



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TESIS

Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de
lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características
fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTOR

Bach. Flores Campos Jose Esteban

ASESOR

Dr. Ing. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz

Código Orcid: 0000-0002-8013-8178

Lambayeque - Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

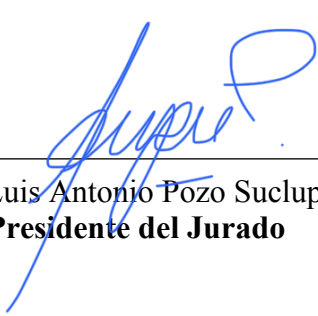
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

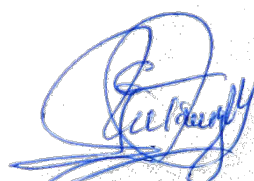
Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de
lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características
fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

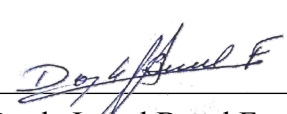
APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:



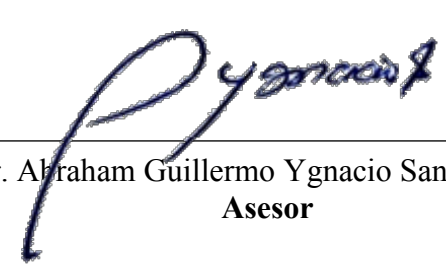
Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
Presidente del Jurado



Dr. Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno
Secretario del Jurado



Dra. Doyle Isabel Benel Fernández
Vocal del Jurado



Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2026

Siendo las 8:00 am del lunes 01 de junio del 2026, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: **Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce**; designados con Res. N°353-2025-D-FIQIA de fecha 1 de agosto del 2025 y aprobada con Res. N°385-2025-D-FIQIA de fecha 15 de agosto del 2025, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- **Presidente:** Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
- **Secretario:** Dr. Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno
- **Vocal:** Dra. Doyle Isabel Benel Fernández

La tesis fue asesorada por el Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz, nombrado con Res. N°266-2025-D-FIQIA de fecha 04 de julio del 2025. El acto de sustentación es autorizado con Res. N°185-2026-D-FIQIA de fecha 29 de mayo del 2026.

La Tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller: **JOSE ESTEBAN FLORES CAMPOS, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias** y tuvo una duración de 60 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 17 (Diecisiete) en la escala vigesimal, mención BUENO.

Por lo que queda APTO para obtener el Título Profesional de **INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

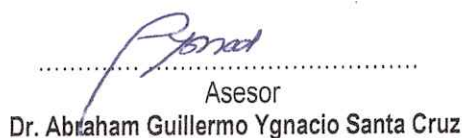
Siendo las 9:00 am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas


Presidente
Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe


Secretario
Dr. Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno


Vocal
Dra. Doyle Isabel Benel Fernández


Asesor
Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz, usuario revisor de Tesis

Titulado:

**Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma
(*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas,
nutricionales y sensoriales de un pan dulce**

Cuyo autor es: Flores Campos Jose Esteban; con DNI N° 75903606; declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 15%, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 03 de marzo del 2026


.....
Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
DNI 32908942

Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcumá (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	1%
4	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%


Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz
ASESOR
DNI: 32908942

repositorio.uns.edu.pe

8

Fuente de Internet

<1 %

9

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

10

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

11

rdu.unc.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

12

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

13

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

14

uvadoc.uva.es

Fuente de Internet

<1 %

15

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.upeu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

www.revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

18

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

19

www.cenicafe.org

Fuente de Internet



Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz
ASESOR
DNI: 32908942

<1 %

20

sedici.unlp.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to FUNIBER

Trabajo del estudiante

<1 %

22

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD

Trabajo del estudiante

<1 %

23

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

<1 %

24

www.bocar.com

Fuente de Internet

<1 %

25

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

26

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

27

oldri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

28

repositorio.unaj.edu.pe

Fuente de Internet


Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz
ASESOR
DNI: 32908942

1 %

29

repositorio.upp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
31	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	Oscar Luis Vélez Gandarillas, Juan Pablo Amaya Silva. "Eficacia de diferentes concentraciones de CMC en la conservación del achachairú", Revista 3i Ingeniería, Innovación, Investigación, 2025 Publicación	<1 %
34	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
36	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 %
37	Halmo, Stephanie Marie. "A Tale of Two Transfers: POMGNT2 Specificity in Protein O-Mannosylation and Problem Solving in Undergraduate Biochemistry.", University of Georgia, 2020 Publicación	<1 %



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Flores Campos José Esteban
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de l...
Nombre del archivo: INFORME_FLORES_CAMPOS_JOSE_ESTEBAN_2.docx
Tamaño del archivo: 29.13M
Total páginas: 106
Total de palabras: 18,318
Total de caracteres: 95,713
Fecha de entrega: 03-mar-2026 04:20p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2893642953



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de
lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características
físicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

AUTOR
Bach. Flores Campos José Esteban

ASESOR
Dr. Ing. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
Código Orcid: 0000-0002-8013-8178

Lambayeque - Perú
2026


Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz
ASESOR
DNI: 32908942

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
II. DISEÑO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.2. Bases teóricas	18
2.2.1. Panificación y elaboración de pan dulce	18
2.2.2. Harina de trigo.....	19
2.2.3. Harina de tarwi (Lupinus mutabilis)	21
2.2.4. Harina de lúcuma (Pouteria lucuma).....	22
2.2.5. Inulina.....	24
2.2.6. Sustitución parcial de harinas en panificación	25
2.2.7. Evaluaciones fisicoquímicas, nutricionales, sensoriales y microbiológicos	26
2.2.8. Metodología de riesgo acumulado de Weibull.....	29
2.3. Definición y operacionalización de variables.....	30
2.3.1. Variables independientes.....	30
2.3.2. Variables dependientes.....	30
III. MÉTODOS Y MATERIALES	32
3.1. Área de ejecución	32
3.2. Población y muestra.....	32
3.2.1. Población.....	32
3.2.2. Muestra.....	32
3.3. Diseño de contrastación de hipótesis.....	32
3.4. Técnicas, instrumentos, materiales y equipos	33

3.4.1.	Técnicas.....	33
3.4.1.1.	Diseño y análisis de datos:.....	33
3.4.1.2.	Técnica de procesamiento estadístico y análisis de datos	34
3.4.1.3.	Contrastación de hipótesis.....	34
3.4.2.	Materiales y equipos para el proceso	35
3.4.3.	Equipos e instrumentos en el laboratorio de calidad.....	35
3.4.4.	Envase y embalaje.....	35
3.5.	Método de análisis	36
3.5.1.	Análisis fisicoquímicos de las materias primas.....	36
3.5.2.	Análisis fisicoquímico de las formulaciones.....	36
3.5.3.	Análisis Nutricional.....	37
3.5.4.	Análisis Sensorial.....	38
3.5.5.	Análisis Microbiológico.....	39
3.5.6.	Estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo de Weibull.....	40
3.6.	Metodología experimental.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
4.1.	Caracterización fisicoquímica de las materias primas.....	45
4.2.	Análisis fisicoquímico del pan dulce según formulaciones.....	47
4.3.	Resultados de la evaluación de la calidad nutricional del pan dulce.....	48
4.4.	Caracterización sensorial del pan dulce según formulaciones	50
4.4.1.	Atributo apariencia.....	50
4.4.2.	Atributo olor.....	53
4.4.3.	Atributo sabor.....	55
4.4.4.	Atributo textura	58
4.4.5.	Resumen del desempeño sensorial del pan dulce.....	61
4.5.	Análisis microbiológico de la formulación con mayor aceptabilidad	62
4.6.	Estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo Weibull.....	63

V.	CONCLUSIONES	67
VI.	RECOMENDACIONES	69
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	70
VIII.	ANEXOS.....	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición nutricional de la harina de trigo panadera por 100g.	20
Tabla 2 Composición nutricional de la harina de tarwi por cada 100g.	22
Tabla 3 Composición nutricional de la harina de lúcuma por 100 g.	23
Tabla 4 Operacionalización de las variables	31
Tabla 5 Escala hedónica de 9 puntos para evaluar la mejor aceptabilidad del pan dulce.	38
Tabla 6 Código para cada una de las formulaciones	39
Tabla 7 Análisis fisicoquímico de las materias primas.	45
Tabla 8 Análisis fisicoquímico del pan dulce según formulaciones.	47
Tabla 9 Composición nutricional del pan dulce según formulaciones.....	48
Tabla 10 Valores descriptivos del atributo apariencia del pan dulce.	50
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) del atributo apariencia.....	51
Tabla 12 Prueba de Tukey del atributo apariencia.	51
Tabla 13 Subconjuntos homogéneos del atributo apariencia.	52
Tabla 14 Valores descriptivos del atributo olor del pan dulce.	53
Tabla 15 Análisis de varianza (ANOVA) del atributo olor.....	53
Tabla 16 Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el atributo olor.	54
Tabla 17 Subconjuntos homogéneos del atributo olor.	54
Tabla 18 Valores descriptivos del atributo sabor del pan dulce.....	55
Tabla 19 Análisis de varianza (ANOVA) del atributo sabor.	56
Tabla 20 Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el atributo sabor.	56
Tabla 21 Subconjuntos homogéneos del atributo sabor.....	57
Tabla 22 Valores descriptivos del atributo textura del pan dulce.	58
Tabla 23 Análisis de varianza (ANOVA) del atributo textura.....	58
Tabla 24 Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el atributo textura.....	59
Tabla 25 Subconjuntos homogéneos del atributo textura.	59
Tabla 26 Resumen del desempeño sensorial del pan dulce.....	61
Tabla 27 Análisis microbiológico de la formulación con mayor aceptabilidad.....	62
Tabla 28 Aceptación y rechazo del pan dulce M3 durante el almacenamiento.	63
Tabla 29 Probabilidad acumulada de rechazo empleada en el ajuste del modelo Weibull.....	64
Tabla 30 Linealización del modelo Weibull para el pan dulce M3.....	64
Tabla 31 Ajuste lineal del modelo Weibull para la estimación de la vida útil sensorial.....	65
Tabla 32 Datos de la evaluación sensorial del pan dulce.	86

