino, yogur, quesos y encurtidos. Más allá de su relevancia histórica, la fermentación también desempeña un papel fundamental en la biotecnología moderna, tanto para la producción de alimentos funcionales como para la obtención de metabolitos industriales, antibióticos y biocombustibles (Steinkraus, 1996; Ray y Joshi, 2014).

En panificación, la fermentación cumple un rol esencial: la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) metaboliza los azúcares de la harina produciendo dióxido de carbono, responsable del volumen y la textura esponjosa del pan, así como alcoholes y compuestos secundarios que contribuyen al sabor y aroma (Cauvain y Young, 2007). En el caso de panes elaborados con masa madre, la fermentación es mixta, involucra tanto levaduras como bacterias ácido-lácticas, lo que genera una mayor diversidad de compuestos aromáticos y una acidez característica (De Vuyst y Neysens, 2005).

4.5.1 Definición

La fermentación es un proceso metabólico anaerobio mediante el cual microorganismos como levaduras, bacterias y mohos transforman compuestos orgánicos, principalmente azúcares, en productos más simples como alcohol, ácidos orgánicos y dióxido de carbono. Este proceso no requiere oxígeno como aceptor final de electrones y permite la generación de energía en forma de ATP, aunque en menor medida que la respiración aerobia (Madigan, Bender, Buckley y Sattley, 2019).

4.5.2 Tipos de fermentación

Existen varios tipos de fermentación que se utilizan en la industria alimentaria, estos se determinan según el microorganismo, el sustrato y las condiciones (Quintero, 2010).

La fermentación alcohólica es realizada principalmente por levaduras que producen etanol y CO₂. Se usa para la producción de los vino, cervezas y bebidas destiladas. Adicionalmente, la celulosa de la madera y los residuos agrícolas se convierten en azucares fermentables mediante una hidrólisis previa con ácidos inorgánicos y luego se obtiene el bioetanol por fermentación alcohólica (Quintero, 2010).

En el caso del pan el cambio se produce porque el azúcar contenido en la harina interactúa con la levadura; genera dióxido de carbono, que es lo que permite que la masa se expanda y también crea alcohol, el cual se evaporará durante el horneado, pero influirá en el aroma y el gusto del pan más adelante (Puerta, 2010).

La fermentación láctica es llevada a cabo por bacterias ácido-lácticas, géneros (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*). Convierte los azúcares en ácido láctico, responsable de la acidificación y conservación de alimentos como yogur, quesos y masa madre. Puede ser, Homofermentativa que produce principalmente ácido láctico y la Heterofermentativa que produce ácido láctico, etanol/acético y CO₂ (Leroy & De Vuyst, 2004).

En cuanto a la fermentación acética implica la oxidación incompleta del etanol a ácido acético, realizada por bacterias acéticas del género *Acetobacter*. Es el proceso fundamental en la elaboración del vinagre (Gullo y Giudici, 2008).

En ciertos contextos, se describen fermentaciones mixtas donde participan múltiples especies microbianas, como en la producción de cacao, café y masa madre, lo que enriquece la complejidad de aromas y sabores (Puerari, Magalhães-Guedes y Schwan, 2015).

4.5.3 Factores que influyen en el proceso fermentativo

El proceso de fermentación del pan es altamente sensible a condiciones ambientales como temperatura, tiempo, pH y humedad, los cuales influyen directamente en la actividad microbiana y en la calidad final del producto (Le cordon bleu, 2022).

El proceso depende de las levaduras del género *Sacharomyces cerevisiae*, que transforman los azúcares en anhídrido carbónico y alcohol, pero también influye otras condiciones en las que se desarrollan, esto es: la temperatura, humedad relativa del ambiente, humedad y acidez de la masa. Sin embargo, es debido a una

acidez inadecuada de la masa, por lo que se provocan defectos cuyas causas son inexplicables (Quaglia, 306).

La temperatura y el tiempo de fermentación son determinantes clave; Una concentración óptima de levadura del 2 % durante aproximadamente 90 minutos produce panes con textura, volumen y porosidad ideales (Wang, 2024).

Se encontró que en fermentaciones de masa madre espontánea, una temperatura de 25 °C permite una acidificación más lenta pero sostenida, favoreciendo un desarrollo equilibrado de acidez y mejores propiedades organolépticas (Islam 2024).

La temperatura también afecta la formación de compuestos aromáticos. Guo, Zhang y Zhang (2025) reportan que fermentar a bajas temperaturas (10 °C) incrementa la producción de alcoholes, aldehídos y ésteres, mejorando el perfil sensorial del pan. Por su parte, Mesa-Corral y González (2024) destacan que la humedad y la actividad de agua influyen en la movilidad de nutrientes y en la actividad de la levadura; un balance adecuado asegura una fermentación homogénea y evita masas densas o colapsadas.

El pH de la masa es otro factor crítico. Una fermentación prolongada provoca un descenso gradual del pH, lo que fortalece la estructura de gluten y contribuye a la formación de compuestos aromáticos, mientras que un pH elevado puede generar fermentaciones incompletas y panes de menor calidad (Islam, 2024).

4.6 Prefermentos

En el ámbito de la panificación, los prefermentos son preparaciones elaboradas antes de la masa final, que consisten en una mezcla de harina, agua, levadura (o masa madre) y, en ocasiones, sal. Su utilización permite obtener panes con mejores características en cuanto a sabor, aroma, textura y conservación. Esto se debe a que la fermentación previa posibilita una mayor producción de compuestos aromáticos y una mejor estructura de la miga (Calvel, 2001).

Históricamente, los prefermentos han estado presentes desde la panadería antigua, cuando se reservaba una parte de la masa ya fermentada para incorporarla al siguiente amasado. Actualmente, siguen siendo fundamentales en la panadería artesanal y profesional, puesto que ofrecen ventajas frente a los métodos de fermentación directa, como mayor complejidad organoléptica y mejor conservación (Hamelman, 2013).

Estos prefermentos ofrecen la ventaja de acelerar la fermentación y reducir el tiempo de amasado y la fermentación final. Un pan elaborado con un prefermento tiene muchas ventajas: Su sabor es más intenso, su miga es más alveolada y su valor nutricional y digestibilidad son superiores a los de los demás panes (Hamelman, 2013).

Los prefermentos son fracciones de masa que se fermentan anticipadamente a su incorporación a la masa final en el proceso de panificación. Utilizados con el fin de alargar el tiempo de fermentación y así extraer el sabor del cereal, mejorar la corteza del pan, potenciar las propiedades antimohos y antibacterianas, y adicionalmente alcanzar un óptimo equilibrio entre las propiedades físicas de la masa: extensibilidad y tenacidad (Barriga, 2003)

4.6.1 Tipos de prefermentos

Los prefermentos podemos dividirlos en tres tipos (tabla 1) en función del producto que se desea obtener (Suas, 2008).

Tabla 1: Tipos de prefermentos en la elaboración del pan.

Prefermentos		
Poolish	Masa madre	Esponja
Se trata de una levadura muy hidratada que contiene la misma cantidad de agua que de harina. (Suas, 2008).	Se puede describir como una combinación de agua y harina, que se fermenta de manera natural o involuntaria a través de las bacterias y levaduras presentes en el entorno (King Arthur Baking, 2020).	Es una preparación rápida, elaborada con levadura fresca, harina y agua. (Le cordon bleu, 2022).
Características: ➤ El pan elaborado de este prefermento tiene un sabor muy intenso. ➤ Pan con corteza crujiente ➤ Miga de color crema muy alveolada (Suas, 2008).	Características: ➤ Las bacterias en la masa madre contribuyen a una digestión más efectiva debido a mayor cantidad de lactobacilos y generación de ácido láctico (Balestra et al., 2015). ➤ Facilita la absorción de potasio, magnesio y zinc y retrasa el desarrollo de hongos, permitiendo mayor frescura del pan (PMC, 2023).	Características: ➤ Proporciona al producto resistencia, cuerpo, consistencia, fuerza y esponjosidad ➤ Permite una mejor conservación ➤ Tiene poca duración debido a la cantidad de levadura fresca ya que puede provocar una fermentación excesiva si permanece demasiado tiempo sin usar. ➤ (Le cordon bleu, 2022)

4.7 Masa madre

Su uso se remonta a más de 5,000 años, cuando las civilizaciones egipcias descubrieron que la mezcla de harina y agua, al fermentar, producía panes más esponjosos y sabrosos (Samuel, 1996).

Durante siglos, fue el único método de fermentación en panificación, hasta la aparición de la levadura comercial prensada en el siglo XIX, que permitió procesos más rápidos y estandarizados (Calvel, 2001). Actualmente, con el auge de la panadería artesanal, la masa madre ha recobrado protagonismo gracias a su vínculo con la tradición, la salud digestiva y la calidad sensorial del pan.

Está compuesta por un microbiota complejo: principalmente levaduras salvajes (como *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida milleri*) y bacterias ácido-lácticas (como *Lactobacillus sanfranciscensis*).

Existen dos tipos principales:

- Masa madre líquida (mayor hidratación, fermentación más rápida, sabor más ácido).
- Masa madre sólida (menor hidratación, fermentación lenta, sabor más suave).

Requiere un cuidado continuo, alimentándola con harina y agua para mantener su actividad. Su perfil sensorial varía según la harina utilizada, el ambiente, el agua y la temperatura (De Vuyst & Neysens, 2005).

Estudios revisados indican que el proceso de fermentación con bacterias lácticas incrementa la biodisponibilidad de minerales como el magnesio, el zinc y el hierro, al reducir anti nutrientes como el ácido fítico (Graça, Lima, Raymundo & Sousa, 2021) y puede además contribuir a un menor índice glucémico, mejor digestibilidad y efecto positivo sobre marcadores de inflamación (D'Amico, Gänzle & Brouns, 2023).

Por ejemplo, las transformaciones químicas y estructurales del almidón y las proteínas durante la fermentación de masa madre mejoran la digestión y podrían facilitar una mejor absorción intestinal (Exploring the Nutritional Impact of Sourdough Fermentation, 2023).

El interés por la masa madre ha resurgido no solo en la panadería artesanal, sino también en la investigación científica, donde se estudia su papel en la salud intestinal, su potencial probiótico y su capacidad de mejorar la calidad nutricional del pan (De Vuyst & Neysens, 2005).

En la figura 2 se muestra un esquema de cómo actúa la masa madre en la masa de pan

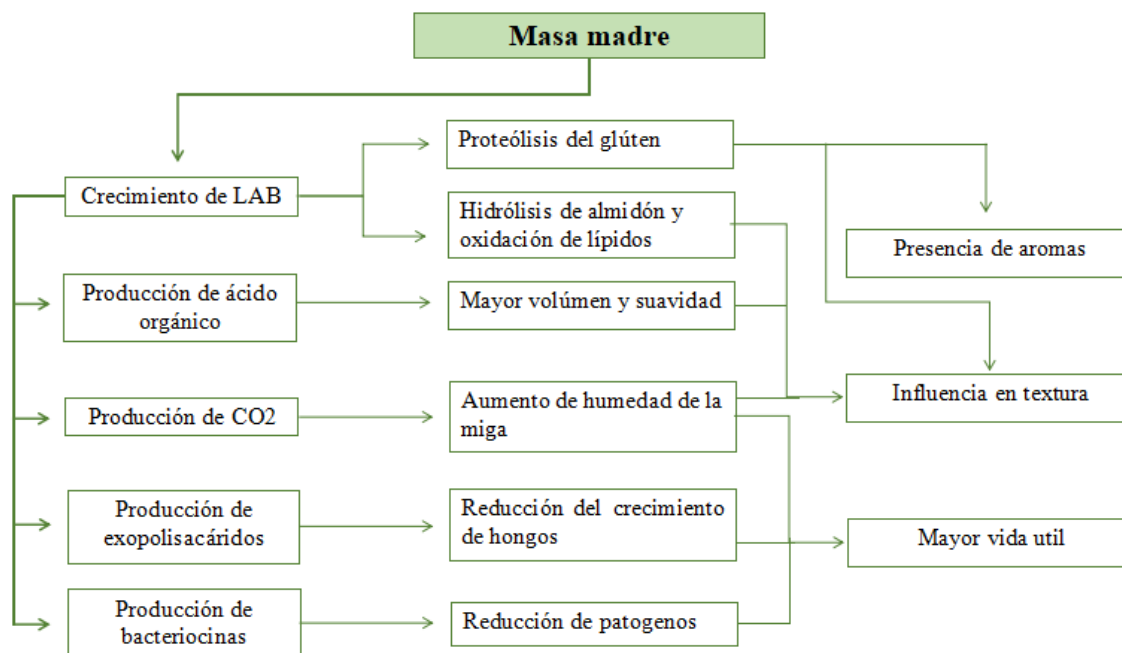


Figura 2: Cambios que la masa madre produce en la masa de pan

4.8 Las frutas y su fermentación

La fermentación alcohólica de frutas se basa en la actividad de levaduras que metabolizan los azúcares presentes (glucosa, fructosa) para producir etanol y dióxido de carbono, proceso fundamental en la elaboración de bebidas como vinos y licores de frutas (The Role of Yeasts in Fermentation Processes, 2021). Durante esta fermentación, no solo se genera alcohol, sino también una amplia gama de compuestos secundarios volátiles — como ésteres, ácidos, cetonas y aldehídos — que aportan características sensoriales distintivas (Fleet, 1998).

