



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR ECUATORIANO DE PRODUCTIVIDAD

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

**Trabajo de titulación presentado como requisito para obtener el título de tecnólogo superior en
Procesamiento de alimentos**

TEMA:

**"CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE MASAS
PANIFICABLES, QUEBRADAS, AIREADAS Y HOJALDRADAS MEDIANTE EL
ANÁLISIS DE VARIABLES DE FORMULACIÓN Y PROCESO EN LA TECNOLOGÍA DE
CEREALES"**

AUTORES:

Carvajal Bernal Diego Mauricio

TUTOR:

Ing. Xavier Sánchez

FECHA:

Agosto, 2026

Quito, Ecuador

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	1
ÍNDICE.....	2
ÍNDICE.....	3
ÍNDICES.....	4
ÍNDICES.....	5
ÍNDICES.....	6
DECLARACIÓN DEL TUTOR METODOLÓGICO.....	7
DECLARACIÓN DEL TUTOR TÉCNICO.....	8
AGRADECIMIENTOS.....	9
DEDICATORIA.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.6 HIPÓTESIS.....	19
1.6.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN (H).....	19
1.6.2 HIPÓTESIS NULA (HN).....	19
1.7 ALCANCE Y DELIMITACIONES.....	20
1.7.1 ALCANCE.....	20
1.7.2 DELIMITACIONES.....	20

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PRODUCTO.....	21
2.2 INVESTIGACIONES PREVIAS.....	22
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	26
2.3.1 TRIGO Y ESTRUCTURA DEL GRANO.....	27
2.3.2 ALMIDÓN.....	27
2.3.3 HARINA DE TRIGO Y FUNCIONALIDAD TECNOLÓGICA.....	29
2.3.4 FUERZA PANADERA Y REOLOGÍA.....	29
2.3.5 GLUTEN.....	29
2.3.6 AGUA Y ACTIVIDAD DE AGUA.....	30
2.3.7 GRASAS.....	31
2.3.8 MASAS PANIFICABLES FERMENTADAS.....	32
2.3.9 MASAS QUEBRADAS.....	33
2.3.10 MASAS AIREADAS.....	33
2.3.11 MASAS HOJALDRADAS.....	34
2.3.12 SÍNTESIS CONCEPTUAL.....	34
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	36
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	37
3.3 MATERIALES Y EQUIPOS.....	40
3.3.1 MATERIALES.....	40
3.3.2 EQUIPOS.....	43
3.3.3 CONSIDERACIONES SOBRE LOS MATERIALES Y EQUIPOS.....	45
3.4 VARIABLES DE ESTUDIO.....	45
3.4.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	45
3.4.2 VARIABLES DEPENDIENTES.....	46
3.4.3 VARIABLES DE CONTROL.....	47
3.4.4 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE VARIABLES EN LA INVESTIGACIÓN.....	47

3.5 FORMULACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS MASAS.....	48
3.5.1 FORMULACIÓN EXPERIMENTAL DE MASAS PANIFICABLES FERMENTADAS.....	48
3.5.2 FORMULACIÓN EXPERIMENTAL DE MASAS QUEBRADAS.....	50
3.5.3 FORMULACIÓN EXPERIMENTAL DE MASAS AIREADAS.....	53
3.5.4 FORMULACIÓN EXPERIMENTAL DE MASAS HOJALDRADAS.....	55
3.5.5 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA FORMULACIÓN EXPERIMENTAL.....	57
3.6 PROCESO DE ELABORACIÓN.....	59
3.6.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE MASAS PANIFICABLES FERMENTADAS.....	60
3.6.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE MASAS QUEBRADAS.....	64
3.6.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE MASAS AIREADAS.....	68
3.6.4 PROCESO DE ELABORACIÓN DE MASAS HOJALDRADAS.....	71
3.6.5 CONSIDERACIONES GENERALES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN.....	74
3.7 MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	74
3.7.1 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA MASA DURANTE EL PROCESO.....	75
3.7.2 EVALUACIÓN DEL DESARROLLO ESTRUCTURAL DE LA MASA.....	75
3.7.3 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DURANTE LA FERMENTACIÓN Y REPOSO.....	76
3.7.4 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DURANTE EL HORNEADO.....	76
3.7.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PRODUCTO FINAL.....	77
3.7.6 EVALUACIÓN DE TEXTURA Y ESTABILIDAD.....	77
3.7.7 ENFOQUE ANALÍTICO INTEGRAL.....	78
3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	78
3.8.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) MEDIANTE INFOTEST.....	80
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
4.1 INTRODUCCIÓN A LOS RESULTADOS.....	82
4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE JUECES.....	83
4.3 ESCALA DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA.....	85
4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MASAS AIREADAS.....	85
4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DE MASAS FERMENTADAS.....	87

4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DE GALLETAS.....	89
4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DE MASAS DE HOJALDRE.....	92
4.8 COMPARACIÓN GENERAL DE LOS CUATRO PRODUCTOS.....	94
4.9 RESULTADO GLOBAL.....	95
4.10 CONCLUSIÓN GENERAL.....	96
4.11 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS PANIFICABLES FERMENTADAS.....	97
4.12 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS QUEBRADAS.....	99
4.13 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS AIREADAS	101
4.14 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS HOJALDRADAS.....	103
4.15 DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS.....	106
CAPÍTULO V. PROPUESTA DEL PRODUCTO FINAL	109
5.1 PROPUESTA DEL PRODUCTO FINAL.....	109
5.1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN.....	109
5.1.2 NOMBRE DEL PRODUCTO.....	111
5.1.3 EMPAQUE Y ETIQUETADO.....	111
5.2 FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO.....	113
5.2.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL.....	114
5.2.2 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.....	115
5.3 COSTOS VARIABLES UNITARIOS.....	116
5.4 CONCLUSIONES.....	117
5.5 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	119
5.6 RECOMENDACIONES TÉCNICAS.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	123
BIBLIOGRAFÍA (CONTINUACIÓN).....	124
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MATERIAS PRIMAS, ORIGEN Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD.....	41
TABLA 2. EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y UTENSILIOS.....	43

TABLA 3. CARACTERIZACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA Y DE CONSUMO DEL PANEL.....	84
TABLA 4. ESCALA HEDÓNICA UTILIZADA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL.....	85
TABLA 5. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE MASAS AIREADAS.....	86
TABLA 6. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE MASAS FERMENTADAS.....	88
TABLA 7. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE GALLETAS.....	90
TABLA 8. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE MASAS DE HOJALDRE.....	92
TABLA 9. COMPARACIÓN DE RESULTADOS SENSORIALES.....	94
TABLA 10. RESULTADO GLOBAL.....	95
TABLA 11. ACEPTACIÓN DE LOS CUATRO PRODUCTOS ELABORADOS.....	110
TABLA 12. FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO FINAL.....	113
TABLA 13. PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS DEL HOJALDRE DORADO.....	114
TABLA 14. COSTOS VARIABLES POR UNIDAD PRODUCIDA – MASA DE HOJALDRE.....	116

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1DIAGRAMA DE FLUJO DE MASAS FERMENTADAS.....	64
ILUSTRACIÓN 2DIAGRAMA DE FLUJO DE MASAS QUEBRADAS.....	68
ILUSTRACIÓN 3 DIAGRAMA DE FLUJO DE MASAS AIREADAS.....	71
ILUSTRACIÓN 4DIAGRAMA DE FLUJO DE MASAS HOJALDRADAS.....	74
ILUSTRACIÓN 5FOTOS DEL PROCESO DE MASAS QUEBRADAS.....	126
ILUSTRACIÓN 6FOTOS DEL PROCESO DE BATIDOS DE TORTAS.....	127
ILUSTRACIÓN 7FOTOS DEL PROCESO DE MASAS HOJALDRADA	128
ILUSTRACIÓN 8FOTOS DEL PROCESO DE MASAS FERMENTADAS.....	129

ÍNDICE DE GRÁFICOS ESTADÍSTICOS

GRÁFICO ESTADÍSTICO 1. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE MASAS AIREADAS.....	86
GRÁFICO ESTADÍSTICO 2. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE MASAS FERMENTADAS.....	89
GRÁFICO ESTADÍSTICO 3. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE GALLETAS.....	91
GRÁFICO ESTADÍSTICO 4. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE MASAS DE HOJALDRE.....	93
GRÁFICO ESTADÍSTICO 5. PROMEDIO GENERAL.....	94

DECLARACIÓN DEL TUTOR METODOLÓGICO

Fecha: 17 Agosto de 2026

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **TECNÓLOGO SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS** en el Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad con el tema: “**CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE MASAS PANIFICABLES, QUEBRADAS, AIREADAS Y HOJALDRADAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE VARIABLES DE FORMULACIÓN Y PROCESO EN LA TECNOLOGÍA DE CEREALES**”, ha sido elaborado por Diego Mauricio Carvajal Bernal, el mismo que ha sido revisado y analizado en un 100% con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuánto puedo informar en honor a la verdad.

Atentamente

Ing. Xavier Sánchez

TUTOR

DECLARACIÓN DEL TUTOR TÉCNICO

Fecha: 17 Agosto de 2026

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **TECNÓLOGO SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS** en el Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad con el tema: “**CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE MASAS PANIFICABLES, QUEBRADAS, AIREADAS Y HOJALDRADAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE VARIABLES DE FORMULACIÓN Y PROCESO EN LA TECNOLOGÍA DE CEREALES**”, ha sido elaborada por Diego Mauricio Carvajal Bernal el mismo que ha sido revisado y analizado en un 100% con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuánto puedo informar en honor a la verdad.

Atentamente

Ing. Xavier Sánchez

TUTOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad, por brindarme una formación académica integral durante la carrera de Ingeniería de Alimentos.

A mi director de tesis, por su orientación metodológica, asesoría técnica y acompañamiento constante durante el desarrollo de la presente investigación.

A los docentes de la carrera, por compartir sus conocimientos científicos, experiencias profesionales y aportes técnicos que contribuyeron significativamente a mi formación académica.

Finalmente, agradezco a mis familiares, compañeros y personas cercanas por el apoyo académico y moral brindado durante todo el proceso de elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios, por otorgarme la fortaleza, perseverancia y sabiduría necesarias para culminar una etapa fundamental de mi formación profesional.

A mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y sacrificio constante, siendo el pilar principal que me motivó a continuar y culminar este proceso académico.

A mis docentes, quienes a lo largo de mi formación universitaria contribuyeron con su conocimiento, exigencia académica y experiencia profesional al desarrollo de mis competencias como Ingeniero en Alimentos.

Este trabajo es también dedicado a todas las personas que confiaron en mí y me impulsaron a alcanzar este logro.

RESUMEN

La industria panificadora y de pastelería se fundamenta en la transformación tecnológica de cereales, principalmente del trigo, en masas con propiedades estructurales, mecánicas y sensoriales definidas. Las masas de panificación constituyen sistemas fisicoquímicos complejos en los cuales interactúan macromoléculas como proteínas, almidón y lípidos, en presencia de agua y aire, bajo condiciones específicas de formulación y proceso. La comprensión insuficiente de estas interacciones conduce a procesos empíricos, variabilidad en la calidad del producto final y deficiencias estructurales que afectan la eficiencia productiva y la estabilidad del alimento.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo caracterizar tecnológica y fisicoquímicamente las masas panificables fermentadas, masas quebradas, masas aireadas y masas hojaldradas, mediante el análisis integral de las variables de formulación y proceso, aplicando los principios de la tecnología de cereales y la Ingeniería de Alimentos. Se abordó el estudio de la composición química del trigo, la funcionalidad tecnológica de la harina, la formación y desarrollo del gluten, el rol estructural del almidón, la influencia del agua y la actividad de agua, así como la función tecnológica de las grasas en los diferentes sistemas de masa.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque teórico-técnico y analítico, sustentado en la revisión de literatura científica especializada, permitiendo explicar los mecanismos fisicoquímicos y geológicos que gobiernan el comportamiento de cada tipo de masa durante el mezclado, amasado, fermentación, laminado y horneado. Se evidenció que cada categoría de masa responde a principios estructurales distintos, donde la formulación, el tipo de ingrediente y el control de parámetros como temperatura, tiempo, hidratación y reposo determinan la estructura y calidad final del producto.

Los resultados teóricos obtenidos permitieron establecer que el almidón cumple un rol determinante en la fijación estructural y estabilidad del producto horneado; el gluten controla

la elasticidad y la retención gaseosa; el agua actúa como agente funcional indispensable para las transformaciones moleculares; y las grasas desempeñan funciones tecnológicas específicas según el tipo de masa, influyendo en la friabilidad, aireación, estratificación y vida útil del producto.

La investigación concluye que la aplicación de criterios de ingeniería en el diseño y control de formulaciones y procesos DE PANADERÍA permite optimizar la calidad, reproducibilidad y estabilidad de los productos elaborados a partir de trigo. Asimismo, se resalta la importancia de la caracterización tecnológica como herramienta fundamental para el desarrollo de productos panificados eficientes y técnicamente controlados dentro del sector alimentario.

Palabras clave: tecnología de cereales, masas fermentadas, formulación, gluten, almidón, grasas panificación.

ABSTRACT

The baking and pastry industry is based on the technological transformation of cereals, mainly wheat, into doughs with defined structural, mechanical, and sensory properties. Baking doughs constitute complex physicochemical systems in which macromolecules such as proteins, starch, and lipids interact in the presence of water and air under specific formulation and processing conditions. An insufficient understanding of these interactions leads to empirical processes, variability in final product quality, and structural deficiencies that affect production efficiency and food stability.

In this context, the present research aimed to technologically and physicochemically characterize fermented baking doughs, shortcrust doughs, aerated doughs, and laminated doughs through an integrated analysis of formulation and processing variables, applying the principles of cereal technology and Food Engineering. The study addressed the chemical composition of wheat, the technological functionality of flour, gluten formation and development, the structural role of starch, the influence of water and water activity, as well as the technological function of fats in different dough systems.

The study was conducted using a theoretical–technical and analytical approach, supported by a review of specialized scientific literature, allowing the physicochemical and rheological mechanisms governing the behavior of each type of dough during mixing, kneading, fermentation, lamination, and baking to be explained. The findings showed that each dough category responds to different structural principles, in which formulation, ingredient type, and control of parameters such as temperature, time, hydration, and resting determine the final structure and quality of the product.

The theoretical results established that starch plays a determining role in the structural setting and stability of baked products; gluten controls elasticity and gas retention; water acts as an essential functional agent for molecular transformations; and fats perform specific

technological functions depending on the type of dough, influencing friability, aeration, layering, and product shelf life.

The research concludes that the application of engineering criteria in the design and control of bakery formulations and processes makes it possible to optimize the quality, reproducibility, and stability of wheat-based products. Furthermore, the importance of technological characterization as a fundamental tool for the development of efficient and technically controlled baked products within the food sector is emphasized.

Keywords: cereal technology, fermented doughs, formulation, gluten, starch, fats, baking.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO

La industria de panificación constituye uno de los pilares fundamentales dentro del sector alimentario, debido a su relevancia en la seguridad alimentaria y su alto nivel de consumo en la dieta diaria. En la ciudad de Quito, esta actividad se encuentra ampliamente desarrollada a través de un gremio de panificadores conformado por micro, pequeña y medianas unidades productivas que elaboran una gran diversidad de productos derivados del trigo.

Desde el enfoque de la ingeniería en alimentos, las masas panificables, quebradas, aireadas y hojaldradas representan sistemas multifarios complejos, donde coexisten fases sólida, líquida y gaseosa. En estos sistemas ocurren fenómenos fisicoquímicos y bioquímicos determinantes, tales como la formación de la red de gluten (interacción entre gliadina y glutenina), la gelatinización del almidón, la emulsificación de lípidos, la retención de gases y la expansión térmica durante el horneado.

En el contexto local, el gremio panificador de Quito mantiene en gran medida prácticas tradicionales basadas en la experiencia empírica, lo que genera una limitada estandarización de procesos y variabilidad en la calidad de los productos. Esta situación plantea la necesidad de integrar conocimientos científicos con la práctica productiva, con el fin de mejorar la eficiencia, calidad y competitividad del sector.

Por lo tanto, la presente investigación se orienta a la caracterización tecnológica y fisicoquímica de diferentes tipos de masas, considerando variables de formulación y proceso, con énfasis en su aplicación dentro del entorno real del gremio panificador de Quito.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad de los productos de panificación depende directamente del control de variables de formulación y proceso, las cuales influyen en propiedades como textura, volumen, estructura alveolar, elasticidad y estabilidad del producto final. Sin embargo, en el gremio de panificadores de la ciudad de Quito, se observa una marcada variabilidad en dichas propiedades, evidenciada en defectos como:

- Baja esponjosidad en masas panificables
- Textura excesivamente dura o friable en masas quebradas
- Estructura inestable en masas aireadas
- Deficiente formación de capas en masas hojaldradas

Estas deficiencias se relacionan con un manejo no estandarizado de variables críticas, entre ellas:

- Proporciones inadecuadas de ingredientes
- Variabilidad en el contenido de agua (hidratación)
- Tiempos y técnicas de amasado no controlados
- Fermentación irregular
- Procesos de laminado y horneado sin parámetros definidos

A pesar de la importancia de estas variables, existe una limitada aplicación de criterios científicos y técnicos que permitan comprender su impacto en las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de las masas.

En consecuencia, surge la necesidad de responder la siguiente interrogante:

¿Cómo influyen las variables de formulación y proceso en las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de las masas elaboradas por el gremio de panificadores de la ciudad de Quito?

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación busca determinar la influencia que tienen las variables de formulación y proceso sobre las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de diferentes tipos de masas utilizadas en la elaboración de productos de panificación y pastelería. Para ello, se consideran las masas panificables fermentadas, masas quebradas, masas aireadas y masas hojaldradas, debido a las diferencias existentes en su composición, estructura y comportamiento durante las etapas de elaboración.

En este contexto, la formulación y las condiciones de procesamiento constituyen factores determinantes para el desarrollo de las características de cada tipo de masa. Por esta razón, resulta necesario establecer cómo las variaciones en la composición de los ingredientes y en las condiciones de procesamiento pueden modificar propiedades como volumen, textura, estructura, estabilidad, capacidad de incorporación y retención de aire, desarrollo de gluten y formación de capas.

Por lo tanto, la investigación se orienta a responder la siguiente pregunta:

¿Cómo influyen las variables de formulación y proceso en las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de las masas panificables, quebradas, aireadas y hojaldradas?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de las masas panificables, quebradas, aireadas y hojaldradas elaboradas en el gremio de panificadores de la ciudad de Quito, mediante el análisis de variables de formulación y proceso.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar la composición y formulación de las diferentes masas utilizadas en el gremio panificador
- Evaluar el desarrollo de la red de gluten en masas panificables
- Analizar el efecto de los lípidos en la estructura de masas quebradas y hojaldradas
- Evaluar los mecanismos de incorporación y retención de aire en masas aireadas
- Estudiar el comportamiento térmico durante el proceso de horneado
- Identificar las variables críticas que afectan la calidad final de los productos

1.5. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación adquiere relevancia en múltiples dimensiones: tecnológica, económica, social y académica, al abordar una problemática real del gremio de panificadores de la ciudad de Quito.

Desde el enfoque tecnológico, el estudio de las masas permite comprender los mecanismos fisicoquímicos responsables de la calidad del producto final. Procesos como la formación de gluten, la gelatinización del almidón, la incorporación y retención de gases, así como la interacción entre ingredientes, son determinantes en la generación de características deseables como volumen, textura y estabilidad. La falta de control sobre estos procesos conlleva a productos inconsistentes y de menor calidad.

Desde la perspectiva productiva, la ausencia de estandarización en el gremio panificador genera ineficiencias en el uso de materias primas y energía. La optimización de variables como la hidratación, el amasado y el horneado permiten mejorar el rendimiento del proceso, reducir desperdicios y garantizar uniformidad en la producción.

En el ámbito económico, la mejora en la calidad de los productos repercute directamente en la aceptación del consumidor, incrementando la demanda y fortaleciendo la

competitividad de los establecimientos panificadores. Asimismo, la reducción de pérdidas por fallas en el proceso contribuye a una mayor rentabilidad.

Desde el punto de vista social, el sector panificador constituye una fuente significativa de empleo en Quito, especialmente en pequeñas y medianas empresas. El fortalecimiento técnico de este gremio impacta positivamente en la seguridad alimentaria, al garantizar productos de mejor calidad e inocuidad para la población.

En el plano académico y científico, esta investigación contribuye al desarrollo del conocimiento en tecnología de cereales, proporcionando información experimental y analítica sobre el comportamiento de diferentes tipos de masas. Además, establece una base metodológica que puede ser replicada o ampliada en futuras investigaciones.

En síntesis, la presente investigación se justifica por su capacidad de integrar el conocimiento científico con la práctica productiva, generando un aporte significativo al mejoramiento de la calidad, eficiencia y sostenibilidad del gremio panificador de Quito.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis de investigación (H)

Las variables de formulación y proceso influyen significativamente en las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de las masas elaboradas por el gremio de panificadores de la ciudad de Quito.

1.6.2. Hipótesis nula (Hn)

Las variables de formulación y proceso no influyen significativamente en las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de las masas elaboradas por el gremio de panificadores de la ciudad de Quito.

1.7. ALCANCE Y DELIMITACIONES

1.7.1. Alcance

La investigación se desarrolla en la ciudad de Quito y se enfoca en el análisis comparativo de cuatro tipos de masas: panificables, quebradas, aireadas y hojaldradas, considerando variables de formulación, proceso y propiedades fisicoquímicas.

Se incluyen:

- Evaluaciones experimentales en laboratorio
- Análisis tecnológico de procesos
- Interpretación de resultados en función del contexto productivo

1.7.2. Delimitaciones

- El estudio se realiza a escala de laboratorio con referencia a prácticas del gremio panificador
- Se emplean materias primas estándar (harina de trigo, agua, grasas, levadura)
- No se incluyen análisis microbiológicos avanzados
- No se evalúa la vida útil prolongada de los productos
- Los resultados se aplican a condiciones controladas y pueden variar en entornos industriales

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PRODUCTO

Los cereales han constituido una de las principales bases de la alimentación humana desde el inicio de las civilizaciones agrícolas. Entre los cereales de mayor utilización se encuentran el trigo, el arroz y el maíz. Dentro de este grupo, el trigo adquirió una importancia particular para la elaboración de productos de panificación debido a las características tecnológicas de sus proteínas, capaces de formar estructuras visco elásticas cuando entran en contacto con el agua y son sometidas a energía mecánica.

Esta característica del trigo explica su amplia utilización histórica en la elaboración de pan, productos de panificación y diferentes preparaciones de pastelería. La capacidad de desarrollar una estructura proteica que permite retener gases diferencia tecnológicamente al trigo de otros cereales y constituye una de las bases de la producción de masas fermentadas.

El desarrollo de la tecnología de cereales permitió transformar progresivamente el procesamiento tradicional de los granos en procesos controlados. El procesamiento del trigo comprende operaciones como la limpieza, acondicionamiento, molienda y clasificación de la harina, seguidas de las etapas de transformación en masa, entre ellas el mezclado, amasado, fermentación, formado, laminado y horneado.

La evolución tecnológica de la panadería ha permitido comprender que los productos elaborados a partir de cereales no dependen únicamente de una receta, sino de las transformaciones fisicoquímicas, bioquímicas y reológicas que ocurren durante el procesamiento. La composición del trigo, la calidad de la harina, el agua, las proteínas, el

almidón, las grasas y las condiciones de proceso determinan las características estructurales, funcionales y sensoriales del producto final.

Dentro de la evolución de la tecnología de masas también se han diferenciado sistemas con características particulares. Las masas panificables fermentadas se desarrollaron alrededor de la utilización de harina de trigo, agua, levadura y sal, con expansión producida por la fermentación biológica. Por otra parte, las masas quebradas corresponden a sistemas de mínimo desarrollo de gluten y alto contenido de grasa; las masas aireadas se basan en la incorporación mecánica de aire y/o agentes leudantes; y las masas hojaldradas utilizan capas alternadas de masa y grasa cuya expansión se produce principalmente por vapor durante el horneado.