Tabla 33 Percepción de tiempo de vida útil de los panelistas.	101
Tabla 34 Codificación de la aceptación del tiempo de vida útil.	103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama del diseño experimental.	33
Figura 2 Diagrama de flujo para la elaboración del pan dulce.	41
Figura 3 Valores promedio del atributo apariencia del pan dulce.	52
Figura 4 Valores promedio del atributo olor del pan dulce.	55
Figura 5 Valores promedio del atributo sabor del pan dulce.	57
Figura 6 Valores promedio del atributo textura del pan dulce.	60
Figura 7 Pesado de las harinas e inulina para la elaboración del pan dulce.	74
Figura 8 Pesado de otros ingredientes según las formulaciones M0, M1, M2 y M3.	75
Figura 9 Disolución del azúcar en agua.	76
Figura 10 Mezclado de ingredientes, para el amasado 1 en M0.	76
Figura 11 Mezclado de ingredientes, para el amasado 1 en M1, M2 y M3.	77
Figura 12 Incorporación de la manteca para el amasado 2 en M0.	78
Figura 13 Incorporación de la manteca para el amasado 2 en M1, M2 y M3.	78
Figura 14 Boleado de las unidades previamente pesadas (30 g cada una).	79
Figura 15 Masas obtenidas según las formulaciones M0, M1, M2 y M3.	79
Figura 16 Disposición en bandejas de las unidades previo a la fermentación.	80
Figura 17 Pan dulce obtenido después del horneado según las formulaciones.	81
Figura 18 Ficha de evaluación sensorial del pan dulce.	82
Figura 19 Muestras de pan dulce y ficha empleada en la evaluación sensorial.	83
Figura 20 Preparación de las muestras de pan dulce para la evaluación sensorial.	83
Figura 21 Aplicación de la evaluación sensorial del primer grupo de panelistas.	84
Figura 22 Aplicación de la evaluación sensorial del segundo grupo de panelistas.	85
Figura 24 Prueba de aceptación o rechazo del pan dulce M3.	100
Figura 25 Deducción del tiempo de vida útil al 50% con el modelo Weibull.	105

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico del proceso de elaboración del pan dulce.....	74
Anexo 2. Registro fotográfico de la evaluación sensorial del pan dulce.	82
Anexo 3. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la harina de trigo.	87
Anexo 4. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la harina de tarwi.	88
Anexo 5. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la harina de lúcuma.....	89
Anexo 6. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la inulina.	90
Anexo 7. Informe de análisis fisicoquímico proximal del pan dulce M0.	91
Anexo 8. Informe de análisis fisicoquímico proximal del pan dulce M1.	92
Anexo 9. Informe de análisis fisicoquímico proximal del pan dulce M2.	93
Anexo 10. Informe de análisis fisicoquímico y microbiológico del pan dulce M3.	94
Anexo 11. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M0.	95
Anexo 12. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M1.	96
Anexo 13. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M2.	97
Anexo 14. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M3.	98
Anexo 15. Requisitos fisicoquímicos según NTP 206.002 2018.....	99
Anexo 16. Requisitos microbiológicos según NTP 206.002 2018.	100
Anexo 17. Datos y cálculos para la estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo Weibull.	100

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado, en primer lugar, a Dios, por concederme la salud, la fortaleza y la claridad necesarias para avanzar con perseverancia en mi formación profesional, incluso en los momentos de mayor exigencia.

A mi esposa, Lisbeth, por su comprensión, apoyo constante y confianza en cada etapa de este proceso, siendo un soporte fundamental tanto en lo académico como en lo personal.

A mis padres, Carlos Flores y María Campos, por su esfuerzo permanente, sus enseñanzas y los valores transmitidos, que han sido determinantes en mi desarrollo como persona y como profesional.

A mis hermanos, Carlos, Juan y Oscar, por su acompañamiento, palabras de ánimo y respaldo incondicional a lo largo de este camino.

Asimismo, este trabajo se extiende al resto de mi familia, cuyo apoyo, paciencia y motivación han sido esenciales para superar dificultades y mantener firme el compromiso con mis objetivos.

Finalmente, me dedico este logro como resultado del esfuerzo sostenido, la disciplina y la vocación por la ingeniería y la innovación alimentaria, principios que orientaron el desarrollo de la presente investigación.

José Esteban

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en particular a la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, por la formación académica y científica que permitió consolidar los conocimientos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

De manera especial, agradezco al Dr. Abraham Ygnacio, asesor de la presente tesis, por su orientación profesional, disposición constante y aportes técnicos, los cuales fueron determinantes para la correcta ejecución y culminación del estudio.

Finalmente, expreso mi gratitud a mi familia y a todas las personas que, de forma directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo, consejos y estímulo durante este proceso académico.

José Esteban

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*), así como la adición de inulina, en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce. Para ello, se caracterizaron fisicoquímicamente las materias primas, evidenciándose que la harina de tarwi presentó un contenido de proteínas (48,68 %) y lípidos (24,10 %), la harina de lúcuma destacó por su contenido de carbohidratos (79,17 %) y la inulina presentó 96,94 % de carbohidratos debido a su naturaleza de fibra dietética soluble. Además se elaboraron tres formulaciones con sustitución parcial y adición de inulina (M1, M2 y M3), además de una muestra control (M0); el análisis fisicoquímico del pan dulce mostró valores similares entre las formulaciones, con contenidos de humedad entre 24,45 y 25,11 %, pH de 5,12 a 5,15 y acidez de 0,175 a 0,178 %; en cuanto a la composición nutricional, las formulaciones con sustitución presentaron un incremento en el contenido de proteínas (hasta 12,82 %) y hierro (hasta 7,55 mg/100 g) en comparación con la muestra control; la evaluación sensorial identificó a la formulación M3 como la de mayor aceptación, alcanzando medias de 7,233 en apariencia, 6,967 en olor, 6,833 en sabor y 7,133 en textura, observándose diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p < 0,05$) según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey. Finalmente, el análisis microbiológico de la formulación con mayor aceptación (M3) evidenció que el producto cumple con los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana vigente. En conclusión, los resultados obtenidos indican que la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de tarwi, harina de lúcuma y la adición de inulina influyeron en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del pan dulce, destacando la formulación M3 por permitir obtener un pan dulce con mejor perfil nutricional, adecuada aceptabilidad sensorial y calidad sanitaria.

Palabras clave: Pan dulce; *Lupinus mutabilis*; *Pouteria lucuma*; Nutricional; Fisicoquímica; Sensorial

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the influence of the partial substitution of wheat flour with tarwi flour (*Lupinus mutabilis*) and lucuma flour (*Pouteria lucuma*), as well as the addition of inulin, on the physicochemical, nutritional, and sensory characteristics of a sweet bread. For this purpose, the raw materials were physicochemically characterized, showing that tarwi flour presented a high protein content (48.68%) and lipid content (24.10%), lucuma flour was notable for its carbohydrate content (79.17%), and inulin presented 96.94% carbohydrates due to its nature as a soluble dietary fiber. Additionally, three formulations with partial substitution and inulin addition (M1, M2, and M3) were developed, along with a control sample (M0). The physicochemical analysis of the sweet bread showed similar values among formulations, with moisture contents ranging from 24.45 to 25.11%, pH values from 5.12 to 5.15, and acidity between 0.175 and 0.178%. Regarding nutritional composition, the substituted formulations showed an increase in protein content (up to 12.82%) and iron (up to 7.55 mg/100 g) compared to the control sample. Sensory evaluation identified formulation M3 as the most accepted, obtaining mean scores of 7.233 for appearance, 6.967 for odor, 6.833 for flavor, and 7.133 for texture, with statistically significant differences among formulations ($p < 0.05$) according to analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test. Finally, microbiological analysis of the most accepted formulation (M3) demonstrated that the product complies with the limits established by the current Peruvian Technical Standard. In conclusion, the partial substitution of wheat flour with tarwi flour and lucuma flour, together with the addition of inulin, influenced the physicochemical, nutritional, and sensory characteristics of the sweet bread, with formulation M3 standing out for providing a better nutritional profile, adequate sensory acceptability, and sanitary quality.

Keywords: sweet bread; *Lupinus mutabilis*; *Pouteria lucuma*; nutritional; physicochemical; sensory

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, una de las problemáticas de mayor incidencia es la baja disponibilidad y consumo de alimentos accesibles que sean naturalmente ricos en proteínas, fibra y micronutrientes esenciales. En este contexto, los productos de panificación (parte habitual de la dieta diaria en desayunos, cenas y loncheras escolares) se presentan como una oportunidad de mejora; sin embargo, los panes tradicionales elaborados principalmente con harina de trigo, presentan limitaciones nutricionales, ya que son bajos en fibra dietética, lo que, dentro de dietas con insuficiente aporte de fibra, puede contribuir a alteraciones del tránsito intestinal, como el estreñimiento, además de presentar un aporte reducido de proteínas y micronutrientes.

Ante esta realidad, la tendencia hacia el consumo de alimentos más saludables y funcionales ha cobrado fuerza, lo que ha motivado la búsqueda de ingredientes alternativos que no solo contribuyan a mejorar el perfil nutricional de los productos, sino que además mantengan su aceptabilidad sensorial. En este contexto, diversas investigaciones han destacado el uso de leguminosas andinas como el tarwi (*Lupinus mutabilis*), frutas nativas como la lúcuma (*Pouteria lucuma*) y fibras funcionales como la inulina.

La principal motivación para el consumo de alimentos nutritivos es el deseo de la sociedad de cuidar su salud y prevenir enfermedades como la anemia, ya que esta condición afecta al 24,8 % de la población mundial y tiene un impacto más severo en los niños en edad preescolar, con una prevalencia del 47 % (Aquino, 2021). En el caso del Perú, la situación es particularmente preocupante, puesto que el 46,6 % de los niños menores de tres años padece anemia, siendo la forma más común la anemia ferropénica, causada principalmente por deficiencia de hierro (Aquino, 2021). Esta carencia nutricional tiene consecuencias negativas en el desarrollo cerebral, motor, cognitivo y conductual de los infantes (Tokumura y Mejía, 2023).