4.9 Durazno

El durazno (*Prunus pérsica*) es un fruto tipo drupa proveniente de un árbol que alcanza alrededor de 4 m de altura. Sus hojas son alargadas y delgadas, y sus flores poseen cinco pétalos que pueden variar desde blanco hasta tonos rojizos. Pertenece al género *Prunus*, el cual incluye árboles frutales que producen drupas con una sola semilla endurecida en su interior, como la cereza, la ciruela, el albaricoque y la almendra (Hussain et al., 2021).

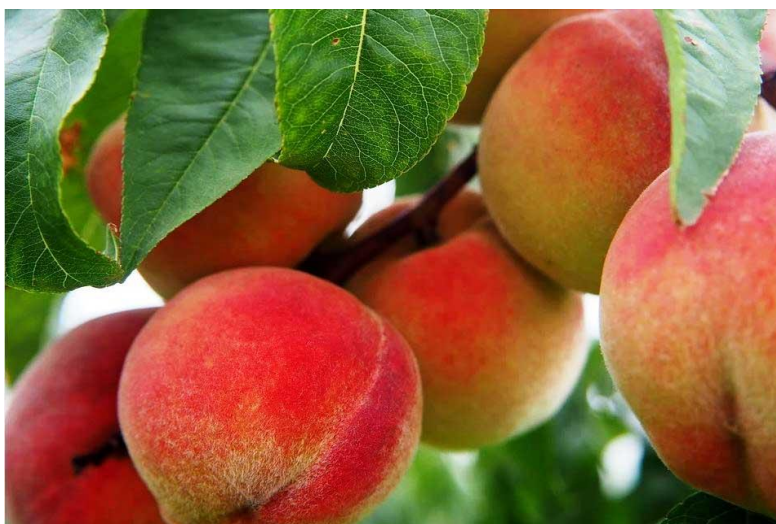


Figura 3: Planta de durazno. Tomado de Agricultura general, (2024).

4.9.1 Taxonomía

El durazno (*Prunus persica*) es una especie frutal perteneciente al Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Rosales, Familia Rosaceae y Género *Prunus* (FAO, 2022). Se considera originario de China, desde donde se dispersó hacia Asia Central y posteriormente a Europa (Wu et al., 2019).

4.9.2 Características

Entre sus características morfológicas, el fruto presenta una forma ovoide a ligeramente achatada, con piel fina que puede ser glabra o con vello, confiriéndole una textura aterciopelada. Su color externo oscila entre amarillo y anaranjado con matices rojizos según la variedad, además de una pulpa jugosa de sabor dulce-ácido (CABI, 2020).

4.9.3 Microorganismos nativos del durazno

Los frutos de durazno albergan comunidades microbianas diversas, tanto bacterianas como fúngicas, que cambian dinámicamente a lo largo de su desarrollo y que pueden influir en su sanidad, calidad y destino de procesamiento. Por ejemplo, estudios de metagenómica en duraznos momificados encontraron bacterias del filo Proteobacteria (como *Frateuria aurantia*, *Neoasaia chiangmaiensis*, *Robbsia andropogonis* y *Ewingella americana*) junto con hongos dominantes como *Monilinia fructigena*, *Sclerotinia borealis*, *S. sclerotiorum* y *Botrytis cinerea* (Jo, Back, Choi & Cho, 2020).

Asimismo, en la superficie del fruto se ha documentado que la diversidad fúngica disminuye a medida que el fruto madura, aunque algunas especies potencialmente patógenas se establecen en etapas tempranas sin necesariamente causar síntomas. Estas comunidades microbianas pueden actuar como reservorios de patógenos o contribuir a la generación de metabolitos volátiles y transformaciones bioquímicas del fruto, lo que resulta muy relevante cuando dichos frutos se emplean en fermentaciones previas o en la elaboración de productos de panificación con adición de fermentos de fruta (Öncel et al., 2025).

4.9.4 Composición Nutricional

El durazno es una fruta jugosa y nutritiva que destaca por su bajo contenido calórico y su riqueza en vitaminas, minerales y compuestos bioactivos (Mihaylova et al., 2021).

En tabla 2 se muestra la composición nutricional del durazno

Tabla 2: Composición nutricional del Durazno

Componente	Cantidad
Energía	42 kcal
Agua	88.3 g
Proteína	0.91 g
Lípidos totales	0.27 g
Carbohidratos	10.1
Fibra dietética total	1.5g
Azúcares	8.39 g
Calcio	4 g
Hierro	0.34 mg
Magnesio	8 mg
Fosforo	22 mg
Potasio	122 mg
Sodio	13 mg
Zinc	0.23 mg
Vitamina C	4.1 mg

(U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2018)

4.9.5 Beneficios

Los duraznos contienen una variedad de compuestos bioactivos, entre los cuales destacan los fenoles, carotenoides, así como ácidos orgánicos y volátiles. Entre los fenoles más prevalentes que se encuentran en esta fruta se incluyen la quercetina, las catequinas y los derivados de la cianidina (Song, 2020).

Todos estos compuestos son conocidos por sus fuertes propiedades antioxidantes, junto con características antiinflamatorias y antimicrobianas, lo que contribuye a la protección del organismo frente al daño celular que puede ser provocado por los radicales libres, incluyendo condiciones degenerativas y trastornos asociados al envejecimiento (Bento, 2020).

Los extractos de durazno han demostrado ser eficaces para reducir la grasa abdominal, los triglicéridos y el colesterol total, ayudando a tratar y prevenir trastornos metabólicos, como la obesidad y las enfermedades cardíacas (Song, 2020).

4.10 Uva

El cultivo de la uva, también conocido como vid, es el más extenso en la producción de frutas a nivel mundial, ya que de esta planta se elabora el vino. La uva se presenta como un arbusto trepador que puede alcanzar alturas de hasta 30 metros si no se realiza la poda; sin embargo, en los viñedos, generalmente se mantiene a una altura máxima de 2 metros. Sus hojas son relativamente grandes, con dimensiones que oscilan entre los 15 y 20 centímetros y presentan hendiduras en ambos lados. La domesticación de la uva se inició entre hace 6. 000 y 8. 000 años en la región del Cercano Oriente. (Hidalgo, 2016)



Figura 4: Planta de uva (Martínez, 2025)

4.10.1 Taxonomía

La uva (*Vitis vinifera*) es una especie frutal perteneciente al Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Vitales, Familia Vitaceae, Género Vitis y Especie V. vinifera (FAO, 2021).

4.10.2 Características

La uva (*Vitis vinifera*) es una baya redonda o elipsoidal, carnosa y jugosa, que crece agrupada en racimos. Su cáscara es delgada pero resistente, presentando colores que van desde verde y amarillo hasta tonalidades rojizas y púrpuras según la variedad. El fruto contiene de una a cuatro semillas de forma piriforme u ovoide, y se caracteriza por un aroma agradable y un sabor dulce-ácido apreciado en su consumo fresco y procesado (Delgado-Martínez et al., 2020).

4.10.3 Microorganismos nativos de la uva

Las bayas de uva albergan una comunidad microbiana diversa y compleja que incluye levaduras, bacterias y hongos filamentosos, la cual influye tanto en la fermentación alcohólica como en el perfil sensorial del producto final (Barata et al., 2012; Liu et al., 2022). Estudios metagenómicos han revelado que dichas comunidades microbianas evolucionan durante la maduración del fruto y el proceso de vinificación, donde especies del género *Saccharomyces cerevisiae*, junto a otras levaduras no-*Saccharomyces* como *Hanseniaspora spp.*, dominan la fase alcohólica gracias a su tolerancia al etanol y su capacidad de metabolizar azúcares de uva (Watanabe et al., 2023). Además, las bacterias acéticas y lácticas presentes en la superficie de la fruta, como *Acetobacter spp.* y *Lactobacillus spp.*, pueden afectar tanto el desarrollo del fermento como su estabilidad, por lo que entender estas poblaciones resulta clave para el diseño de fermentos frutales destinados a panificación u otros usos biotecnológicos (Spano & Torriani, 2017).

4.10.4 Composición Nutricional

La uva es una fruta jugosa que se caracteriza por su elevado contenido de agua y carbohidratos, siendo una importante fuente de compuestos bioactivos como los polifenoles, los cuales le otorgan propiedades antioxidantes relevantes para su consumo y aprovechamiento industrial (Ciacci et al., 2021).

En tabla 3 se muestra la composición nutricional del durazno.

Tabla 3: Composición nutricional de la uva

Componente	Cantidad
Energía	69 kcal
Agua	82.4 g
Proteína	0.6 g
Carbohidratos	16.1 g
Azucares	15,48 g
Calcio	17 mg
Hierro	0.4 mg
Magnesio	10 mg
Fosforo	22 mg
Potasio	250 mg
Sodio	2 mg
Zinc	0.1 mg
Vitamina C	4 mg

(Fundación Española de la Nutrición, 2013)

4.10.5 Beneficios

Las uvas son ricas en una diversidad de sustancias antioxidantes, pectina y taninos que refuerzan el sistema inmunitario, desempeñando una función crucial en la aglutinación de proteínas para resguardar el organismo de microorganismos patógenos (Velez, 2012; Sabra, 2021).

El resveratrol, un antioxidante abundante en la piel de las uvas de color morado intenso, beneficia la salud del cerebro, del corazón y del sistema inmunológico. Gracias a sus efectos confirmados contra el envejecimiento, este compuesto se ha convertido en un ingrediente deseado en la cosmética facial. Por su parte, las antocianinas son taninos que no solo otorgan a las uvas moradas su color profundo, sino que también ayudan a proteger el cuerpo de los estragos causados por los radicales libres, colaborando en la disminución de la inflamación y en la prevención de enfermedades degenerativas (Velez, 2012; Sabra, 2021). Además, las uvas contienen salicilatos, compuestos similares a los que se utilizan en la elaboración de la aspirina, los cuales poseen propiedades anticoagulantes y podrían ayudar a disminuir el riesgo de formación de coágulos sanguíneos. (Velez, 2012; Sabra, 2021).

4.11 Análisis de Imagen

La caracterización física de los alimentos provee información relevante y crucial para la industria alimentaria, sin embargo, las técnicas tradicionales e instrumentales representan un costo alto, no obstante, los sistemas de visión por computadora desempeñan un papel importante en la industria alimentaria, debido a la obtención de datos que describen el color o la textura de los alimentos mediante el uso del análisis de imágenes. Estas tecnologías avanzadas, que incluyen procesamiento de imágenes, permiten analizar y evaluar las propiedades de los alimentos, mejorando la eficiencia y precisión en diversas etapas de los procesos de transformación de los alimentos (Galvan, 2023).

El análisis de imágenes ha sido una herramienta importante para la clasificación, detección e inspección durante toda la cadena de producción alimentaria. Con el uso del análisis de imágenes, muchas características como la textura, forma, color, tamaño y defectos pueden ser analizados objetivamente (Pasato y Fuentes, 2021).