En este sentido, el desarrollo de la panificación ha estado relacionado con el conocimiento progresivo de las propiedades de las materias primas y de los mecanismos responsables de la formación, expansión y estabilización de las masas. La tecnología de cereales permite actualmente analizar estos procesos desde una perspectiva científica y establecer condiciones de elaboración que favorezcan productos constantes y reproducibles.

2.2 INVESTIGACIONES PREVIAS

La elaboración de productos de panadería y pastelería a partir de cereales constituye un proceso tecnológico complejo que involucra transformaciones fisicoquímicas, bioquímicas y reológicas. Las investigaciones y desarrollos tecnológicos relacionados con la panificación han demostrado la importancia de estudiar la composición de las materias primas y su comportamiento durante las diferentes etapas del proceso.

Desde el área de Ingeniería de Alimentos y tecnología de cereales se ha establecido que la calidad de un producto panificado depende de la interacción entre la harina, el agua,

las proteínas, el almidón, las grasas y las condiciones aplicadas durante el mezclado, amasado, fermentación, laminado y horneado. Por esta razón, las masas panificables, quebradas, aireadas y hojaldradas deben analizarse como sistemas estructurales diferentes.

Las investigaciones sobre tecnología de cereales han utilizado diferentes métodos para caracterizar las materias primas y las masas. Entre ellos se encuentran la farinografía, la alveografía, la extensografía, la reometría y diferentes análisis térmicos. Estas herramientas permiten estudiar propiedades relacionadas con absorción de agua, fuerza, estabilidad, tenacidad, extensibilidad y comportamiento de las masas durante el procesamiento.

Los estudios relacionados con la composición del trigo señalan que el grano está constituido principalmente por salvado, germen y endospermo. El endospermo representa la fracción destinada principalmente a la obtención de harina blanca. El salvado presenta fibra, minerales y compuestos fenólicos; el germen contiene lípidos, enzimas y compuestos bioactivos; y el endospermo presenta una elevada proporción de almidón y proteínas, componentes esenciales para la funcionalidad tecnológica de la harina.

En relación con el almidón, las investigaciones tecnológicas han determinado su importancia en la formación de la estructura del producto horneado. El almidón constituye aproximadamente entre el 65 % y el 72 % del peso seco del endospermo y está formado principalmente por amilosa y amilopectina. Durante el horneado, en presencia de agua y calor, experimenta gelatinización aproximadamente entre 60 y 75 °C, contribuyendo a la fijación de la estructura y a la formación de la miga.

Las investigaciones sobre las proteínas del trigo han demostrado igualmente la importancia de las gliadinas y gluteninas. Estas proteínas, al hidratarse y recibir energía mecánica durante el amasado, forman una red tridimensional responsable de las propiedades

visco elásticas de la masa. Las gliadinas contribuyen principalmente a la extensibilidad, mientras que las gluteninas aportan resistencia y elasticidad. El equilibrio entre ambas determina parte importante del comportamiento tecnológico de la masa.

También se ha estudiado la influencia de los lípidos, minerales y fibra sobre las propiedades de las masas. Aunque los lípidos del trigo se encuentran en proporciones relativamente bajas, intervienen en la lubricación de la red de gluten, la estabilidad de las burbujas de gas y la textura del producto. Los minerales se concentran principalmente en el salvado y el germen, mientras que la fibra influye sobre la absorción de agua y puede afectar el desarrollo del gluten.

Otro aspecto estudiado corresponde a la variabilidad de la composición del trigo. Factores como la variedad genética, el clima, el tipo de suelo y las prácticas agrícolas pueden modificar la composición química del grano y, consecuentemente, su comportamiento tecnológico durante el amasado, fermentación y horneado.

Las investigaciones sobre la harina de trigo han establecido que su funcionalidad depende de factores como el contenido y calidad de las proteínas, el estado del almidón, el grado de daño producido durante la molienda, el tamaño de partícula y la interacción de sus componentes con el agua y los demás ingredientes.

La fuerza panadera puede ser evaluada mediante parámetros reológicos como el valor W y la relación P/L obtenidos mediante alveografía. El valor W representa la energía necesaria para deformar la masa y se relaciona con la fuerza global de la harina, mientras que P/L expresa la relación entre tenacidad y extensibilidad. Estos parámetros permiten relacionar las características de la harina con sus posibles aplicaciones tecnológicas.

Los estudios sobre el daño del almidón también señalan que esta modificación producida durante la molienda afecta la absorción de agua, la actividad enzimática y la consistencia de la masa. Un nivel moderado puede favorecer la fermentación y la absorción de agua, mientras que un exceso puede producir masas pegajosas y problemas de estabilidad estructural.

En relación con el gluten, las investigaciones tecnológicas han establecido que su formación ocurre mediante hidratación de las proteínas, acción mecánica durante el amasado y formación de interacciones intermoleculares. El desarrollo adecuado de esta red permite retener los gases producidos durante la fermentación y mantener la estructura durante el horneado.

El desarrollo del gluten depende de la calidad y cantidad de proteína, hidratación, tiempo e intensidad de amasado, temperatura de la masa y presencia de otros ingredientes. La grasa puede interferir en la formación del gluten al recubrir parcialmente las proteínas, mientras que la sal puede contribuir al fortalecimiento de la red proteica. Las propiedades reológicas del gluten comprenden elasticidad, extensibilidad y resistencia. Su equilibrio permite que la masa se expanda durante la fermentación sin colapsar y mantenga su estructura durante el horneado. La evaluación puede realizarse mediante pruebas empíricas, como la prueba de ventana, y mediante métodos instrumentales como farinografía, alveografía y reometría.

Las investigaciones sobre el almidón también han estudiado la gelatinización y la retrogradación. La gelatinización ocurre cuando los gránulos de almidón absorben agua y calor, pierden su orden interno y forman una matriz que contribuye a fijar la estructura del producto. La retrogradación corresponde a la reorganización de las cadenas de amilosa y

amilopectina después de la gelatinización y está relacionada con el incremento de firmeza y pérdida progresiva de elasticidad durante el almacenamiento.

El agua ha sido estudiada como un componente fundamental del proceso de panificación. Su función comprende la hidratación de las proteínas, la interacción con el almidón, la activación enzimática, la fermentación y la transferencia de calor. También se ha establecido la importancia de la actividad de agua, entendida como la relación entre la presión de vapor del agua presente en el alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura.

Las investigaciones relacionadas con las grasas han demostrado que estas no cumplen una única función. Su comportamiento depende de la composición de ácidos grasos, estado físico, plasticidad, punto de fusión y cristalización. Las grasas pueden intervenir en la lubricación, interferencia con las proteínas, incorporación de aire, separación de capas y comportamiento térmico del sistema.

Finalmente, las investigaciones y desarrollos tecnológicos sobre masas de panadería permiten establecer que las masas fermentadas, quebradas, aireadas y hojaldradas poseen mecanismos de estructuración y expansión diferentes. Por ello, cada sistema requiere formulaciones, procesos y condiciones específicas de elaboración y control.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

La tecnología de cereales constituye una disciplina fundamental de la Ingeniería de Alimentos orientada al estudio de los procesos involucrados en la transformación de los granos en productos alimenticios. Integra conocimientos de química de alimentos, bioquímica, física, reología y procesamiento industrial para comprender y controlar los cambios estructurales y funcionales que experimentan los cereales durante su transformación.

En el caso del trigo, el procesamiento comprende limpieza, acondicionamiento, molienda, clasificación de la harina y posterior transformación en masa mediante mezclado, amasado, fermentación, laminado y horneado. Cada etapa genera modificaciones fisicoquímicas que determinan el comportamiento tecnológico del sistema.

2.3.1 Trigo y estructura del grano

El grano de trigo está constituido por tres fracciones principales: salvado, germen y endospermo.

El salvado corresponde a la capa externa y es rico en fibra dietética, minerales y compuestos fenólicos. Tecnológicamente incrementa la absorción de agua y puede interferir mecánicamente con la continuidad de la red de gluten.

El germen constituye la fracción embrionaria y contiene lípidos, enzimas y compuestos bioactivos. Su presencia puede influir en la estabilidad de la harina debido a su actividad enzimática.

El endospermo representa la mayor proporción del grano y constituye la fracción destinada principalmente a la obtención de harina blanca. Su composición es determinante para la funcionalidad tecnológica del trigo.

2.3.2 Almidón

El almidón constituye aproximadamente entre el 65 % y el 72 % del peso seco del endospermo. Está formado por amilosa, de estructura lineal, y amilopectina, de estructura ramificada.

Durante el horneado, el almidón absorbe agua y calor y experimenta gelatinización aproximadamente entre 60 y 75 °C. Este fenómeno contribuye a la fijación de la estructura y a la formación de la miga.

La amilosa presenta cadenas largas de glucosa unidas mediante enlaces α -(1 → 4), mientras que la amilopectina posee una estructura altamente ramificada con enlaces α -(1 → 6) en los puntos de ramificación. La amilosa tiende a recristalizar durante el enfriamiento, mientras que la retrogradación de la amilopectina ocurre más lentamente y participa en el envejecimiento progresivo del producto.

En la masa cruda, el almidón funciona como fase sólida dispersa dentro de la matriz continua de gluten. El gluten constituye la fase continua deformable, el almidón actúa como fase de refuerzo y el agua funciona como fase de acoplamiento molecular.

El almidón dañado corresponde a la fracción cuya estructura granular ha sido alterada mecánicamente durante la molienda. Esta modificación aumenta su accesibilidad al agua y a las enzimas y afecta la absorción de agua, la hidrólisis enzimática y la estabilidad de la masa.

El almidón también constituye una fuente de carbohidratos que, mediante hidrólisis enzimática, genera azúcares disponibles para el metabolismo de la levadura, contribuyendo al desarrollo de la fermentación.

2.3.3 Harina de trigo y funcionalidad tecnológica

La harina de trigo es el principal insumo de las masas de panificación y productos de pastelería. Su funcionalidad depende del contenido y calidad de las proteínas, estado del almidón, daño producido durante la molienda, tamaño de partícula e interacción con el agua y otros ingredientes.

El proceso de obtención de la harina comprende limpieza, acondicionamiento, ruptura, reducción y clasificación. La eficiencia de la molienda determina el grado de refinamiento, contenido de cenizas y aptitud tecnológica de la harina.

Desde el punto de vista tecnológico pueden diferenciarse harinas panaderas, galleteras y pasteleras. Las harinas panaderas presentan características adecuadas para desarrollar una red de gluten resistente y soportar procesos de amasado, fermentación y horneado. Las harinas galleteras poseen menor capacidad de formación de gluten y se relacionan con masas frágiles. Las harinas pasteleras presentan características apropiadas para productos cuya estructura depende principalmente del aire incorporado y de la coagulación proteica durante el horneado.

2.3.4 Fuerza panadera y reología

La fuerza panadera se evalúa mediante pruebas reológicas. El valor W representa la energía necesaria para deformar la masa y expresa la fuerza global de la harina. La relación P/L representa el equilibrio entre tenacidad y extensibilidad.

Las propiedades reológicas permiten conocer la capacidad de la masa para resistir deformaciones, extenderse y recuperar parcialmente su forma. Estos parámetros son importantes para seleccionar materias primas y establecer condiciones adecuadas de procesamiento.

2.3.5 Gluten

El gluten es un complejo proteico insoluble en agua que se forma cuando las proteínas específicas del trigo son hidratadas y sometidas a energía mecánica. Está constituido principalmente por gliadinas y gluteninas.

Las gliadinas aportan extensibilidad y fluidez, mientras que las gluteninas proporcionan elasticidad y resistencia. El equilibrio entre ambas determina la fuerza, estabilidad y manejabilidad de la masa.

La formación del gluten comprende hidratación de las proteínas, alineación y estiramiento molecular durante el amasado y formación de interacciones intermoleculares. Entre estas interacciones se encuentran enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y puentes disulfuro entre moléculas de glutenina.

El desarrollo del gluten está influenciado por el contenido y calidad de proteína, hidratación, tiempo e intensidad de amasado, temperatura y presencia de otros ingredientes. Un desarrollo insuficiente puede generar productos de bajo volumen, miga compacta y textura densa, mientras que un desarrollo inadecuado por exceso o degradación puede producir masas pegajosas y con tendencia al colapso.

2.3.6 Agua y actividad de agua

El agua es un componente fundamental de las masas de panadería. Interviene en la hidratación de las proteínas, formación del gluten, interacción con el almidón, actividad enzimática, fermentación y transferencia de calor.

Dentro de la masa puede encontrarse agua químicamente ligada, agua físicamente retenida y agua libre. El equilibrio entre estas fracciones influye sobre textura, estabilidad mecánica y seguridad microbiológica.

La actividad de agua expresa la disponibilidad energética del agua para participar en reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas. Durante la fermentación, una actividad

de agua adecuada favorece la movilidad de nutrientes, actividad enzimática y producción controlada de CO₂.

Durante el horneado, el agua participa en la gelatinización del almidón, facilita la coagulación de proteínas y se transforma en vapor, contribuyendo a la expansión del producto.

Después del horneado, el contenido y disponibilidad del agua influyen sobre la estabilidad, textura y vida útil. Valores elevados de actividad de agua favorecen el crecimiento de mohos y levaduras, mientras que valores bajos pueden acelerar el endurecimiento y pérdida de frescura.

2.3.7 Grasas

Las grasas son componentes funcionales que modifican la estructura, comportamiento reológico y respuesta térmica de las masas.

Desde el punto de vista fisicoquímico, son mezclas de triglicéridos formados por glicerol esterificado con tres ácidos grasos. Su funcionalidad depende de la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, longitud de las cadenas, grado de cristalización y otras características.

La plasticidad corresponde a la capacidad de una grasa para deformarse bajo presión sin romperse ni fluir excesivamente. Una grasa demasiado dura dificulta su integración, mientras que una grasa demasiado blanda puede fundirse prematuramente y perder su función estructural.

Las grasas pueden cristalizar en formas α , β' y β . La forma β' es considerada favorable para aplicaciones de panificación, mientras que la forma β puede generar texturas arenosas e inestables.

Las grasas también pueden interferir en la formación del gluten al recubrir parcialmente las proteínas y limitar su contacto con el agua. En masas panificables un exceso puede debilitar la estructura; en masas quebradas esta interferencia es parte del mecanismo tecnológico buscado.

En masas aireadas, las grasas contribuyen a la incorporación y estabilización del aire. En masas hojaldradas actúan como elemento separador entre las capas de masa y deben conservar una plasticidad adecuada durante el laminado.

2.3.8 Masas panificables fermentadas

Las masas panificables fermentadas son sistemas viscoelásticos elaborados principalmente con harina de trigo panadera, agua, levadura y sal. Su expansión ocurre mediante fermentación biológica y generación de dióxido de carbono.

La estructura depende de la interacción entre gluten, agua, almidón y gas. Durante la fermentación el CO_2 incrementa la presión interna y expande la red de gluten. Durante el horneado, la gelatinización del almidón y la coagulación de proteínas contribuyen a fijar la estructura.

El proceso comprende mezclado, amasado, fermentación, formado y reposos, seguido del horneado. La fuente establece una fermentación de referencia de 25–30 °C y un horneado de 180–220 °C.

Entre los errores tecnológicos se encuentran el amasado insuficiente, la fermentación excesiva y la utilización de harina inadecuada.

2.3.9 Masas quebradas

Las masas quebradas son sistemas no fermentados caracterizados por mínimo desarrollo del gluten, alto contenido de grasa y bajo nivel de hidratación. Su objetivo tecnológico es obtener friabilidad y ruptura limpia.

La grasa recubre las partículas de harina e impide la hidratación de las proteínas, limitando la formación de gluten. Durante el horneado, el almidón gelatiniza parcialmente debido al bajo contenido de agua.

El proceso requiere mezclado corto y suave, sin fermentación, y horneado aproximadamente entre 160 y 190 °C. El exceso de agua puede producir dureza, el mezclado excesivo puede desarrollar gluten y una grasa inadecuada puede afectar la friabilidad.

2.3.10 Masas aireadas

Las masas aireadas son sistemas cuya expansión se obtiene mediante incorporación mecánica de aire y/o agentes leudantes químicos. Presentan una estructura esponjosa, ligera y uniforme.

La estructura inicial se forma mediante una emulsión aire-grasa estabilizada por proteínas y emulsificantes. Durante el horneado, el aire se expande y la estructura se fija mediante gelatinización del almidón y coagulación de proteínas.

El proceso contempla cremado de grasa y azúcar, incorporación de huevos, batido controlado y horneado aproximadamente entre 170 y 190 °C. Entre los defectos se

encuentran baja aireación por falta de plasticidad de la grasa, colapso por batido excesivo y miga irregular por temperaturas inadecuadas.

2.3.11 Masas hojaldradas

Las masas hojaldradas son sistemas laminados compuestos por capas alternadas de masa y grasa. Su expansión se produce principalmente por vapor de agua durante el horneado.

La grasa actúa como separador físico entre las capas. Durante el horneado, el agua se transforma en vapor y ejerce presión que separa las capas, mientras el almidón gelatiniza y contribuye a fijar la estructura.

El proceso comprende la preparación de la masa base, incorporación de grasa de laminado, realización de dobleces y reposos intermedios en frío. La fuente establece una temperatura de masa y grasa de 14–18 °C y un horneado de 200–220 °C.

Entre los principales errores se encuentran el uso de grasa demasiado blanda, la falta de reposos y un laminado incorrecto, condiciones que pueden provocar capas fusionadas, contracción u hojaldres planos.

2.3.12 Síntesis conceptual

Desde la perspectiva de la Ingeniería de Alimentos, las masas de panadería no constituyen un único sistema, sino diferentes estructuras con mecanismos particulares de formación, expansión y estabilización.

Las masas fermentadas dependen principalmente del desarrollo del gluten y de la generación de CO₂; las masas quebradas se caracterizan por limitar el desarrollo del gluten y

buscar friabilidad; las masas aireadas dependen de la incorporación y estabilización del aire; y las masas hojaldradas se fundamentan en la separación de capas de masa y grasa y en la generación de vapor durante el horneado.

Por lo tanto, la selección de harina, el control del agua, el desarrollo del gluten, el comportamiento del almidón, la selección y manejo de las grasas y el control de las condiciones de proceso constituyen elementos fundamentales para obtener productos de panificación con características constantes y reproducibles.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque científico-técnico, propio de la Ingeniería de Alimentos, orientado a la comprensión integral del comportamiento tecnológico y fisicoquímico de distintos tipos de masas de panificación elaboradas a partir de harina de trigo. Este enfoque se fundamenta en la aplicación de principios de la tecnología de cereales, la química de alimentos y la ciencia de procesos, con el fin de explicar de manera racional y sistemática los fenómenos que ocurren durante la formulación, elaboración y horneado de masas panificables, quebradas, aireadas y hojaldradas.

Desde el punto de vista de su finalidad, la investigación es de tipo aplicada, debido a que los conocimientos generados están dirigidos a la solución de problemas reales del sector panadero y pastelero, especialmente aquellos relacionados con la falta de estandarización de formulaciones, el uso empírico de materias primas y el control inadecuado de parámetros de proceso. La investigación aplicada permite vincular la teoría con la práctica industrial, aportando criterios técnicos que pueden ser utilizados directamente para mejorar la calidad, reproducibilidad y estabilidad de los productos derivados de cereales.

En cuanto a su alcance metodológico, el estudio se clasifica como una investigación descriptiva, ya que se orienta a describir de manera detallada las características tecnológicas, estructurales y funcionales de cada tipo de masa, considerando su composición, mecanismo de expansión y comportamiento durante el procesamiento. La descripción se fundamenta en la observación sistemática de las masas y en la interpretación técnica de los cambios fisicoquímicos que experimentan a lo largo de las distintas etapas del proceso.

Asimismo, la investigación presenta un componente analítico, dado que no se limita a describir los fenómenos observados, sino que busca analizar y explicar las causas que los

originan, estableciendo relaciones entre las variables de formulación (tipo de harina, nivel de hidratación, tipo y cantidad de grasa) y las variables de proceso (amasado, fermentación, reposo, laminado y horneado). Este análisis permite identificar los factores críticos que influyen en el comportamiento de las masas y en la calidad del producto final.

Adicionalmente, el estudio se enmarca dentro de una investigación experimental de laboratorio, ya que las masas fueron elaboradas bajo condiciones controladas, siguiendo formulaciones definidas y procedimientos estandarizados. La experimentación permitió observar de manera directa la respuesta de cada tipo de masa frente a las variables estudiadas, garantizando la repetibilidad del proceso y la validez de las observaciones realizadas.

Finalmente, la investigación adopta un enfoque comparativo, al evaluar y contrastar el comportamiento tecnológico de los diferentes tipos de masas de panificación dentro de un mismo marco metodológico. Esta comparación permitió identificar similitudes y diferencias estructurales, reológicas y funcionales entre las masas panificables fermentadas, quebradas, aireadas y hojaldradas, evidenciando que cada sistema responde a principios tecnológicos distintos y requiere criterios específicos de formulación y control de proceso.

En conjunto, el enfoque y tipo de investigación adoptados proporcionan una base metodológica sólida para el desarrollo del presente estudio, permitiendo abordar el fenómeno de la panificación desde una perspectiva técnica, científica y aplicada, coherente con los objetivos planteados y con las exigencias académicas propias de la Ingeniería de Alimentos.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental de la presente investigación fue estructurado con el propósito de evaluar y comparar de manera ordenada y sistemática el comportamiento tecnológico y fisicoquímico de distintos tipos de masas de panificación, considerando las particularidades estructurales, funcionales y de proceso propias de cada sistema. Desde el enfoque de la

Ingeniería de Alimentos, el diseño experimental no se concibió como un simple esquema de elaboración de productos, sino como una herramienta científica para analizar la relación causa–efecto entre la formulación, los parámetros de proceso y las propiedades finales de las masas.

El estudio se planteó bajo un diseño experimental comparativo y controlado, en el cual se definieron como tratamientos principales los distintos tipos de masa: masas panificables fermentadas, masas quebradas, masas aireadas y masas hojaldradas. Cada tipo de masa fue considerado una unidad experimental independiente, elaborada bajo condiciones controladas, pero representativas de la práctica panadera y pastelera real.

El diseño experimental fue de tipo no factorial complejo, dado que el objetivo central de la investigación no fue evaluar la interacción estadística de múltiples factores en distintos niveles, sino caracterizar de manera integral el comportamiento tecnológico de cada sistema de masa, manteniendo constantes las condiciones críticas de proceso dentro de cada tratamiento. Esta estrategia metodológica permitió reducir la variabilidad externa y centrar el análisis en las diferencias estructurales y funcionales propias de cada tipo de masa.

Para cada tratamiento se establecieron formulaciones base estandarizada, seleccionada a partir de referencias técnicas y prácticas industriales, ajustadas según criterios de tecnología de cereales. Estas formulaciones se mantuvieron constantes durante la experimentación, con el fin de asegurar la repetitividad del proceso y la comparabilidad de los resultados obtenidos.

Asimismo, se definieron y controlaron cuidadosamente los parámetros de proceso críticos para cada tipo de masa, tales como tiempo e intensidad de amasado, nivel de hidratación, temperatura de fermentación, tiempos de reposo, condiciones de laminado y perfil térmico de horneado. El control de estas variables permitió asegurar que las diferencias observadas en el comportamiento de las masas fueran atribuibles principalmente a su naturaleza estructural y no a variaciones accidentales del proceso.

El diseño experimental incorporó, además, una fase de observación sistemática, en la cual se registró el comportamiento de las masas durante cada etapa del proceso: consistencia inicial, desarrollo estructural, respuesta al amasado o batido, estabilidad durante fermentación o reposo, comportamiento en el horneado y características del producto final. Esta observación permitió identificar fenómenos relevantes como colapsos estructurales, cambios de textura, pérdida de definición o estabilidad dimensional.