El tarwi es rico en proteínas, lípidos y minerales, cuyo uso en productos de panadería ha demostrado incrementar significativamente el contenido proteico, además de aportar propiedades funcionales beneficiosas (Plustea et al., 2022). Por su parte, la lúcuma representa una fuente valiosa de carbohidratos complejos y compuestos bioactivos con efecto antioxidante. En cuanto a la inulina, se trata de una fibra soluble con propiedades prebióticas que, al ser añadida al pan, mejora su textura, aumenta el contenido de fibra y reduce el índice glucémico;

no obstante, su uso en niveles elevados puede alterar la calidad sensorial del producto final (Babaoglu, Tontul y Akin, 2021).

Frente a este panorama, se plantea la incorporación de ingredientes funcionales como la harina de tarwi, la harina de lúcuma y la inulina en la formulación de un pan dulce (conocido en el Perú como bizcocho) con el objetivo de enriquecer su perfil nutricional y contribuir a combatir deficiencias alimentarias como la anemia; por tanto, es necesario profundizar en el estudio de sus interacciones, determinar las proporciones óptimas que maximicen su valor nutricional sin comprometer las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas del producto, y evaluar la estabilidad y aceptación del pan dulce durante su vida útil.

Ante lo expuesto, la formulación del problema fue: ¿Cómo influye la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), la harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) y la inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce?

La hipótesis planteada fue: “la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), la harina de lúcuma (*Pouteria lúcuma*) y la inulina influyen en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce”.

El objetivo general de la investigación fue evaluar la influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), la harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce. Asimismo, los objetivos específicos fueron: Caracterizar las materias primas a emplear en la investigación; caracterizar fisicoquímicamente el pan dulce según formulaciones realizadas; evaluar la calidad nutricional (proteína, carbohidratos, hierro y fibra) del pan dulce según formulaciones; caracterizar sensorialmente el pan dulce según las formulaciones realizadas; analizar microbiológicamente la formulación del pan dulce con mayor aceptabilidad, y determinar la vida útil sensorial de la mejor formulación del pan dulce empleando la metodología de riesgo acumulado de Weibull.

II. DISEÑO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Vidaurre-Ruiz et al. (2022) en su investigación utilizaron harinas de tarwi y kañiwa en la formulación de muffins veganos y sin gluten, demostrando su alto valor nutricional y potencial tecnológico en productos de panificación; se evidenció que estas harinas presentan un contenido elevado de proteínas, fibra y grasa, además de una notable capacidad de absorción de agua y aceite; al ser incorporadas en premezclas con almidón de papa, modificaron favorablemente la estructura de las masas, generando una matriz más consistente y con adecuada estabilidad; respecto al producto final, los muffins mostraron cambios deseables en el color de la miga y la corteza, atribuibles a la reacción de Maillard favorecida por los azúcares reductores del tarwi, sin afectar negativamente la textura; estos resultados respaldan el uso del tarwi como una alternativa funcional para mejorar el perfil nutricional de productos horneados, sin comprometer su aceptabilidad sensorial y tecnológica.

Samilyk et al. (2025) en su investigación orientada a mejorar el perfil nutricional y organoléptico del pan, se evaluó el efecto de diversos ingredientes funcionales en tres formulaciones distintas, elaboradas a partir de harinas integrales, sin gluten y enriquecidas con semillas, frutas deshidratadas y suplementos alimentarios de origen vegetal; los resultados demostraron que, en comparación con el pan elaborado con harinas refinadas, las nuevas formulaciones presentaban mayores niveles de fibra dietética, proteínas y grasas saludables, además de conservar una aceptabilidad sensorial positiva (evaluaciones “buena” y “muy buena” en todos los parámetros organolépticos); la muestra 1, elaborada con harinas integrales y el suplemento “Live Grains Dark”, fue la que destacó por su porosidad uniforme y alto contenido de fibra (6 g/100 g), mientras que la muestra 3, elaborada con harinas sin gluten, presentó el mayor contenido proteico (5,8 g/100 g), aunque con menor valor energético; estos resultados respaldan el uso de ingredientes vegetales funcionales como una estrategia efectiva para enriquecer productos de panificación con nutrientes esenciales, sin sacrificar la calidad sensorial.

Cacak-Pietrzak et al. (2023) en su estudio, evaluaron el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de leguminosas como arveja común, lupino amarillo y lupino de hoja estrecha en la elaboración de pan de masa madre; la investigación demostró que esta sustitución, en niveles de hasta 25 %, incrementó la absorción de agua de la masa y prolongó su tiempo de desarrollo; aunque el uso de harinas de lupino disminuyó el volumen del pan y

aumentó su densidad, también mejoró significativamente el contenido proteico (hasta un 20 % con lupino de hoja estrecha) y el contenido de fibra (hasta 6,9 % con lupino amarillo); adicionalmente, se observó un aumento significativo en la actividad antioxidante y el contenido fenólico de los productos enriquecidos; es importante resaltar que hasta un 15 % de sustitución fue aceptado sensorialmente por los consumidores, lo cual evidencia la viabilidad de utilizar harinas de leguminosas en productos de panificación funcional.

Durakova et al. (2021) desarrollaron una investigación centrada en la formulación de una mezcla para galletas enriquecida con polvo de fruta de lúcuma bioactiva, evaluando su capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH, ABTS, FRAP y CUPRAC; los resultados mostraron valores elevados de actividad antioxidante, destacando su potencial como ingrediente funcional; además, se estudiaron las propiedades de adsorción y desorción de humedad mediante isothermas de sorción, utilizando el método gravimétrico estático a distintas temperaturas y humedades relativas; entre los modelos matemáticos aplicados, el modelo Halsey modificado describió con mayor precisión el comportamiento higroscópico del producto; este estudio demuestra no solo el potencial nutricional de la lúcuma, sino también su importancia en la estabilidad físico-química de productos de panificación, elementos esenciales a considerar en la formulación de productos funcionales como el pan dulce.

Mohammadi et al. (2023) resaltaron la relevancia de la inulina como un compuesto prebiótico ampliamente utilizado en la industria cerealera, particularmente en la elaboración de pan; su inclusión no solo mejora características tecnológicas como la absorción de agua, la estructura de la miga y la textura del producto, sino que también confiere beneficios funcionales, al contribuir con la prevención de enfermedades como la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico y osteoporosis; la revisión también indicó que, aunque la inulina mejora notablemente el desempeño técnico del pan, su estabilidad puede verse afectada por variables como la formulación del producto, el tipo de fermentación y el proceso de horneado; estas condiciones influyen directamente en su integridad estructural y, por ende, en su funcionalidad dentro del alimento final; estos hallazgos justifican la necesidad de investigar su aplicación controlada en productos horneados funcionales, como el pan dulce enriquecido.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Panificación y elaboración de pan dulce*

La panificación es un proceso tecnológico y bioquímico que transforma mezclas de harina, agua, levadura y otros ingredientes en productos horneados mediante amasado, fermentación y cocción; este proceso se basa en la interacción del gluten, el almidón y la fermentación por levaduras, dando como resultado un alimento con características físicas y sensoriales específicas; el desarrollo del gluten en la harina de trigo proporciona la estructura necesaria para atrapar los gases de fermentación, mientras que la gelatinización del almidón durante el horneado contribuye a la firmeza de la miga (Lazaridou et al., 2007).

2.2.1.1. *Pan dulce*

El pan dulce se caracteriza por tener una formulación más rica en azúcares, grasas y, en muchos casos, leche, huevos o esencias, lo cual le confiere una textura suave, un sabor más pronunciado y una corteza dorada (Cauvain y Young, 2015). Este tipo de pan es consumido ampliamente tanto de forma cotidiana como en celebraciones tradicionales, y se valora tanto por su sabor como por su carga cultural; además, el incremento de los ingredientes dulces y grasos tiene un efecto directo sobre la textura, conservación y aceptabilidad sensorial del producto final (Cauvain y Young, 2015).

2.2.1.2. *Ingredientes tradicionales y sus funciones*

Cada componente de la formulación cumple un rol específico; la harina de trigo proporciona gluten, esencial para la estructura del pan; el agua permite la hidratación del almidón y las proteínas; el azúcar actúa como edulcorante y fuente de energía para la fermentación, además de aportar color mediante reacciones de Maillard durante el horneado; las grasas suavizan la textura, mejoran la palatabilidad y extienden la vida útil; e ingredientes adicionales como leche en polvo, huevos o esencias contribuyen a enriquecer el perfil sensorial del pan (Nigro et al., 2025).

2.2.2. Harina de trigo

2.2.2.1. Composición nutricional de la harina de trigo

El componente más abundante de la harina de trigo son los carbohidratos, y estos se encuentran mayoritariamente en forma de almidón, el cual representa entre un 70 % y un 75 % de la harina total, los carbohidratos son la principal fuente de energía que aporta la harina (Shewry, 2009).

Dentro de la composición química, se considera la humedad, cuyo contenido debe ser inferior al 14.5 %, ya que influye en la conservación del producto (Zhang et al., 2022). Otro componente clave es la proteína, que puede variar entre el 8 y el 16 % y que afecta directamente las propiedades reológicas de la masa y la calidad del producto final (Sharma et al., 2020). También se evalúa el contenido de cenizas, que indica el grado de extracción y la presencia de minerales, así como el contenido de gluten húmedo, compuesto por glutenina y gliadina, que confiere a la masa su característica elasticidad y extensibilidad (Zhang et al., 2022).

El contenido de grasa es relativamente bajo, normalmente entre un 2 – 2,5 % y, si bien la harina de trigo contiene mayoritariamente lípidos insaturados, una pequeña parte contribuye a las características del sabor y textura del producto final. (Wieser et al., 2020).