El análisis de imágenes se encarga de la extracción de mediciones, datos o información contenida en una imagen. Incluye aquellas técnicas cuyo principal objetivo es facilitar la búsqueda e interpretación de la información contenida en ellas (González, 2021).

4.11.1 Características colorimétricas

El color es una característica de calidad crucial, ya que es el primer aspecto que perciben los consumidores. La percepción del color puede determinar la aceptación o el rechazo de un producto, así como su valor (Goñi, 2015).

El color de los alimentos y de diversos materiales sólidos y semisólidos se representa tradicionalmente utilizando el espacio de color CIELAB (o CIE 1976 Lab^{*}). Este estándar internacional de medición de color fue adoptado por la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) en 1976. En esta representación de color, L^{*} indica la luminosidad de un objeto, a^{*} señala la variación del verde al rojo, y b^{*} muestra la variación del azul al amarillo (Figura 5) (Goñi, 2015).

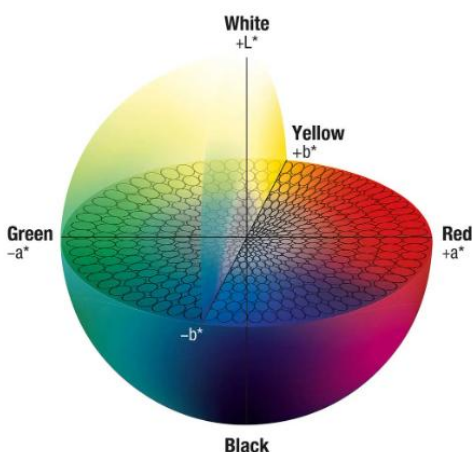


Figura 5: Espacio de color CIELab. Tomado de López, (2024).

4.11.2 Índice de oscurecimiento IO

El índice de oscurecimiento determina cuanto se ha ennegrecido la corteza de un producto de panificación después del horneado. Desde el punto de vista sensorial estos valores de oscurecimiento en la corteza del pan son deseables, ya que reflejan una buena percepción ante el consumidor, sin embargo, también están relacionado con el efecto en el calor en el pan y la producción de hidroximetilfurfural (HMF), el cual es dañino para la salud humana, tipificado como un compuesto carcinogénico, de tal manera que a menor valor del índice de oscurecimiento la muestra es más clara y se relaciona con menor contenido de HMF, (Velez et al.,2022).

4.11.3 Diferencia de color ΔE

Delta E (ΔE) es una métrica que mide la diferencia entre dos colores, representando la distancia entre ellos en un espacio de color CieLab*. Un valor ΔE bajo indica que los colores son muy similares y la diferencia es casi imperceptible para el ojo humano, mientras que un valor alto significa que los colores son notablemente distintos.

La fórmula de delta e sirve para establecer la diferencia mínima que el ojo humano promedio es capaz de distinguir entre 2 colores. En esta medida, uno de los colores representa el color de muestra y el segundo representa el color de referencia (Guzmán, 2022).

4.11.4 Índice de blancura (IW)

El índice de blancura (IW, por sus siglas en ingles), o *whiteness index*, es una medida utilizada en la industria alimentaria para cuantificar el grado de blancura de un producto. Se usa principalmente en alimentos que se espera que sean blancos o casi blancos, como las harinas, el azúcar, la leche en polvo, los cereales, las migas de los panes y los productos de arroz. Un valor más alto en el índice de blancura indica un producto más blanco, mientras que un valor más bajo puede sugerir un tono más amarillento, grisáceo o cremoso (Hirschler, 2012).

5 JUSTIFICACION

La presente investigación se fundamenta en la búsqueda de alternativas más naturales, sostenibles y funcionales para la elaboración de fermentos en panificación, enfocándose en el uso de frutas (por ejemplo, uva y durazno) como materia prima para fermentación espontánea dirigida a la producción de pan tipo baguette. Aunque la levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) es ampliamente utilizada por su rapidez y predictibilidad, los prefermentos elaborados a partir de frutas ofrecen ventajas diferenciales al aportar microorganismos nativos, azúcares fermentables y compuestos bioactivos que favorecen el desarrollo de fermentaciones más complejas y con perfiles sensoriales enriquecidos.

En este trabajo se consideró además la realización de una prueba sensorial con tres muestras de baguette elaboradas con distintos tipos de prefermento, lo que permitió evaluar y comparar las características organolépticas de los productos finales. Este análisis proporcionó evidencia práctica sobre la aceptación y preferencia del consumidor, así como sobre la influencia directa que tienen los fermentos frutales en el aroma, sabor, textura y apariencia del pan. Con ello, se fortalece la relevancia del estudio al no solo abordar parámetros técnicos de fermentación, sino también validar el impacto de esta innovación en la experiencia del consumidor.

Asimismo, la utilización de frutas como base para la fermentación contribuye a diversificar las técnicas de panificación, a reducir la dependencia de insumos industrializados y a generar productos más saludables, alineados con las tendencias actuales de consumo responsable y natural. De esta forma, la investigación tiene un doble alcance: por un lado, aporta información académica valiosa sobre el comportamiento de fermentaciones espontáneas; y por otro, ofrece a panaderos, emprendedores y a la industria alimentaria una alternativa viable, sostenible y diferenciada para la elaboración de pan tipo baguette.

6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 Objetivo general

- Elaborar un pan tipo baguette utilizando fermentos de frutas mediante la fermentación espontánea para caracterizarlo de forma física, sensorial y por medio de análisis de imagen.

6.2 Objetivos específicos

- Seleccionar las frutas (uva y durazno) con base en sus características organolépticas para la obtención de fermentos destinados a panificación.
- Determinar los tiempos, temperaturas y cantidades óptimas para la elaboración de los fermentos frutales.
- Desarrollar masa madre utilizando los fermentos obtenidos de uva y durazno como agente principal de fermentación.
- Formular y elaborar pan tipo baguette empleando la masa madre elaborada con los fermentos de frutas.
- Evaluar las características sensoriales y de imagen del pan tipo baguette producido con prefermentos de uva y durazno mediante un panel de consumidores.

7 METODOLOGIA

La metodología de la presente investigación se estructuró en tres etapas principales (Figura 6) con el objetivo de desarrollar pan tipo baguette utilizando fermentos naturales obtenidos a partir de fruta.

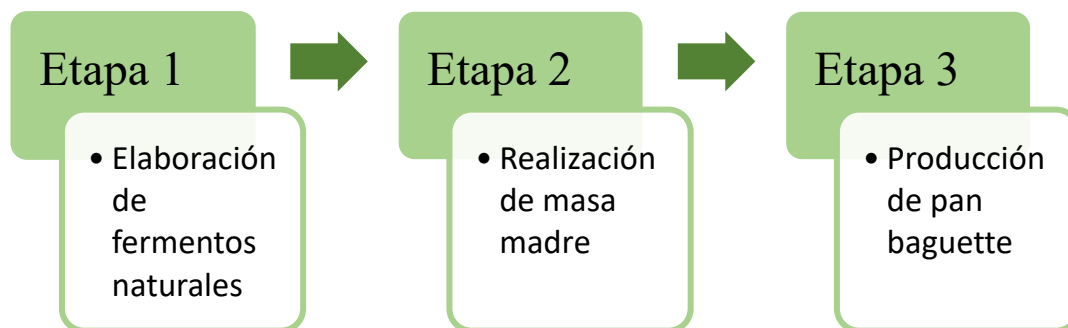


Figura 6: Etapas de la investigación

7.1 Elaboración de fermento de uva y durazno

La selección de las frutas es clave para asegurar fermentos de calidad en la producción de panificación, por lo que se establecieron criterios específicos tales como: asegurar tonalidades uniformes y maduras, textura firme al tacto, piel íntegra sin golpes ni moho, y peso adecuado para indicar jugosidad. Estas condiciones permiten garantizar la frescura, madurez y calidad de las frutas para el proceso de fermentación (Di Cagno et al., 2024).

Materiales

- Frasco hermético de vidrio con una capacidad de 500 ml, 2 unidades.
- Bascula digital marca Rhino con capacidad máxima 5 kg

Insumos

- Agua 350 mililitros
- Uva 110 gramos
- Durazno 110 gramos

Proceso de elaboración

Para la elaboración de los fermentos se utilizaron dos frascos herméticos, los cuales fueron previamente esterilizados. El procedimiento de esterilización consistió en un lavado inicial con agua y jabón, seguido de la colocación de los frascos, junto con sus tapas, en posición invertida dentro de una olla. Posteriormente, la olla se llenó con agua hasta cubrir completamente los frascos y las tapas, y se llevó a ebullición (92-94 °C) durante aproximadamente 10 minutos. Finalmente, los frascos se retiraron de la olla y se dejaron secar boca arriba sobre un paño limpio hasta eliminar toda la humedad.

Una vez esterilizados los recipientes, se añadieron 110 g de uva a uno de los frascos y 110 g de durazno al frasco restante. Posteriormente, en cada uno se incorporaron 350 ml de agua purificada y se cerraron herméticamente. Ambas muestras fueron sometidas a un proceso de fermentación durante un periodo de tres días, manteniéndose a una temperatura controlada entre 20 °C y 25 °C.

Este proceso se realizó a partir de la información obtenida de (Ruiz, 2020)

7.1.1 Prueba de Ph y grados brix

Reactivos y materiales

- Soluciones amortiguadoras de pH 4, 7 y 10 (grado analítico).
- Vasos de precipitados.
- Agitador de vidrio.
- Termómetro.
- Balanza analítica con sensibilidad de ± 0.1 g.
- Potenciómetro con sus electrodos correspondientes, previamente calibrado con soluciones reguladoras.

Preparación de las muestras

Los fermentos de frutas, de consistencia líquida, fueron homogenizados cuidadosamente mediante agitación manual hasta lograr uniformidad. Posteriormente, se ajustó la temperatura de las muestras a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ antes de proceder con la determinación de pH.

Procedimiento

1. Calibrar el potenciómetro con las soluciones reguladoras de pH 4, 7 y 10.
2. Tomar una alícuota representativa del fermento homogenizado.
3. Introducir los electrodos en la muestra asegurando su inmersión adecuada.
4. Registrar la lectura del pH directamente de la escala del potenciómetro.

Información obtenida de la norma mexicana “Determinación de pH en Alimentos” NMX-F-317-S-1978.

7.2 Elaboración de prefermento (Masa Madre de uva y durazno)

En esta etapa se desarrollaron dos masas madre a partir de los fermentos realizados de la uva y el durazno.

Materiales

- Frasco hermético de vidrio con una capacidad de 250 ml, 2 unidades.
- Bascula digital marca Rhino con capacidad máxima 5 kg
- Cuchara de acero inoxidable

Insumos

- Agua fermentada de uva 60 mililitros
- Agua fermentada de durazno 60 mililitros
- Harina de fuerza 11 - 13 gr de proteína 60 gramos

Proceso de elaboración

En un recipiente hermético previamente esterilizado (como se mencionó en el apartado 7.1) se incorporó la misma cantidad de agua fermentada de fruta y harina, hasta obtener una mezcla homogénea y consistente, con una textura similar a la de una papilla. Posteriormente, el frasco se cerró de tal forma que quedara completamente sellado y se dejó reposar durante 24 horas a una temperatura controlada entre 20 °C y 25 °C.

Transcurrido el primer periodo de reposo, se añadió nuevamente la misma cantidad de harina y agua fermentada de fruta que en la primera etapa. La mezcla se homogenizó con la ayuda de una cuchara y se dejó reposar otras 24 horas bajo las mismas condiciones de temperatura.

Pasadas 24 horas, se extrajeron de dos a tres cucharadas de la mezcla. Posteriormente, se incorporó nuevamente la misma cantidad de harina (60 gr) y por último el agua fermentada fue sustituida por agua purificada en la misma proporción (60 ml). La preparación se dejó reposar de 6 a 8 horas aproximadamente. Pasado el tiempo se puede utilizar la masa madre.

Este proceso está basado en la información de (Ferrer, 2022) con cambios en el gramaje y el tiempo.