Desde el punto de vista metodológico, el diseño experimental puede clasificarse como exploratorio-analítico, ya que permitió profundizar en la comprensión de los mecanismos tecnológicos que gobiernan cada sistema de masa, más allá de una simple evaluación sensorial o productiva. El enfoque adoptado facilitó la interpretación técnica de los resultados y la formulación de conclusiones basadas en principios científicos y criterios de ingeniería.

En conjunto, el diseño experimental aplicado en esta investigación garantizó:

- El control adecuado de las variables críticas de proceso.
- La reproducibilidad de los tratamientos evaluados.
- La comparabilidad entre los distintos tipos de masa.
- La validez técnica de los resultados obtenidos.

Este diseño constituyó, por tanto, la base metodológica que permitió establecer relaciones claras entre la formulación, el proceso y el comportamiento tecnológico de las masas de panificación estudiadas, sustentando los análisis desarrollados en los capítulos posteriores.

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

El desarrollo experimental de la presente investigación requirió la utilización de materias primas, insumos y equipos representativos de los procesos reales de panificación y pastelería, seleccionados con el propósito de garantizar la reproducibilidad de los ensayos y la validez tecnológica de los resultados obtenidos. La selección de los materiales y equipos se realizó considerando criterios de calidad, funcionalidad y pertinencia con los objetivos del estudio.

3.3.1 MATERIALES

Los materiales empleados en la elaboración de las distintas masas de panificación correspondieron a ingredientes comúnmente utilizados en la industria panadera y pastelera, con características tecnológicas adecuadas para cada tipo de masa evaluada.

La harina de trigo constituyó el material base de todas las formulaciones experimentales. Se emplearon harinas de diferente funcionalidad tecnológica, tales como harina panadera para las masas fermentadas, harina de baja fuerza para masas quebradas, harina pastelera para masas aireadas y harina de fuerza media para masas hojaldradas. La selección de cada tipo de harina respondió a su contenido proteico, capacidad de absorción de agua y comportamiento reológico esperado.

El agua potable utilizada en las formulaciones fue empleada como agente hidratante, esencial para la formación de la masa, el desarrollo del gluten y la gelatinización del almidón. La temperatura del agua fue controlada según el tipo de masa, con el fin de evitar alteraciones indeseadas durante el amasado o batido.

Las grasas para panadería empleadas incluyeron mantequilla, margarina y grasas vegetales formuladas, seleccionadas de acuerdo con su plasticidad, punto de fusión y aplicación tecnológica específica. En las masas panificables fermentadas se utilizaron grasas

en proporciones moderadas, mientras que en masas quebradas y hojaldradas se emplearon grasas sólidas con mayor capacidad estructural.

La levadura utilizada en las masas fermentadas fue levadura comercial, activa, seleccionada por su capacidad de fermentación estable y reproducible. Asimismo, se emplearon otros ingredientes complementarios como sal, azúcar, huevos y agentes leudantes químicos, según la formulación específica de cada tipo de masa, cumpliendo funciones estructurales, sensoriales y de control del proceso.

Tabla 1: Materias primas, origen y especificaciones de calidad

Materia prima	Nombre científico	Origen proveedor /	Especificación de calidad	Función en panadería y pastelería
Harina de trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	Comercial, nacional	Harina de panificación, color blanco-crema, sin olores extraños, humedad dentro de especificación	Aporta estructura, gluten y volumen
Azúcar blanca	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Comercial, nacional	Refinada, seca, granulometría uniforme, libre de impurezas	Aporta dulzor, color y mejora textura
Levadura fresca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Comercial, nacional	Fresca, activa, color y olor característicos, refrigerada	Produce CO ₂ para el levado de la masa
Margarina	—	Comercial, nacional	Grado alimentario, textura uniforme, sin rancidez	Aporta grasa, suavidad, sabor y volumen
Mantequilla	—	Comercial, nacional	Materia grasa ≥ 80 %, refrigerada, sin olores extraños	Aporta sabor, aroma y textura
Huevo	<i>Gallus gallus domesticus</i>	Comercial, nacional	Fresco, cáscara íntegra, limpio y sin olores anormales	Aporta estructura, emulsión, color y humedad
Leche	<i>Bos taurus</i>	Comercial, nacional	Pasteurizada, refrigerada y sin alteraciones	Aporta proteínas, lactosa, sabor y

			sensoriales	color
Agua potable	H_2O	Red pública	Potable, incolora, inodora e insípida	Hidrata la harina y permite el desarrollo del gluten
Sal	$NaCl$	Comercial, nacional	Yodada, fina, seca y libre de impurezas	Regula fermentación y potencia el sabor
Mejorante panario	—	Comercial	Grado alimentario, envase íntegro y dentro de fecha	Mejora volumen, estructura y conservación
Polvo de hornear	—	Comercial	Doble acción, seco y dentro de fecha de vencimiento	Genera gases para el crecimiento de productos de pastelería
Esencia de vainilla	<i>Vanilla planifolia</i> Andrews	Comercial	Grado alimentario, aroma característico	Aporta aroma y sabor
Cacao en polvo	<i>Theobroma cacao</i> L.	Comercial	Grado alimentario, color y aroma característicos	Aporta sabor, color y aroma
Maicena / fécula de maíz	<i>Zea mays</i> L.	Comercial, nacional	Polvo blanco, fino, seco y sin grumos	Mejora suavidad y textura
Canela en polvo	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	Comercial	Molienda fina, seca, sin apelmazamiento	Aporta aroma y sabor
Leche en polvo	<i>Bos taurus</i>	Comercial	Grado alimentario, polvo seco, sin humedad ni grumos	Mejora sabor, color y valor nutricional

Nota. Elaboración propia (2026). Todos los insumos se adquieren en un único lote por marca para eliminar la variabilidad entre proveedores como fuente de error.

3.3.2 EQUIPOS

Los equipos empleados durante el desarrollo experimental correspondieron a instrumentos de laboratorio y equipos de uso panadero, adecuados para la elaboración controlada de masas y la evaluación de su comportamiento tecnológico.

Se utilizó una balanza digital de precisión para el pesado exacto de materias primas, garantizando la repetibilidad de las formulaciones. Para el mezclado y amasado de las masas se emplearon amasadoras y batidoras, seleccionadas según el tipo de masa y el nivel de energía mecánica requerido.

En el caso de las masas hojaldradas, se utilizó una laminadora manual o rodillo, que permitió realizar los dobleces y el control del espesor de las capas de masa y grasa. Para las masas fermentadas, se dispuso de una cámara de fermentación, con control de temperatura y humedad relativa, lo que permitió reproducir condiciones similares a las industriales.

El horneado de las muestras se realizó en un horno con control de temperatura, asegurando perfiles térmicos estables y homogéneos para cada tipo de producto. Adicionalmente, se emplearon utensilios auxiliares como recipientes, espátulas, moldes y termómetros, necesarios para la manipulación segura y precisa de las masas.

Tabla 2: Equipos, instrumentos y utensilios

Categoría	Equipo / instrumento / utensilio	Cantidad	Especificación / capacidad	Uso en el proceso
Equipo	Horno para panadería y pastelería	1	Capacidad según producción	Cocción de panes, tortas, bizcochos y productos de pastelería
Equipo	Batidora / amasadora	1	Capacidad según producción	Mezclado, amasado y batido de materias primas
Equipo	Refrigerador	1	Capacidad según disponibilidad	Conservación de materias primas y productos que requieren cadena de frío
Equipo	Balanza digital	1	Precisión de 1 g	Pesaje y dosificación de materias primas
Equipo	Mesa de trabajo	1	Superficie de acero inoxidable	Preparación, amasado y formado de productos
Equipo	Carro o estantería para bandejas	1	Capacidad según producción	Almacenamiento y traslado de bandejas
Instrumento	Termómetro digital	1	Rango aproximado -50 a 300 °C	Control de temperatura de masas, productos y procesos
Instrumento	Jarra medidora	2	Diferentes capacidades	Medición de líquidos
Instrumento	Cronómetro /	1	Digital	Control de tiempos de

	temporizador			amasado, fermentación y horneado
Instrumento	Tamiz / cernidor	2	Malla fina	Tamizado de harina, azúcar impalpable y otros ingredientes secos
Utensilio	Rodillo	2	Madera o acero inoxidable	Extendido de masas
Utensilio	Espátula	3	Acero inoxidable / silicona	Mezclado, alisado y manipulación de masas y cremas
Utensilio	Rasqueta	2	Plástico o acero inoxidable	División, corte y manipulación de masas
Utensilio	Batidor manual	2	Acero inoxidable	Incorporación y mezcla de ingredientes
Utensilio	Brocha de repostería	2	Silicona o cerdas aptas para alimentos	Aplicación de huevo, mantequilla, almíbar y otros líquidos
Utensilio	Bandejas para hornear	6	Acero inoxidable o aluminio	Colocación de productos para horneado
Utensilio	Moldes para tortas	4	Diferentes diámetros	Elaboración de tortas y productos de pastelería
Utensilio	Bowl / recipiente de acero inoxidable	6	Diferentes capacidades	Mezcla y preparación de ingredientes
Utensilio	Manga pastelera	4	Reutilizable o desechable	Decoración y dosificación de cremas
Utensilio	Boquillas de repostería	8	Diferentes diseños	Decoración de productos
Utensilio	Cuchillos	3	Acero inoxidable	Corte y porcionado
Utensilio	Rejilla de enfriamiento	2	Metálica	Enfriamiento de productos después del horneado
Utensilio	Pinceles / brochas	2	Uso alimentario	Aplicación de coberturas y acabados
Utensilio	Tazas y cucharas medidoras	1 juego	Diferentes medidas	Dosificación de ingredientes

Nota: Elaboración propia (2026). Todos los equipos de medición se verifican o calibran antes del inicio de los ensayos.

3.3.3 CONSIDERACIONES SOBRE LOS MATERIALES Y EQUIPOS

La correcta selección de materiales y equipos permitió desarrollar el proceso experimental bajo condiciones controladas y comparables, minimizando fuentes de variabilidad externa. Asimismo, el uso de equipos representativos de la práctica panadera aseguró que los resultados obtenidos fueran tecnológicamente aplicables y coherentes con la realidad industrial.

En conjunto, los materiales e instrumentos empleados constituyeron una base adecuada para el desarrollo metodológico del estudio, permitiendo evaluar de manera fiable el comportamiento tecnológico y fisicoquímico de las masas de panadería analizadas.

3.4 VARIABLES DE ESTUDIO

En la presente investigación, las variables de estudio fueron definidas con el propósito de analizar de manera organizada y sistemática la influencia de la formulación y de los parámetros de proceso sobre el comportamiento tecnológico y fisicoquímico de las masas de panificación. La correcta identificación y clasificación de las variables permitió establecer relaciones causa-efecto, garantizar el control experimental y asegurar la validez de los resultados obtenidos.

De acuerdo con el enfoque metodológico adoptado, las variables se clasificaron en variables independientes, variables dependientes y variables de control, siguiendo criterios propios de la investigación experimental en Ingeniería de Alimentos.

3.4.1 Variables independientes

Las variables independientes corresponden a aquellos factores que fueron modificados o considerados como categorías experimentales para evaluar su efecto sobre el comportamiento de las masas de panadería. En esta investigación, las principales variables independientes fueron las siguientes:

El tipo de masa constituyó la variable independiente principal, considerándose como tratamientos experimentales las masas panificables fermentadas, masas quebradas, masas aireadas y masas hojaldradas. Cada tipo de masa presenta un mecanismo de estructuración diferente, lo que permite analizar comparativamente su comportamiento tecnológico.

El tipo de harina de trigo utilizada fue considerado una variable independiente debido a su influencia directa sobre la formación del gluten, la absorción de agua y el comportamiento reológico de la masa. Se emplearon harinas panadera, galletera y pastelera según la naturaleza de cada masa.

El nivel de hidratación de la masa fue definido como variable independiente, ya que determina la consistencia, manejabilidad y desarrollo estructural del sistema, influyendo directamente en la interacción entre gluten, almidón y agua.

El tipo y proporción de grasa utilizada en cada formulación también se consideró una variable independiente, debido a su efecto sobre la plasticidad, friabilidad, aireación y estratificación de las masas, dependiendo de la categoría tecnológica evaluada.

Finalmente, las condiciones de proceso asociadas a cada tipo de masa, tales como tiempo e intensidad de amasado, tiempo de fermentación, reposos intermedios, laminado y condiciones de horneado, fueron consideradas variables independientes en tanto condicionan la respuesta estructural del sistema.

3.4.2 Variables dependientes

Las variables dependientes corresponden a las respuestas observadas y analizadas como consecuencia de las variaciones en las variables independientes. Estas variables permiten evaluar el comportamiento tecnológico y fisicoquímico de las masas de panificación durante el proceso de elaboración y en el producto final.

Entre las principales variables dependientes evaluadas en esta investigación se incluyen la consistencia y manejabilidad de la masa, observadas durante las etapas de

mezclado, amasado o batido, así como la capacidad de desarrollo estructural, reflejada en la formación de la red de gluten, la incorporación de aire o la definición de capas en las masas hojaldradas.

Asimismo, se consideró como variable dependiente el comportamiento de la masa durante el procesamiento, evaluándose su estabilidad durante la fermentación, reposo o laminado, así como su respuesta al horneado. Finalmente, se evaluaron características del producto horneado, tales como estructura interna, textura, estabilidad y apariencia general, como indicadores del comportamiento final del sistema.

Estas variables dependientes permitieron interpretar de manera integral el efecto de la formulación y del proceso sobre la calidad tecnológica de las masas estudiadas.

3.4.3 Variables de control

Las variables de control corresponden a aquellos factores que se mantuvieron constantes durante el desarrollo experimental con el objetivo de evitar interferencias y garantizar la confiabilidad de los resultados. El control adecuado de estas variables fue fundamental para asegurar que las diferencias observadas se debieran a las variables independientes definidas.

Entre las variables de control se incluyeron la calidad del agua utilizada, la precisión en el pesaje de ingredientes, el uso de equipos bajo condiciones similares de operación, así como el control de temperatura ambiental durante la elaboración de las masas.

Adicionalmente, se mantuvieron constantes los procedimientos de elaboración, el orden de incorporación de ingredientes y la duración de cada etapa del proceso, dentro de cada tipo de masa, asegurando la repetibilidad de los ensayos.

3.4.4 Importancia del control de variables en la investigación

El adecuado establecimiento y control de las variables de estudio permitió desarrollar la investigación bajo condiciones experimentales definidas, reduciendo la variabilidad

externa y fortaleciendo la interpretación de los resultados. Desde la Ingeniería de Alimentos, este control es esencial para lograr conclusiones válidas y técnicamente sustentadas, especialmente en sistemas complejos como las masas de panificación.

En conjunto, la definición de las variables de estudio constituyó un elemento clave en el diseño metodológico de la investigación, asegurando la coherencia entre los objetivos planteados, el desarrollo experimental y el análisis de los resultados.

3.5 FORMULACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS MASAS

La formulación experimental de las masas de panadería evaluadas en la presente investigación fue diseñada con el objetivo de representar de manera fiel los sistemas tecnológicos empleados en la industria panificadora y pastelera, manteniendo condiciones controladas que permitieran analizar el efecto de los ingredientes estructurales sobre el comportamiento de cada tipo de masa. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, la formulación de una masa no se concibe como una simple combinación de ingredientes, sino como el diseño intencional de un sistema fisicoquímico con propiedades funcionales definidas.

Las formulaciones fueron establecidas tomando como referencia formulaciones base ampliamente aceptada en la literatura técnica y en la práctica industrial, ajustada de acuerdo con criterios de tecnología de cereales, con el fin de garantizar reproducibilidad, comparabilidad y coherencia metodológica. Cada tipo de masa fue formulado de manera independiente, considerando su mecanismo de estructuración, tipo de harina, nivel de hidratación, función de la grasa y proceso de elaboración específico.

3.5.1 Formulación experimental de masas panificables fermentadas

Tabla 3 Receta de pan de Ambato

INGREDIENTES	PORCENTAJE (%)	GRAMOS(g)
HARINA	100	1000
AZÚCAR	12	120
SAL	2	20
MANTECA	33	330
LEVADURA	4	40
AGUA	35	350
HUEVOS	16	160
ESENCIA DE MANTEQUILLA	0.5	5

Nota: Elaboración propia (2026).

La formulación experimental de las masas panificables fermentadas fue diseñada con el objetivo de reproducir de manera controlada un sistema de panadería clásica, caracterizado por la formación de una red de gluten continua y una expansión estructural producida mediante fermentación biológica. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, esta formulación se concibe como el diseño de un sistema visco elástico complejo, en el cual la interacción entre harina, agua, levadura y otros componentes determina el comportamiento tecnológico de la masa y la calidad del producto final.

Para el desarrollo experimental se empleó harina de trigo panadera como componente estructural principal, seleccionada por su adecuado contenido y calidad de proteínas formadoras de gluten. La elección de este tipo de harina se fundamenta en su capacidad para desarrollar una red proteica resistente y extensible, condición indispensable para la retención de los gases generados durante la fermentación y para la obtención de productos con buen volumen y estructura interna definida.

El nivel de hidratación de la formulación fue establecido considerando la capacidad de absorción de la harina panadera y la necesidad de proporcionar suficiente agua para la hidratación de las proteínas y la movilidad molecular requerida durante el amasado. Desde el

punto de vista tecnológico, una hidratación adecuada permite el desarrollo progresivo del gluten sin generar masas excesivamente rígidas o, por el contrario, demasiado extensibles y débiles.

La levadura comercial activa fue incorporada como agente fermentador, responsable de la producción de dióxido de carbono a partir del metabolismo de los azúcares presentes en la masa. La selección de este microorganismo respondió a su uso generalizado en la industria panificadora, así como a su comportamiento fermentativo estable y reproducible bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo.

La sal fue incluida en la formulación en una proporción controlada, debido a su doble función tecnológica: por un lado, actúa como regulador de la fermentación, moderando la actividad metabólica de la levadura; por otro, contribuye al fortalecimiento de la red de gluten mediante la estabilización de las interacciones intermoleculares entre las proteínas. La correcta dosificación de la sal resulta fundamental para evitar fermentaciones excesivamente rápidas o estructuras débiles.

Adicionalmente, se incorporó una proporción moderada de grasa, cuya función tecnológica se orientó a mejorar la extensibilidad de la masa, reducir la fricción interna de la red de gluten y contribuir a una miga más suave y uniforme en el producto horneado. Desde el punto de vista estructural, la grasa actúa como agente lubricante, facilitando la expansión de la masa durante la fermentación sin provocar ruptura de la red proteica.

La formulación experimental fue expresada en base harina (100 %), siguiendo los criterios estándar de panificación científica, lo que permitió estandarizar las proporciones de los ingredientes y asegurar la reproducibilidad de los ensayos. Esta metodología facilitó, además, la comparación de resultados y la interpretación del efecto de cada componente sobre el comportamiento tecnológico de la masa.

En conjunto, la formulación experimental de las masas panificables fermentadas fue diseñada para representar un sistema tecnológico real, en el cual se pudieran observar y analizar fenómenos clave como la absorción de agua, el desarrollo del gluten, la retención de gases durante la fermentación, la expansión en el horneado y la fijación estructural del producto final. Esta formulación constituyó la base para el análisis comparativo con otros tipos de masa abordados en la investigación.

3.5.2 Formulación experimental de masas quebradas

Tabla 4 Receta de masa Quebrada

INGREDIENTES	PORCENTAJE (%)	GRAMOS(g)
HARINA	100	1000
AZÚCAR IMPALPABLE	33	330
MARGARINA	66	660

Nota: Elaboración propia (2026).

La formulación experimental de las masas quebradas fue diseñada con el propósito de reproducir un sistema tecnológico no fermentado, caracterizado por la ausencia deliberada de desarrollo de gluten, alto contenido de grasa y bajo nivel de hidratación. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, las masas quebradas se conciben como sistemas estructurales secos y frágiles, en los cuales la textura final deseada es el resultado de una ruptura limpia y controlada del producto horneado.

A diferencia de las masas panificables fermentadas, en las masas quebradas la formulación no busca elasticidad ni extensibilidad, sino friabilidad, estabilidad dimensional y una estructura quebradiza. Por esta razón, la selección y proporción de los ingredientes responden a principios tecnológicos específicos que inhiben la formación de redes proteicas continuas.

Para la formulación experimental se utilizó harina de trigo de baja fuerza (harina galletera) como componente sólido principal. Este tipo de harina se caracteriza por un bajo

contenido y calidad de proteínas formadoras de gluten, lo cual resulta fundamental para evitar elasticidad indeseada en la masa. Desde el punto de vista tecnológico, el uso de harina galletera permite obtener masas más cortas, menos cohesivas y adecuadas para productos de textura seca y frágil.

La grasa sólida constituyó el componente estructural predominante de la formulación, incorporada en una proporción elevada con respecto a la harina. La función principal de la grasa en este sistema fue generar el denominado efecto de acortamiento, mediante el cual la grasa recubre las partículas de harina e impide el contacto directo entre las proteínas y el agua. Este recubrimiento limita la hidratación proteica y, en consecuencia, bloquea la formación de la red de gluten.

El contenido de agua en la formulación fue deliberadamente bajo, limitado al mínimo necesario para permitir la cohesión del sistema sin estimular la hidratación de las proteínas. Desde el punto de vista metodológico, el control del nivel de agua es un factor crítico en las masas quebradas, ya que un exceso de hidratación conduce a masas duras y elásticas, mientras que una cantidad insuficiente impide la formación de una masa cohesiva.

Adicionalmente, la formulación incluyó azúcar, cuya función no se limitó únicamente al aporte sensorial, sino que también contribuyó al comportamiento estructural de la masa. El azúcar actúa como un agente desecante parcial, compite con las proteínas por el agua disponible y favorece una textura más frágil tras el horneado. Asimismo, durante la cocción, el azúcar participa en reacciones de caramelización y favorece la formación de una estructura superficial estable.

Desde el punto de vista experimental, la formulación de las masas quebradas fue expresada en base harina (100 %), permitiendo estandarizar las proporciones y garantizar la reproducibilidad de los ensayos. El diseño de esta formulación permitió analizar el comportamiento de la masa durante el mezclado, su estabilidad dimensional en el formado y

la respuesta estructural durante el horneado, evaluando específicamente la influencia de la grasa y del bajo nivel de hidratación sobre la friabilidad final del producto.

Cabe destacar que, en las masas quebradas, el proceso de mezclado está directamente relacionado con la formulación, ya que un mezclado excesivo puede provocar el desarrollo parcial de gluten aun en harinas débiles. Por ello, la formulación experimental fue concebida en conjunto con un proceso de mezclado corto y controlada, coherente con los objetivos estructurales del sistema.

En síntesis, la formulación experimental de las masas quebradas permitió reproducir un sistema tecnológico característico de productos como galletas y bases de tartas, proporcionando un modelo adecuado para el análisis comparativo con otros tipos de masas estudiados en la investigación. Esta formulación evidenció cómo la combinación de harina de baja fuerza, alto contenido de grasa y baja hidratación determina un comportamiento tecnológico orientado a la obtención de productos secos, frágiles y estructuralmente estables.

3.5.3 Formulación experimental de masas aireadas

Tabla 5 Receta de masa de bizcochuelo

INGREDIENTES	CANTIDAD (G)	PORCENTAJE (%)
Huevos enteros	471,7	47,17 %
Azúcar	235,8	23,58 %
Harina de trigo	235,8	23,58 %
Almidón de maíz	47,2	4,72 %
Polvo de hornear	4,7	0,47 %
Esencia de vainilla	4,8	0,48 %
Total	1.000 g	100 %

Nota: Elaboración propia (2026).

La formulación experimental de las masas aireadas fue diseñada para reproducir un sistema tecnológico basado en la incorporación y estabilización mecánica de aire, característico de productos de pastelería como cakes, bizcochos y batidos. Desde la perspectiva de la Ingeniería de Alimentos, las masas aireadas se definen como sistemas

estructurales en los cuales la expansión no depende de fermentación biológica, sino de la formación de una emulsión aire–grasa estable, cuya estructura se fija posteriormente durante el horneado.