A continuación, se presenta la composición nutricional de la harina de trigo panadera, según las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (INS, 2017)

Tabla 1*Composición nutricional de la harina de trigo panadera por 100g.*

Componente	Cantidad
Energía (kcal)	362
Agua (g)	10,8
Proteína (g)	10,5
Grasa total (g)	2,0
Carbohidratos totales (g)	76,3
Carbohidratos disponibles (g)	73,6
Fibra dietaria (g)	2,7
Cenizas (g)	0,4
Calcio (mg)	36
Fósforo (mg)	108
Hierro (mg)	0,70
Zinc (mg)	5,50
Tiamina (mg)	0,50
Riboflavina (mg)	0,40
Niacina (mg)	4,80
Vitamina C (mg)	1,80

2.2.2.2. Importancia del gluten en la estructura del pan

El gluten es una red de proteínas que se forma cuando las proteínas de la harina de trigo, principalmente la glutenina y la gliadina, se mezclan con agua durante el amasado; esta red es clave para la estructura y calidad del pan, ya que le da elasticidad y extensibilidad a la masa; durante la fermentación, el gluten atrapa el dióxido de carbono que produce la levadura, lo que permite que la masa crezca y adquiera esa característica estructura alveolar; esta habilidad para retener gases es crucial para lograr un pan con buena textura, porosidad y esponjosidad (Wieser, 2007).

Además, la fuerza y elasticidad del gluten afectan directamente cómo se maneja la masa durante la preparación, así como la textura final del pan horneado; un gluten bien desarrollado garantiza que el pan tenga una miga suave y uniforme, mientras que un gluten débil puede resultar en un pan denso y compacto; por estas razones, el contenido y la calidad del gluten en la harina son factores clave en la panadería y tienen un impacto significativo en las propiedades organolépticas y funcionales del pan (Wieser, 2007).

2.2.3. Harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*)

El tarwi, conocido científicamente como *Lupinus mutabilis*, es una leguminosa que tiene sus raíces en la región Andina de Sudamérica, donde se cultiva especialmente en países como Perú, Bolivia y Ecuador (Taípe y Veloso, 2020). Esta planta forma parte de la familia Fabaceae y se destaca por su habilidad para adaptarse a climas fríos y altitudes elevadas, características típicas de la zona andina; desde el punto de vista botánico, es una planta anual que puede crecer entre 1 y 2 metros de altura (Atchison et al., 2016). Tiene un tallo erecto y robusto, con hojas compuestas en forma de mano que constan de cinco a nueve folíolos lanceolados de un verde intenso; sus flores son llamativas, se agrupan en racimos en la parte superior, y presentan una variedad de colores que van desde el blanco hasta el violeta y azul (Atchison et al., 2016).

El tarwi, también conocido como chocho, representa una excelente alternativa para enriquecer diversos alimentos con proteínas, siendo utilizado en productos como pan, galletas, ensaladas y embutidos; además, puede actuar como sustituto de la soya o incluso de la leche (Carvajal et al., 2013). En estudios de panificación, se ha comprobado que reemplazar hasta un 10 % de la harina de trigo por harina de tarwi no afecta negativamente las características sensoriales ni físicas del pan, conservando su volumen, textura, aroma, suavidad, color de la corteza, forma y sabor (Cupita, 2014).

2.2.3.1. Composición de la harina de tarwi

Según Garay (2015), en el ámbito industrial la harina de tarwi se utiliza como ingrediente secundario en productos de panadería y repostería, reemplazando parcialmente otros insumos en proporciones que varían entre el 15 % y el 30 %; esta sustitución permite aumentar el contenido graso del producto, lo que a su vez incrementa su valor calórico.

A continuación, se presenta la composición química correspondiente a 100 gramos de harina de tarwi.

Tabla 2

Composición nutricional de la harina de tarwi por cada 100g.

Componente	Cantidad
Energía (Kcal)	458,0
Agua (g)	7,0
Proteína (g)	49,6
Grasa total (g)	27,9
Carbohidratos (g)	12,9
Cenizas (g)	2,6
Calcio (mg)	93,0
Fósforo (mg)	440,0
Hierro (mg)	1,38

Nota. Adaptado del Instituto Nacional de Salud (2017)

2.2.4. Harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*)

2.2.4.1. Composición química y valor nutricional

Según las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Salud, la harina de lúcuma aporta aproximadamente 329 kcal por 100 g, contiene 4.0 g de proteínas, 2.4 g de grasa y 82 g de carbohidratos, además de un bajo contenido de humedad (9.3 %), lo que favorece su estabilidad y conservación. Estas características nutricionales posicionan a la harina de lúcuma como un ingrediente con potencial de aplicación en productos alimenticios y de panificación.

Tabla 3*Composición nutricional de la harina de lúcuma por 100 g.*

Componente	Cantidad
Energía (kcal)	329
Agua (g)	9,3
Proteína (g)	4,0
Grasa total (g)	2,4
Carbohidratos (g)	82,0
Cenizas (g)	2,3
Calcio (mg)	92
Fósforo (mg)	186
Hierro (mg)	4,60
Tiamina (Vitamina B1) (mg)	0,02
Riboflavina (Vitamina B2) (mg)	0,03
Vitamina C (mg)	11,60

Nota. Adaptado del Instituto Nacional de Salud (2017)

En conjunto, estos hallazgos confirman que la harina de lúcuma representa un recurso valioso para innovar en la industria alimentaria, tanto por su aporte nutricional como por sus propiedades sensoriales y funcionales.

2.2.4.2. Aplicaciones tecnológicas en panadería y repostería

La harina de lúcuma ha mostrado gran versatilidad en la industria alimentaria, especialmente en panadería y repostería. Estudios recientes han evaluado su uso en la producción de galletas, donde se combina con harinas andinas y colágeno, obteniéndose productos de buena textura y sabor, con viabilidad económica para su producción a escala industrial (Huaman, 2022). Asimismo, su utilización como agente reductor de actividad de agua ha permitido extender la vida útil de productos semilíquidos como pulpas, lo cual abre nuevas oportunidades en la elaboración de rellenos, cremas y bases para postres (Rumiche y Rumiche, 2023).

2.2.5. Inulina

Según Roberfroid (2005) menciona que, la inulina es una sustancia que forma parte de nuestra dieta habitual, a nivel industrial, se aísla especialmente de la raíz de achicoria y puede ser incorporada como ingrediente funcional en múltiples productos alimentarios, tanto por sus propiedades tecnológicas como por los muchos beneficios que aporta para la salud de las personas; la mera inclusión de inulina o de sus derivados en la formulación de un alimento hace que éste tenga la consideración de “alimento funcional”; los productos de este tipo son características por ser alimentos con componentes activos que tienen un efecto positivo aditivo sobre su valor nutricional, mediando la mejora de funciones biológicas o la reducción del riesgo de enfermedades.

Una de las cualidades más investigadas de la inulina es su efecto prebiótico, el cual se manifiesta en su capacidad para favorecer selectivamente el desarrollo de ciertas bacterias beneficiosas en el intestino, como las bifidobacterias y los lactobacilos; este crecimiento va acompañado de una reducción en la presencia de microorganismos potencialmente dañinos, como *Escherichia coli* y bacterias del género *Clostridium*; además de esta función, la inulina presenta otros efectos positivos sobre la salud, entre los que se destacan el fortalecimiento del sistema inmunológico especialmente en contextos relacionados con cáncer o tumores, el incremento en la disponibilidad y absorción de minerales, así como la mejora del metabolismo lipídico y de la respuesta del organismo frente a la glucosa (Roberfroid, 2005).

2.2.5.1. Propiedades tecnofuncionales

La inulina es una fibra dietética soluble del tipo fructano, presente de forma natural en plantas como la achicoria, el agave, el ajo y la cebolla; en el campo de los alimentos funcionales, la inulina se valora no solo por sus beneficios nutricionales, sino también por sus propiedades tecnofuncionales que la convierten en un ingrediente versátil (Roberfroid, 2007).

En segundo lugar, la inulina actúa como un prebiótico, es decir, favorece selectivamente el crecimiento de bacterias beneficiosas como las bifidobacterias en el intestino; esta acción contribuye a la mejora del equilibrio de la microbiota intestinal, fortaleciendo así la salud digestiva y el sistema inmune; además, al no ser digerida en el intestino delgado, llega intacta al colon, donde es fermentada por la microbiota, produciendo ácidos grasos de cadena corta beneficiosos; estas propiedades hacen que la inulina sea una excelente opción en la formulación de alimentos funcionales y saludables, especialmente aquellos orientados a consumidores con necesidades dietéticas específicas, como dietas bajas en grasa o sin azúcar (Roberfroid, 2007).

2.2.5.2. Efectos en productos horneados

La inulina mejora la textura de muchos productos horneados, su capacidad para retener agua y formar una matriz tipo gel contribuye a mantener la humedad en panes, galletas y bizcochos, aportando una sensación más suave y agradable al paladar; por esta razón, se utiliza también como reemplazo parcial de grasa o azúcar, sin afectar negativamente la estructura del producto final; asimismo, la inulina ayuda a prolongar la vida útil de los productos al reducir la pérdida de humedad durante el almacenamiento y limitar el endurecimiento de la miga en productos de panadería; también puede contribuir a la estabilidad frente a la oxidación en alimentos que contienen grasas (Roberfroid, 2007).

2.2.6. Sustitución parcial de harinas en panificación

El uso de harinas alternativas o sustitutas parciales como tarwi, quinua etc. en panificación responde a la necesidad de mejorar el perfil nutricional del pan, en el cual también se puede añadir proteínas, fibras y compuestos bioactivos sin depender exclusivamente del trigo; estas harinas también permiten diversificar productos y aprovechar cultivos autóctonos, lo que promueve la sostenibilidad alimentaria y el valor cultural de los alimentos tradicionales (Gutiérrez-Castillo et al., 2022).

2.2.7. Evaluaciones fisicoquímicas, nutricionales, sensoriales y microbiológicas

2.2.7.1. Parámetros fisicoquímicos

El pH (potencial de hidrógeno) es un indicador clave que nos dice cuán ácida o alcalina es una muestra, lo que a su vez afecta su estabilidad, sabor y duración; para medirlo, se preparará un homogeneizado mezclando 10 gramos de cada muestra con 90 mL de agua destilada sin CO₂; luego, se utilizará un medidor digital (ICM, modelo 41145), que debió haber sido calibrado previamente con una solución buffer de pH 7, siguiendo la norma COVENIN 1315-79 (1979).