7.2.1 Prueba de flotabilidad

Se realizó una prueba de flotabilidad la cual consiste en colocar una cucharada (15-25 gr) de masa madre en un vaso con agua; si flota en la superficie, indica que está activa y llena de burbujas de aire, lo que significa que es un buen momento para usarla. Si se hunde o no flota hasta la superficie, aún necesita más tiempo para fermentar y desarrollar su actividad. Esta prueba se realizó en base a Laccarino, 2024.

7.3 Elaboración de pan baguette

La última etapa consta en elaborar 3 distintos baguettes, incorporando las dos masas madre de frutas y levadura comercial.

Materiales

- Bascula digital marca Rhino con capacidad máxima 5 kg
- Bowls de acero inoxidable, 24 cm de diámetro (3 unidades)
- Bowls de acero inoxidable pequeño
- Cuchara de acero inoxidable (3 unidades)
- Brocha de silicón para cocina
- Vaso medidor de vidrio con capacidad de 500 ml
- Batidora kitchenaid con capacidad de 6.6 L
- Papel estrella
- Vitafilm grado alimenticio
- Horno eléctrico marca Ninja XL Pro

Insumos

Pan baguette con levadura

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| • Harina 540 gramos | • Azúcar 30 gramos |
| • Agua tibia 320 mililitros | • Sal 10 gramos |
| • Levadura seca 12 gramos | • Huevo 1 unidad (Para barnizar) |

Pan baguette con masa madre de frutas (Uva y durazno)

- Harina 521 gramos
- Agua 348 mililitros
- Masa madre 116 gramos
- Sal 14 gramos
- Huevo 1 unidad (Para barnizar)

Proceso de elaboración

Pan baguette con masa madre de durazno y fruta (Anexo 1).

1. Mezclar la masa madre con el agua hasta obtener un líquido homogéneo
2. Añadir el paso anterior a la harina, mezclar y formar una masa uniforme, reposar 20 min y agregar la sal.
3. Realizar 2 pliegues con 15 minutos entre uno y otro.
4. Dejar reposar 24 minutos a una temperatura de 20 a 25 °C
5. Dividir la masa en 4 porciones de 250 gr y bolear, dejar reposar 15 min a temperatura ambiente.
6. Formar el baguette, ya formado dejar fermentar por 35 minutos a 40°C
7. Con los baguettes ya fermentados, barnizar con huevo y hornear por 30 minutos a 230 °C
8. Dejar enfriar los baguettes a temperatura ambiente (20 - 25 °C) por 20 min.

Se elaboro también un pan baguette con levadura convencional, esto para hacer una comparación del pan de masa madre con futas y uno tradicional.

En la figura 7 se muestra el proceso de elaboración del pan con masa madre de frutas.

Figura 7: Proceso de elaboración del pan baguette con masa madre de frutas



7.4 Análisis de imagen

La caracterización física de la miga y de la corteza de los baguettes se llevó a cabo mediante el análisis de imágenes en RGB (Red, Green and Blue) en formato TIFF (Tagged Image File Format, por sus siglas en inglés) utilizando un Sistema de Visión por Computadora, con iluminación rectangular, similar al utilizado por Baima y Ribotta (2019). Equipado con una cámara CANON (Rebel T7i. EOS 800D, Japón) mediante el programa de captura remota EOS Utility. El preprocesamiento consistió en guardar las imágenes en formato TIFF, en este formato no se realiza ninguna compresión de la imagen, respetando su tamaño y la información de todos los píxeles (Kumar N., 2020).

7.4.1 Procesamiento y segmentación

El procesamiento de las imágenes se realizó mediante el programa Image J 1.53a (National Institutes of Health, USA) y consistió en extraer de la imagen de la baguette completa una región de interés ROI (region of interest, por sus siglas en inglés) de 5128 x 1008 píxeles. Cada ROI fue etiquetada y guardada en formato TIFF, tal como lo menciona (Kumar, 2020).

En la Figura 8 se muestran la ROI extraída de la corteza del pan baguette. Cabe señalar, que se extrajo el mismo tamaño de ROI's para todas las muestras.



Figura 8: Región de interés (ROI) de la corteza del pan baguette de masa madre (5128 x 1008 píxeles)

La extracción de las ROI's, para la caracterización de las migas se ejemplifica en la Figura 9.



Figura 9: Región de interés (ROI) de la miga del pan baguette de masa madre (5128 x 1008 pixeles)

7.4.2 Extracción de parámetros

Los parámetros colorimétricos extraídos mediante el programa Image J de cada ROI fueron los canales de color L^* , a^* y b^* del espacio CIELAB, una vez obtenidas las imágenes de cada canal fueron guardadas con su respectivo código y almacenadas en formato TIFF (Kumar, 2020). En la Figura 10 se muestra el proceso para la extracción de parámetros colorimétricos

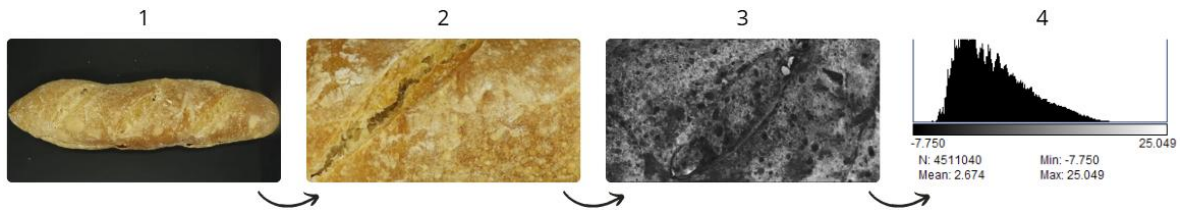


Figura 10: Extracción de parámetros colorimétricos: 1) Imagen RGB en el baguette de durazno, 2) ROI de la baguette en RGB, 3) ROI de la baguette en el canal a^* y 4) Histograma de color

La Diferencia de Color, el Índice de Oscurecimiento y el índice de Blancura se calcularon mediante las ecuaciones 1, 2 y 3 respectivamente (Velez et al., 2022).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Eq.1}$$

Donde:

ΔE = Diferencia de Color

$$\Delta L = (L^* - L_0^*)^2$$

$$\Delta a^* = (a^* - a_0^*)^2$$

$$\Delta b^* = (b^* - b_0^*)^2$$

Siendo L_0^* , a_0^* y b_0^* los parámetros de color de la muestra control. Y L^* , a^* y b^* son los parámetros de color de la muestra problema.

$$IO = \text{Índice de Oscurecimiento} \quad \text{Eq. 2}$$

Donde:

$$IO = 100 - L^*$$

L^* = Parámetro de luminosidad de cada muestra

$$IW = \text{índice de Blancura} \quad \text{Eq. 3}$$

Donde:

$$IW = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

L^* = Parámetro de luminosidad de cada muestra

a^* = Parámetro de color del verde al rojo

b^* = Parámetro de color del azul al amarillo

En la tabla 4 se muestran el total de las imágenes analizadas para la caracterización colorimétrica de las costras de las muestras de pan baguette de diferentes masas madre y la muestra leudada con levadura.

Tabla 4: Total de imágenes que se utilizaron para la caracterización de colorimétrica de las costras del pan baguette en los diversos tratamientos.

Tratamientos	Total de ROI's	Imágenes obtenidas de L*,a* y b*	Total de imágenes
Control	5	3	15
Durazno	5	3	15
Uva	5	3	15
Total de imágenes para la extracción de los valores de L*, a* y b*			45

Un total de 90 imágenes fueron utilizadas para la caracterización colorimétrica de las migas de los panes baguettes en los tratamientos propuestos (Tabla 5)

Tabla 5: Total de imágenes que se utilizaron para la caracterización de colorimétrica de las migas del pan baguette en los diversos tratamientos.

Tratamientos	Total de ROI's	Imágenes obtenidas de L*,a* y b*	Total de imágenes
Control	10	3	30
Durazno	10	3	30
Uva	10	3	30
Total de imágenes para la extracción de los valores de L*,a* y b*			90

Se analizaron un total de 135 imágenes para la caracterización colorimétrica de las costras y migas de los panes baguettes en sus diversos tratamientos.

7.5 Evaluación sensorial mediante una prueba sensorial afectiva

Esta evaluación sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de evaluación sensorial de la Licenciatura en Gastronomía del Instituto de Ciencias Económico Administrativas (ICEA) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH).

Se realizó una prueba sensorial afectiva con el fin de evaluar diversas muestras de pan baguette utilizando un panel de 40 estudiantes de gastronomía. Se analizaron los siguientes aspectos: olor, color de corteza, color de miga, sabor, textura y aceptación general.

Las muestras fueron presentadas en el laboratorio de enología ya que este cuenta con la iluminación adecuada, temperatura y sin ruidos para poder realizar un análisis sensorial de manera efectiva. Se presentaron 30 gr de cada muestra, en un envase de plástico al que se le asignó un código aleatorio de tres dígitos por muestra, tal como se muestra en la (Figura 11).

Códigos de las muestras

- 196 - Durazno
- 282 - Uva
- 975 – Levadura



Figura 11. Muestras del pan baguette con sus respectivos códigos

Los estudiantes seleccionados para esta prueba fueron elegidos en base a su experiencia y conocimientos en análisis sensorial y panadería garantizando así un expertise adecuado para la evaluación (Figura 12).

La ficha de cata utilizada (Anexo 2) fue diseñada en base al nivel de agrado de las muestras tomando en cuenta los siguientes parámetros.

- ✓ Me gusta mucho
- ✓ Me gusta
- ✓ Ni me gusta ni me disgusta
- ✓ No me gusta
- ✓ Me disgusta mucho

En la segunda sección de la evaluación se calificó de manera descendente cada muestra de pan tomando en cuenta los aspectos anteriores y la preferencia del estudiante. Información tomada de (Severiano, 2019).

Los panelistas realizaron la evaluación de izquierda a derecha.



Figura 12. Panelistas realizando la evaluación sensorial de las baguettes

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Ph

El pH es un indicador de la actividad fermentativa en los fermentos. En este caso, el fermento de uva presentó un pH promedio de 4.27, mientras que el de durazno fue menor, con 3.62. Esta diferencia refleja una mayor acidificación en el fermento de durazno, relacionada con una fermentación más activa y la producción de compuestos ácidos durante el proceso. (Mengesha, 2022).

En la tabla 6 se muestran los Ph de los fermentos de uva y durazno

Tabla 6: Ph de fermentos de uva y durazno

Fermentos	Promedio	Desviación Estándar
Uva	4.27	±0.11
Durazno	3.62	±0.10

Los valores obtenidos muestran diferencias claras en la evolución fermentativa de los fermentos de uva y durazno. El fermento de durazno presentó un pH promedio de 3.62 (± 0.10), mientras que el de uva fue de 4.27 (± 0.11). Durante la fermentación, es habitual que el pH disminuya de manera progresiva debido a la formación de ácidos orgánicos por levaduras y bacterias, lo cual inhibe el crecimiento de microorganismos indeseables y mejora la estabilidad del fermento (Barrón-Álvarez et al., 2022).

Una mayor acidificación, como la observada en el durazno, puede estar asociada a una actividad metabólica más intensa de bacterias lácticas y levaduras ácido tolerantes (Ngoc et al., 2024).

8.2 Grados brix

Los grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) representan la concentración de sólidos solubles en el jugo de frutas, la mayoría de los cuales son azúcares, y se emplean como indicador clave de madurez, dulzor y calidad del fruto. En este caso, el fermento de uva presentó 16.2 grados brix, mientras que el de durazno fue menor, con 11.3. (Jaywant et al., 2022)

En la tabla 7 se observan los grados brix de cada fruta.

Tabla 7. Grados brix de uva y durazno

Fruta	Grados brix
Uva	16.2
Durazno	11.3

En cuanto al contenido de sólidos solubles, la uva mostró un valor de 16.2 $^{\circ}\text{Bx}$, superior al del durazno (11.3 $^{\circ}\text{Bx}$). Los grados Brix están directamente relacionados con el nivel de azúcares fermentables, por lo que una concentración inicial mayor favorece una fermentación más activa y prolongada, ya que las levaduras disponen de más sustrato para generar etanol y CO_2 durante el periodo fermentativo (Mbogo et al., 2023). Por ello, se espera que los fermentos elaborados a partir de uva expresen mayor capacidad fermentativa y, en panificación, puedan contribuir a un mejor volumen y estructura de la miga.