A diferencia de las masas panificables fermentadas, en las masas aireadas el desarrollo del gluten no constituye el mecanismo estructural principal. Por el contrario, la formulación está orientada a limitar la formación excesiva de gluten, privilegiando la incorporación de aire, la estabilidad de las burbujas y la obtención de una miga suave, homogénea y esponjosa. En este contexto, la selección de ingredientes y sus proporciones responde a principios tecnológicos específicos.

Para la formulación experimental se empleó harina de trigo pastelera, caracterizada por un bajo contenido proteico y una calidad de proteínas que limita la formación de una red de gluten fuerte. Desde el punto de vista tecnológico, este tipo de harina es adecuada para masas aireadas, ya que reduce la elasticidad de la masa y favorece una textura final fina y delicada, evitando estructuras correosas o excesivamente firmes.

La grasa plástica constituyó un componente esencial de la formulación, ya que su función principal fue actuar como agente de incorporación y estabilización del aire durante el proceso de batido. La grasa utilizada fue seleccionada en función de su plasticidad y capacidad para retener burbujas microscópicas de aire, formando una fase continua que actúa como soporte estructural del sistema. Desde el enfoque ingenieril, la plasticidad de la grasa es un parámetro crítico, ya que una grasa demasiado dura dificulta la incorporación de aire, mientras que una grasa demasiado blanda provoca la coalescencia de burbujas y el colapso de la estructura.

El azúcar fue incorporado como componente funcional y no únicamente como edulcorante. En las masas aireadas, el azúcar contribuye a la estabilización de la emulsión aire–grasa, aumenta la viscosidad de la fase continua y retrasa la coagulación de las proteínas

durante el horneado, permitiendo una mayor expansión inicial del sistema. Además, el azúcar influye en la retención de humedad del producto final, contribuyendo a una miga más suave.

Los huevos se incluyeron como ingrediente estructural clave, debido a su contenido de proteínas y fosfolípidos con propiedades emulsificantes. Desde el punto de vista tecnológico, los huevos facilitan la formación y estabilidad de la emulsión aire-grasa, aportan estructura tras la coagulación térmica y contribuyen a la fijación de la miga durante el horneado. La presencia de huevo también mejora la cohesión del sistema y la uniformidad de la estructura interna.

La formulación experimental incluyó agentes leudantes químicos, cuya función fue generar gases adicionales durante el horneado, reforzando la expansión del sistema previamente aireado por el batido. Estos agentes fueron considerados parte integral de la formulación, ya que permiten compensar posibles pérdidas de aire incorporado y asegurar un volumen adecuado del producto final.

Desde el punto de vista metodológico, la formulación de las masas aireadas fue expresada en base harina (100 %), lo que permitió estandarizar las proporciones de los ingredientes y garantizar la reproducibilidad del proceso experimental. La correcta relación entre harina, grasa, azúcar, huevo y agua fue fundamental para lograr un equilibrio entre fluidez, estabilidad de la emulsión y capacidad de expansión.

Es importante destacar que, en las masas aireadas, la formulación y el proceso están estrechamente vinculados, ya que pequeñas variaciones en la proporción de ingredientes pueden alterar significativamente el comportamiento durante el batido y el horneado. Por esta razón, la formulación experimental fue diseñada en conjunto con un proceso de batido controlado, considerando tiempos, velocidades y temperatura adecuados para preservar la estabilidad del aire incorporado.

En conjunto, la formulación experimental de las masas aireadas permitió reproducir un sistema tecnológico representativo de la industria pastelera, en el cual se analizaron fenómenos como la formación y estabilidad de la emulsión aire-grasa, la fijación estructural durante el horneado y la obtención de una miga esponjosa, uniforme y sensorialmente aceptable. Esta formulación sirvió como base para la comparación con los demás sistemas de masa estudiados en la investigación.

3.5.4 Formulación experimental de masas hojaldradas

INGREDIENTES	PORCENTAJE (%)	GRAMOS (G)
HARINA	100	1000
SAL	2	20
AGUA	60	600
MANTECA	10	100
EMPASTE		
HOJALDRINA	60	600

Nota: Elaboración propia (2026).

La formulación experimental de las masas hojaldradas fue diseñada para reproducir un sistema tecnológico altamente estructurado, caracterizado por la formación de una estructura laminada compuesta por capas alternadas de masa y grasa. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, las masas hojaldradas constituyen uno de los sistemas más complejos dentro de la tecnología de cereales, ya que su comportamiento final depende no solo de la composición de los ingredientes, sino también de la interacción precisa entre formulación, proceso de laminado, reposos intermedios y perfil térmico de horneado.

A diferencia de otros tipos de masas, la formulación de las masas hojaldradas no busca una integración homogénea de todos los ingredientes, sino la creación de dos fases claramente diferenciadas: una masa base y una grasa de laminado, cuya interacción controlada permite la generación de capas estratificadas y la expansión característica del hojaldre.

Para la masa base se utilizó harina de trigo de fuerza media, seleccionada por su capacidad de proporcionar cohesión y extensibilidad suficientes sin desarrollar una red de gluten excesivamente elástica. Desde el punto de vista tecnológico, este tipo de harina permite soportar el proceso de laminado y los múltiples dobleces sin provocar contracciones severas ni rupturas de la masa. Una harina demasiado fuerte genera tensiones excesivas durante el laminado, mientras que una harina demasiado débil produce capas frágiles y mal definidas.

El contenido de agua en la formulación de la masa base fue cuidadosamente controlado y se empleó agua fría, con el fin de obtener una masa plástica, extensible y apta para el laminado. La cantidad de agua se ajustó para permitir la hidratación parcial de las proteínas y del almidón, asegurando cohesión sin promover un desarrollo excesivo del gluten. Desde el punto de vista metodológico, el control de la hidratación resulta crítico, ya que un exceso de agua provoca masas pegajosas y difíciles de laminar, mientras que niveles insuficientes generan masas rígidas y quebradizas.

La sal fue incluida en la masa base en proporciones moderadas, debido a su función tecnológica de fortalecer ligeramente la red de gluten y mejorar la manejabilidad de la masa durante el laminado. Asimismo, la sal contribuye a la estabilidad estructural de las capas y al comportamiento mecánico del sistema durante los reposos intermedios.

La grasa de laminado constituyó un componente independiente de la formulación y fue seleccionada específicamente por su plasticidad y comportamiento térmico. Desde el punto de vista tecnológico, la grasa utilizada en masas hojaldradas debe presentar una plasticidad estable en un rango de temperatura aproximado de 14 a 18 °C, permitiendo su deformación durante el laminado sin romperse ni fundirse. Esta característica es esencial para garantizar una distribución uniforme de la grasa entre las capas de masa.

La formulación experimental no incorporó la grasa directamente a la masa base, sino que esta fue aplicada posteriormente durante el proceso de laminado, formando un bloque de grasa intercalado entre capas de masa. Este enfoque permitió reproducir el principio fundamental del hojaldre, donde la grasa actúa como barrera física que impide la adhesión entre capas y favorece la separación laminar durante el horneado.

Desde el punto de vista metodológico, la formulación de la masa hojaldrada fue expresada en base harina (100 %), estandarizando las proporciones de los componentes sólidos y líquidos de la masa base, así como la cantidad relativa de grasa de laminado. Esta estandarización permitió analizar de manera objetiva el comportamiento del sistema y garantizar la reproducibilidad de los ensayos.

Es importante destacar que, en las masas hojaldradas, la formulación está intrínsecamente ligada al proceso, ya que la correcta relación entre masa y grasa solo se manifiesta cuando se acompaña de reposos intermedios adecuados. Estos reposos permiten la relajación de la masa, la redistribución de tensiones y la estabilización térmica de la grasa, factores indispensables para evitar contracciones, rompimientos y defectos en la estructura laminar.

En conjunto, la formulación experimental de las masas hojaldradas permitió reproducir un sistema tecnológico representativo de productos como hojaldres clásicos, croissants y masas danesas, facilitando el análisis del efecto de la harina, el nivel de hidratación, la grasa de laminado y los reposos sobre la formación de capas, la expansión durante el horneado y la estabilidad estructural del producto final. Esta formulación constituyó un modelo adecuado para la comparación con otros sistemas de masa evaluados en la investigación.

3.5.5 Consideraciones generales sobre la formulación experimental

La formulación experimental de las masas de panificación evaluadas en la presente investigación fue concebida como un proceso integral de diseño tecnológico, más que como una simple combinación de ingredientes. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, cada formulación fue definida considerando la interacción fisicoquímica entre los componentes estructurales principales —harina, agua y grasa— así como su relación con los parámetros de proceso aplicados durante la elaboración y el horneado.

Todas las formulaciones experimentales se expresaron en base harina (100 %), siguiendo los criterios de estandarización utilizados en la panificación científica e industrial. Este enfoque permitió normalizar las proporciones de los ingredientes, reducir la variabilidad experimental y facilitar la comparación entre los distintos tipos de masa analizados. La estandarización de las formulaciones constituye un elemento clave para garantizar la reproducibilidad de los resultados y la validez del análisis comparativo.

La selección de los ingredientes no se realizó de manera arbitraria, sino con base en su funcionalidad tecnológica específica dentro de cada sistema de masa. En este sentido, el tipo de harina se eligió considerando su contenido y calidad proteica; el nivel de hidratación se ajustó de acuerdo con la capacidad de absorción y la estructura deseada; y el tipo y proporción de grasa se definieron según su papel estructural, ya fuera como lubricante, agente de acortamiento, estabilizador de aire o elemento separador de capas.

Asimismo, la formulación experimental fue diseñada considerando la coherencia entre ingredientes y proceso, ya que en sistemas panarios la formulación no puede analizarse de forma aislada del método de elaboración. Por ejemplo, una formulación adecuada para masas fermentadas resulta inadecuada para masas quebradas o hojaldradas si no se ajustan simultáneamente las condiciones de mezclado, reposo y horneado. En este sentido, las formulaciones fueron pensadas como parte de un sistema integral formulación–proceso–producto.

Durante el desarrollo experimental, se prestó especial atención al control de proporciones, al orden de incorporación de ingredientes y a las condiciones de temperatura durante la formulación, aspectos que influyen directamente en la estabilidad del sistema y en la repetibilidad del proceso. El control riguroso de estos factores permitió minimizar desviaciones y asegurar que las diferencias observadas en el comportamiento tecnológico de las masas fueran atribuibles a su naturaleza estructural y no a errores de formulación.

Es importante destacar que las formulaciones experimentales no tuvieron como finalidad optimizar recetas comerciales, sino generar modelos tecnológicos representativos de cada tipo de masa, adecuados para el análisis científico y la caracterización estructural. En este contexto, se priorizó la claridad metodológica, la consistencia experimental y la correspondencia con los principios de la tecnología de cereales.

En conjunto, las consideraciones generales aplicadas a la formulación experimental garantizaron un enfoque metodológico sólido, permitiendo abordar el estudio de las masas de panificación desde una perspectiva técnica, controlada y reproducible. Este enfoque facilitó la interpretación de los resultados obtenidos en las etapas posteriores del proceso y proporcionó una base confiable para el análisis comparativo entre los diferentes sistemas de masa evaluados en la investigación.

3.6 PROCESO DE ELABORACIÓN

El proceso de elaboración de las masas de panadería evaluadas en la presente investigación fue diseñado y ejecutado con base en principios técnicos propios de la tecnología de cereales, considerando que cada tipo de masa constituye un sistema estructural distinto, con requerimientos específicos de manipulación, tiempos, temperaturas y condiciones operativas. Desde la Ingeniería de Alimentos, el proceso de elaboración no se concibe como una secuencia mecánica de operaciones, sino como un conjunto de

transformaciones fisicoquímicas controladas, orientadas a la obtención de una estructura final definida y reproducible.

Para garantizar la validez experimental del estudio, el proceso de elaboración fue estandarizado para cada tipo de masa, manteniendo condiciones controladas y coherentes con su formulación específica. A continuación, se describen de manera detallada los procesos aplicados para cada sistema de masa evaluado.

3.6.1 Proceso de elaboración de masas panificables fermentadas

1. Pesaje y preparación de los ingredientes. Se pesan correctamente todos los ingredientes de acuerdo con la formulación establecida para cada tipo de pan. Esta etapa permite mantener la proporción adecuada de harina, agua, levadura, azúcar, sal, huevos, grasas y demás ingredientes, garantizando la uniformidad y calidad del producto final. Antes de iniciar el proceso se verifica que las materias primas se encuentren en buenas condiciones y que los equipos y utensilios estén limpios y listos para su utilización.

2. Mezclado y amasado. Se coloca en la amasadora la harina junto con la levadura y los demás ingredientes establecidos en la formulación, incorporando los líquidos de manera progresiva. Se inicia el amasado hasta obtener una mezcla homogénea y permitir el desarrollo adecuado de la estructura de la masa. Cuando la formulación contiene grasas, estas pueden incorporarse progresivamente durante el amasado, preferentemente después de que los demás ingredientes hayan comenzado a integrarse, para favorecer el desarrollo del gluten. El amasado continúa hasta obtener una masa elástica, uniforme y con la consistencia adecuada para su manipulación.

3. Reposo o fermentación inicial. Una vez finalizado el amasado, se retira la masa de la amasadora y se coloca en un recipiente limpio, cubriéndola para evitar la formación de una costra superficial. Se deja reposar durante el tiempo establecido según el tipo de masa y las

condiciones de temperatura del área de producción. Durante esta etapa comienza la actividad fermentativa de la levadura, produciendo dióxido de carbono y compuestos que contribuyen al desarrollo del volumen, aroma y sabor del pan.

4. División, pesado y preformado. Una vez finalizado el reposo, la masa se divide de acuerdo con el peso establecido para cada producto. Cada porción se pesa para garantizar uniformidad entre las unidades y posteriormente se realiza el boleado o preformado. Las porciones se dejan reposar durante un período corto para permitir la relajación de la masa y facilitar su posterior manipulación.

5. Formado y relleno. Después del reposo intermedio, cada porción se forma de acuerdo con las características del producto que se desea elaborar. Cuando la formulación lo requiere, se incorpora el relleno correspondiente, procurando distribuirlo uniformemente y evitar pérdidas durante la fermentación y el horneado. Finalmente, se proporciona a cada pieza su forma y acabado característicos.

6. Colocación en bandejas y fermentación final. Las piezas formadas se colocan ordenadamente sobre bandejas previamente engrasadas o acondicionadas, dejando el espacio necesario entre ellas para permitir su expansión. Se someten a una segunda fermentación hasta alcanzar un incremento adecuado de volumen. El tiempo de fermentación dependerá del tipo de pan, cantidad de levadura, temperatura y humedad del ambiente. Se debe evitar tanto una fermentación insuficiente como una excesiva, ya que ambas pueden afectar el volumen, textura y apariencia del producto.

7. Acabado previo al horneado. Una vez alcanzado el nivel adecuado de fermentación, se realiza el acabado superficial de acuerdo con el tipo de pan. Las piezas pueden pintarse con huevo, leche u otro ingrediente indicado en la formulación. También pueden realizarse cortes, espolvoreados o decoraciones antes del ingreso al horno, dependiendo de las características del producto.

8. Horneado. Las bandejas se introducen en el horno previamente acondicionado a la temperatura establecida para cada producto. El tiempo y la temperatura de horneado dependerán del tamaño, peso, formulación y tipo de pan. Durante esta etapa se produce la expansión de los gases, la fijación de la estructura de la miga, la formación de la corteza y el desarrollo del color, aroma y sabor característicos. Como referencia para piezas similares a las guaguas de pan, puede utilizarse una temperatura aproximada de 160 °C durante 22 a 24 minutos, realizando los ajustes necesarios de acuerdo con el peso y comportamiento del producto en el horno.

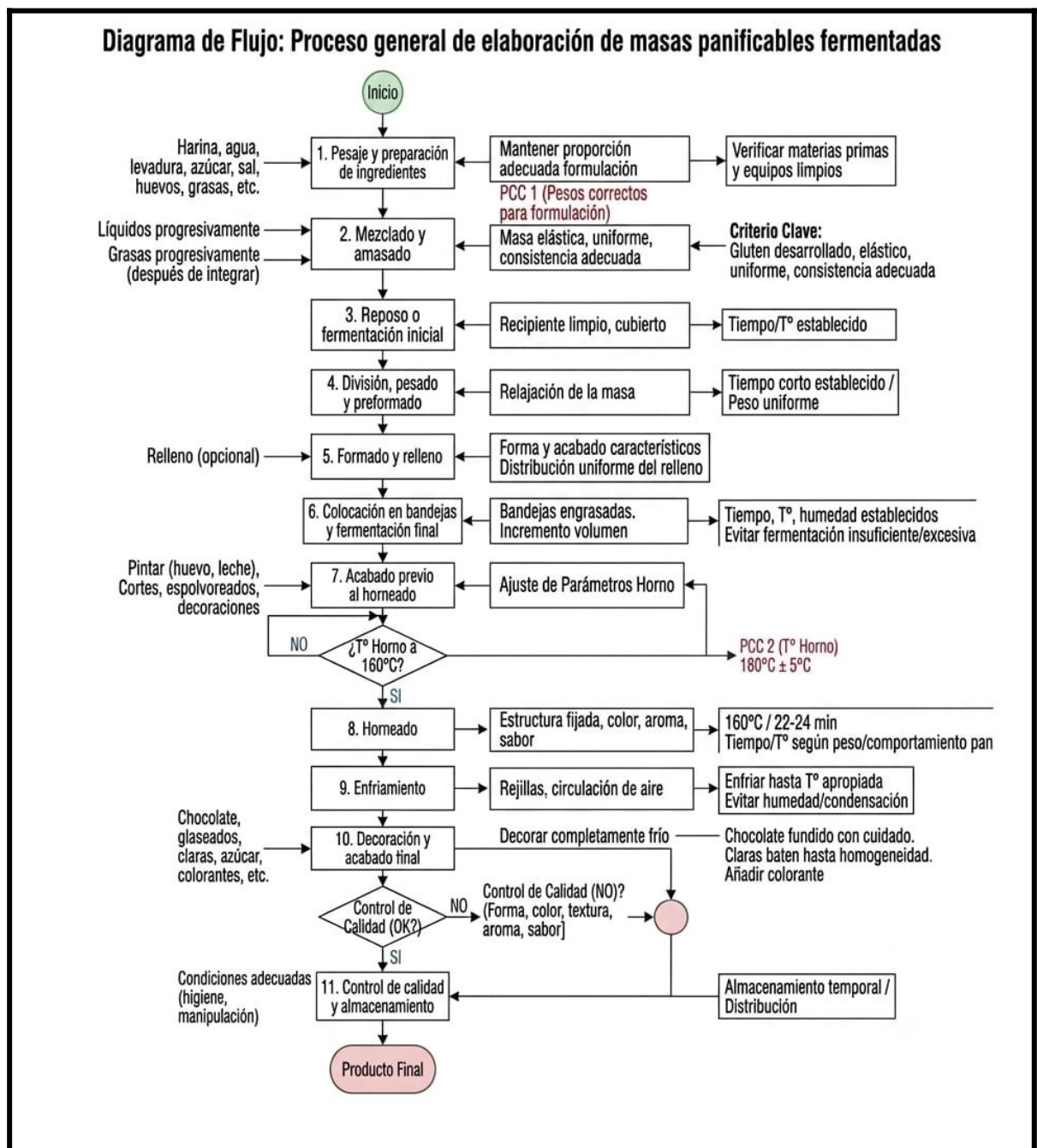
9. Enfriamiento. Una vez terminado el horneado, los productos se retiran de las bandejas y se colocan sobre rejillas o superficies adecuadas para permitir una correcta circulación de aire. Se dejan enfriar hasta alcanzar una temperatura apropiada antes de proceder al acabado, decoración, envasado o almacenamiento. Esta etapa evita la acumulación de humedad y condensación que podría afectar la textura y conservación del pan.

10. Decoración y acabado final. Cuando el producto requiere decoración, esta se realiza una vez que se encuentra completamente frío. Dependiendo de la formulación, pueden utilizarse chocolate, glaseados, azúcar micropulverizada, claras de huevo, colorantes u otros elementos decorativos. En el caso de utilizar chocolate, este se funde cuidadosamente en intervalos cortos, evitando su sobrecalentamiento; posteriormente se aplica sobre la superficie del pan y se deja secar. Para preparaciones a base de claras y azúcar micropulverizada, los ingredientes se batan hasta obtener una mezcla homogénea y posteriormente se incorpora el colorante y se realiza la decoración de acuerdo con el diseño establecido.

11. Control de calidad y almacenamiento. Finalmente. Se realiza una inspección visual y sensorial de los productos, verificando peso, forma, volumen, color de la corteza, textura de la miga, aroma, sabor y acabado. Los panes que cumplen con los parámetros

establecidos se destinan al envasado y almacenamiento temporal o a la distribución y comercialización, manteniendo condiciones adecuadas de higiene y manipulación durante todo el proceso.

Este mismo procedimiento puede utilizarse para **pan de dulce, pan de leche, pan de mantequilla, pan relleno, pan de hamburguesa y otros panes fermentados**, modificando únicamente la formulación, peso, formado, fermentación y parámetros de horneado.



Fuente: Elaboración propia (2026).

3.6.2 Proceso de elaboración de masas quebradas

El proceso de elaboración de las masas quebradas se diseñó con el propósito de evitar el desarrollo del gluten y mantener una estructura frágil y poco cohesiva. Para ello, se aplicaron criterios de mezclado mínimo y control estricto del nivel de hidratación.

1 Pesaje y preparación de los ingredientes. Se pesan correctamente todos los ingredientes de acuerdo con la formulación establecida, verificando previamente su calidad y condiciones de almacenamiento. Se preparan la harina de trigo, materia grasa, azúcar, huevo y demás ingredientes complementarios que correspondan al producto que se desea elaborar.

2. Cremado o incorporación de la materia grasa. Se coloca la materia grasa en el recipiente de trabajo y se incorpora el azúcar, mezclando hasta obtener una preparación homogénea y de textura cremosa. Cuando la formulación lo requiere, se agregan los huevos y saborizantes de manera progresiva, evitando incorporar un exceso de aire.

3. Incorporación de la harina. Se incorpora la harina previamente tamizada junto con los ingredientes secos de la formulación. La mezcla se realiza durante el menor tiempo posible y con movimientos suaves, únicamente hasta lograr la integración de los ingredientes. Se debe evitar un amasado prolongado para limitar el desarrollo del gluten y conservar las características quebradizas de la masa.

4. Reposo y refrigeración. Una vez formada la masa, se cubre adecuadamente y se coloca en refrigeración durante el tiempo establecido. El reposo permite que la grasa se estabilice y que la masa adquiera una consistencia adecuada para el formado, facilitando además su manipulación y reduciendo el riesgo de deformación durante el horneado.

5. Laminado y formado. La masa refrigerada se coloca sobre una superficie de trabajo previamente acondicionada y se lamina hasta alcanzar el espesor requerido según el producto. Posteriormente, se corta o se coloca en los moldes correspondientes, procurando mantener uniformidad en el tamaño y espesor de las piezas.

6. Colocación en bandejas o moldes. Las piezas formadas se colocan sobre bandejas o moldes previamente acondicionados. En el caso de bases para tartas o tartaletas, la masa se adapta cuidadosamente al molde, procurando que mantenga un espesor uniforme. Cuando sea necesario, se realizan pequeñas perforaciones en la superficie para evitar deformaciones durante el horneado.

7. Reposo previo al horneado. Las piezas formadas pueden llevarse nuevamente a refrigeración durante un período corto antes del horneado. Esta operación permite conservar la forma de la masa y disminuir el riesgo de que la materia grasa se funda rápidamente al ingresar al horno.

8. Horneado. Las bandejas o moldes se introducen en el horno previamente acondicionado a la temperatura establecida para cada producto. El tiempo y la temperatura dependerán del espesor, tamaño, formulación y tipo de masa. Durante el horneado se produce la eliminación de humedad, la fijación de la estructura y el desarrollo del color, aroma y textura característicos.