En cuanto a la humedad, este análisis nos ayuda a conocer el contenido de agua en una muestra, lo cual es crucial para evaluar su frescura, estabilidad y el potencial crecimiento de microorganismos; para ello, se colocan las muestras homogeneizadas en una balanza de humedad (OHAUS, modelo MB 200, con una sensibilidad de 0,01 g) durante 35 minutos a 120 °C, hasta que se alcance un peso constante, de acuerdo con los procedimientos de la AOAC (1990), los resultados se expresarán en porcentaje.

En cuanto a las cenizas, se obtuvieron a través de la calcinación de las muestras en una mufla eléctrica (TERMOLYNE, modelo 1300) a una temperatura de 550°C durante 4 horas, siguiendo el protocolo de la AOAC (1990), los resultados también se expresaron en porcentaje.

2.2.7.2. Evaluación nutricional (proteínas, grasas, carbohidratos, fibra).

- La proteína se determinó mediante el método de Kjeldahl (1883), recomendado por la AOAC (1990) en su versión modificada; se utilizó un digestor modelo TECATOR y un factor de 5,7 para convertir el porcentaje de nitrógeno en proteína; las muestras fueron sometidas a una digestión con ácido sulfúrico concentrado junto con pastillas de sulfato de potasio y selenio, a 420°C durante 45 minutos; luego, se destiló la mezcla usando hidróxido de sodio (40%) y agua destilada durante 4 minutos; finalmente, se tituló el exceso con ácido clorhídrico (0,1 mol.L⁻¹) hasta que apareció un color gris, y los resultados se expresaron en porcentaje.

- La determinación de grasa mide el contenido lipídico de la muestra, lo cual es importante tanto por su valor nutricional y energético como por su impacto en la textura y el sabor; se aplica el método modificado de Blight y Dyer, reconocido por la AOAC (1990); para ello, se colocan 10 g de muestra en un frasco con 50 mL de metanol y 50 mL de cloroformo, se agita durante 30 minutos y luego se filtra en un embudo de separación; se añaden 40 mL de agua destilada para facilitar la separación de fases: una superior (agua y metanol) y otra inferior (grasa y cloroformo); se extraen 25 mL de la fase inferior, se centrifuga durante 5 minutos, y 20 mL se evapora en baño maría, para luego secarse en estufa a 100 °C por una hora, finalmente, la grasa extraída se pesa y se expresa como un porcentaje.
- La determinación del contenido de carbohidratos se realiza por el método de diferencia; para ello, se calcula la cantidad restante luego de descontar del 100 % los porcentajes obtenidos de humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra dietética; este procedimiento permite estimar los carbohidratos disponibles en la muestra sin necesidad de un análisis específico de azúcares o almidones, y se encuentra validado por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990).
- El análisis de fibra dietética total se lleva a cabo mediante un método enzimático-gravimétrico; para ello, se utiliza una digestión secuencial con enzimas específicas como α -amilasa, proteasa y amiloglucosidasa, que permiten eliminar los componentes no fibrosos como almidones y proteínas; posteriormente, se filtra el residuo insoluble, se seca, se calcina y se pesa, obteniéndose así el contenido neto de fibra; este método está estandarizado por la AOAC (1990) y permite expresar los resultados en porcentaje sobre base húmeda.

2.2.7.3. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial del pan dulce se realizó mediante una prueba de aceptación, con el objetivo de determinar el grado de agrado de los panelistas frente a las diferentes formulaciones desarrolladas. Para ello, se contó con la participación de 30 panelistas semientrenados, quienes evaluaron las muestras en condiciones controladas.

Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos y presentadas a los panelistas en porciones uniformes, siguiendo un orden aleatorio para minimizar sesgos. Cada panelista evaluó las formulaciones en función de los atributos sensoriales de apariencia, olor, sabor y textura, empleando una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 correspondió a “me desagrada extremadamente” y 9 a “me agrada extremadamente”, de acuerdo con lo descrito por Watts et al. (1982).

Durante la evaluación, se proporcionó agua a los panelistas para el enjuague bucal entre muestras, a fin de evitar interferencias sensoriales. Las pruebas se realizaron en un ambiente adecuado, con iluminación uniforme y libre de olores extraños.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico mediante análisis de varianza (ANOVA) de una vía, con el fin de identificar diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas. Cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió establecer las diferencias específicas entre las medias, manteniendo controlada la tasa de error tipo I (Danigno, 2014; Minitab, 2025).

2.2.7.4. *Importancia de los análisis microbiológicos*

La inocuidad alimentaria constituye un requisito indispensable en el desarrollo de productos de panificación; ya que garantiza que el alimento no cause daño al consumidor cuando se prepara y consume de acuerdo con su uso previsto. En el marco regulatorio peruano, la Norma Técnica Peruana NTP 206.002:2018 – Panadería, pastelería y galletería. Bizcochos. Requisitos establece como criterio obligatorio el control microbiológico por recuento de mohos para este grupo de productos (INACAL, 2018); en otras palabras, para los bizcochos (categoría que incluye diversos tipos de panificados dulces), la verificación microbiológica normativa se centra en el recuento de mohos (UFC/g) y no exige de manera específica la detección de otros patógenos en esta NTP; este enfoque orienta el plan de control hacia la prevención del deterioro por hongos filamentosos y la protección de la calidad sensorial, así como de la vida útil del producto.

En el contexto de esta investigación (centrada en el desarrollo de pan dulce con harina de tarwi, harina de lúcuma e inulina), el análisis de mohos cumple una función específica: mantener la coherencia con el diseño higiénico del proceso; la incorporación de ingredientes funcionales (tarwi, lúcuma e inulina) puede modificar la actividad de agua, el sustrato disponible y la retención de humedad; por ello, verificar la presencia de mohos en la formulación óptima, junto con la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), permite validar que la innovación tecnológica no compromete la inocuidad del producto.

En síntesis, el análisis de mohos constituye el pilar microbiológico exigido para los bizcochos en el Perú; combinado con la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), garantiza que el pan dulce funcional desarrollado sea seguro, estable y conforme con la normativa vigente.

2.2.8. Metodología de riesgo acumulado de Weibull

La metodología de riesgo acumulado de Weibull es una herramienta estadística ampliamente empleada en estudios de vida útil de alimentos, especialmente cuando el criterio de deterioro se basa en la aceptación o rechazo del consumidor. Esta metodología permite modelar la probabilidad de falla de un producto a lo largo del tiempo, entendiendo como “falla” el momento en que el alimento deja de ser aceptado sensorialmente, el cual permite estimar la probabilidad de rechazo del producto a lo largo del tiempo (Cardelli & Labuza, 2001); el modelo asume que el riesgo de rechazo aumenta conforme avanza el almacenamiento y permite describir dicho comportamiento mediante una función matemática que relaciona el tiempo con la probabilidad acumulada de falla sensorial.

Matemáticamente, el modelo Weibull describe el comportamiento del riesgo acumulado mediante una función que depende de dos parámetros principales: el parámetro de forma (β) y el parámetro de escala (η); el parámetro de forma permite interpretar el tipo de deterioro del producto, pudiendo representar un riesgo constante, acelerado o retardado, mientras que el parámetro de escala se asocia con el tiempo característico en el cual una proporción significativa de consumidores rechaza el alimento. (Cardelli & Labuza, 2001)

En la aplicación práctica del método, los datos de aceptación y rechazo obtenidos a lo largo del almacenamiento se transforman mediante una linealización del modelo Weibull, lo que permite estimar los parámetros del modelo a partir de una regresión lineal; esta transformación facilita la interpretación gráfica y estadística de los resultados, así como la comparación entre diferentes formulaciones o tratamientos; finalmente, la vida útil sensorial del producto se determina estableciendo un nivel crítico de rechazo, comúnmente expresado como un porcentaje acumulado de consumidores que rechazan el alimento (por ejemplo, 25 % o 50 %), el cual se considera como el punto límite de aceptabilidad; de esta manera, la metodología de riesgo acumulado de Weibull proporciona una estimación objetiva y reproducible de la vida útil, sustentada en criterios estadísticos y sensoriales. (Lawless y Heymann, 2010)

2.3. Definición y operacionalización de variables

2.3.1. *Variables independientes*

- Harina de tarwi
- Harina de lúcuma
- Inulina.

2.3.2. *Variables dependientes*

- Características fisicoquímicas
- Características nutricionales
- Características sensoriales
- Características microbiológicas
- Percepción del consumidor por metodología de Weibull

Tabla 4*Operacionalización de las variables*

Variables		Dimensión	Indicador	Índice
Independiente	Harina de tarwi	Porcentaje	%	25, 20, 15
	Harina de lúcuma	Porcentaje	%	5, 5, 5
	Inulina	Porcentaje	%	5, 5, 5
Dependientes	Características fisicoquímicas	Humedad	%	Máximo 40
		Acidez (expresado en ácido láctico)	%	Máximo 0,70
		Cenizas	%	Máximo 3
	Características nutricionales	Proteínas	%	---
		Carbohidratos	%	---
		Hierro	mg/100g	---
		Fibra	%	---
	Apariencia general			
	Características sensoriales	Olor	Escala	Puntaje de 1 a 9
		Sabor	hedónica	
		Textura		
	Características microbiológicas	Mohos	UFC/g	$\leq 10^2$ $< 10^3$
	Percepción del consumidor	Metodología de Weibull	Aceptación o rechazo	0 +1

III. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Área de ejecución

La elaboración del pan dulce con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) y adición de inulina se realizó en la Unidad de Panificación, y en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias (FIQIA) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), ubicada en la ciudad de Lambayeque, también se trabajó en una panadería ubicada en la ciudad de Monsefú. La determinación de los parámetros fisicoquímicos y nutricionales, tanto de las materias primas como de las formulaciones de pan dulce (humedad, cenizas, acidez, pH, proteínas, grasas, carbohidratos, fibra y hierro), así como el análisis microbiológico (recuento de mohos), fueron realizados en el laboratorio Microsevilab.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

- Harina de trigo panadera, marca D'Primera, adquirida en un establecimiento comercial del distrito de Monsefú – Lambayeque.
- Harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*), ambas de la marca Chuncho Superfood, adquiridas en la tienda Natural Time – Tienda Nutricional, ubicada en la ciudad de Chiclayo.
- Inulina en polvo, de la marca Amazonia adquirida en Natural Foods Perú, procedente de Lima.