En conjunto, los resultados confirman que las características iniciales de cada fruta influyen directamente en el comportamiento del fermento. Mientras que el durazno genera un medio más ácido, la uva provee un entorno energético más favorable para la fermentación. Estas diferencias pueden impactar el desempeño tecnológico de la masa madre y las propiedades finales del pan, por lo que es necesario considerar el tipo de fruta al optimizar tiempos y condiciones de fermentación en productos panificados.

8.3 Masa Madre de Uva y Durazno

En el proceso, las masas madre elaboradas a partir de fermentos de uva y durazno alcanzaron una serie de características que evidenciaron su madurez y aptitud para la panificación como se presenta en la figura 13 y 14.



Figura 13. Masa madre de durazno



Figura 14. Masa madre de uva

El aumento de volumen se atribuye a la liberación de dióxido de carbono durante el metabolismo de los azúcares disponibles, lo cual genera una estructura esponjosa y elástica que facilita la retención de gases en el proceso panificador. De manera complementaria, el desarrollo de aromas ácidos, con matices frutales y lácticos, constituye un indicador sensorial de la actividad microbiana equilibrada y del establecimiento de un consorcio estable de microorganismos (Zhang et al., 2021).

Asimismo, estudios recientes han demostrado que las masas madre maduras presentan comunidades microbianas menos diversas que en etapas iniciales, pero más especializadas y eficientes en la producción de metabolitos de interés, lo que favorece tanto la calidad sensorial como la funcionalidad tecnológica del pan (De Filippis et al., 2024). Esto coincide con lo observado en las masas madre de uva y durazno, que mostraron estabilidad microbiana al final del proceso de fermentación.

Las masas madre obtenidas a partir de fermentos de frutas se caracterizaron en su etapa final por una adecuada acidez, producción de gases, aroma complejo y textura esponjosa, condiciones que las hacen aptas para su utilización en la elaboración de pan tipo baguette. Estos resultados se alinean con investigaciones recientes, que destacan la importancia de parámetros como el pH, la actividad fermentativa y el perfil aromático como indicadores de madurez y funcionalidad en masas madre naturales.

8.4 Elaboración de Pan Baguette

Durante la elaboración de pan tipo baguette utilizando fermentos de uva y durazno, así como levadura comercial (Anexo 1), se observaron diferencias notorias en el comportamiento de las masas y en el resultado final del producto. En el caso de los fermentos frutales, el proceso de fermentación fue más lento en comparación con el de la levadura comercial, lo que influyó en el desarrollo de la masa. Asimismo, la masa elaborada con levadura mostró una textura más manejable y firme durante el formado de la baguette, mientras que las masas con fermento frutal fueron menos estables y de manipulación más compleja.

Por último, durante el horneado, los panes elaborados con fermentos de uva y durazno presentaron una cocción más rápida y un dorado más pronunciado respecto al pan con levadura comercial.

Durante la elaboración del pan tipo baguette con fermentos de uva, durazno y levadura comercial, se observaron diferencias en la velocidad de fermentación, la manejabilidad de la masa y el dorado de los productos finales. En el caso de los fermentos frutales (uva y durazno) el proceso fermentativo fue más lento que con levadura comercial, lo que coincide con estudios que indican que menores concentraciones de azúcares fermentables y tiempos prolongados de fermentación reducen la actividad gaseosa y afectan la estructura de la masa (Timmermans et al., 2022).

La masa elaborada con levadura comercial fue más manejable durante el formado de la baguette, lo cual puede atribuirse a una fermentación más rápida y eficiente que desarrolló una red de gluten estable antes del horneado. En cambio, las masas con fermentos frutales, al presentar una fermentación más prolongada, probablemente tuvieron una red de gluten menos desarrollada o alterada por mayor actividad ácida, lo cual puede afectar negativamente la firmeza, la extensibilidad y la textura final del pan (The Role of Yeasts in Fermentation Processes, 2021).

Durante el horneado, los panes elaborados con fermentos de uva y durazno cocinaron más rápido y lograron un dorado superior comparado con el pan de levadura comercial, lo cual podría explicarse por la presencia de mayores azúcares reductores y compuestos derivados de fruta que favorecen las reacciones de Maillard y de caramelización en la corteza — efecto también observado cuando se utilizan ingredientes ricos en azúcares libres en masa de panificación (Xie et al., 2022).

8.5 Análisis de Imagen

Los valores promedios obtenidos de la Diferencia de Color (ΔE) y del índice de oscurecimiento (IO) en las cortezas de los baguettes con fermentos de frutas y la muestra control se muestran en la tabla #. Los valores promedio de (ΔE) en la corteza de los diversos fermentos evaluados de los panes baguettes muestran variaciones notables con respecto al baguette control.

Tabla 8: Valor promedio de la Diferencia de color (ΔE) y del Índice de oscurecimiento (IO) para la corteza de las baguettes con fermento de frutas.

MUESTRA	ΔE	IO
CONTROL	-	36.171
DURAZNO	4.858	35.370
UVA	8.840	37.819

La corteza del pan con fermento de jugo de uva presenta el valor más alto de ΔE (8.840), determinando que colorimétricamente es el fermento que difiere más con la corteza de la muestra control (levadura); mientras, que la corteza de la baguette con fermento de durazno exhibió la menor diferencia cromática ($\Delta E=4.858$), con respecto al baguette leudada con levadura. La menor diferencia de color presentada por la corteza con fermento de jugo de durazno coincide con la aceptación sensorial de 31 panelistas de 40 que realizaron la prueba (Ver Figura 16).

Estos resultados indican que la adición de frutas como la uva y el durazno genera modificaciones significativas en el color superficial respecto al pan control. De acuerdo con Olakanmi et al., (2023), los pigmentos naturales presentes en las frutas, como antocianinas y carotenoides, ejercen una influencia directa sobre el tono y la saturación del color, al reaccionar térmicamente durante el horneado y formar compuestos colorantes estables.

El incremento de ΔE en las muestras con frutas puede asociarse con la mayor presencia de compuestos fenólicos y azúcares reductores, que favorecen las reacciones de Maillard y caramelización, responsables del pardeamiento característico en productos de panificación (Adamczyk et al., 2021).

Dichos resultados concuerdan con Maskan (2001), quien menciona que los cambios de color en alimentos horneados dependen del grado de deshidratación y del tiempo de exposición al calor, factores que intensifican el dorado de la superficie.

Por su parte, el Índice de Oscurecimiento (IO) refuerza estas observaciones: la muestra de la baguette del fermento con jugo de uva presenta el valor promedio más alto del índice de oscurecimiento en la corteza (37.819), seguida del control (36.171) y de la baguette con fermento de jugo de durazno (35.370).

El mayor valor de IO en la corteza de la muestra con jugo de uva sugiere un mayor nivel de pigmentación oscura en la corteza, producto de la combinación de azúcares y aminoácidos libres que reaccionan durante el horneado. Sin embargo, este efecto se encuentra estrechamente relacionado con el contenido de antocianinas presentes en la piel de la uva, las cuales se degradan parcialmente y contribuyen a la generación de tonos marrón-rojizos (Martínez et al., 2020).

En cambio, la costra de muestra con fermento con jugo de durazno presenta una tonalidad más clara, atribuible a la composición de carotenoides, que tienden a oxidarse menos intensamente que las antocianinas, manteniendo una coloración amarillenta (Kumar et al., 2020).

En conjunto, los valores obtenidos evidencian que la incorporación de jugos frutas modificó la apariencia visual (Tabla 9) de las costras, aspecto clave para la aceptación del consumidor (Vélez et al., 2022).

Tabla 9: Galería de imágenes de las costras de los baguettes elaborados con los diversos fermentos.

Muestra	Imagen de la costra
Control	
Durazno	
Uva	

En la Tabla 10 se observan los valores promedio de la diferencia de color de las migas de los baguettes elaborados con los fermentos propuestos y el leudado con levadura.

Tabla 10 Valores promedio de la diferencia de color (ΔE) y del Índice de blancura (IW) para las migas de las baguettes con fermento de frutas.

MUESTRA	ΔE	IW
CONTROL	-	51.849
DURAZNO	7.751	47.676
UVA	5.732	48.493

En la miga de la baguette, el comportamiento del color presenta un patrón distinto al observado en la corteza. El índice de blancura (IW) es mayor en la muestra con fermento de levadura (51.849), seguido de la muestra con fermento de jugo de uva (48.493) y, por último, la miga de la baguette con fermento de jugo de durazno (47.676). Este incremento de IW indica que las formulaciones con frutas poseen una miga más oscura y visualmente más atractiva.

El baguette con fermento con jugo de durazno exhibe la miga más oscura, lo que se asocia con la dispersión uniforme de pigmentos carotenoides. Por el contrario, la muestra con fermento de jugo de uva muestra un ligero incremento del IW, probablemente debido a la degradación parcial de antocianinas durante el horneado, fenómeno descrito por Adiamo et al., (2021), quienes señalan que estos pigmentos son termolábiles y tienden a oxidarse con temperaturas de horneado.

La miga más clara fue la de la baguette leudada con levadura comercial, ya que obtuvo un IW de 51.89, esto se debe a que no hay presentes ni carotenoides o antocianinas provenientes de frutos, como el durazno y la uva, coincidiendo con la preferencia de 24 de los 40 panelistas en la evaluación sensorial que se realizó en el presente estudio (ver Tabla 11)

Tabla 11: Galería de imágenes de las migas de los baguettes elaborados con los diversos fermentos.

Muestra	Imagen de la miga
Control	
Durazno	
Uva	

En cuanto a la diferencia total de color (ΔE), los valores más altos se observan en la muestra con durazno (7.751), seguida del pan con uva (5.732), con respecto a la muestra control. Estos resultados sugieren que la adición de frutas modifica significativamente la coloración interna del pan, generando una miga visualmente más intensa y brillante.

Esto coincide con lo señalado por Adamczyk et al., (2021), quienes reportan que la incorporación de ingredientes naturales con pigmentos fenólicos o carotenoides incrementa la heterogeneidad cromática del producto final. En general, la miga más clara y con mayor ΔE en las muestras con frutas puede considerarse un atributo positivo desde el punto de vista sensorial y comercial, al reflejar frescura y naturalidad del producto.

8.6 Evaluación sensorial

Se desarrollaron 3 tipos de pan baguette, dos de ellos se realizaron con adición de fermentos de frutas y otro de forma tradicional, con levadura. Estos productos fueron evaluados por 40 estudiantes con conocimientos en el área de panadería.

En la evaluación de los baguettes se tomaron en cuenta el aroma, la textura y el sabor de los panes, entre otros aspectos.

Muestra 196 Durazno

En la figura 15 se presenta la grafica con los resultados de la prueba.