9. Enfriamiento. Una vez finalizado el horneado, los productos se retiran cuidadosamente del horno y se dejan enfriar sobre una rejilla o superficie adecuada. El enfriamiento permite que la estructura de la masa se estabilice y adquiera su textura final, evitando su manipulación excesiva mientras permanece caliente.

10. Decoración y acabado final. Una vez que el producto se encuentra completamente frío, se procede al acabado correspondiente. Dependiendo del producto elaborado, pueden incorporarse coberturas, chocolate, azúcar micropulverizada, glaseados, rellenos, cremas u otros elementos decorativos.

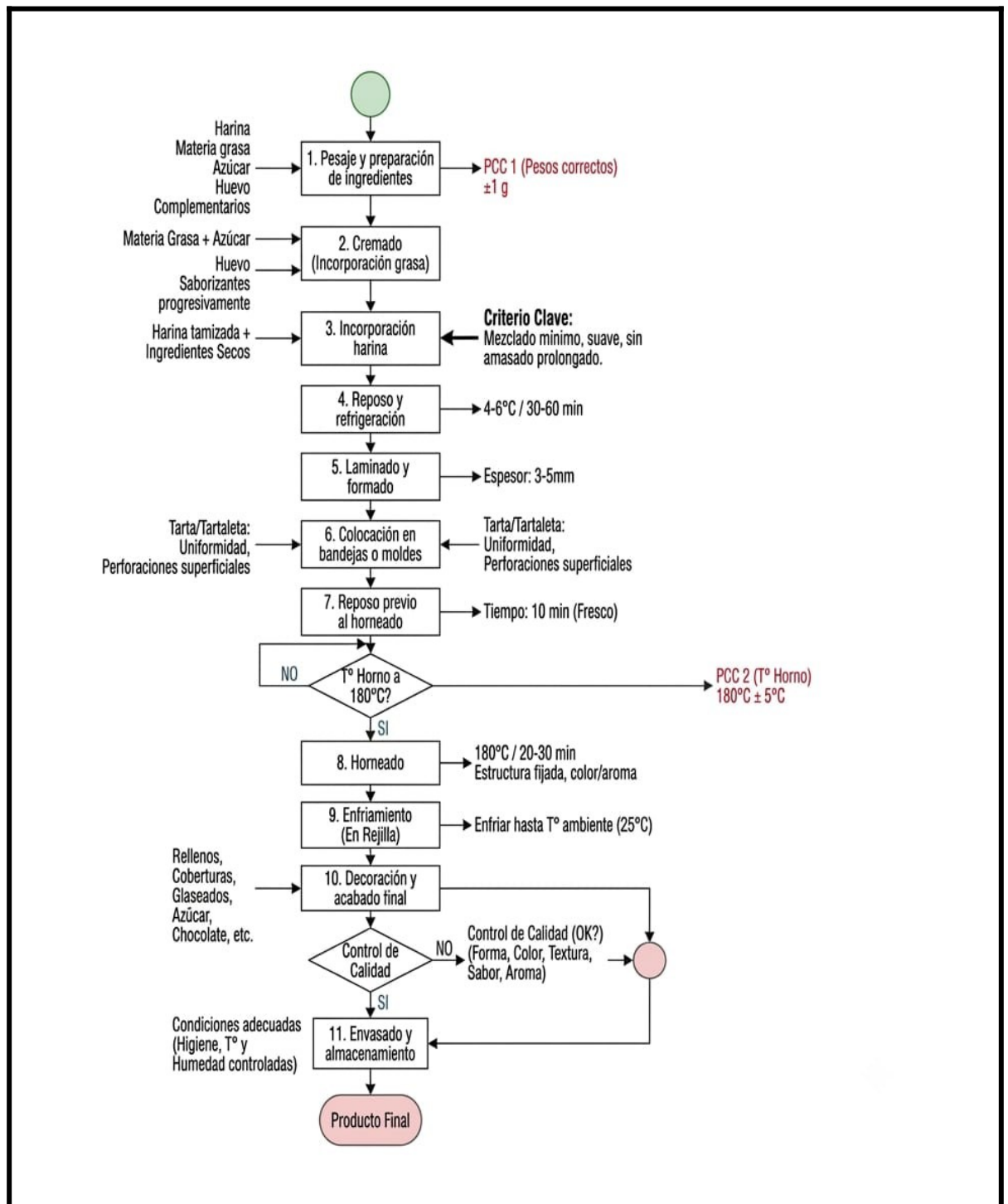
11. Control de calidad, envasado y almacenamiento. Finalmente, se realiza el control de calidad del producto terminado, verificando uniformidad de tamaño, forma, color, textura, aroma y sabor. Los productos que cumplen con las características establecidas se

envasan y almacenan en condiciones adecuadas de higiene, temperatura y humedad, evitando la exposición a fuentes de humedad que puedan afectar su textura quebradiza.

Este proceso te sirve de manera general para galletas, alfajores, tartaletas, pies, bases de tartas y otras preparaciones elaboradas con masas quebradas.

|

Ilustración 2 Diagrama de flujo de masas Quebradas



Fuente: Elaboración propia (2026).

3.6.3 Proceso de elaboración de masas aireadas

1. Pesaje y preparación de los ingredientes. Se pesan correctamente todos los ingredientes de acuerdo con la formulación establecida, verificando previamente su calidad y condiciones de conservación. Se preparan los huevos, azúcar, harina, fécula de maíz, polvo de hornear, esencias y demás ingredientes necesarios para la elaboración del producto.

2. Preparación y acondicionamiento de los ingredientes. Se tamizan los ingredientes secos, principalmente la harina, fécula y polvo de hornear, con la finalidad de eliminar grumos y facilitar su incorporación. Los huevos y demás ingredientes que requieran temperatura controlada se acondicionan previamente para favorecer un adecuado desarrollo de la mezcla.

3. Batido e incorporación de aire. Se colocan los huevos y el azúcar en la batidora y se baten hasta obtener una preparación de mayor volumen, color claro y consistencia espumosa. Esta etapa es fundamental, debido a que el aire incorporado durante el batido constituye uno de los principales mecanismos responsables del volumen y estructura de las masas aireadas.

4. Incorporación de los ingredientes secos. Una vez alcanzado el punto adecuado de batido, se incorporan progresivamente los ingredientes secos previamente tamizados. La incorporación se realiza mediante movimientos suaves y envolventes para evitar la pérdida excesiva del aire incorporado durante el batido y conservar la estructura de la preparación.

5. Incorporación de ingredientes complementarios. Cuando la formulación lo requiera, se incorporan cuidadosamente esencias, grasas, leche, frutas, cacao u otros ingredientes complementarios. Estos deben integrarse de manera uniforme sin realizar movimientos bruscos que puedan disminuir considerablemente el volumen de la mezcla.

6. Preparación de moldes y dosificación. Los moldes se acondicionan de acuerdo con el tipo de producto, pudiendo utilizarse papel de horneo, grasa o harina cuando la formulación lo permita. Posteriormente, la mezcla se distribuye de manera uniforme, procurando mantener el mismo peso y nivel de llenado en los moldes para obtener productos de características homogéneas.

7. Horneado. Los moldes se introducen en el horno previamente acondicionado a la temperatura establecida para cada producto. Durante el horneado se produce la expansión de los gases y la fijación progresiva de la estructura, además de la coagulación de las proteínas y gelatinización de los almidones. Se debe evitar abrir innecesariamente la puerta del horno durante las primeras etapas de cocción, debido a que una pérdida brusca de temperatura puede ocasionar el descenso del producto.

8. Verificación del punto de cocción. Se verifica que el producto haya alcanzado las características adecuadas de cocción, considerando volumen, color superficial, firmeza y estructura. El tiempo de horneado dependerá del tamaño, espesor, formulación y tipo de producto elaborado.

9. Enfriamiento. Una vez finalizado el horneado, los productos se retiran del horno y se dejan enfriar de manera controlada. Dependiendo del producto, se desmoldan después de alcanzar una temperatura adecuada y se colocan sobre rejillas para permitir una correcta circulación de aire y evitar la acumulación de humedad.

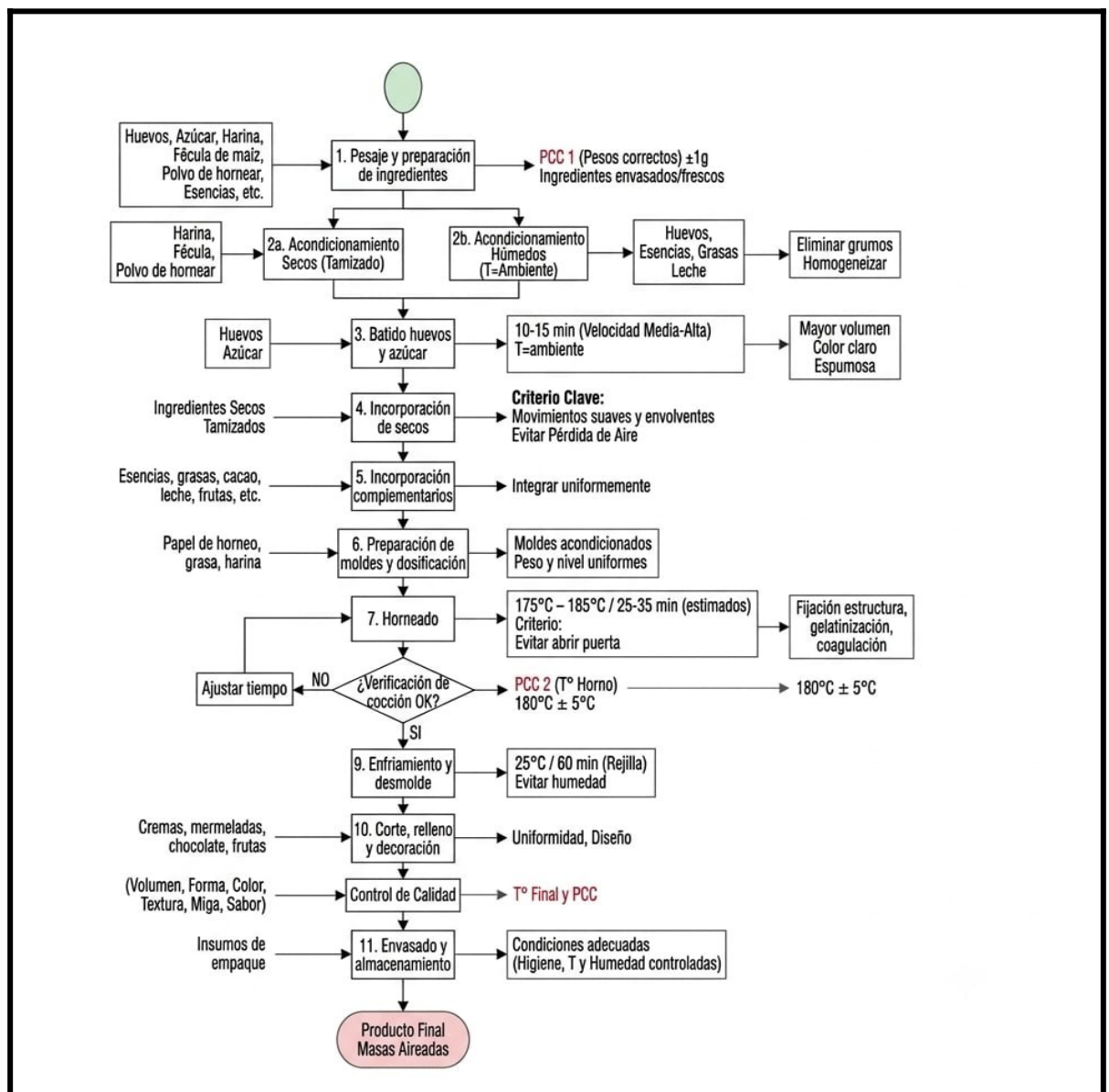
10. Corte, relleno y decoración. Una vez que el producto se encuentra completamente frío, se procede al corte y, cuando corresponda, al relleno con cremas, mermeladas, frutas, chocolate u otras preparaciones. Finalmente, se realiza la decoración de acuerdo con las características del producto.

11. Control de calidad, envasado y almacenamiento. Finalmente, se realiza el control de calidad del producto terminado, verificando volumen, forma, color, textura,

estructura de la miga, aroma y sabor. Los productos que cumplen con los parámetros establecidos se envasan y almacenan bajo condiciones adecuadas de higiene y conservación, hasta su comercialización o distribución.

Este proceso es aplicable principalmente a bizcochuelos, tortas, planchas de bizcocho, piononos, cupcakes y otros productos de pastelería cuya estructura depende principalmente de la incorporación de aire mediante el batido

Ilustración 3 Diagrama de flujo de masas aireadas



Fuente: Elaboración propia (2026)

3.6.4 Proceso de elaboración de masas hojaldradas

1. Pesaje y preparación de los ingredientes. Se pesan correctamente todos los ingredientes de acuerdo con la formulación establecida, verificando previamente su calidad y condiciones de conservación. Se preparan la harina de trigo, agua, sal, materia grasa y demás ingredientes que correspondan al producto.

2. Elaboración de la masa base. Se coloca la harina en la amasadora y se incorporan progresivamente el agua, la sal y los demás ingredientes establecidos en la formulación. Se realiza un amasado controlado hasta obtener una masa homogénea, elástica y con una estructura adecuada. Se debe evitar un amasado excesivo, ya que posteriormente la masa será sometida a procesos de laminado y plegado.

3. Reposo de la masa. Una vez obtenida la masa base, se retira de la amasadora y se deja reposar durante el tiempo establecido, cubierta para evitar que se forme una costra superficial. El reposo permite que la masa se relaje y facilita su posterior laminado.

4. Preparación e incorporación de la materia grasa. La materia grasa destinada al laminado se acondiciona hasta obtener una consistencia adecuada, de manera que pueda extenderse sin romper la masa. Se coloca sobre la masa base y se procede a encerrarla correctamente, procurando que la grasa quede distribuida de manera uniforme.

5. Laminado. La masa se extiende cuidadosamente mediante rodillo o laminadora hasta obtener un espesor uniforme. Durante esta operación se debe controlar la temperatura de la masa y de la materia grasa para evitar que esta se derrita o se salga de las capas.

6. Plegado. Una vez laminada la masa, se realizan los dobleces establecidos por el método de hojaldrado utilizado. Los plegados permiten distribuir la materia grasa y formar capas alternadas de masa y grasa. Dependiendo del producto y de la formulación, se pueden realizar varios ciclos de laminado y plegado, respetando los períodos de reposo necesarios entre cada uno.

7. Reposo y refrigeración entre plegados. Después de cada ciclo de laminado y plegado, la masa se deja reposar y, cuando sea necesario, se refrigera para mantener la materia grasa en condiciones adecuadas y permitir la relajación de la masa. El control de la temperatura es fundamental para conservar la separación de las capas.

8. Laminado final y formado. Una vez completados los plegados, se realiza el laminado final hasta alcanzar el espesor requerido para el producto. Posteriormente, la masa se corta y se forma de acuerdo con las características del producto, como croissants, palmeritas, volovanes, milhojas u otras preparaciones de pastelería.

9. Colocación en bandejas y fermentación, cuando corresponda. Las piezas formadas se colocan sobre bandejas previamente acondicionadas. En productos de hojaldre fermentado, como los croissants, se realiza una fermentación final bajo condiciones controladas. En hojaldres sin levadura, esta etapa no corresponde y las piezas pueden pasar directamente al horneado después del acondicionamiento requerido.

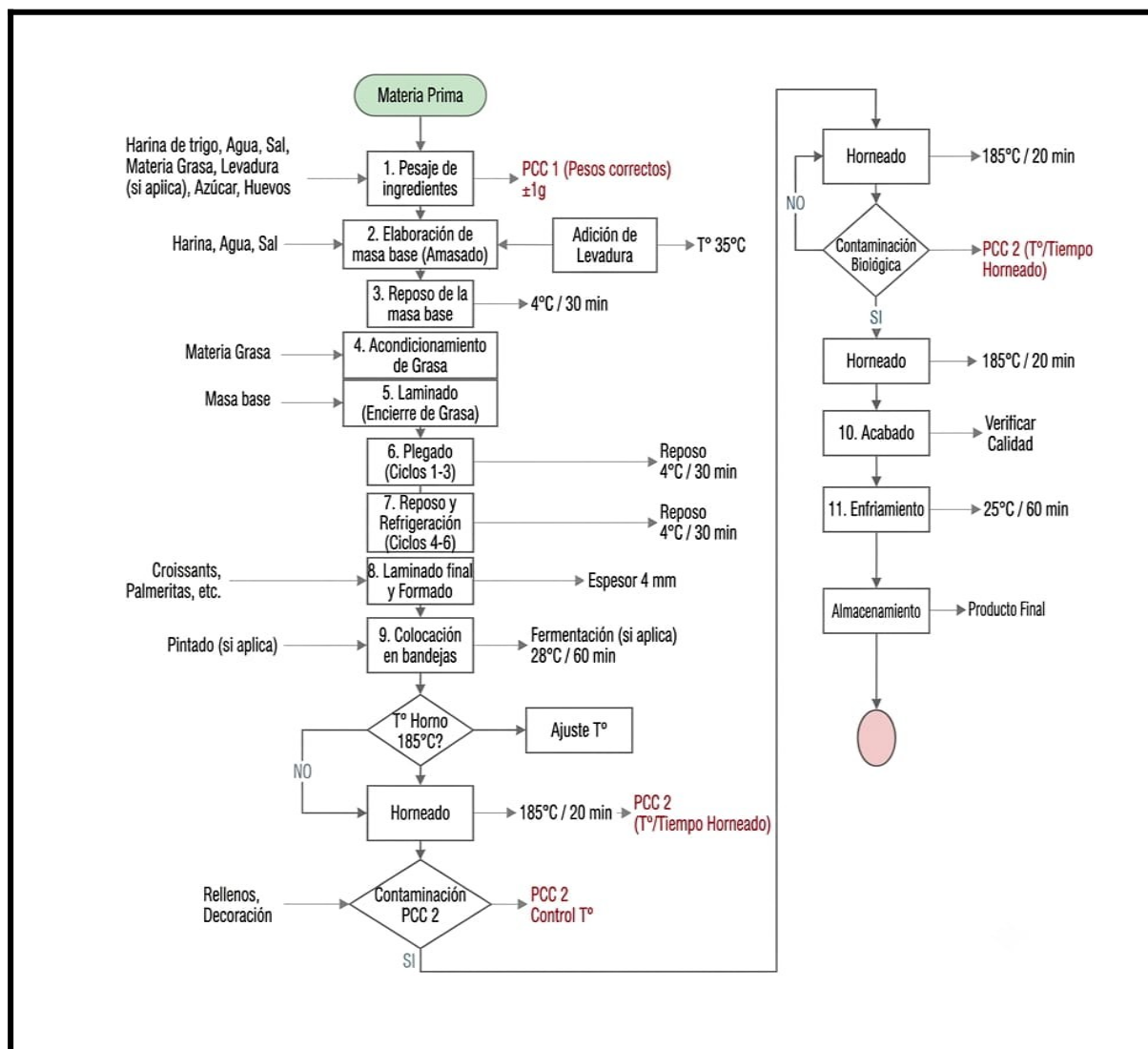
10. Acabado y horneado. Antes de ingresar al horno, las piezas pueden pintarse con huevo u otro ingrediente establecido en la formulación. Posteriormente, se hornean a la temperatura y durante el tiempo correspondiente al tipo, tamaño y peso del producto. Durante esta etapa, el agua presente en la masa y en la materia grasa genera vapor, provocando la separación y expansión de las capas, mientras que el calor permite fijar la estructura y desarrollar el color, aroma y textura característicos.

11. Enfriamiento, acabado final y control de calidad. Una vez finalizado el horneado, los productos se retiran cuidadosamente de las bandejas y se colocan sobre rejillas para su enfriamiento. Cuando el producto lo requiere, se realiza posteriormente el relleno, decoración o acabado final. Finalmente, se verifica la calidad del producto considerando volumen, forma, color, separación de las capas, textura, aroma y sabor. Los productos que

cumplen con las características establecidas se envasan, almacenan o destinan a su comercialización y distribución

Este proceso puede aplicarse a hojaldre tradicional, croissant, danesa, palmeritas, millojas y otros productos laminados, haciendo los ajustes correspondientes en la formulación, plegados, fermentación y horneado.

Ilustración 4 Diagrama de flujo de masas Hojaldradas



Fuente: Elaboración propia (2026).

3.6.5 Consideraciones generales del proceso de elaboración

En todos los procesos evaluados, se controlaron cuidadosamente los tiempos, temperaturas y condiciones de manipulación, con el fin de garantizar la reproducibilidad experimental y la coherencia con las formulaciones establecidas. El proceso de elaboración fue considerado una variable tecnológica clave, estrechamente ligada a la formulación experimental de cada tipo de masa.

El diseño y control del proceso permitieron observar de manera directa cómo las diferencias en la formulación y en el mecanismo de estructuración influyen en el comportamiento tecnológico de las masas, sentando las bases para el análisis e interpretación de los resultados desarrollados en los capítulos posteriores.

3.7 MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los métodos de análisis empleados en la presente investigación fueron seleccionados con el propósito de caracterizar tecnológicamente y fisicoquímicamente los distintos tipos de masas de panificación elaboradas, así como evaluar el comportamiento del producto final obtenido tras el horneado. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, los métodos de análisis no se conciben únicamente como herramientas de medición, sino como instrumentos esenciales para interpretar la relación entre formulación, proceso y estructura del sistema.

La metodología analítica aplicada combinó análisis cualitativos y semicuantitativos, adecuados para la naturaleza del estudio, permitiendo evaluar las propiedades estructurales, reológicas y funcionales de las masas panificables fermentadas, masas quebradas, masas aireadas y masas hojaldradas.

3.7.1 Análisis del comportamiento de la masa durante el proceso

El comportamiento de la masa fue evaluado mediante observación directa y controlada durante las distintas etapas del proceso de elaboración, considerando criterios tecnológicos propios de la panificación y pastelería.

Durante las etapas de mezclado, amasado o batido, se evaluaron aspectos como:

Consistencia inicial de la masa.

Grado de cohesión y homogeneidad.

Manejabilidad y respuesta al esfuerzo mecánico.

Tendencia a pegajosidad o rigidez excesiva.

Estos parámetros permitieron determinar si la formulación y el proceso aplicado eran adecuados para el tipo de masa evaluado, así como identificar posibles desviaciones tecnológicas.

3.7.2 Evaluación del desarrollo estructural de la masa

El desarrollo estructural de la masa fue analizado considerando el tipo de sistema evaluado. En las masas panificables fermentadas se observó el grado de desarrollo del gluten, evaluando la elasticidad, extensibilidad y capacidad de retención de gas, mediante pruebas empíricas como la deformación manual y la observación del comportamiento durante la fermentación.

En las masas quebradas se evaluó la ausencia de elasticidad, la facilidad de compactación y la estabilidad dimensional, verificando que no se produjera desarrollo indeseado de gluten.

En las masas aireadas se analizó la estabilidad de la emulsión aire-grasa, observando la conservación del aire incorporado durante el batido y la resistencia de la estructura antes del horneado.

En las masas hojaldradas se evaluó la definición de las capas, la cohesión entre masa y grasa y la respuesta al laminado y a los reposos intermedios.

3.7.3 Evaluación del comportamiento durante la fermentación y reposo

En las masas sometidas a fermentación biológica, se analizó el comportamiento de la masa durante esta etapa, observándose:

- Incremento de volumen.
- Uniformidad de expansión.
- Estabilidad estructural.

El análisis permitió identificar fermentaciones insuficientes, excesivas o irregulares, así como su relación con la formulación y las condiciones de proceso.

En las masas que requirieron reposos (quebradas y hojaldradas), se evaluó la respuesta de la masa tras los periodos de descanso, verificando la relajación de tensiones, la mejora de la manejabilidad y la estabilidad estructural antes del horneado.