3.2.2. Muestra

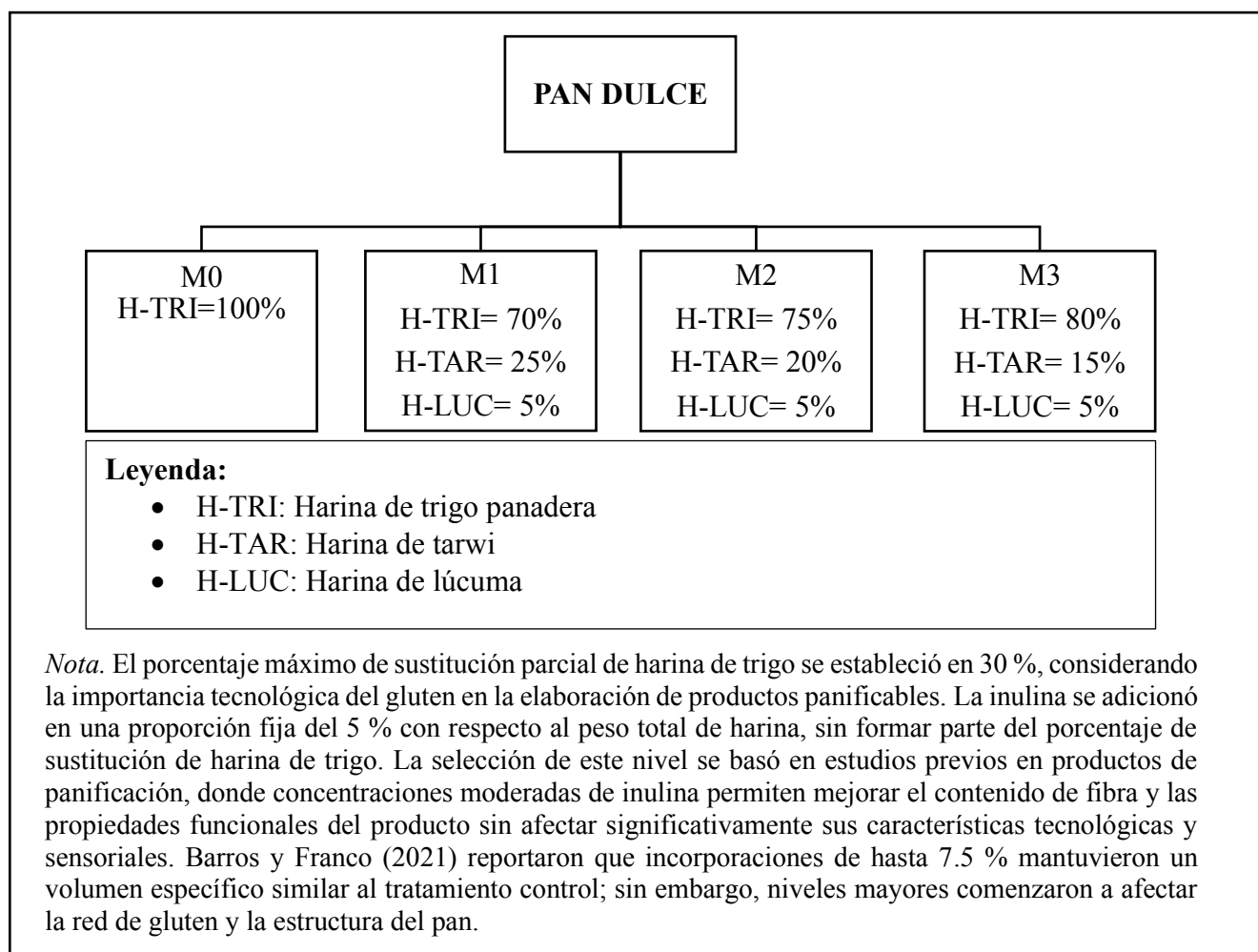
Estuvo conformado por 4 kg de harina de trigo, 1.5 kg de tarwi y 1 kg de harina de lúcuma y 250g de inulina.

3.3. Diseño de contrastación de hipótesis

El diseño experimental se presenta en la figura 1, este diseño muestra el detalle de las variables en estudio.

Figura 1

Diagrama del diseño experimental.



3.4. Técnicas, instrumentos, materiales y equipos

3.4.1. Técnicas

3.4.1.1. Diseño y análisis de datos:

El presente estudio adopta un Diseño completamente aleatorizado (DCA) con tres tratamientos correspondientes a las formulaciones M1, M2 y M3, los cuales varían en la proporción de sustitución parcial de harina de trigo panadera por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina.

Cada formulación será evaluada mediante tres repeticiones, lo que dará lugar a un total de nueve ensayos experimentales independientes. El objetivo es evaluar la influencia de las formulaciones sobre las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del pan dulce.

Para analizar los resultados, se aplicará un Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5 % ($p < 0.05$). En caso de encontrar diferencias significativas entre las formulaciones, se utilizará la prueba de Tukey para la comparación múltiple de medias.

3.4.1.2. Técnica de procesamiento estadístico y análisis de datos

Los datos obtenidos de cada ensayo serán organizados y procesados mediante técnicas de estadística. El análisis se realizará utilizando los programas Microsoft Excel y Statgraphics Centurion.

El modelo estadístico empleado para el DCA fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Valor observado en la i – ésima formulación y j – ésima repetición.

μ : Media general de la población.

α_i : Efecto del i – ésimo tratamiento (formulación).

ε_{ij} : Error experimental aleatorio, asumido con distribución normal

Este modelo permitirá evaluar si las formulaciones presentan diferencias significativas en las variables evaluadas. En caso afirmativo, se aplicará la prueba de Tukey para comparar las medias entre tratamientos.

3.4.1.3. Contrastación de hipótesis.

H1: Al menos una de las formulaciones de pan dulce con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, y con adición de inulina, influye en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del pan dulce.

H0: Las formulaciones de pan dulce con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, y con adición de inulina, no influyen en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del pan dulce.

3.4.2. Materiales y equipos para el proceso

- Amasadora trifásica de 25 Kg – marca Mimster
- Horno a gas 4 bandejas – Jimza inox
- Mesa de trabajo
- Balanza electrónica digital de 40kg – marca Kazo
- Balanza electrónica digital de 1g a 5kg – marca Troter
- Utensilios de acero inoxidable
- Jarras medidoras plásticas

3.4.3. Equipos e instrumentos en el laboratorio de calidad

- Matraces de 250 ml.
- Vasos de precipitación.
- Cápsulas de porcelana.
- Papel filtro.
- Balanza analítica electrónica, para la obtención de masas precisas.
- pH-metro digital, para la medición del pH en muestras de pan.
- Estufa eléctrica, para determinación de humedad por secado.
- Extractor de Soxhlet, para la cuantificación de materia grasa.
- Sistema micro-Kjeldahl, para la determinación de proteínas mediante análisis de nitrógeno.

3.4.4. Envase y embalaje

- Bolsas de polietileno de alta densidad.
- Selladora de bolsas

3.5. Método de análisis

3.5.1. *Análisis fisicoquímicos de las materias primas*

Se realizó un análisis fisicoquímico-proximal a las materias primas utilizadas en la elaboración del pan dulce, con el objetivo de caracterizar su composición y verificar su calidad. Las muestras a analizar incluyen: harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*), inulina y harina de trigo panadera.

Los análisis se realizarán en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias (FIQIA) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), aplicando metodologías oficiales establecidas por la AOAC y normas técnicas peruanas vigentes.

Los parámetros a evaluar son los siguientes:

- Humedad: NTP 206.011 (secado en estufa)
- Cenizas totales: NTP 206.012 (calcinación en horno)
- Acidez: NTP 206.013 (titulación)
- Proteína: AOAC 979.09 (método micro-Kjeldahl)
- Grasa: AOAC 963.15 (extractor Soxhlet)
- Fibra cruda: AOAC 962.09

Los resultados obtenidos permitieron determinar el perfil fisicoquímico de cada materia prima y justificar su inclusión en el desarrollo del producto experimental.

3.5.2. *Análisis fisicoquímico de las formulaciones*

Se realizó un análisis fisicoquímico a las distintas formulaciones desarrolladas (M0, M1, M2 y M3) del pan dulce, con la finalidad de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 206.002 para productos tipo bizcocho. Los análisis fueron realizados íntegramente en el laboratorio Microsevilab, empleando metodologías oficiales y validadas, conforme a lo recomendado por la norma mencionada.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron los siguientes:

- Humedad: NTP 206.011 (secado en estufa).
- Acidez titulable (expresada como ácido láctico): NTP 206.013 (titulación).
- Cenizas totales: NTP 206.012 (calcinación en horno).

Cabe señalar que estos parámetros corresponden a los requisitos fisicoquímicos exigidos por la NTP 206.002. Adicionalmente, se realizó un análisis nutricional de las formulaciones, el cual se presenta y discute en un apartado independiente.

3.5.3. *Análisis Nutricional*

Se realizó un análisis nutricional a todas las formulaciones elaboradas (M0, M1, M2 y M3), con el propósito de determinar su valor nutritivo y comparar el aporte de nutrientes clave en función del reemplazo parcial de la harina de trigo por harina de tarwi, harina de lúcuma e inulina. Este análisis fue efectuado en el laboratorio Microsevilab, con fines de validación de los resultados.

Los parámetros nutricionales determinados fueron los siguientes:

- Proteína total: Método de Kjeldahl (AOAC 2001.11). Cuantificación del contenido proteico a través de la determinación de nitrógeno total.
- Carbohidratos disponibles: Por diferencia. $100 - (\text{humedad} + \text{ceniza} + \text{grasa} + \text{proteína} + \text{fibra dietética})$.
- Fibra dietética total: AOAC 985.29. Método enzimático-gravimétrico.
- Grasa total: AOAC 963.15. Método de extracción Soxhlet.
- Hierro (Fe): AOAC 944.02. Determinado por espectrofotometría de absorción atómica o colorimetría.