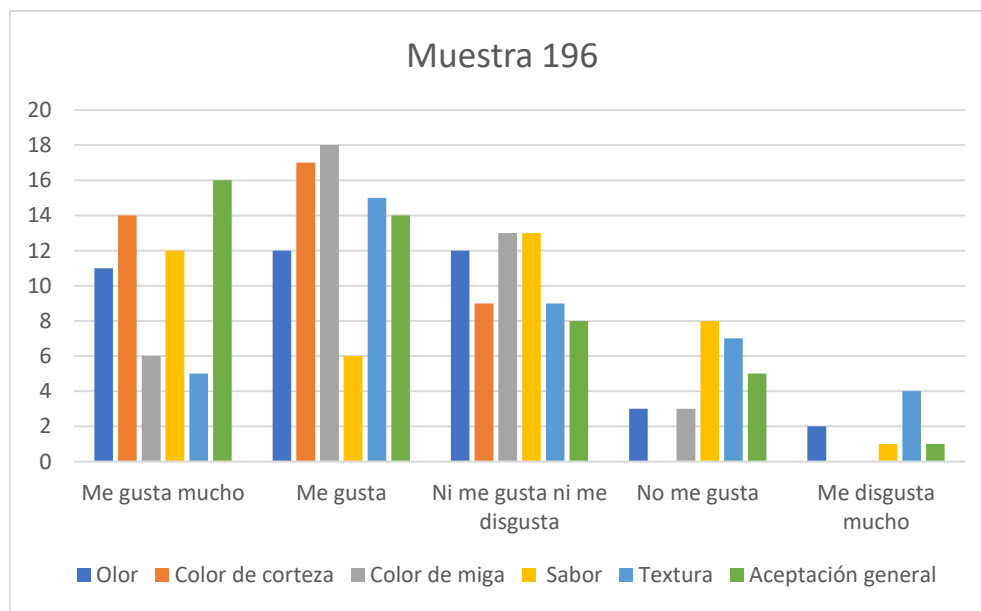


Figura 15: Resultados del pan de durazno

El pan elaborado con fermento de durazno presentó un color de corteza dorado y una miga clara y uniforme, atributos que fueron altamente valorados por los consumidores.

Esto refleja un adecuado proceso de caramelización de azúcares y la formación de la red de gluten durante el horneado. Estudios recientes han demostrado que los fermentos naturales a base de frutas pueden influir positivamente en la coloración del pan, debido a la presencia de azúcares reductores y ácidos orgánicos que interactúan durante la cocción (Poutanen, Flander, & Katina, 2020). La apariencia visual es un factor determinante en la aceptación inicial del producto por los consumidores.

La textura fue percibida como esponjosa y homogénea, con buena elasticidad y retención de gases, características asociadas a una red de gluten bien desarrollada. La inclusión de fermentos de frutas, que contienen tanto levaduras como bacterias ácido-lácticas, contribuye a una mejor estructura de la miga y a una sensación de suavidad en el paladar (Gobbetti, De Angelis, Di Cagno, & Rizzello, 2019). La textura es un atributo crítico, ya que influye directamente en la percepción de frescura y calidad del pan.

El sabor fue generalmente aceptado, con notas ácidas suaves y matices frutales aportados por el fermento de durazno. Esta complejidad sensorial es característica de los panes elaborados con prefermentos de frutas, donde los metabolitos producidos por las bacterias lácticas y las levaduras enriquecen el perfil gustativo (Corsetti & Settanni, 2007). Sin embargo, la novedad del perfil ácido-frutal puede requerir adaptación del consumidor, especialmente en mercados donde prevalece el pan elaborado con levadura comercial.

En el caso del olor, se identificaron áreas de mejora, ya que algunos consumidores percibieron aromas menos familiares y expresaron rechazo. Los compuestos volátiles generados durante la fermentación de frutas, aunque enriquecen el aroma del pan, pueden diferir de los aromas tradicionales a los que están acostumbrados los consumidores mexicanos (Martínez-Anaya, 1996).

A pesar de las observaciones en el olor, la aceptación general fue favorable, aunque un grupo de consumidores se ubicó en la categoría neutra. Este resultado evidencia que la incorporación de frutas en los prefermentos puede generar perfiles sensoriales innovadores, pero distintos a los productos tradicionales.

Estudios previos señalan que la innovación en panificación artesanal con fermentos de frutas puede aportar valor agregado y diferenciación en el mercado, siempre considerando la educación y familiarización del consumidor (Rizzello, De Angelis, & Gobbetti, 2018).

Muestra 282 uva

En la figura 16 se muestra una gráfica respecto a la evaluación sensorial del pan con fermento de uva.

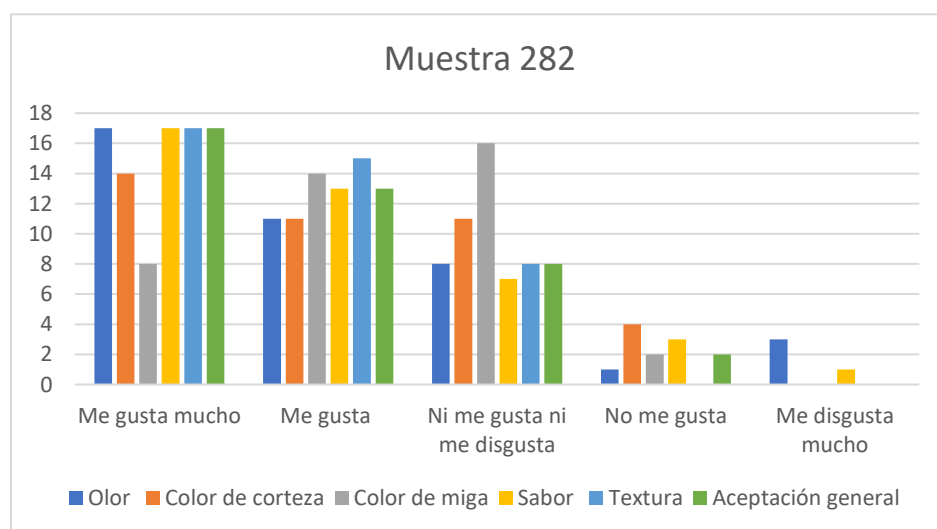


Figura 16. Resultados del pan de uva

El color de corteza y miga también fue bien valorado por los evaluadores. Esto se asocia con reacciones de Maillard más pronunciadas y procesos de caramelización, favorecidos por los azúcares naturalmente presentes en la uva y los generados durante la fermentación.

Estos procesos no solo mejoran la apariencia visual del pan, sino que también aportan notas de sabor características (Gobbetti et al., 2016; Katina et al., 2022).

En el caso de la textura, aunque la mayoría de las evaluaciones fueron positivas, se observó una ligera tendencia hacia la neutralidad.

Esto indica que la estructura de la miga y la suavidad del pan pueden mejorarse con ajustes en parámetros como la hidratación, los tiempos de fermentación o el horneado. De acuerdo con Corsetti y Settanni (2007), estos factores son determinantes en la calidad final del pan y su percepción sensorial.

El pan elaborado con fermento de uva (Muestra 282) destacó en los atributos de olor y sabor, alcanzando la mayor proporción de valoraciones positivas. Este resultado puede explicarse por la formación de compuestos aromáticos como alcoholes, aldehídos y ésteres durante la fermentación con masa madre, los cuales enriquecen el perfil sensorial y diferencian al producto de los panes elaborados con levadura comercial (Pico et al., 2015; Arora et al., 2019).

De manera global, la Muestra 282 obtuvo una alta aceptación, con predominio de respuestas en las categorías “Me gusta” y “Me gusta mucho”. Estos resultados sugieren que el uso de uva en los prefermentos constituye una alternativa innovadora y con potencial comercial, ya que ofrece un producto con mayor complejidad sensorial y atractivo para consumidores interesados en panes artesanales y diferenciados (Gobbetti et al., 2019).

Muestra 975 Levadura

En la figura 17 se muestra una gráfica respecto a la evaluación sensorial del pan hecho con levadura.

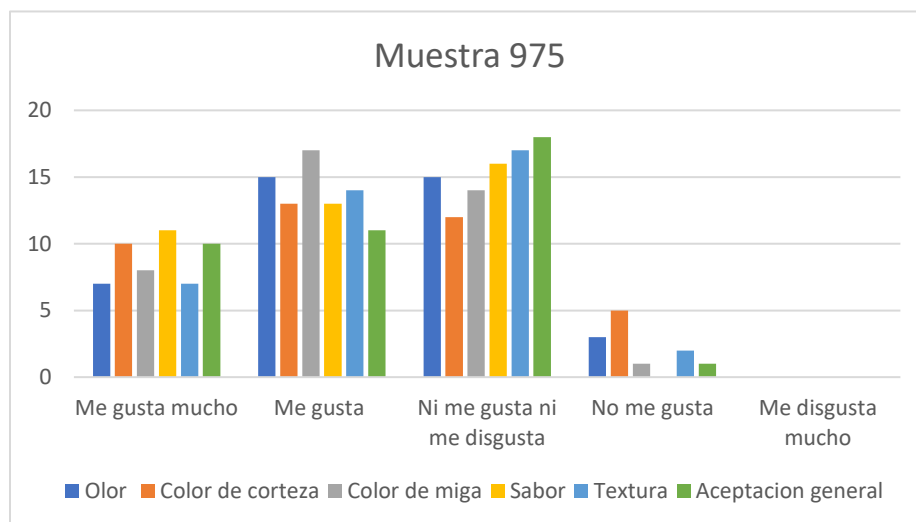


Figura 17. Resultados del pan de levadura

El pan elaborado con levadura comercial presentó un color uniforme tanto en la corteza como en la miga, atributo que fue valorado principalmente en las categorías “me gusta” y “me es indiferente”. Esto refleja que, aunque cumple con los estándares visuales tradicionales de panificación, no genera un impacto diferenciador en los consumidores. Según Brandolini y Hidalgo (2020), el uso de levadura comercial permite obtener panes con coloraciones homogéneas y consistentes, lo que asegura estandarización, pero limita la innovación sensorial.

La textura fue uno de los atributos con mayor aceptación, concentrándose las respuestas en “me gusta” y “me gusta mucho”. La esponjosidad y uniformidad de la miga se asocia a la acción eficiente de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de dióxido de carbono, que garantiza una fermentación estable y una buena retención de gases. Estos resultados coinciden con lo descrito por Arora et al. (2019), quienes señalan que la levadura comercial ofrece ventajas en la predictibilidad de la estructura y la calidad de la miga.

El sabor obtuvo también altos niveles de aceptación, siendo el atributo mejor posicionado junto con la textura. Esto se debe a que el pan elaborado con levadura

comercial reproduce un perfil gustativo tradicional, neutro y ampliamente aceptado en el mercado mexicano. Sin embargo, esta misma familiaridad puede generar una percepción de monotonía, ya que no aporta matices sensoriales complejos como los generados por fermentos naturales (Gobbetti, De Angelis, & Rizzello, 2016).

El olor, presentó un número importante de consumidores que lo calificaron como “indiferente”. Esto indica que el pan con levadura comercial no destacó por sus notas aromáticas, lo que coincide con lo reportado por Poutanen, Flander y Katina (2020), quienes destacan que la levadura comercial produce compuestos volátiles agradables, pero limitados en comparación con los generados por fermentaciones más complejas, como las de masa madre o fermentos de frutas.

La aceptación general tuvo un grupo significativo de consumidores en la categoría “indiferente”. Esto sugiere que, si bien la levadura comercial asegura un producto de calidad confiable y familiar, carece del impacto innovador que podría aumentar el entusiasmo de los consumidores. Estudios previos han señalado que la estandarización de la levadura comercial es una fortaleza en términos de eficiencia productiva, pero un reto en la diferenciación sensorial frente a fermentos alternativos (Gobbetti et al., 2016; Brandolini & Hidalgo, 2020).

Los resultados obtenidos en la figura 18 muestran que el pan elaborado con masa madre de uva presento el mayor nivel de agrado (Muestra 282) seguido del pan con masa madre del durazno (Muestra 196) y, finalmente el pan con levadura comercial (Muestra 975). Esta tendencia confirma que el uso de masa madre, especialmente cuando se realiza con frutas puede incrementar la aceptación sensorial del producto.