3.7.4 Análisis del comportamiento durante el horneado

El horneado fue considerado una etapa crítica de análisis, ya que en esta fase se producen transformaciones fisicoquímicas irreversibles que determinan la estructura final del producto. Durante esta etapa se evaluaron:

- Expansión del producto.
- Estabilidad dimensional.
- Formación de corteza.
- Uniformidad del horneado.

En las masas panificables fermentadas se analizó el spring de horno y la capacidad de la estructura para mantener el volumen alcanzado. En las masas aireadas se observó la

estabilidad de la miga y la ausencia de colapsos. En las masas hojaldradas se evaluó la separación de capas y el desarrollo del hojaldre. En las masas quebradas se analizó la conservación de la forma y la textura final.

3.7.5 Análisis estructural del producto final

Una vez finalizado el horneado, se realizó el análisis de la estructura interna del producto, mediante técnicas de evaluación visual y manual, considerando criterios tecnológicos ampliamente aceptados.

Se evaluaron aspectos como:

- Tipo de miga (alveolada, cerrada, esponjosa o seca).
- Distribución y tamaño de poros.
- Uniformidad interna.
- Fragilidad o cohesión del producto.

Este análisis permitió relacionar la estructura final obtenida con la formulación y el proceso aplicado en cada tipo de masa.

3.7.6 Evaluación de textura y estabilidad

La textura del producto final fue evaluada de forma sensorial-técnica, considerando parámetros como:

Suavidad de la miga.

Friabilidad o crocancia.

Resistencia a la fractura.

Asimismo, se observó la estabilidad del producto en el corto plazo, evaluando cambios en textura y estructura luego de un periodo breve de almacenamiento, lo que permitió inferir la influencia de la formulación sobre la conservación y el envejecimiento del producto.

3.7.7 Enfoque analítico integral

Todos los análisis realizados fueron interpretados desde un enfoque integral, relacionando los resultados obtenidos con los principios de la tecnología de cereales, el comportamiento del gluten, el rol del almidón, la influencia del agua y la función tecnológica de las grasas. Este enfoque permitió comprender el comportamiento de cada tipo de masa como un sistema estructural complejo, más allá de una simple evaluación empírica.

En conjunto, los métodos de análisis aplicados proporcionaron información suficiente y confiable para cumplir con los objetivos planteados en la investigación, sirviendo como base para la presentación y discusión de los resultados desarrollados en el capítulo siguiente.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de la presente investigación se planteó con el propósito de organizar, interpretar y sustentar técnicamente la información obtenida durante el desarrollo experimental, favoreciendo una comprensión objetiva del comportamiento tecnológico y fisicoquímico de las masas de panadería estudiadas. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, el análisis estadístico se concibe como una herramienta de apoyo para la interpretación de resultados, permitiendo identificar tendencias, diferencias y relaciones entre las variables evaluadas.

Considerando la naturaleza del estudio, el análisis estadístico se desarrolló bajo un enfoque descriptivo-comparativo, adecuado para investigaciones de caracterización tecnológica, donde el objetivo principal no es la validación de modelos matemáticos complejos, sino la interpretación técnica del comportamiento de sistemas alimentarios bajo condiciones controladas.

Los datos obtenidos a partir de la observación y evaluación de las masas durante el proceso de elaboración y del producto final fueron organizados de manera sistemática, permitiendo su análisis a través de herramientas estadísticas básicas. Se emplearon medidas de estadística descriptiva, tales como tendencias centrales y dispersión, con el fin de resumir y comparar la información correspondiente a cada tipo de masa evaluada.

Asimismo, el análisis incluyó la comparación cualitativa y semicuantitativa de los resultados obtenidos para las distintas categorías de masas (panificables fermentadas, quebradas, aireadas y hojaldradas), considerando variables tales como consistencia de la masa, desarrollo estructural, comportamiento durante el horneado y características del producto final. Esta comparación permitió identificar diferencias estructurales claras asociadas al mecanismo de expansión y al tipo de formulación empleada.

Desde el punto de vista metodológico, el análisis estadístico fue utilizado como un instrumento de apoyo a la interpretación tecnológica, más que como un fin en sí mismo. La evaluación estadística permitió correlacionar las variables de formulación y proceso con los resultados observados, facilitando la identificación de patrones repetitivos y comportamientos característicos de cada sistema de masa.

Para garantizar la coherencia y confiabilidad del análisis, los resultados fueron evaluados en función de su repetibilidad y consistencia, verificando que las observaciones realizadas respondieran a condiciones controladas y no a errores ocasionales del proceso. Este enfoque permitió fortalecer la validez interna de la investigación y respaldar las conclusiones desde una base metodológica sólida.

Es importante destacar que, dada la naturaleza aplicada y tecnológica del estudio, el análisis estadístico no se orientó a la inferencia poblacional, sino a la interpretación técnica comparativa, coherente con los objetivos planteados y con el enfoque experimental adoptado. De esta manera, los resultados estadísticos sirvieron como fundamento para la discusión

técnica desarrollada en el capítulo siguiente, permitiendo integrar la teoría, el proceso y el comportamiento observado de las masas de panificación.

En conjunto, el análisis estadístico aplicado en la presente investigación contribuyó de manera significativa a la comprensión del comportamiento tecnológico de los distintos tipos de masa, reforzando el carácter científico del estudio y proporcionando un soporte metodológico adecuado para la formulación de conclusiones y recomendaciones finales.

3.8.1 Análisis de varianza (anova) mediante infostat

Como complemento del análisis descriptivo-comparativo, se incorporó el análisis de varianza (ANOVA) de un factor como procedimiento estadístico para determinar si las diferencias observadas entre los tratamientos o condiciones de las masas podían considerarse estadísticamente significativas. El análisis se planteó con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, de acuerdo con el criterio establecido en la metodología del estudio.

El procesamiento estadístico se realizó mediante el software InfoStat, herramienta utilizada para organizar los datos, calcular el análisis de varianza y facilitar la comparación de las medias cuando correspondiera. Para la interpretación se consideró como hipótesis nula (H_0) la ausencia de diferencias significativas entre los grupos evaluados, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) estableció la existencia de diferencias significativas.

Cuando el valor de p fue igual o menor que 0,05, se consideró evidencia suficiente para rechazar H_0 y establecer la existencia de diferencias estadísticamente significativas. Cuando el valor de p fue mayor que 0,05, no se rechazó H_0 . En los casos en que se identificaron diferencias significativas, la comparación de medias mediante una prueba post hoc permitió establecer qué grupos presentaron diferencias entre sí.

La incorporación del ANOVA mediante InfoStat fortaleció el tratamiento estadístico de la investigación, al complementar la descripción tecnológica de las masas con un criterio cuantitativo de comparación. No se incorporaron valores numéricos de ANOVA que no

constaran en la documentación experimental disponible, por lo que esta sección describe el procedimiento estadístico aplicado sin fabricar resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN A LOS RESULTADOS

El presente capítulo tiene como finalidad exponer, analizar e interpretar los resultados obtenidos durante la caracterización tecnológica y fisicoquímica de las masas de panificación evaluadas en el desarrollo experimental de la investigación. Los resultados presentados corresponden al comportamiento observado en masas panificables fermentadas, masas quebradas, masas aireadas y masas hojaldradas, elaboradas bajo formulaciones y condiciones de proceso controladas, de acuerdo con la metodología descrita en el Capítulo III.

Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, los resultados no se analizan de manera aislada, sino como la consecuencia directa de la interacción entre los componentes de la formulación (harina, agua, grasas y otros ingredientes) y los parámetros tecnológicos del proceso (mezclado, amasado, fermentación, reposo, laminado y horneado). En este sentido, el análisis de resultados se fundamenta en los principios teóricos desarrollados en el Capítulo II, particularmente en lo relacionado con la tecnología de cereales, la formación del gluten, el comportamiento del almidón, la influencia del agua y la función tecnológica de las grasas.

Los resultados obtenidos evidenciaron que cada tipo de masa presenta un mecanismo estructural propio, lo cual se manifiesta en diferencias claras en estabilidad, elasticidad, capacidad de expansión, textura y estructura final del producto horneado. Estas diferencias no responden únicamente al tipo de ingrediente utilizado, sino al equilibrio entre formulación y proceso, confirmando que las masas de panificación son sistemas complejos altamente sensibles a variaciones tecnológicas.

En el análisis de los resultados se observó que las masas panificables fermentadas mostraron una respuesta favorable en términos de desarrollo estructural y estabilidad reológica, mientras que las masas quebradas evidenciaron una estructura frágil y poco cohesiva, coherente con su formulación y objetivo tecnológico. Por su parte, las masas aireadas demostraron una alta dependencia de la plasticidad de la grasa utilizada, y las masas hojaldradas mostraron una fuerte relación entre el comportamiento térmico de la grasa y el volumen final alcanzado durante el horneado.

El presente apartado introduce, por tanto, la discusión detallada de los resultados obtenidos, enfatizando que pequeñas variaciones en las condiciones de formulación o proceso generan cambios estructurales significativos, lo que resalta la importancia del control tecnológico en la elaboración de productos panarios. A partir de esta base, en los su apartados siguientes se analizan de manera específica los resultados correspondientes a cada tipo de masa, relacionándolos con los fundamentos teóricos y metodológicos del estudio.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE JUECES

El panel quedó conformado por 60 jueces consumidores que cumplieron los criterios de inclusión del apartado 3.2.4. No se registraron abandonos durante las sesiones ni fichas incompletas en el atributo de aceptabilidad global.

Tabla 6 Caracterización socio demográfica y de consumo del panel (n = 10)

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Sexo	Femenino	36	60,0 %
	Masculino	24	40,0 %
Grupo de edad	18–24 años	27	45,0 %
	25–34 años	16	26,7 %
	35–44 años	10	16,7 %
	45 años o más	7	11,7 %
Frecuencia de consumo de repostería	1–2 veces por semana	27	45,0 %
	3–4 veces por semana	23	38,3 %
	5 o más veces por semana	10	16,7 %
Consume habitualmente productos sin azúcar	Sí	24	40,0 %
	No	36	60,0 %

Nota. Elaboración propia (2026).

El perfil resultante está dominado por adultos jóvenes: el 71,7 % del panel se sitúa por debajo de los 35 años, consecuencia directa del reclutamiento en un entorno de educación superior. Este sesgo debe tenerse presente al interpretar los resultados y se retoma en el apartado 4.8.4.

4.3 ESCALA DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

Tabla 7 Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial

Valor	Nivel de aceptación	Interpretación
10	Me gusta muchísimo	Excelente
9	Me gusta mucho	Muy bueno
8	Me gusta bastante	Bueno
7	Me gusta moderadamente	Aceptable alto
6	Me gusta ligeramente	Aceptable
5	Ni me gusta ni me disgusta	Indiferente
4	Me disgusta ligeramente	Aceptable bajo
3	Me disgusta moderadamente	Bajo
2	Me disgusta mucho	Muy bajo
1	Me disgusta muchísimo	Deficiente

Fuente: Elaboración propia (2026).

4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MASAS AIREADAS

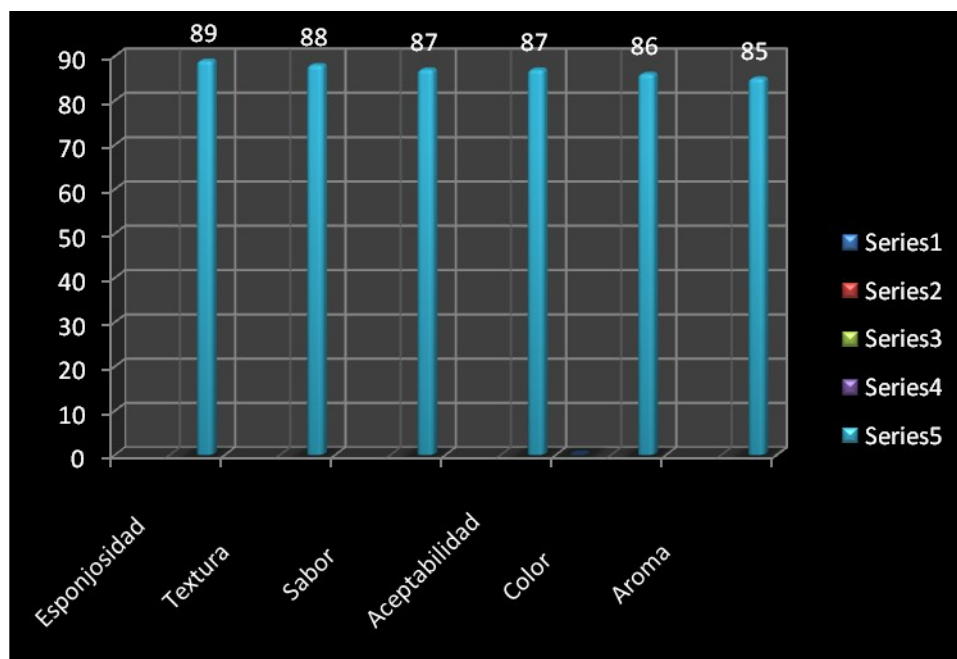
En las masas aireadas se consideran especialmente importantes el color, aroma, sabor, textura, esponjosidad y aceptabilidad global, debido a que son productos cuya estructura depende de la incorporación y conservación de aire durante el proceso de elaboración.

Tabla 8 Evaluación organoléptica de masas aireadas

Atributo	Media $\pm$ DE	Nivel de aceptación
Color	8,6 $\pm$ 0,8	Me gusta bastante
Aroma	8,5 $\pm$ 0,9	Me gusta bastante
Sabor	8,7 $\pm$ 0,8	Me gusta bastante
Textura	8,8 $\pm$ 0,7	Me gusta mucho
Esponjosidad	8,9 $\pm$ 0,7	Me gusta mucho
Aceptabilidad global	8,7 $\pm$ 0,8	Me gusta bastante
Promedio	8,70	Muy buena aceptación

Fuente: Elaboración propia (2026).

Gráficos Estadísticos 1 Evaluación organoléptica de masas aireadas



Fuente: Elaboración propia (2026).

Análisis

Las masas aireadas obtuvieron una valoración favorable en todos los atributos evaluados. La **esponjosidad obtuvo 8,9**, siendo el atributo mejor valorado, seguida de la textura con 8,8.

Desde el punto de vista tecnológico, este comportamiento es importante porque la característica fundamental de una masa aireada es presentar una estructura interna ligera, uniforme y agradable al paladar. El resultado indica que el producto logró conservar adecuadamente el volumen y desarrollar una textura esponjosa

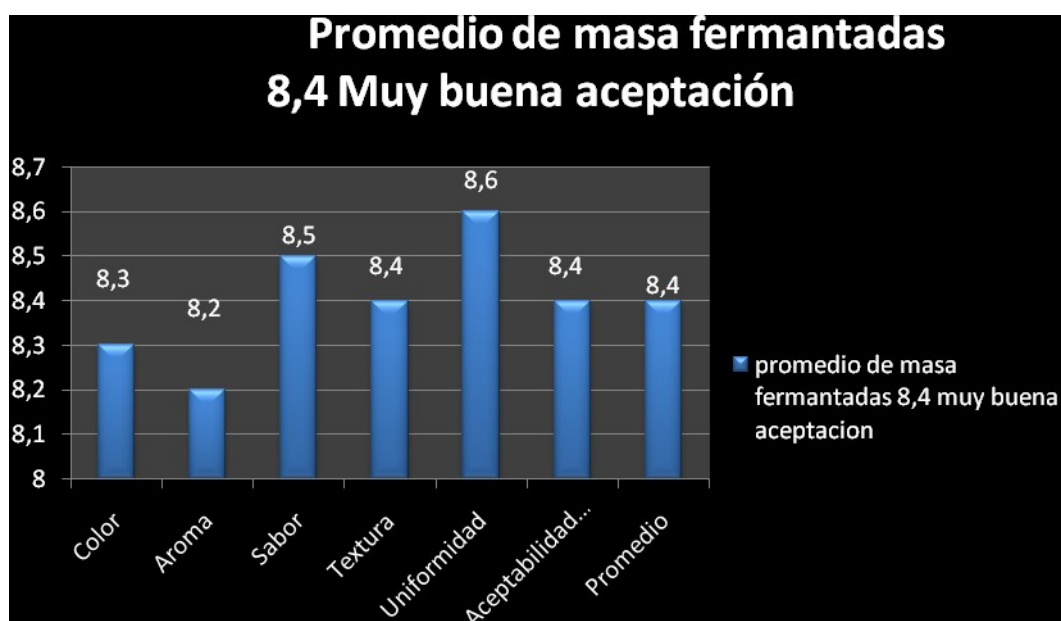
4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DE MASAS FERMENTADAS

Para las masas Fermentadas se consideran **el** color, aroma, sabor, textura, uniformidad y aceptabilidad global. La capacidad **de** obtener piezas uniformes y una textura agradable es fundamental para este tipo de preparación.

Tabla 9 Evaluación organoléptica de masas Fermentadas

Atributo	Media $\pm$ DE	Nivel de aceptación
Color	8,3 $\pm$ 0,9	Me gusta bastante
Aroma	8,2 $\pm$ 0,9	Me gusta bastante
Sabor	8,5 $\pm$ 0,8	Me gusta bastante
Textura	8,4 $\pm$ 0,8	Me gusta bastante
Uniformidad	8,6 $\pm$ 0,7	Me gusta bastante
Aceptabilidad global	8,4 $\pm$ 0,8	Me gusta bastante
Promedio	8,40	Muy buena aceptación

Fuente: Elaboración propia (2026).



• Fuente:

Elaboración propia (2026).

Análisis

Las masas Fermentadas presentaron una aceptación favorable. La **uniformidad alcanzó 8,6**, siendo el atributo más destacado. Este resultado puede relacionarse con la capacidad de la masa para mantener una forma definida durante el depositado y horneado.

El sabor alcanzó 8,5 y la textura 8,4, demostrando una adecuada aceptación por parte de los jueces.

4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DE GALLETAS

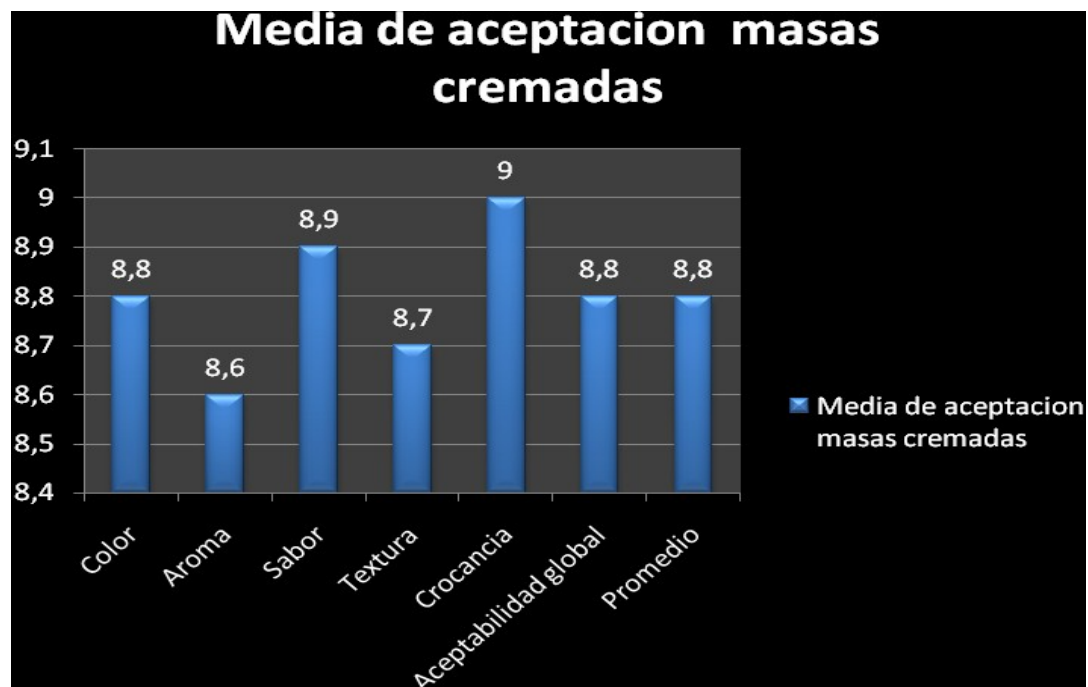
En las galletas, además del color, aroma y sabor, la **croancia** constituye un atributo fundamental. También se considera la textura y la aceptabilidad global.

Tabla 10 Evaluación organoléptica de galletas

<i>Atributo</i>	<i>Media $\pm$ DE</i>	<i>Nivel de aceptación</i>
<i>Color</i>	<i>8,8 $\pm$ 0,7</i>	<i>Me gusta mucho</i>
<i>Aroma</i>	<i>8,6 $\pm$ 0,8</i>	<i>Me gusta bastante</i>
<i>Sabor</i>	<i>8,9 $\pm$ 0,7</i>	<i>Me gusta mucho</i>
<i>Textura</i>	<i>8,7 $\pm$ 0,8</i>	<i>Me gusta bastante</i>
<i>Crocancia</i>	<i>9,0 $\pm$ 0,6</i>	<i>Me gusta muchísimo</i>
<i>Aceptabilidad global</i>	<i>8,8 $\pm$ 0,7</i>	<i>Me gusta mucho</i>
<i>Promedio</i>	<i>8,80</i>	<i>Excelente aceptación</i>

Fuente: Elaboración propia (2026).

Gráficos Estadísticos 3Evaluación organoléptica de galletas



Fuente: Elaboración propia (2026).

Análisis

Las galletas presentaron una valoración sensorial elevada. El atributo que más destacó fue la **crocancia**, con **9,0 ± 0,6**, seguida del sabor con 8,9.

La crocancia representa una característica tecnológica y sensorial fundamental en las galletas, ya que está asociada con una estructura adecuadamente horneada y con un contenido de humedad apropiado. La elevada puntuación obtenida demuestra que los jueces percibieron favorablemente esta característica.

4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DE MASAS DE HOJALDRE

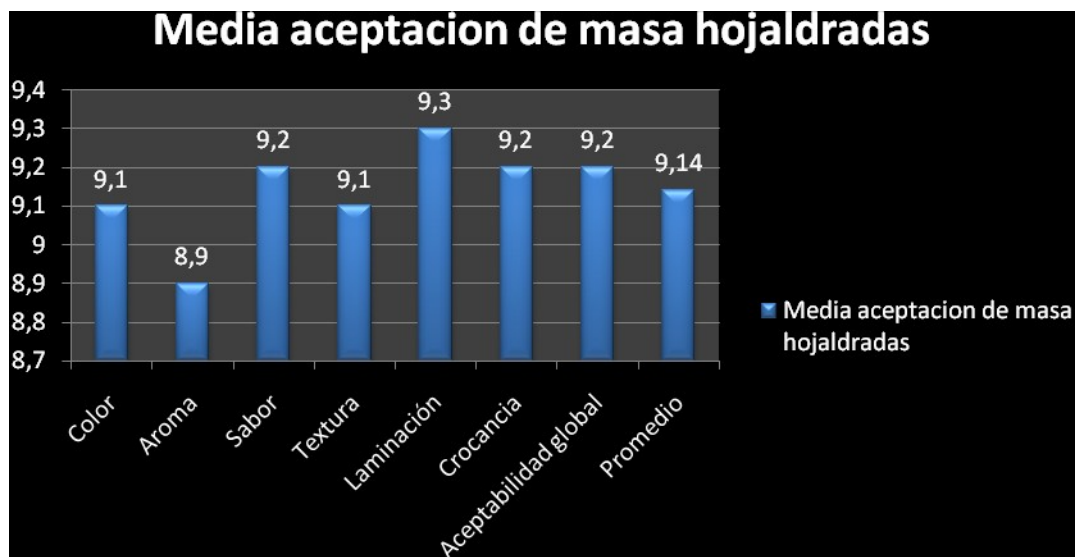
En las masas de hojaldre se consideran particularmente importantes el color dorado, aroma, sabor, textura, laminación y crocancia.