3.5.4. *Análisis Sensorial*

El análisis sensorial se realizó con 30 panelistas semientrenados, de ambos sexos, conformados por jóvenes y adultos. Para la evaluación se empleó una escala hedónica estructurada de nueve puntos, y las muestras fueron presentadas con códigos aleatorios, con la finalidad de evitar que los panelistas identifiquen las formulaciones y manifiesten preferencia por alguna de ellas.

Los evaluadores calificaron los atributos sensoriales de sabor, olor, textura y apariencia general del pan dulce.

Tabla 5

Escala hedónica de 9 puntos para evaluar la mejor aceptabilidad del pan dulce.

Puntaje	Descripción
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Tabla 6*Código para cada una de las formulaciones*

Código	Formulaciones	Composición
482	M0	H-TRI=100%
271	M1	H-TRI= 70% H-TAR= 25% H-LUC= 5%
395	M2	H-TRI= 75% H-TAR= 20% H-LUC= 5%
614	M3	H-TRI= 80% H-TAR= 15% H-LUC= 5%

Nota. La inulina se adicionó en una proporción fija del 5 % con respecto al peso total de harina en las muestras codificadas como 271, 395, 614.

3.5.5. Análisis Microbiológico

El análisis microbiológico se realizó a la formulación del pan dulce que presentó la mejor aceptación sensorial, con la finalidad de verificar el cumplimiento de los requisitos microbiológicos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 206.002:2018, Panadería, pastelería y galletería. Dicho análisis fue llevado a cabo en el laboratorio Microsevilab, empleando metodologías oficiales estandarizadas.

El parámetro microbiológico evaluado fue el siguiente:

- Determinación de Mohos: ISO 21527-2 FDA/BAM Cap. 18 AOAC 997.02

3.5.6. *Estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo de Weibull*

La función de riesgo acumulado de Weibull se expresó mediante la siguiente ecuación:

$$F(t) = 1 - e^{-(t/\alpha)^\beta}$$

Donde: $F(t)$ representa la probabilidad acumulada de rechazo sensorial al tiempo t ; α es el parámetro de escala asociado al tiempo característico de fallo y β es el parámetro de forma que describe el comportamiento del riesgo. Además, el parámetro de forma (β) permitió describir el comportamiento del rechazo sensorial del producto a lo largo del tiempo de almacenamiento, mientras que el parámetro de escala (α) representó el tiempo característico asociado al incremento significativo del rechazo por parte de los consumidores. Ambos parámetros fueron estimados a partir de la linealización del modelo Weibull, utilizando los datos de aceptación y rechazo obtenidos durante las evaluaciones sensoriales.

Para la estimación de la vida útil sensorial mediante la metodología de riesgo acumulado de Weibull, se evaluó la muestra ganadora del estudio utilizando un total de 60 consumidores, quienes participaron en evaluaciones realizadas desde el día 0 hasta el día 5 de almacenamiento. En cada día de evaluación, los consumidores indicaron la aceptación o rechazo del producto, generándose datos dicotómicos que fueron empleados para el cálculo del riesgo acumulado de rechazo en función del tiempo.

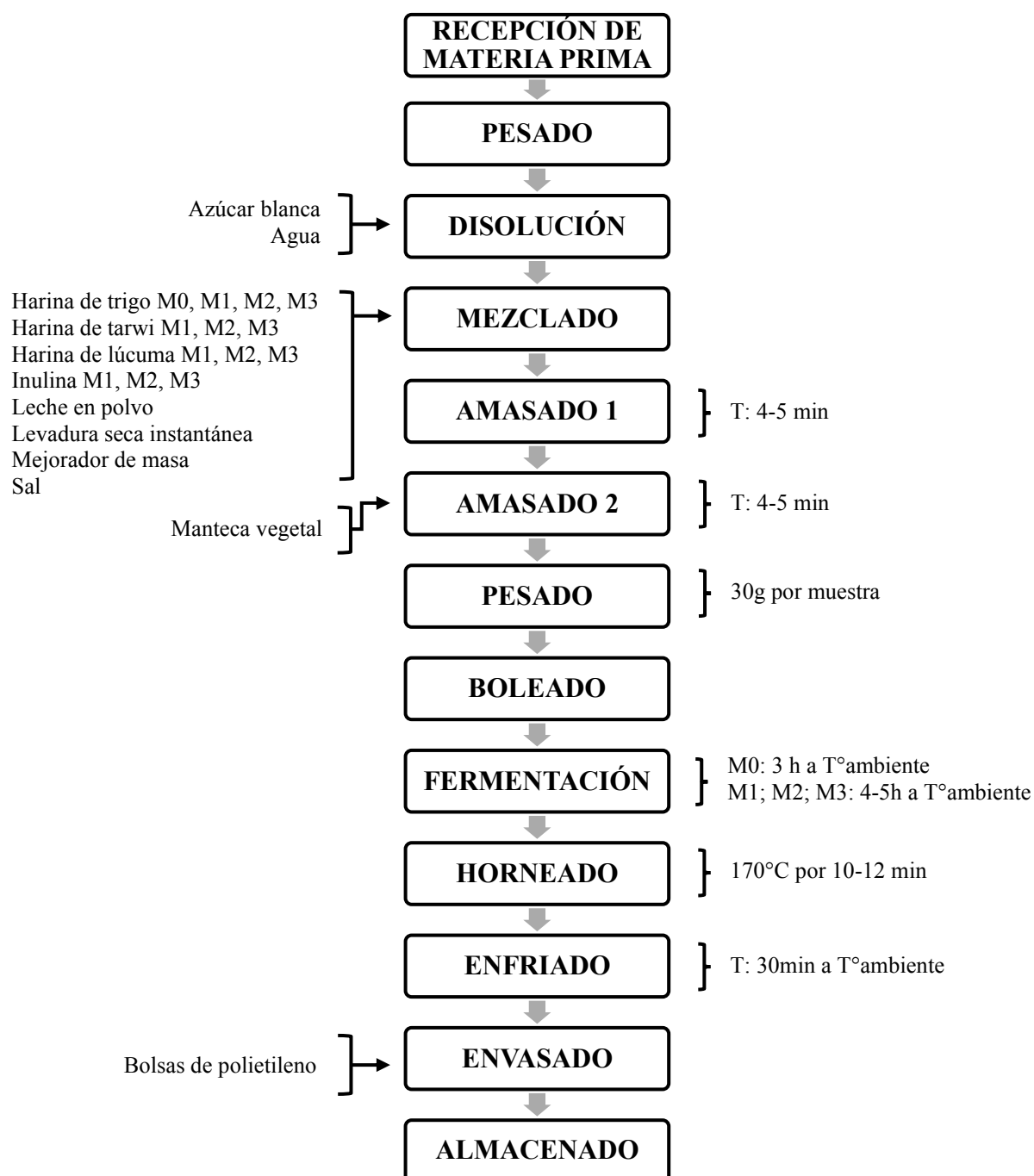
Para cada día de evaluación, se calculó la probabilidad acumulada de rechazo, considerando la proporción de consumidores que rechazaron el producto respecto al total de evaluadores. A partir de estas probabilidades, se aplicó la transformación logarítmica correspondiente al modelo Weibull, lo que permitió obtener una relación lineal entre el tiempo de almacenamiento y el riesgo acumulado de rechazo. Mediante regresión lineal se estimaron los parámetros del modelo y se determinó la vida útil sensorial del producto en función del nivel crítico de rechazo establecido.

3.6. Metodología experimental

Para la elaboración del pan dulce se empleará el diagrama de bloques que se detalla en la figura 2.

Figura 2

Diagrama de flujo para la elaboración del pan dulce.



El proceso de elaboración del pan dulce se desarrolló siguiendo una secuencia estandarizada que permitió mantener la calidad y comparabilidad entre las diferentes formulaciones (M0, M1, M2 y M3). A continuación, se detalla cada etapa del proceso:

1. Recepción de materia prima:

Se reciben los insumos necesarios para la elaboración del pan dulce, verificando su integridad, calidad y condiciones de almacenamiento.

2. Pesado:

Se realizó el pesado individual de cada ingrediente según la formulación correspondiente. Las harinas (trigo, tarwi y lúcuma), inulina, azúcar, levadura, leche en polvo, sal, mejorador de masa y el agua se miden con exactitud para garantizar la reproducibilidad del proceso.

3. Disolución:

La azúcar blanca se disolvió en agua potable para facilitar su incorporación homogénea en la masa. Esta solución se utiliza como base líquida del amasado.

4. Mezclado:

Se mezclaron los ingredientes secos (harina de trigo panadera, harina de tarwi, harina de lúcuma, inulina, leche en polvo, levadura seca instantánea, sal y mejorador de masa) junto con la solución de azúcar.

5. Amasado 1:

La mezcla obtenida se sometió a un primer amasado en la amasadora trifásica de 25 Kg – marca Mimste, durante aproximadamente 4 a 5 minutos, hasta lograr una masa homogénea y elástica.

6. Amasado 2:

Culminado el primer amasado, se incorpora la manteca de forma progresiva, continuando el amasado por 4 a 5 minutos adicionales, hasta obtener una masa suave, lisa y ligeramente brillante.

7. Pesado por porción:

La masa fue fraccionada de manera manual en porciones individuales de 30 g, correspondientes a cada muestra experimental.

8. Boleado:

Las porciones de masa fueron boleadas manualmente para obtener una forma uniforme y facilitar una fermentación pareja.

9. Fermentación:

Las muestras boleadas se colocaron en bandejas y se fermentaron a temperatura ambiente durante 3 horas en el caso de la formulación M0 y entre 4 y 5 horas para las formulaciones M1, M2 y M3, permitiendo el adecuado desarrollo del volumen y la estructura del pan.

10. Horneado:

Concluida la fermentación, las unidades se hornean a 170 °C durante aproximadamente 10 a 12 minutos, hasta obtener una corteza ligeramente dorada y una cocción interna adecuada.

11. Enfriado:

Luego del horneado, las muestras se colocaron en bandejas a temperatura ambiente durante 30 minutos, permitiendo su enfriamiento completo antes del envasado.