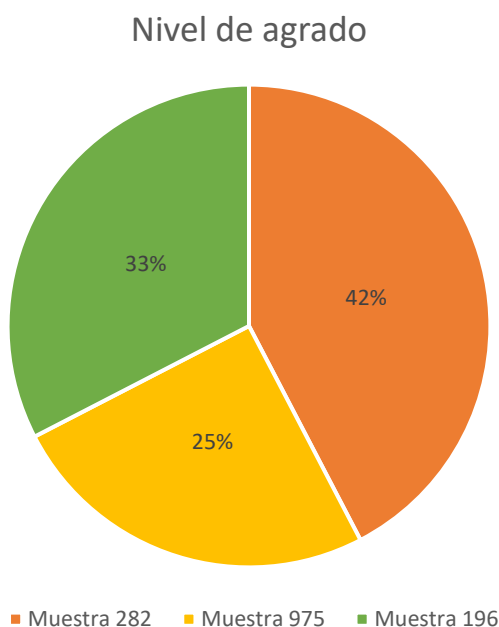


Figura 18. Nivel de agrado respecto a las muestras de pan baguette

Estudios previos han demostrado que la fermentación con masa madre genera un perfil aromático más complejo debido a la acción sinérgica de las levaduras y bacterias ácido lácticas, las cuales producen ácidos orgánicos, alcoholes, esteres y aldehídos que contribuyen a un aroma y sabor más apreciados (De Vuyst & Neysens, 2005; Pico et al., 2015)

El hecho de que la muestra elaborada con masa madre de uva obtuviera la puntuación más alta podría estar relacionado con la alta diversidad microbiana de la piel de la uva, rica en *Saccharomyces cerevisiae*, *Hanseniaspora uvarum* y

bacterias lácticas, así como la presencia de compuestos fenólicos que potencian el sabor (Fleet, 2003).

En contraste, el pan elaborado con levadura comercial presenta un nivel de agrado significativamente menor. Aunque este método de fermentación asegura uniformidad y tiempos de producción reducidos, el perfil aromático que genera es menos complejo y está dominado por metabolitos de fermentación alcohólica simple, lo que limita la percepción sensorial del producto (Gobbetti et al., 2016).

Desde la perspectiva industrial, estos resultados sugieren que la implementación de masas madre fermentadas con frutas locales podría ser una estrategia efectiva para diferenciar productos en el mercado y satisfacer la demanda creciente de alimentos artesanales y de perfil sensorial distintivo (Arendt et al., 2007). Además, el uso de frutas como la uva o el durazno no solo podría enriquecer el aroma y sabor, sino también aportar compuestos bioactivos con potenciales beneficios para la salud, alineándose con tendencias de consumo más saludables (Corsetti & Settanni, 2007).

9 CONCLUSIONES

La selección de las frutas (uva y durazno) basada en sus características organolépticas permitió obtener fermentos naturales viables para ser empleados en panificación. La determinación de los tiempos, temperaturas y cantidades adecuadas fue clave para asegurar el desarrollo fermentativo, observándose mayor acidez en el fermento de durazno y mayor concentración de azúcares fermentables en el fermento de uva. A partir de estos fermentos se logró desarrollar masa madre funcional, la cual mostró estabilidad y capacidad de fermentación suficiente para la elaboración de pan tipo baguette. La producción de los baguettes utilizando estas masas madre permitió obtener panes con características físicas y sensoriales diferenciadas respecto al pan elaborado con levadura comercial.

En la evaluación sensorial, el pan elaborado con fermento de durazno presentó la mayor aceptación entre los evaluadores, destacándose por su sabor, aroma y textura equilibrados. Por su parte, el pan elaborado con fermento de uva mostró una corteza con mayor intensidad de color y un perfil visual más marcado. Lo anterior fue respaldado mediante el análisis de imagen, donde el descriptor ΔE se asoció con la mayor preferencia en el color de la corteza de los panes elaborados con fermento de durazno (31 de 40 panelistas), mientras que el descriptor IW mostró mayor aceptación para la miga del pan elaborado con levadura comercial (25 de 40 panelistas).

En conjunto, la aplicación del sistema de visión por computadora y el análisis colorimétrico permitió comprobar que los atributos visuales medidos instrumentalmente se relacionan con las percepciones sensoriales de los consumidores. Por lo tanto, el uso de fermentos naturales elaborados a partir de uva y durazno representa una alternativa viable para la innovación panadera, al brindar productos con perfiles sensoriales diferenciados, procesos más naturales y características propias de la panificación artesanal.

10 BIBLIOGRAFIA

1. Adamczyk, G., Kowalski, R., & Nowak, A. (2021). Color changes and Maillard reaction products in bakery goods during baking. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15234.
2. Adiamo, O. Q., Zhao, W., & Zhang, X. (2021). Stability of anthocyanins during baking and their impact on the color of fortified bakery products. *Food Research International*, 141, 110121.
3. Arendt, E. K., Ryan, L. A. M., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24(2), 165–174.
4. Arora, M., Rani, A., & Sharma, A. (2019). Sourdough fermentation: A traditional approach for improving nutritional and functional properties of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4211–4220.
5. Arranz-Otaegui, A., Carretero, L. G., Ramsey, M. N., Fuller, D. Q., & Richter, T. (2018). Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(31), 7925–7930.
6. Balestra, F., Pinnavaia, G. G., & Romani, S. (2015). Evaluation of the effects of different fermentation methods on dough characteristics. *Journal of Texture Studies*, 46(4). <https://doi.org/10.1111/jtxs.12124>
7. Barata, A., Malfeito-Ferreira, M., & Loureiro, V. (2012). The microbial ecology of wine grape berries. *International Journal of Food Microbiology*, 153(3), 243-259. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.025>
8. Barriga, X. (2003). *Panadería artesana, tecnología y producción*. Montagud Editores Sa
9. Barrón-Álvarez, N., Prado-Barragán, L. A., Fortis-Barrera, M. de la Á., & Alarcón-Aguilar, F. J. (2022). Fermentation of the Cucurbita ficifolia fruit juice: Its antioxidant activity and effects on glycemia. *Beverages*, 8(3), 55. <https://doi.org/10.3390/beverages8030055>
10. Bento, C., Gonçalves, A. C., Silva, B., & Silva, L. R. (2020). Peach (Prunus Persica): Phytochemicals and Health Benefits. *Food Reviews International*, 38(8), 1703–1734
11. Bourdichon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J. C., Gerds, M. L., Hammes, W. P., Harnett, J., Huys, G., Laulund, S. y Ouwehand, A. (2012). Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use. *International Journal of Food Microbiology*, 154(3), 87-97
12. Brandolini, A., & Hidalgo, A. (2020). Wheat germ: Not only a by-product. *Cereal Chemistry*, 97(3), 741–758.
13. CABI. (2020). Prunus persica (peaches and nectarines). CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.44340>
14. Calvel, R. (2001). *The taste of bread*. Springer Science & Business Media.
15. Cámara Hurtado, M.; Valle Vilanova, C.; Mollá Descals, A. (2003) “Consumo de frutas y hortalizas. Hábitos, tendencias y recomendaciones”. II Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Orihuela, Alicante.
16. Castiblanco, E. (2020). *Recopilación de técnicas en panadería*. Editorial universitaria San Mateo

17. Cauvain, S. P. (2015). *Technology of Breadmaking* (3rd ed.). Cham: Springer.
18. Cayot, N. (2006). Calidad sensorial de los alimentos tradicionales. *Química de la comida*.
19. Chavan, R. S., y Chavan, S. R. (2011). "Sourdough Technology—A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review". *Food Science and Food Safety*, 10(1), pp. 170-183.
20. Ciacchi, C., Gambardella, M., Tortora, R., & Salerno, G. (2021). Nutritional and functional characteristics of grape (*Vitis vinifera* L.): A review. *Foods*, 10(12), 3042.
21. Corsetti, A., & Settanni, L. (2007). Lactic acid bacteria in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40(5), 539–558.
22. Corsetti, A., & Settanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40(5), 539–558.
23. Curic, D., Novotni, D., y Smerdel, B. (2014). "Bread Making". En: Ferreira, R. y Reis, P. (Coord.). *Engineering Aspects of cereal and Cereal-Based Products*. New York: Taylor and Francis Group, pp. 149-174
24. De Filippis, F., Di Cagno, R., & Ercolini, D. (2024). Microbial ecology of sourdough: From ingredients to final baked goods. *Food Microbiology*, 115, 104507.
25. De Vuyst, L., & Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1–3), 43–56.
26. Delgado-Martínez, F., Hernández-Hernández, M., & Moreno-García, S. (2020). La vid y sus frutos: características botánicas y usos agroindustriales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 855-868.
27. Dewettinck, K. (2008). Valor nutricional del pan: influencia del procesamiento, interacción con los alimentos y percepción del consumidor. *Revista de ciencia de los cereales*.
28. Di Cagno, R., Coda, R., De Angelis, M. y Gobbetti, M. (2013). Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food Microbiology*, 33(1), 1-10.
29. Di Cagno, R., Filannino, P., & Gobbetti, M. (2024). Main criteria and corresponding metabolic traits to select starters for vegetable and fruit fermentation. *Journal of Food Processing and Preservation*
30. Eraso, S. (2023). Desarrollo de masas madre a partir de levaduras obtenidas de cáscaras de frutas para la elaboración de productos de panadería tradicional. Proyecto de investigación. Colegio mayor de Antioquia.
31. FAO. (2021). *Vitis vinifera* species overview. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
32. FAO. (2022). *Prunus persica* (peach) species profile. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
33. Ferrer, R. (2022). *La masa madre paso a paso*. Scribd.
34. Flecha, M. (2015). *Procesos y técnicas de panificación*. Sin editorial.
35. Fleet, G. (1998). Yeast in the production of fermented beverages and breads. En FAO (Ed.), *Microbial food fermentations: A global perspective* (Cap. 3). FAO.

36. Fleet, G. H. (2003). Yeast interactions and wine flavour. *International Journal of Food Microbiology*, 86(1–2), 11–22.
37. Galván, M. (2023). Análisis de las técnicas para determinar la dimensión fractal a través de los contornos de superficies con rugosidad aleatoria [Obtener el título de Ingeniera Mecánica, Universidad Nacional Autónoma De México].
38. García, I. (2015). Estrategias biotecnológicas para reducir el contenido de fitatos en productos fermentados de origen vegetal mediante fitasas de bifidobacterias. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
39. Garriga, R. (2019). Masa madre: Pan con sabor a pan. Grijalba
40. Gayler, P. (2009). Panes del mundo: desde los más tradicionales hasta los más exóticos. BLUME
41. Ghafari, L. (2024). Lacto fermentación: Cómo fermentar frutas y verduras. Urban Farm and Kitchen.
42. Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., & Rizzello, C. G. (2019). Sourdough lactobacilli and yeasts: Microbial ecology, metabolic interactions and contributions to bread quality. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 1–15
43. Gobbetti, M., Rizzello, C. G., Di Cagno, R., & De Angelis, M. (2016). How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. *Food Microbiology*, 37, 30–40.
44. Goñi, M. & Viviana, S. (2015). MEDICIÓN DE COLOR DE ALIMENTOS EN EL ESPACIO CIELAB A PARTIR DE IMÁGENES [Facultad de Ingeniería, UNLP].
45. Grosch, W., & Schieberle, P. (1997). Flavor de productos de cereales. *Química del cereal*
46. Gül ÖD, Ağuloğlu S. Evaluación de la estabilidad del color de dos materiales cerámicos estéticos tras diferentes tratamientos superficiales y procedimientos de envejecimiento acelerado. *Int Dent Res* 2023;13(3)104-11.
47. Gullo, M., & Giudici, P. (2008). Acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar: Phenotypic traits relevant for starter cultures selection. *International Journal of Food Microbiology*, 125(1), 46–53.
48. Guo, X., Zhang, Y., & Zhang, X. (2025). Effects of cold post-fermentation process on microbial and sensory characteristics of fermented foods. *Fermentation*, 14(5), 735.
49. Guzmán, T. (2022). ¿Cuál es la fórmula de Delta E? . Twist Print.
50. Hamelman, J. (2013). Bread: A baker's book of techniques and recipes. John Wiley & Sons.
51. Hansen, A., & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: Applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1–3), 85–94.
52. Hidalgo, R. (2016). Propiedades medicinales de la semilla de la uva. *Revista de investigación e información en salud*. Scielo.
53. Hirschler, Robert. (2012). Blancura, amarillez y pardeamiento en colorimetría de alimentos: Una revisión crítica. El color de la comida. CRC Press.