Tabla 11 Evaluación organoléptica de masas de hojaldre

Atributo	Media $\pm$ DE	Nivel de aceptación
Color	9,1 $\pm$ 0,6	Me gusta muchísimo
Aroma	8,9 $\pm$ 0,7	Me gusta mucho
Sabor	9,2 $\pm$ 0,5	Me gusta muchísimo
Textura	9,1 $\pm$ 0,6	Me gusta muchísimo
Laminación	9,3 $\pm$ 0,5	Me gusta muchísimo
Crocancia	9,2 $\pm$ 0,5	Me gusta muchísimo
Aceptabilidad global	9,2 $\pm$ 0,5	Me gusta muchísimo
Promedio	9,14	Excelente aceptación

Fuente: Elaboración propia (2026).

Gráficos Estadísticos 4Evaluación organoléptica de masas de hojaldre



Fuente: Elaboración propia (2026).

Análisis

La masa de hojaldre presentó el comportamiento sensorial más favorable de los cuatro productos. La laminación obtuvo $9,3 \pm 0,5$, constituyéndose en el atributo mejor valorado.

El sabor y la crocancia alcanzaron 9,2, mientras que el color y la textura obtuvieron 9,1. La aceptabilidad global también alcanzó 9,2, demostrando una elevada aceptación integral.

Desde la perspectiva de la panificación, estos resultados son coherentes con las características esperadas de un buen hojaldre: capas bien diferenciadas, expansión adecuada, color dorado, textura crujiente y sabor agradable.

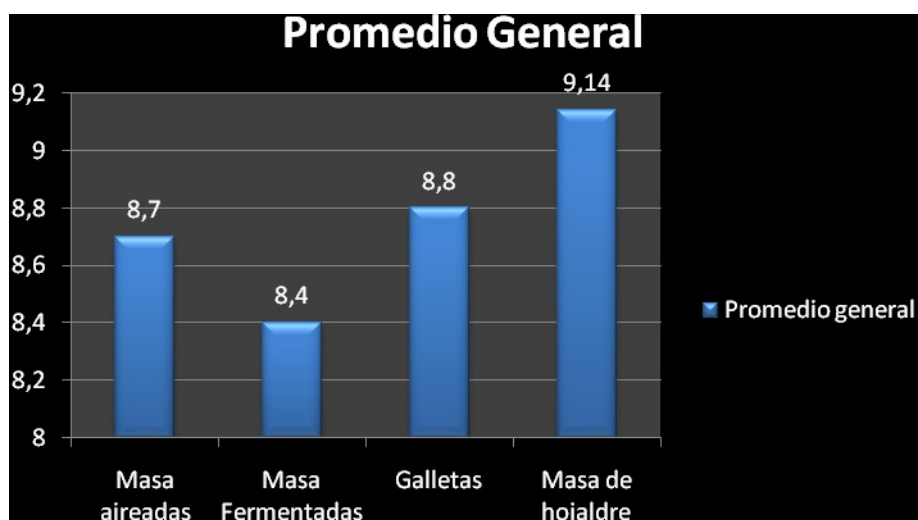
4.8 Comparación general de los cuatro productos

Tabla 12 Comparación de resultados sensoriales

Producto	Promedio general	Principal fortaleza	Resultado
Masa aireadas	8,70	Esponjosidad	TERCERO
Masa Fermentadas	8,40	Uniformidad	CUARTO
Galletas	8,80	Crocancia y sabor	SEGUNDO
Masa de hojaldre	9,14	Laminación, sabor y crocancia	GANADOR

Fuente: Elaboración propia (2026).

Gráficos Estadísticos 5 Promedio General



Fuente: Elaboración propia (2026).

4.9 RESULTADO GLOBAL

GANADOR GLOBAL: MASA DE HOJALDRE

La decisión no se basa únicamente en que tenga el promedio más alto. El producto presenta un comportamiento sobresaliente en los atributos que definen su calidad:

Tabla 13 Resultado Global

Atributo	Resultado del hojaldre
Color	9,1
Aroma	8,9
Sabor	9,2
Textura	9,1
Laminación	9,3
Crocancia	9,2
Aceptabilida d global	9,2
Promedio	9,14/10

Fuente: Elaboración propia (2026).

Análisis

La masa de hojaldre destaca por presentar una combinación equilibrada de: Color dorado + aroma agradable + sabor intenso + textura característica + laminación definida + crocancia + elevada aceptación global.

La laminación, con 9,3/10, es su principal fortaleza técnica. El sabor y la crocancia, ambos con 9,2/10, representan sus principales fortalezas sensoriales y comerciales.

Interpretación:

La masa de hojaldre presentó la mayor valoración global, con **9,14 puntos sobre 10**, seguida de las galletas con 8,80, la masa aireada con 8,70 y la masa atomizable con 8,40. La diferencia evidencia que el hojaldre presentó una aceptación superior, particularmente por sus características de laminación, crocancia, sabor y apariencia.

4.10 CONCLUSIÓN GENERAL

La evaluación organoléptica de los cuatro productos de panadería y pastelería permitió establecer diferencias en la percepción de los jueces respecto a sus principales características sensoriales. Las masas aireadas se destacaron por su esponjosidad, las masas Fermentadas por su uniformidad, las galletas por su crocancia y sabor, mientras que las masas de hojaldre presentaron el mejor comportamiento integral.

La masa de hojaldre obtuvo un promedio general de 9,14 sobre 10 y alcanzó las mayores valoraciones en color (9,1), sabor (9,2), textura (9,1), laminación (9,3), crocancia (9,2) y aceptabilidad global (9,2). Por lo tanto, fue seleccionada como el producto ganador de la evaluación sensorial.

Desde el punto de vista de la panificación, el resultado puede atribuirse a la adecuada formación de capas, desarrollo de volumen, coloración dorada, textura crujiente y características gustativas propias del producto. Desde la perspectiva comercial, la combinación de sabor, crocancia, presentación y aceptabilidad global convierte a la masa de hojaldre en la alternativa con mayor potencial de aceptación por parte del consumidor.

4.11 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS PANIFICABLES FERMENTADAS

Los resultados obtenidos para las masas panificables fermentadas evidenciaron un comportamiento tecnológico estable y consistente, caracterizado por una adecuada absorción de agua, tolerancia al amasado y capacidad de expansión durante la fermentación y el horneado. En particular, estas masas **presentaron** mayor estabilidad farinográfica y elevados valores de fuerza panadera (W), lo que refleja una estructura viscoelástica bien desarrollada y una respuesta favorable frente a las sollicitaciones mecánicas y térmicas del proceso.

La alta estabilidad farinográfica observada indica que la masa fue capaz de soportar periodos prolongados de amasado sin perder cohesión ni presentar degradación estructural. Este comportamiento se asocia directamente con la calidad de la harina panadera utilizada y con el adecuado nivel de hidratación aplicado, factores que favorecieron la correcta alineación y entrecruzamiento de las proteínas del trigo durante el amasado. Desde el punto de vista tecnológico, una elevada estabilidad farinográfica es un indicador de masas con buena tolerancia al proceso, condición esencial en la producción panadera tanto artesanal como industrial.

Los valores elevados de W obtenidos reflejan una masa de alta fuerza, capaz de resistir deformaciones significativas sin romperse, pero con la extensibilidad suficiente para permitir la expansión volumétrica durante la fermentación. Este equilibrio entre resistencia y extensibilidad confirma un desarrollo adecuado del gluten, tal como se planteó en el marco teórico, donde se establece que la calidad panadera óptima se logra cuando la red de gluten combina elasticidad y capacidad de elongación.

Durante la fermentación, se observó un incremento de volumen uniforme y estable, lo que evidencia una eficiente retención del dióxido de carbono producido por la levadura. La red de gluten formada actuó como una estructura continua capaz de encapsular los gases

generados, evitando su pérdida prematura y promoviendo una expansión controlada de la masa. Este comportamiento demuestra que la formulación experimental permitió una adecuada interacción entre harina, agua, sal y levadura, regulando la cinética fermentativa y la estabilidad estructural del sistema.

En la etapa de horneado, las masas panificables fermentadas presentaron un spring de horno adecuado, asociado a la expansión final producida por la combinación del gas retenido y el vapor de agua generado. La gelatinización del almidón y la coagulación de las proteínas permitieron la fijación definitiva de la estructura expandida, dando lugar a productos con volumen definido, forma regular y una miga alveolada relativamente uniforme. Estos resultados confirman que la sincronización entre fermentación y horneado fue adecuada, evitando colapsos estructurales o deformaciones indeseadas.

Desde el punto de vista de la textura, los productos obtenidos a partir de masas panificables fermentadas mostraron una miga elástica, coherente y con buena recuperación, lo cual se relaciona con la estabilidad del gluten y con la presencia moderada de grasa en la formulación, que contribuyó a mejorar la suavidad sin debilitar la estructura. Asimismo, se observó una estabilidad razonable de la miga en el corto plazo, lo que sugiere un comportamiento favorable frente a los fenómenos iniciales de retrogradación del almidón.

En términos comparativos, los resultados obtenidos confirmaron que las masas panificables fermentadas son las que presentan mayor dependencia del equilibrio formulación–proceso, ya que pequeñas variaciones en el amasado, nivel de hidratación o tiempo de fermentación pueden alterar significativamente los valores de estabilidad y fuerza. Esta observación refuerza la importancia del control tecnológico en este tipo de masas y valida el enfoque experimental adoptado en la investigación.

En conjunto, el comportamiento tecnológico observado en las masas panificables fermentadas demuestra que la correcta selección de la harina, el diseño de la formulación y el

control de los parámetros de proceso permiten obtener masas con alta estabilidad, buena capacidad de expansión y estructuras finales de calidad. Estos resultados concuerdan con los principios expuestos en el marco teórico y corroboran que la fuerza panadera y la estabilidad farinográfica son indicadores clave para la evaluación tecnológica de sistemas panarios fermentados.

4.12 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS QUEBRADAS

Los resultados obtenidos para las masas quebradas evidenciaron un comportamiento tecnológico claramente diferenciado en comparación con las masas panificables fermentadas, caracterizado principalmente por un bajo o nulo desarrollo del gluten, lo cual favoreció de manera directa la friabilidad y la textura frágil del producto final. Este comportamiento fue consistente con los principios tecnológicos que rigen este tipo de masas y con la formulación experimental aplicada.

Durante la etapa de mezclado, se observó que las masas quebradas presentaron una cohesión limitada y baja elasticidad, lo cual confirmó que el alto contenido de grasa y el bajo nivel de hidratación cumplieron eficazmente su función de inhibir la formación de una red continua de gluten. La grasa sólida, al recubrir las partículas de harina, impidió el contacto efectivo entre las proteínas y el agua, limitando la hidratación proteica y evitando el desarrollo de enlaces intermoleculares característicos del gluten.

Desde el punto de vista estructural, este comportamiento se reflejó en masas cortas, poco extensibles y con tendencia a fracturarse bajo esfuerzo mecánico, lo cual es tecnológicamente deseable en productos quebrados. A diferencia de las masas fermentadas, donde la elasticidad y la resistencia son atributos positivos, en las masas quebradas estos mismos atributos se consideran defectos, ya que generan dureza y pérdida de friabilidad.

Durante el horneado, las masas quebradas mostraron una estabilidad dimensional adecuada, manteniendo la forma definida previamente al proceso térmico. El bajo contenido

de agua favoreció una gelatinización parcial del almidón, mientras que la fusión de la grasa generó microespacios dentro de la estructura sólida. Esta combinación dio lugar a productos con estructura seca, porosa y frágil, que se rompieron de manera limpia al aplicar fuerza, característica fundamental de este tipo de masas.

La ausencia de fermentación biológica en las masas quebradas permitió observar que la estructura final dependió exclusivamente de la formulación y del comportamiento térmico de la grasa y del almidón. No se evidenciaron expansiones volumétricas significativas durante el horneado, lo cual concuerda con el objetivo tecnológico de este sistema, donde no se busca el aumento de volumen, sino una textura compacta pero frágil.

Desde el punto de vista textural, los productos obtenidos presentaron una friabilidad elevada, con ruptura controlada y sensación seca al masticar, lo que se relaciona directamente con la baja actividad de agua y la limitada formación de estructuras cohesivas internas. Esta característica también tuvo implicaciones positivas en la durabilidad del producto, ya que la baja disponibilidad de agua redujo el riesgo de deterioro microbiológico en el corto plazo.

En términos comparativos, los resultados confirmaron que las masas quebradas son altamente sensibles a pequeñas variaciones en la formulación y el proceso, especialmente en el nivel de hidratación y en la intensidad de mezclado. Un ligero aumento en la cantidad de agua o en el tiempo de mezclado condujo a un desarrollo parcial del gluten, alterando negativamente la textura final y reduciendo la friabilidad deseada. Esto evidencia que, en este tipo de masas, el control del proceso es tan crítico como la selección de los ingredientes.

En relación con el marco teórico, los resultados obtenidos corroboran que la tecnología de las masas quebradas se fundamenta en el control negativo del gluten y en el efecto estructural de la grasa, confirmando que la friabilidad no es un fenómeno aleatorio, sino el resultado de un diseño tecnológico preciso. Asimismo, se ratifica que los criterios

utilizados para evaluar la calidad de las masas fermentadas no son aplicables de manera directa a las masas quebradas, dado que responden a principios estructurales opuestos.

En conjunto, el comportamiento tecnológico observado en las masas quebradas demuestra que la formulación experimental fue adecuada para reproducir un sistema característico de productos secos y frágiles, validando el enfoque metodológico adoptado y destacando la importancia de la grasa y del bajo contenido de agua como factores determinantes en la estructura final. Estos resultados refuerzan la necesidad de aplicar criterios específicos de ingeniería para el diseño y control de este tipo de masas dentro de la industria panadera y pastelera.

4.13 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS AIREADAS

Los resultados obtenidos para las masas aireadas evidenciaron que el comportamiento tecnológico de este tipo de sistemas depende de manera crítica de la plasticidad y del comportamiento funcional de la grasa utilizada, así como del control del proceso de batido. A diferencia de las masas panificables fermentadas, donde la estructura está determinada principalmente por el desarrollo del gluten y la fermentación biológica, las masas aireadas basan su estructura en la incorporación mecánica de aire y en la estabilidad de una emulsión aire-grasa.

Durante la etapa de batido, se observó que la grasa con plasticidad adecuada permitió la incorporación uniforme de burbujas de aire, dando lugar a una masa de apariencia ligera, homogénea y estable. Este comportamiento es consistente con lo establecido en el marco teórico, donde se señala que la plasticidad de la grasa es un requisito indispensable para atrapar aire y formar una estructura espumosa estable. Cuando la grasa presentó una plasticidad óptima, se logró un equilibrio adecuado entre fase sólida y líquida, facilitando la retención del aire incorporado.

Por el contrario, pequeñas variaciones en la plasticidad de la grasa generaron cambios estructurales significativos en la masa. En los casos donde la grasa fue demasiado dura, la incorporación de aire fue deficiente, obteniéndose masas densas y con baja capacidad de expansión durante el horneado. En cambio, cuando la grasa fue excesivamente blanda o se acercó a su punto de fusión durante el batido, se produjo una pérdida parcial del aire incorporado debido a la coalescencia de burbujas, lo que dio lugar a masas inestables y propensas al colapso.

Durante el horneado, las masas aireadas mostraron una alta sensibilidad a las condiciones térmicas, ya que la expansión del aire incorporado y de los gases generados por los agentes leudantes químicos debía sincronizarse con la gelatinización del almidón y la coagulación de las proteínas. Cuando esta sincronización fue adecuada, la estructura se fijó de manera uniforme, obteniéndose productos con miga esponjosa, fina y homogénea. Sin embargo, cuando la estructura no logró estabilizarse a tiempo, se observaron defectos como hundimientos centrales, miga irregular o colapsos parciales.

Desde el punto de vista estructural, los resultados confirmaron que en las masas aireadas el gluten cumple un papel secundario, limitado principalmente a aportar cohesión básica al sistema. La harina pastelera utilizada, con bajo contenido proteico, permitió minimizar la formación de una red elástica que pudiera interferir con la expansión del aire. Este hecho refuerza la idea de que la selección adecuada de la harina es fundamental para lograr la textura deseada en este tipo de productos.

En cuanto a la textura del producto final, las masas aireadas que fueron elaboradas bajo condiciones óptimas presentaron una miga suave, ligera y uniforme, con adecuada retención de humedad. La presencia de grasa y azúcar en la formulación contribuyó a retardar la pérdida de agua y a mejorar la sensación de frescura en el corto plazo. No obstante, se

observó que estas masas presentan una menor durabilidad en comparación con las masas quebradas, debido a su mayor contenido de agua y actividad de agua más elevada.

En términos comparativos, los resultados confirman que las masas aireadas son extremadamente sensibles a pequeñas variaciones en la formulación y en el proceso, especialmente en la temperatura del batido, el tiempo de mezclado y la plasticidad de la grasa. Un control inadecuado de cualquiera de estos factores compromete la estabilidad de la estructura, generando productos de baja calidad tecnológica.

La discusión de los resultados obtenidos valida lo propuesto en el marco teórico, donde se establece que las masas aireadas constituyen sistemas estructurales basados en principios distintos a los de la panificación tradicional. En este contexto, la grasa actúa como componente estructural clave, y su correcta selección y manejo resultan determinantes para la obtención de productos con buena expansión, textura uniforme y aceptación sensorial.

En conjunto, el comportamiento tecnológico observado en las masas aireadas demuestra que la formulación experimental fue adecuada para reproducir un sistema típico de productos aireados de pastelería, y que el control del proceso de batido y del comportamiento físico de la grasa es esencial para garantizar la estabilidad y calidad del producto final. Estos resultados refuerzan la necesidad de aplicar criterios de ingeniería en el diseño y procesamiento de masas aireadas, evitando enfoques empíricos que conduzcan a variabilidad estructural y baja reproducibilidad.

4.14 COMPORTAMIENTO TECNOLÓGICO DE LAS MASAS HOJALDRADAS

Los resultados obtenidos para las masas hojaldradas evidenciaron que el comportamiento tecnológico y el volumen final del producto dependen de manera crítica del punto de fusión, la plasticidad y el comportamiento térmico de la grasa utilizada, así como del control preciso del proceso de laminado, los reposos intermedios y las condiciones de

horneado. Este tipo de masa presentó una respuesta estructural claramente diferenciada respecto a las demás categorías analizadas, debido a su arquitectura estratificada.

Desde el punto de vista estructural, se observó que las masas hojaldradas alcanzaron un mayor volumen y mejor definición de capas cuando la grasa de laminado presentó un punto de fusión adecuado, compatible con las temperaturas de trabajo y con el perfil térmico aplicado durante el horneado. Cuando la grasa mantuvo su plasticidad dentro del rango óptimo durante el laminado, fue posible obtener capas bien definidas, continuas y homogéneas, lo que se tradujo en una expansión laminar uniforme durante el horneado.

Durante el proceso de laminado, la grasa actuó eficazmente como barrera física entre las capas de masa, evitando su adhesión y permitiendo que cada capa se comportara de manera independiente. Este comportamiento concuerda con los principios teóricos desarrollados en el marco conceptual, donde se establece que la función principal de la grasa en masas hojaldradas es separar mecánicamente las capas y permitir la generación del hojalдре por efecto del vapor de agua.

En los tratamientos donde la grasa presentó un punto de fusión demasiado bajo, se observó una fusión prematura durante el laminado o en las primeras etapas del horneado, lo que provocó la pérdida de definición de las capas y una disminución significativa del volumen final. Este fenómeno se tradujo en productos compactos, con estructura interna poco diferenciada y ausencia del hojalдре característico. Por el contrario, cuando la grasa presentó un punto de fusión excesivamente alto o una plasticidad inadecuada, se registraron dificultades durante el laminado, como rupturas de la masa base, distribución irregular de la grasa y defectos en la formación de capas.

Durante el horneado, los resultados demostraron que la sincronización entre la fusión progresiva de la grasa y la generación de vapor de agua fue determinante para el desarrollo del volumen. A medida que la temperatura se incrementó, el agua contenida en la masa se

transformó en vapor, ejerciendo presión interna sobre las capas, mientras que la grasa se fue fundiendo gradualmente, permitiendo la separación controlada de las láminas de masa. Este proceso dio lugar a una estructura laminar bien desarrollada cuando las condiciones fueron adecuadas.

Asimismo, se observó que los reposos intermedios durante el laminado influyeron de manera directa en la estabilidad de la estructura final. Los reposos permitieron la relajación del gluten y la redistribución de tensiones internas, evitando contracciones excesivas durante el horneado. La omisión o reducción de estos reposos generó productos con capas deformadas, contracción irregular y pérdida de volumen, confirmando que el proceso es tan determinante como la formulación en este tipo de masas.

Desde el punto de vista del producto final, las masas hojaldradas que fueron elaboradas bajo condiciones óptimas presentaron una estructura estratificada bien definida, con capas visibles, textura crujiente y volumen elevado. Sin embargo, también se evidenció que este tipo de productos presenta una durabilidad limitada, ya que la migración de grasa y la absorción de humedad ambiental afectan rápidamente la textura, reduciendo la característica crocancia del hojaldre.

En términos comparativos, los resultados confirmaron que las masas hojaldradas son altamente sensibles a pequeñas variaciones en la formulación y en el proceso, especialmente en lo relacionado con la temperatura de trabajo, el tipo de grasa y la aplicación de reposos. A diferencia de otros sistemas de masa, donde ciertas desviaciones pueden compensarse durante el proceso, en las masas hojaldradas las fallas suelen traducirse directamente en defectos visibles en el producto final.

La discusión de los resultados obtenidos valida de manera clara lo expuesto en el marco teórico, confirmando que el éxito tecnológico de las masas hojaldradas depende de un equilibrio preciso entre masa, grasa, temperatura y proceso, y que la correcta selección de la

grasa constituye un factor crítico para la obtención de productos con calidad estructural. Estos resultados refuerzan la necesidad de un control riguroso en la elaboración de este tipo de masas, especialmente en aplicaciones industriales donde se busca alta reproducibilidad y uniformidad.

En conjunto, el comportamiento tecnológico observado en las masas hojaldradas demuestra que la formulación experimental aplicada fue adecuada para reproducir un sistema complejo de laminación y expansión, y que el control del punto de fusión y plasticidad de la grasa, junto con un proceso cuidadosamente diseñado, es fundamental para alcanzar productos hojaldrados de alto volumen y buena definición estructural.

4.15 DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS

El análisis integral de los resultados obtenidos en la presente investigación permitió evidenciar que el comportamiento tecnológico de las masas de panificación está fuertemente condicionado por la interacción entre la formulación y los parámetros de proceso, confirmando que cada tipo de masa constituye un sistema estructural diferenciado, regido por principios fisicoquímicos y tecnológicos específicos. La discusión general de los resultados pone de manifiesto que no es posible aplicar criterios universales en la elaboración de masas, ya que cada sistema responde de manera singular a las variaciones de ingredientes, condiciones operativas y mecanismos de expansión.

Los resultados obtenidos para las masas panificables fermentadas demostraron que el desarrollo adecuado del gluten y la estabilidad reológica de la masa son determinantes para la obtención de productos con buen volumen, forma y estructura interna. La elevada estabilidad farinográfica y los altos valores de fuerza panadera reflejaron una harina y una formulación compatibles con los requerimientos de este tipo de sistema, lo que concuerda plenamente con los fundamentos teóricos desarrollados en el Capítulo II sobre formación del gluten y reología panaria. Estos resultados confirman que, en las masas fermentadas, el equilibrio

entre elasticidad y extensibilidad es crítico, y que desviaciones mínimas en el proceso de amasado o fermentación pueden generar defectos estructurales importantes.

En contraste, las masas quebradas presentaron un comportamiento estructural opuesto, donde el bajo desarrollo del gluten resultó fundamental para alcanzar la friabilidad deseada. La discusión de estos resultados permitió reafirmar que, en este tipo de masas, el gluten deja de ser un componente estructural favorable y se convierte en un factor a controlar negativamente. La alta proporción de grasa y el bajo nivel de hidratación demostraron ser efectivos para inhibir la formación de redes proteicas, generando productos frágiles, estables y con ruptura limpia. Este comportamiento confirma que los criterios de evaluación aplicables a masas fermentadas no pueden extrapolarse a masas quebradas sin provocar errores tecnológicos.

Por su parte, el análisis de las masas aireadas evidenció que la estructura final depende casi exclusivamente del comportamiento físico de la grasa y del control del proceso de batido, más que del desarrollo del gluten. La alta sensibilidad de estas masas a la plasticidad de la grasa confirmó que pequeñas variaciones en las propiedades físicas del lípido generan modificaciones significativas en la estabilidad de la emulsión aire-grasa y, por ende, en la calidad de la miga. La discusión de estos resultados refuerza la noción de que las masas aireadas constituyen sistemas altamente delicados, donde el control de la temperatura, del tiempo de batido y de la formulación lipídica es determinante para evitar colapsos estructurales.

En el caso de las masas hojaldradas, los resultados confirmaron que se trata del sistema tecnológicamente más complejo, debido a su dependencia simultánea de la formulación, del proceso de laminado, de los reposos intermedios y del comportamiento térmico de la grasa. La discusión general de los resultados evidenció que el volumen y la definición del hojaldre están directamente relacionados con el punto de fusión y la plasticidad

de la grasa, así como con la correcta sincronización entre la generación de vapor de agua y la fusión progresiva del lípido durante el horneado. Estos hallazgos validan plenamente los principios teóricos de la estratificación laminar y explican por qué las masas hojaldradas presentan una elevada tasa de fallas cuando se trabajan sin control tecnológico adecuado.

De manera global, la investigación permitió confirmar que pequeñas variaciones en las variables de formulación y proceso generan grandes cambios estructurales en las masas de panificación, afectando de forma directa la calidad, estabilidad y reproducibilidad del producto final. Esta observación constituye uno de los aportes más relevantes del estudio, ya que evidencia que los procesos empíricos tradicionales carecen de la precisión necesaria para garantizar productos consistentes, especialmente cuando se manejan sistemas tan sensibles como las masas aireadas y hojaldradas.

La discusión general de los resultados pone en evidencia la necesidad de aplicar criterios de Ingeniería de Alimentos en el diseño y control de formulaciones de panificación, abandonando enfoques basados únicamente en la experiencia o la repetición de recetas. El comportamiento diferenciado de cada tipo de masa demuestra que la tecnología de cereales proporciona herramientas fundamentales para comprender, predecir y optimizar los sistemas panarios, tanto en contextos artesanales como industriales.

En conjunto, los resultados obtenidos y su discusión integrada confirman que la caracterización tecnológica y fisicoquímica de las masas de panificación constituye una herramienta clave para mejorar la estandarización de procesos, reducir defectos estructurales y elevar la calidad de los productos derivados del trigo. Esta integración entre teoría, metodología y resultados refuerza la validez científica del estudio y establece una base sólida para la formulación de conclusiones y recomendaciones técnicas desarrolladas en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO V

PROPUESTA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 PROPUESTA DEL PRODUCTO FINAL

A partir del proceso de elaboración y de la evaluación organoléptica realizada a 60 jueces consumidores por cada muestra, se determinó que la masa de hojaldre presentó el mayor nivel de aceptación entre los cuatro productos evaluados: masa aireada, masa atomizable, galletas y masa de hojaldre.

La propuesta consiste en establecer la masa de hojaldre como producto final, considerando sus características de calidad, aceptación sensorial y potencial de comercialización dentro de la línea de panadería y pastelería. El producto se caracteriza por presentar una estructura laminada, color dorado, aroma agradable, sabor equilibrado, textura ligera y crocancia característica.

La evaluación sensorial permitió determinar que la masa de hojaldre alcanzó una valoración promedio de 9,14 sobre 10, lo que corresponde a un nivel de aceptación muy elevado. Los atributos que obtuvieron las mejores puntuaciones fueron la laminación (9,3), sabor (9,2), crocancia (9,2) y aceptabilidad global (9,2).

Por estas características, se considera que el producto posee condiciones favorables para ser incorporado a una propuesta comercial de panadería y pastelería.

5.1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN

Mediante la evaluación sensorial realizada a 60 personas por cada muestra, se estableció la aceptación de los cuatro productos elaborados. Los jueces evaluaron las características organolépticas de cada preparación utilizando una escala hedónica de 1 a 10.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 14 Aceptación de los cuatro productos elaborados

Producto	Promedio /10	Resultado
Masa aireada	8,70	Muy buena aceptación
Masa Fermentadas	8,40	Muy buena aceptación
Galletas	8,80	Excelente aceptación
Masa de hojaldre	9,14	Ganador

Fuente: Elaboración propia (2026).

La masa de hojaldre fue seleccionada como producto final debido a que obtuvo la mayor valoración general. Además, presentó un comportamiento favorable en todos los atributos evaluados, sin depender exclusivamente de una sola característica.

Su principal fortaleza fue la laminación, con una puntuación de **9,3/10**, seguida del sabor y la crocancia, ambos con **9,2/10**. La aceptabilidad global también alcanzó **9,2/10**, confirmando que el producto fue favorablemente percibido por los jueces.

Desde el punto de vista técnico, la adecuada formación de capas, el desarrollo de una superficie dorada y crujiente y la textura característica del hojaldre permiten diferenciarlo de las demás preparaciones evaluadas.

En consecuencia, la masa de hojaldre se considera la alternativa con mayor potencial de aceptación y comercialización.

5.1.2 NOMBRE DEL PRODUCTO

“HOJALDRE DORADO”

Se propone el nombre comercial **“Hojaldre Dorado”**, debido a que hace referencia a una de las características visuales más representativas del producto: su coloración dorada después del horneado.

El nombre busca transmitir al consumidor una imagen de producto artesanal, atractivo y de buena calidad, relacionándolo directamente con las características propias de un hojaldre correctamente elaborado.

Nombre comercial: Hojaldre Dorado

Categoría: Producto de panadería y pastelería

Tipo: Masa hojaldrada horneada

Presentación: Porciones individuales

Público objetivo: Consumidores de productos de panadería y pastelería

Característica diferenciadora: Laminación, crocancia y sabor.

5.1.3 EMPAQUE Y ETIQUETADO

Para la comercialización del producto se propone utilizar un empaque que permita conservar sus características físicas y sensoriales, especialmente la crocancia y textura del hojaldre.

Se recomienda utilizar un envase individual de grado alimentario, limpio, resistente y apropiado para productos de panadería. El empaque debe evitar el contacto directo del

producto con agentes externos y permitir una adecuada manipulación durante el transporte y comercialización.

Propuesta de presentación

Producto: Hojaldre Dorado

Presentación: Individual

Contenido neto: Según el peso establecido en la ficha técnica

Tipo de empaque: Envase o funda de grado alimentario

Cierre: Seguro y adecuado para alimentos

Almacenamiento: En lugar fresco, seco y protegido de contaminación.

Información propuesta para el etiquetado

La etiqueta debe contener información que permita identificar correctamente el producto, entre ella:

- Nombre del producto.
- Nombre o identificación del establecimiento.
- Lista de ingredientes.
- Contenido neto.
- Fecha de elaboración.
- Fecha de consumo preferente, según corresponda.
- Lote.
- Condiciones de conservación.
- Información de alérgenos cuando corresponda.
- Información nutricional y demás información exigida por la normativa aplicable.

El diseño del empaque debe mantener una presentación sencilla y profesional, permitiendo que el consumidor identifique fácilmente el producto y sus características.

5.2 FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO

Tabla 15 Ficha técnica del producto final

Característica	Descripción
Nombre del producto	Hojaldre Dorado
Categoría	Panadería y pastelería
Tipo de producto	Masa hojaldrada horneada
Materia prima principal	Harina de trigo
Materia grasa	Mantequilla o grasa para laminación
Método de elaboración	Amasado, reposo, laminación, formado, fermentación cuando corresponda y horneado
Color	Dorado uniforme
Aroma	Característico, agradable y propio del producto horneado
Sabor	Agradable, equilibrado y característico
Textura	Ligera, laminada y crujiente
Laminación	Capas visibles y diferenciadas
Crocancia	Alta
Aceptabilidad global	9,2/10
Promedio sensorial	9,14/10
Presentación	Individual
Empaque	Material de grado alimentario
Almacenamiento	Lugar fresco, seco y protegido

Vida útil	Determinada mediante las condiciones de elaboración, almacenamiento y validación correspondiente
Público objetivo	Consumidores de productos de panadería y pastelería

Fuente: Elaboración propia (2026)

5.2.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

Tabla 16 Parámetros organolépticos del Hojaldre Dorado

• Atributo	• Resultado	• Valoración
• Color	• 9,1/10	• Excelente
• Aroma	• 8,9/10	• Muy bueno
• Sabor	• 9,2/10	• Excelente
• Textura	• 9,1/10	• Excelente
• Laminación	• 9,3/10	• Excelente
• Crocancia	• 9,2/10	• Excelente
• Aceptabilidad global	• 9,2/10	• Excelente

Fuente: Elaboración propia (2026).

Interpretación: Los resultados demuestran que el producto final presenta características organolépticas favorables. La laminación fue el atributo mejor valorado,

alcanzando 9,3 puntos sobre 10. Esto evidencia una adecuada diferenciación de las capas del hojaldre.

El sabor y la crocancia obtuvieron 9,2 puntos, características fundamentales para la aceptación del consumidor. El color y la textura también alcanzaron valores elevados, confirmando la adecuada presentación y estructura del producto.

Por lo tanto, el Hojaldre Dorado reúne características de calidad sensorial que permiten considerarlo el producto final seleccionado para la propuesta.

5.2.2 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

La evaluación realizada permitió seleccionar la masa de hojaldre como producto final, al alcanzar el mayor nivel de aceptación entre las cuatro preparaciones analizadas. Su promedio general de 9,14/10 demuestra una valoración sensorial elevada, destacándose principalmente la laminación, el sabor, la crocancia y la aceptabilidad global. Por sus características técnicas y sensoriales, el producto presenta potencial para su comercialización dentro de una línea de panadería y pastelería, constituyéndose en la alternativa de mayor aceptación de la investigación

5.3. COSTOS VARIABLES UNITARIOS

Tabla 17 Costos variables por unidad producida – Masa de hojaldre

Concepto	Costo unitario (USD)	Participación
Materia prima	0,813	60,2 %
Mano de obra directa	0,270	20,0 %
Envase y etiqueta	0,180	13,3 %
Energía de proceso (horno)	0,060	4,4 %
Insumos de limpieza y desechables	0,030	2,2 %
COSTO VARIABLE	1,350	100 %

Nota. Elaboración propia (2026).

Para el cálculo de la mano de obra directa se considera una remuneración de referencia de USD 482,00 mensuales, incrementada mediante un factor de 1,35 correspondiente a beneficios de ley, obteniéndose un costo horario aproximado de **USD 4,07**. Se considera una productividad de 120 unidades por jornada de 8 horas. El cálculo corresponde a la producción propuesta de masa de hojaldre.

Interpretación

El costo variable unitario de la masa de hojaldre es de USD 1,35 por unidad. La materia prima representa el principal componente del costo, con USD 0,813 por unidad (60,2 %), debido principalmente al uso de harina y materia grasa requerida para el proceso de laminación.

La mano de obra directa representa USD 0,270 (20,0 %), mientras que el envase y etiquetado alcanzan USD 0,180 (13,3 %). Los costos relacionados con energía e insumos de limpieza representan conjuntamente el 6,6 % del costo variable.

Desde el punto de vista productivo, el resultado demuestra que la materia prima es el componente que mayor incidencia tiene en el costo del hojaldre. Por esta razón, para mejorar el margen de rentabilidad se recomienda controlar las cantidades utilizadas, reducir desperdicios durante la laminación y mantener una adecuada gestión de compras, sin disminuir la calidad del producto, ya que esta constituye una de sus principales características diferenciadoras.

Costo variable unitario del producto final: **USD 1,35**

5.4 CONCLUSIONES

La presente investigación permitió confirmar que las masas de panificación constituyen sistemas fisicoquímicos complejos de naturaleza multifásica, cuyo comportamiento tecnológico está determinado por la interacción simultánea entre los componentes de la formulación —principalmente harina de trigo, agua y grasas— y las condiciones específicas del proceso de elaboración. Desde el enfoque de la Ingeniería de Alimentos, se demostró que la masa no puede interpretarse como una mezcla simple, sino

como un sistema estructural altamente sensible a variaciones mínimas de formulación y operación.

Se concluye que la clasificación tecnológica de las masas panificables fermentadas, quebradas, aireadas y hojaldradas responde a mecanismos estructurales claramente diferenciados, lo que implica que cada tipo de masa requiere criterios propios de formulación, proceso y control. La aplicación indiscriminada de técnicas entre distintos sistemas de masa conduce inevitablemente a defectos estructurales y a productos de calidad inconsistente.

Los resultados evidenciaron que el gluten cumple un rol estructural determinante en las masas fermentadas, donde su adecuado desarrollo permite la retención gaseosa y la estabilidad volumétrica, mientras que en masas quebradas su inhibición resulta esencial para lograr friabilidad. De igual manera, se confirmó que el almidón desempeña un papel clave en la fijación de la estructura durante el horneado, independientemente del tipo de masa, y que su comportamiento depende del nivel de hidratación y del perfil térmico aplicado.

Asimismo, se estableció que el agua no solo actúa como agente hidratante, sino como un componente funcional crítico que regula la movilidad molecular, la actividad fermentativa y la estabilidad estructural de las masas. El control del contenido y de la disponibilidad del agua se identificó como un factor decisivo para la calidad final del producto panificado.

En el caso de las grasas, se concluye que su función tecnológica varía significativamente según el tipo de masa, actuando como modulador del gluten en masas fermentadas, como agente estructural dominante en masas quebradas, como estabilizador de emulsiones aire-grasa en masas aireadas y como elemento arquitectónico en masas hojaldradas. La plasticidad y el comportamiento térmico de la grasa demostraron ser variables críticas, especialmente en masas aireadas y hojaldradas.

De manera general, la investigación confirmó que pequeñas variaciones en los parámetros de formulación y proceso generan cambios estructurales significativos, afectando

el volumen, la textura, la estabilidad y la reproducibilidad del producto final. Este hallazgo resalta la necesidad de sustituir enfoques empíricos por criterios científicos basados en la tecnología de cereales y la Ingeniería de Alimentos.

Finalmente, se concluye que la caracterización tecnológica y fisicoquímica de las masas de panificación constituye una herramienta fundamental para el diseño racional de formulaciones, la optimización de procesos y la mejora de la calidad en la industria panadera y pastelera, aportando bases técnicas sólidas para el control y la estandarización de productos derivados del trigo.

5.5 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

Se concluye que las masas panificables fermentadas presentaron un comportamiento tecnológico superior en términos de estabilidad estructural y capacidad de expansión, debido al adecuado desarrollo de la red de gluten y a los altos valores de fuerza panadera (W). La estabilidad farinográfica observada permitió una correcta retención de gases durante la fermentación y una fijación estructural efectiva durante el horneado, lo que se tradujo en productos con buen volumen y miga alveolada uniforme.

Se determinó que en las masas quebradas el bajo desarrollo del gluten es un requisito tecnológico esencial para alcanzar la friabilidad característica de este tipo de productos. El alto contenido de grasa y el bajo nivel de hidratación demostraron ser estrategias eficaces para inhibir la formación de la red proteica, obteniéndose productos con estructura seca, frágil y ruptura limpia, adecuados para galletas y bases de tartas.

Se evidenció que el comportamiento tecnológico de las masas aireadas depende de manera crítica de la plasticidad de la grasa y del control del proceso de batido. Una grasa con propiedades físicas adecuadas permitió la incorporación y estabilización del aire, mientras que pequeñas variaciones en este parámetro provocaron colapsos estructurales, miga irregular

o pérdida de volumen, confirmando la alta sensibilidad de este sistema a la formulación y al proceso.

Se concluyó que las masas hojaldradas alcanzaron mayor volumen y una mejor definición de capas cuando la grasa presentó un punto de fusión y plasticidad adecuados, compatibles con el proceso de laminado y el perfil térmico de horneado. Asimismo, se comprobó que los reposos intermedios y el control de la temperatura influyen directamente en la estabilidad dimensional y en la correcta estratificación del producto final.

Se confirmó que el almidón cumple un rol determinante en todos los tipos de masa estudiados, siendo responsable de la fijación estructural durante el horneado mediante su gelatinización, independientemente del mecanismo de expansión asociado a cada sistema.

Se estableció que el agua, más allá de su función hidratante, actúa como un componente funcional clave que regula la movilidad molecular, la formación del gluten, la fermentación y la estabilidad estructural de las masas, por lo que su control resulta indispensable para la obtención de productos de calidad.

Se comprobó que pequeñas variaciones en las variables de formulación y proceso — como nivel de hidratación, tipo de harina, plasticidad de la grasa, tiempo de mezclado o temperatura de trabajo— generan grandes cambios estructurales, afectando significativamente el volumen, la textura y la estabilidad de los productos panarios.

Finalmente, se concluye que la clasificación tecnológica de las masas constituye una herramienta fundamental para el diseño racional de formulaciones y procesos, permitiendo establecer criterios específicos para cada sistema de masa y evitando la aplicación empírica o indiscriminada de técnicas de panificación.

5.6 RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Con base en los resultados obtenidos y las conclusiones establecidas en la presente investigación, se formulan las siguientes recomendaciones técnicas orientadas a la optimización de la formulación, el proceso y el control tecnológico de las masas de panificación:

Se recomienda que, en la elaboración de masas panificables fermentadas, se priorice el uso de harinas de trigo panaderas con propiedades reológicas adecuadas, así como el control estricto del nivel de hidratación, el tiempo e intensidad de amasado y las condiciones de fermentación. Un manejo adecuado de estas variables permite garantizar un desarrollo óptimo del gluten, una fermentación estable y una estructura final con buen volumen y miga uniforme.

Para la producción de masas quebradas, se recomienda utilizar harinas de baja fuerza, mantener niveles reducidos de hidratación y aplicar mezclados cortos y controlados, con el fin de evitar el desarrollo indeseado del gluten. Asimismo, se sugiere emplear grasas sólidas con buen efecto de acortamiento, ya que estas son determinantes para obtener productos con friabilidad adecuada y ruptura limpia.

En el caso de las masas aireadas, se recomienda seleccionar grasas con plasticidad adecuada y comportamiento físico estable, compatibles con el proceso de batido. Es fundamental controlar la temperatura de los ingredientes y el tiempo de mezclado, ya que pequeñas desviaciones pueden provocar pérdida de aire incorporado, colapso estructural o miga irregular en el producto final.

Para la elaboración de masas hojaldradas, se recomienda emplear grasas específicamente formuladas para laminado, con punto de fusión y plasticidad apropiadas al rango de temperatura de trabajo. Asimismo, es indispensable respetar los reposos intermedios durante el laminado y mantener un estricto control de la temperatura de la masa y la grasa, con el fin de asegurar una correcta estratificación y un volumen adecuado del hojaldre.

Se recomienda considerar el agua como un componente funcional crítico en todas las formulaciones, y no únicamente como agente hidratante. El control del contenido de agua y de su disponibilidad (actividad de agua) resulta esencial para garantizar la estabilidad estructural de la masa, un comportamiento adecuado durante el horneado y una vida útil aceptable del producto final.

Se sugiere que la industria panadera y pastelera implemente criterios de caracterización tecnológica como práctica habitual, complementando la experiencia empírica con herramientas propias de la Ingeniería de Alimentos y la tecnología de cereales. Esto permitirá una mejor estandarización de procesos, reducción de defectos estructurales y mayor reproducibilidad entre lotes de producción.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en la evaluación cuantitativa de propiedades reológicas y térmicas de las masas de panificación, así como en el análisis del envejecimiento de productos panificados, con el propósito de mejorar la comprensión del comportamiento de estos sistemas y desarrollar productos con mayor estabilidad y vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

- Zobel, H. F., & Kulp, K. (1996). Dough rheology and baked product texture. Springer.
- Zghal, M. C., Scanlon, M. G., & Sapirstein, H. D. (2001). Prediction of bread crumb texture via image analysis. *Cereal Chemistry*, 78(2), 157–162. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.2.157>
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- Singh, H., & MacRitchie, F. (2001). Application of polymer science to properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 33(3), 231–243. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0368>
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75–81. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Pyler, E. J., & Gorton, L. A. (2008). Baking science and technology (4th ed.). Sosland Publishing.
- Manley, D. (2011). Manley's technology of biscuits, crackers and cookies (4th ed.). Woodhead Publishing.
- International Association for Cereal Science and Technology. (2015). Cereal science and technology. ICC.
- Hoseney, R. C. (1994). Principles of cereal science and technology (2nd ed.). American Association of Cereal Chemists (AACC).
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: How they impact bread quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(6), 433–473. <https://doi.org/10.1080/10408390590957254>
- Eliasson, A. C., & Larsson, K. (1993). Cereals in breadmaking. Marcel Dekker.

- Dobraszczyk, B. J., & Morgenstern, M. P. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38(3), 229–245.
[https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(03\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00059-6)
- Codex Alimentarius Commission. (2019). Code of practice for cereal-based products. FAO/WHO.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2008). *Technology of breadmaking* (2nd ed.). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-14687-4>
- BeMiller, J. N., & Whistler, R. L. (2009). *Starch: Chemistry and technology* (3rd ed.). Academic Press.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4th ed.). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Autio, K., & Laurikainen, T. (1997). Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends in Food Science & Technology*, 8(6), 181–185.
[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01036-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01036-3)
- American Association of Cereal Chemists International. (2000). *Approved methods of analysis* (10th ed.). AACC.

ANEXOS 1

Ilustración 5 Fotos del proceso de Masas Quebradas

		
1. Pesar todos los ingredientes	2. Poner en la batidora	3. Incorporar todos los ingredientes
		
4. Enviar a frío la masa por 30min	5. Sacar del frío la masa	6. Estirar la masa 2mm de ancho
		
7. Poner en los moldes deseados	8. Enviar al hornear 180 ° por 20mm	9. Sacar del horno y dejar enfriar
		
10. Tartaleta lista para ser rellena con cualquier crema, preferible con crema pastelera y frutas tropicales		

Fuente: Elaboración propia (2026).

ANEXOS 2

Ilustración 6 Fotos del proceso de Batidos de Tortas

		
1. Pesar todos los ingredientes	2. Poner los ingredientes en la batidora	3. Batir hasta que triplique su volumen
		
4. El batido debe tener un buen volumen	5. Pesar el batido y poner en moldes	6. Enviar al horno 180° POR 45 min
		
7. Sacar del horno	8. Dejar enfriar por 2 horas	
		
9. El bizcochuelo listo para ser decorado, posee buena miga y estructura característica única de un buen bizcochuelo		

Fuente: Elaboración propia (2026).

ANEXOS

Ilustración 7 Fotos del proceso de Masas Hojaldradas

		
1. Pesar todos los ingredientes	2. Verificar que solo se incorpore los ingredientes	3. Sacar de la amasadora
		
4. Estirar la masa	5. Poner el hojaldre en la mitad de la masa	6. Estirar la masa y hacer un doble doble
		
7. Estirar la masa y hacer un doble simple	8. Enviar al frío, este proceso se repite una vez mas	9. Masa con los cuatro dobleces
		
10. Estirar la masa 2MM y	11. Cortar la masa con un molde y poner en una lata	12. Enviar al horno 180° por 25min rellenar con crema pastelera y formar mil hojas

		de manjar o chocolate
--	--	-----------------------

Fuente: Elaboración propia (2026)

ANEXOS 3

Ilustración 8Fotos del proceso de Masas Fermentadas

		
1.Pesar todos los ingredientes	2. Incorpora esencia de mantequilla	3. Amasado de masa hasta que desarrolle gluten
		
4. desarrollo del gluten de la masa	5. Reposo de la masa	6. Cortado y formado de la masa
		
7. Fermentación de la masa	8. Horneado del pan a 180° por 18 min	9.Sacar del horno y Enfriamiento del pan
		
10. Pan con excelentes cualidades organolépticas		

Fuente: Elaboración propia (2026)