54. Hussain, S. Z., Shafi, A., Malik, A. R., Wani, I. A., & Bhat, R. A. (2021). Peach (*Prunus persica*)—Morphology, taxonomy, composition and health-benefits. Springer Nature
55. Islam, M. A. (2024). Sourdough bread quality: Facts and factors. *Fermentation*, 10(9), 491.
56. Jaywant, A., et al. (2022). Sensors and instruments for Brix measurement: a review. *Sensors and Instruments for Brix Measurement*:
57. Jo, Y., Back, C.-G., Choi, H., & Cho, W. K. (2020). Comparative microbiome study of mummified peach fruits by metagenomics and metatranscriptomics. *Plants*, 9(8), 1052. <https://doi.org/10.3390/plants9081052>
58. Katina, K. (2005). Masa madre: una herramienta para mejorar el sabor, la textura y la vida útil del pan de trigo. Centro de Investigación Técnica de Finlandia
59. Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forssell, P., & Autio, K. (2006). Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 39(5), 479–491.
60. Kihlberg, I., Johansson, L., Kohler, A. y Risvik, E. (2004) Cualidades sensoriales del pan integral en molde: influencia del sistema de cultivo y de las técnicas de molienda y horneado. *Journal of Cereal Science*.
61. King Arthur Baking. (2020, February 5). Baking with preferments. Recuperado de <https://www.kingarthurbaking.com/blog/2020/02/05/baking-with-preferments/>
62. Kobayashi, S. (2023). Verduras y frutas para todos. Enciclopedia didáctica y visual. AGROSAVIA
63. Kumar, R., Singh, S., & Mehta, N. (2020). Effect of fruit pigments on the optical properties of baked products. *Food Chemistry*, 312, 125941.
64. Laccarino, N. (2024). Masa madre para principiantes. Scribd.
65. Le cordon bleu. (2022). La escuela de panadería. Larousse
66. Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67–78.
67. Li, X., Wang, T., Zhou, B., Gao, W., Cao, J., & Huang, L. (2014). Chemical composition and antioxidant and anti-inflammatory potential of peels and flesh from ten different pear varieties (*Pyrus* spp.). *Food Chemistry*, 152, 531–538.
68. Liu, D., Zhang, P., Chen, D., & Howell, K. (2022). From the vineyard to the winery: how microbial ecology drives regional distinctiveness of wine. *Microorganisms*, 10(4), 709. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040709>
69. Lockwood, D. and Myers, S. (2005) Tree density, orchard design and training systems. In: Horton, D. and Johnson, D. (eds) *Southeastern Peach Growers Handbook*. GES Handbook No. 1. University of Georgia College of Agricultural & Environmental Sciences, Athens, Georgia, pp. 51–64
70. López, J.L. (2024). ¿Qué es el LAB o CIELAB? Guía completa. El Blog de Cevagraf.
71. López, P., Correa, P., y Osorio, M. (2009). Caracterización comercial de la panadería tradicional de la ciudad de Manizales (Trabajo de especialización). Manizales, Universidad de Manizales.

72. Ma, B., Ning, J., Wang, F., Zheng, H., & Han, L. (2023). Molecular Mechanism of the Therapeutic Effect of Peach Blossom against Constipation: An Exploratory Study Based on Network Pharmacology Analysis and Molecular Docking Verification. *Evidence-based complementary and alternative medicine*
73. Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Sattley, W. M. (2019). *Brock Biology of Microorganisms* (15th ed.). New York: Pearson.
74. Martínez, D., Hernández, E., & Pineda, R. (2020). Thermal degradation of anthocyanins and its influence on baked goods coloration. *LWT - Food Science and Technology*, 130, 109606.
75. Martinez, P. (2025). Italia, Regina, Red Globe, Victoria: ¿Qué variedad de uvas elegir?. Portal Ciudad Santa Catarina.
76. Martínez-Anaya, M. A. (1996). Enzymes and bread flavor. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(6), 537–558.
77. Martínez-Anaya, M. A. (1996). *Panificación: Ciencia y tecnología*. Trillas.
78. Martínez-Pérez, Daniel (2023). Nuevas formas y espacios de vivir el pan. Una descripción etnográfica del ‘buen pan’ del siglo XXI. Encrucijadas. *Revista Crítica de Ciencias Sociales*, 23(1), a2307.
79. Maskan, M. (2001). Kinetics of color change of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169–175.
80. Mbogo, G. P., Ouma, S. O., & Kamau, S. (2023). Characterization of changes in sugar content and fermentation potential of tropical fruits. *Journal of Food Biochemistry*. <https://doi.org/10.1002/jfbc.15033>
81. McKenney, E. A., Lensing, E. J., & Dunn, R. R. (2023). Microbial succession and stabilization in sourdough starters. *mSystems*, 8(5), e00684-23.
82. Mengesha, Y. (2022). A review on factors influencing the fermentation process: pH, temperature and inoculum size. *Foods*, 11.
83. Mesas, J. M.; Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y tecnología alimentaria*.
84. Mesta-Corral, M., & González, M. (2024). Technological and nutritional aspects of bread production. *Fermentation*, 14(18), 8510.
85. Mezas J. y Popoca. 2009. El pan y su proceso de elaboración en México. Facultad de Ingeniería Ciencia y tecnología alimentaria. *Revista de Investigación Universitaria*, 8p
86. Mihaylova, D., Popova, A., Desseva, I., Petkova, N., Stoyanova, M., Vrancheva, R., ... Georgieva, M. (2021). Comparative study of early- and mid-ripening peach (*Prunus persica* L.) varieties: biological activity, macro- and micro-nutrient profile. *Foods*, 10(1), 164.
87. Mohammad, A., Omar, A., & Zulkifli, N. (2019). Image analysis techniques for quality evaluation of bakery products. *Journal of Food Quality*, 2019, 1-12.
88. Ngoc, T. B., Nguyen, H. T., & Thi, T. C. (2024). Influences of fermentation conditions on the chemical composition of fruit wines. *Beverages*, 10(3), 61.

89. Niu, B., Chen, X., & Zhang, Y. (2022). Optical behavior and color analysis in enriched bread with natural extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 2438–2449.
90. Nowicka P, Wojdyło A, Tkacz K, Turkiewicz I. (2023). Quantitative and qualitative determination of carotenoids and polyphenolics compounds in selected cultivars of *Prunus persica* L. and their ability to in vitro inhibit lipoxigenase, cholinesterase, α -amylase, α -glucosidase and pancreatic lipase. *Food Chemistry*
91. Olakanmi, S., et al. (2023). Influence of natural ingredients on color and texture of baked vegan products. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 745–754
92. Öncel, S., et al. (2025). Discovering the dynamics of peach fruit mycobiome: fungal diversity across developmental stages. *Scientific Reports*.
93. Pico, J., Bernal, J., & Gómez, M. (2015). Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. *Food Research International*, 75, 200–215.
94. PMC. (2023). Influence of preferments on physicochemical and sensory properties of bread (Artículo). PMC [PubMed Central]
95. Poutanen, K., Flander, L., & Katina, K. (2020). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*, 92, 103584.
96. Puerari, C., Magalhães-Guedes, K. T., & Schwan, R. F. (2015). New perspectives on cocoa, coffee and tea fermentations. *Current Opinion in Food Science*, 1, 56–61.
97. Puerta, G. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en beneficio del café. Programa de investigación científica
98. Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Acribia
99. Ray, R. C., & Joshi, V. K. (2014). *Fermented Foods: Past, Present and Future*. New York: CRC Press.
100. Reyes, M. (2009). “Determinación De Los Cambios Organolépticos Y La Disminución De Aditivos Empleando Masa Madre En La Formulación De Pan Artesanal Campestre”. Tesis. Escuela Superior Técnica del Litoral
101. Rizzello, C. G., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2018). Lactic acid bacteria: Applications in cereal-based products. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of Food Science and Technology* (pp. 245–265). CRC Press.
102. Rodríguez, A., Gómez, M., & Martínez, M. M. (2017). Digital image analysis as a tool for bread quality assessment: A review. *Food Research International*, 100, 190-204.
103. Rosell, C. M. (2011). The science of doughs and bread quality. In C. M. Rosell (Ed.), *Breadmaking: Improving Quality* (2nd ed., pp. 3–28). Cambridge: Woodhead Publishing.
104. Ruiz, L. (2020). Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas. Alimentos fermentados: microbiología, nutrición, salud y cultura. Repositorio Institucional CONICET digital.
105. Ruiz, L. (2020). Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas. Repositorio Institucional CONICET Digital.

106. Ryohei K, Yoshiharu O, Misa N, Ken-ichi I, Akihiko T, Miki Y, Ryu H, Hirotooshi U. (2013). Peach (*Prunus persica*) extract inhibits angiotensin II-induced signal transduction in vascular smooth muscle cells. *Food Chemistry*.
107. Sabra A, Netticadan T, Wijekoon C. (2021). Grape bioactive molecules, and the potential health benefits in reducing the risk of heart diseases. *Food Chemistry*
108. Samuel, D. (2000). Brewing and baking. In P. Nicholson & I. Shaw (Eds.), *Ancient Egyptian Materials and Technology* (pp. 537–576). Cambridge: Cambridge University Press
109. Scanlon, M. G., & Zghal, M. C. (2001). Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, 34(10), 841-864.
110. Severiano-Pérez, Patricia. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68.
111. Song, J., Kim, J., Park, H. J., & Kim, H. (2020). Anti-Obesity Effects of a *Prunus persica* and *Nelumbo nucifera* Mixture in Mice Fed a High-Fat Diet. *Nutrients*, 12(11), 3392.
112. Spano, G., & Torriani, S. (2017). Microbiota of grapes: positive and negative role on wine quality. *Frontiers in Microbiology*, 8, 838.
113. Stone, Herbert y Sidel, Joel. *Sensory evaluation practices*, 3a ed. Elsevier Academic Press. 2004.
114. The Role of Yeasts in Fermentation Processes. (2021). PubMed Central.
115. Torrieri, E., Pepe, O., Ventrino, V., Masi, P., y Cavella, S. (2014). "Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread". *LWT - Food Science and Technology*, 56, pp. 508-516.
116. USDA. (2004). United States Standards for Grades of Peaches
117. Velez Rivera, N., Ramirez Godínez, J. & Arzate Vázquez, I. (2022). El análisis de Imágenes como innovación tecnológica en microempresas para la determinación de la calidad en productos de panificación. Editorial Transdigital.
118. Vélez-Marín, M., Uribe-Velásquez, L. F., & Lenz Souza, M. I. (2012). Papel del resveratrol de uva como antioxidante. *Revista Luna Azul*, (34), 240-256.
119. Wang, H. (2024). Influence of yeast concentrations and fermentation times on bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 198, 116063.
120. Watanabe, D., et al. (2023). Adaptation of yeast *Saccharomyces cerevisiae* to grape-skin environment as a model for spontaneous fermentation. *Scientific Reports*, 13(1), 35734. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35734-x>
121. Wu, J., Wang, Y., Xu, J., & Korban, S. (2019). The origin and evolution of cultivated peach (*Prunus persica*). *Horticulture Research*, 6(1), 1–14.
122. Zhang, Y., Zheng, X., & Han, B. (2021). Metabolite profiling and microbial dynamics of traditional sourdough fermentation. *Food Research International*, 148, 110592.

11 ANEXOS

Anexo 1: Proceso de Elaboración de la baguette



Anexo 2: Formato de Evaluación Sensorial

Nombre:

Fecha:

Instrucciones:

A continuación, se proporcionarán 3 muestras distintas de pan. Por favor, marque con una X en el recuadro correspondiente a su grado de satisfacción para cada una de las muestras.

Muestra 196						
Nivel de agrado	Olor	Color de corteza	Color de miga	Sabor	Textura	Aceptación general
Me gusta mucho						
Me gusta						
Ni me gusta ni me disgusta						
No me gusta						
Me disgusta mucho						

Muestra 975						
Nivel de agrado	Olor	Color de corteza	Color de miga	Sabor	Textura	Aceptación general
Me gusta mucho						
Me gusta						
Ni me gusta ni me disgusta						
No me gusta						
Me disgusta mucho						

Muestra 282						
Nivel de agrado	Olor	Color de corteza	Color de miga	Sabor	Textura	Aceptación general
Me gusta mucho						
Me gusta						
Ni me gusta ni me disgusta						
No me gusta						
Me disgusta mucho						

Coloque de mayor a menor el nivel de agrado de las muestras.

Muestra _____

Muestra _____

Muestra _____