12. Envasado:

Las unidades frías se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad, adecuadas para productos de panificación.

13. Almacenado:

Finalmente, los productos fueron almacenados en condiciones controladas para su posterior análisis sensorial, fisicoquímico, nutricional y microbiológico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el presente apartado se exponen y analizan los resultados obtenidos a partir de la caracterización fisicoquímica, nutricional y sensorial del pan dulce elaborado con diferentes formulaciones, en las que se incorporaron harina de tarwi, harina de lúcuma e inulina. Los resultados se muestran a través de tablas y figuras, y se discuten en relación con investigaciones previas reportadas en los antecedentes y base teórica del presente informe.

4.1. Caracterización fisicoquímica de las materias primas

Tabla 7

Análisis fisicoquímico de las materias primas.

Parámetro	Harina de trigo	Harina de Tarwi	Harina de Lucuma	Inulina
Humedad (%)	9,92	6,10	9,45	2,90
Cenizas (%)	0,40	1,50	2,20	0,16
Proteínas (%)	10,77	48,68	4,78	0
Materia grasa (%)	2,22	24,10	2,30	0,00
Fibra (%)	1,50	7,30	2,10	0,00
Carbohidratos (%)	75,19	12,32	79,17	96,94
Valor calórico (Kcal)	365,15	475,36	357,88	-
Acidez (%)	0,063	0,054	0,064	6,99
pH	6,63	6,12	6,64	-

La Tabla 7 muestra la composición fisicoquímica de las materias primas utilizadas en la formulación del pan dulce. La harina de tarwi presentó el mayor contenido de proteínas (48,68 %) y materia grasa (24,10 %), así como un bajo contenido de carbohidratos (12,32 %), en comparación con las demás materias primas evaluadas. La harina de trigo presentó valores intermedios de proteínas (10,77 %) y un alto contenido de carbohidratos (75,19 %). Por su parte, la harina de lúcuma mostró un elevado contenido de carbohidratos (79,17 %), con valores moderados de proteínas (4,78 %) y fibra (2,10 %). Finalmente, la inulina se caracterizó por un alto contenido de carbohidratos (96,94 %), baja humedad (2,90 %) y ausencia de materia grasa, presentando además un valor elevado de acidez.

Discusión: Los resultados de la caracterización proximal de las materias primas empleadas coinciden ampliamente con lo reportado en la literatura, lo que respalda la confiabilidad de los insumos utilizados en la investigación. La harina de trigo presentó un contenido moderado de proteínas (10,77 %) y un elevado contenido de carbohidratos (75,19 %), valores concordantes con lo señalado por Shewry (2009) y Sharma et al. (2020), quienes indican que este tipo de harina contiene entre 70 y 75 % de almidón y entre 8 y 16 % de proteínas. Asimismo, el bajo contenido de grasa (2,22 %) se encuentra dentro del rango esperado (2,00 – 2,50%) para harinas panificables, según Wieser et al. (2020). Por su parte, la harina de tarwi mostró un elevado contenido de proteínas (48,68 %) y lípidos (24,10 %), lo que confirma su potencial como ingrediente de mejora nutricional; estos resultados son coherentes con lo reportado por Garay (2015) y por el Instituto Nacional de Salud (2017), que registra para la harina de tarwi 49,6 % de proteína y 27,9 % de grasa total, valores cercanos a los obtenidos en este estudio que confirman su alta densidad nutricional como leguminosa andina y respaldan su potencial como ingrediente funcional en productos de panificación, tal como lo señalan Taipei y Veloso (2020) y Cupita (2014). En cuanto a la harina de lúcuma, los altos niveles de carbohidratos (79,17 %), junto con su aporte moderado de proteínas y fibra, concuerdan con lo reportado por el Instituto Nacional de Salud (2017) y Rumiche y Rumiche (2023), quienes destacan su valor energético y su aplicabilidad tecnológica en productos horneados. Finalmente, la inulina presentó un contenido muy elevado de carbohidratos (96,94 %), ausencia de grasa y una acidez característica, lo que coincide con la composición descrita para fibras solubles extraídas de raíces como la achicoria y el agave (Roberfroid, 2005).

En conjunto, la caracterización de las materias primas valida la base nutricional y funcional de las formulaciones desarrolladas.

4.2. Análisis fisicoquímico del pan dulce según formulaciones

Tabla 8

Análisis fisicoquímico del pan dulce según formulaciones.

Parámetro	Pan dulce M0	Pan dulce M1	Pan dulce M2	Pan dulce M3
Humedad (%)	24,80	25,11	24,51	24,45
Cenizas (%)	0,49	0,89	0,80	0,72
Acidez (%)	0,175	0,177	0,178	0,176
pH	5,12	5,13	5,14	5,15

Nota: M0: muestra control (100% harina de trigo). M1: 25% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M2: 20% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M3: 15% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina.

Los resultados del análisis fisicoquímico del pan dulce elaborado según las diferentes formulaciones se presentan en la Tabla 8. El contenido de humedad osciló entre 24,45 % y 25,11 %, evidenciándose valores muy cercanos entre M0, M1, M2 y M3, por lo que no se observaron variaciones apreciables en la retención de agua del producto entre formulaciones. En cuanto al contenido de cenizas, las formulaciones con sustitución parcial presentaron valores superiores a la muestra control: 0,49 % (M0) frente a 0,89 % (M1), 0,80 % (M2) y 0,72 % (M3), lo que evidencia una influencia de la incorporación de tarwi y lúcuma sobre el contenido mineral del pan dulce. Respecto a los parámetros de acidez y pH, los valores fueron similares entre formulaciones (acidez: 0,175–0,178 %; pH: 5,12–5,15), indicando que la sustitución y la adición de inulina no generaron cambios relevantes en estos indicadores de estabilidad fisicoquímica.

Discusión: En conjunto, los resultados fisicoquímicos sugieren que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, junto con la adición de inulina, no generó variaciones relevantes en humedad, acidez y pH del pan dulce. La humedad se mantuvo en un rango estrecho (24,45–25,11 %), lo que indica que la incorporación de ingredientes no tradicionales no afectó significativamente la capacidad de retención de agua del sistema. Este comportamiento es coherente con el papel estructural predominante de la red de gluten cuando la sustitución se mantiene en niveles tecnológicamente manejables (Wieser, 2007), tal como también señala Cupita (2014) para sustituciones moderadas en productos de panificación; asimismo los valores de acidez (0,175–0,178 %) y pH (5,12–5,15) mostraron una alta

uniformidad entre formulaciones, lo que sugiere que la variación en el porcentaje de tarwi (25% en M1, 20% en M2 y 15% en M3) no alteró de manera significativa el equilibrio ácido–base del producto. Esto indica que la adición de inulina y harinas andinas no comprometió la estabilidad fisicoquímica del pan dulce. En contraste, el parámetro que presentó una tendencia clara fue el contenido de cenizas, el cual aumentó en las formulaciones con mayor nivel de sustitución. La muestra M1 (25% de tarwi) registró el valor más alto (0,89 %), seguida de M2 (0,80 %) y M3 (0,72 %), mientras que la muestra control presentó el menor valor (0,49 %). Esta tendencia decreciente conforme disminuye el porcentaje de tarwi confirma que el incremento mineral está directamente relacionado con la incorporación de esta leguminosa, reconocida por su mayor contenido de minerales respecto a la harina de trigo. Resultados similares han sido reportados por Vidaurre-Ruiz et al. (2022) y Samilyk et al. (2025), quienes indican que la inclusión de materias primas funcionales incrementa el contenido mineral sin afectar negativamente parámetros básicos de estabilidad.

En general, los resultados fisicoquímicos evidencian que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, con adición de inulina, influyó principalmente en el contenido mineral (cenizas) del producto, sin afectar negativamente parámetros críticos como humedad, acidez y pH, lo que demuestra que las formulaciones desarrolladas mantienen una estabilidad fisicoquímica adecuada para su consumo y conservación.

4.3. Resultados de la evaluación de la calidad nutricional del pan dulce

Tabla 9

Composición nutricional del pan dulce según formulaciones.

Parámetro	Pan dulce M0	Pan dulce M1	Pan dulce M2	Pan dulce M3
Materia grasa (%)	5,90	7,28	6,92	6,55
Proteínas (%)	10,37	14,57	13,70	12,82
Fibra (%)	1,48	4,25	4,20	4,15
Carbohidratos (%)	56,96	47,90	49,87	51,31
Valor calórico (Kcal)	325,38	323,90	324,96	323,77
Hierro (mg)	7,25	7,55	7,50	7,46

Nota: M0: muestra control (100% harina de trigo). M1: 25% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M2: 20% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M3: 15% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina.

La Tabla 9 muestra la composición nutricional del pan dulce según formulaciones. En comparación con la muestra control (M0), las formulaciones con sustitución parcial (M1, M2 y M3) presentaron mayor contenido de materia grasa (6,55–7,28 % vs 5,90 %), proteínas (12,82–14,57 % vs 10,37 %) y fibra (4,15–4,25 % vs 1,48 %). Por el contrario, el contenido de carbohidratos fue menor en las formulaciones enriquecidas (47,90–51,31 %) respecto a M0 (56,96 %). El valor calórico se mantuvo prácticamente constante entre formulaciones (323,77–325,38 Kcal). Finalmente, el hierro mostró valores ligeramente superiores en M1–M3 (7,46–7,55 mg) frente a M0 (7,25 mg).

Discusión: El análisis de la composición nutricional evidenció que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi (15–25%), junto con la incorporación de harina de lúcum (5%) e inulina (5%), generó modificaciones relevantes en el perfil nutricional del pan dulce. La tendencia observada responde principalmente al mayor porcentaje de tarwi en las formulaciones, ya que M1 (25% de tarwi) presentó los valores más altos de proteína (14,57 %) y grasa (7,28 %), mientras que estos disminuyeron progresivamente en M2 y M3 conforme se redujo el nivel de sustitución. Este comportamiento confirma el efecto directo del tarwi, reconocido por su elevado contenido proteico y lipídico (Garay, 2015; Instituto Nacional de Salud, 2017), el cual desplaza parcialmente los carbohidratos predominantes en la harina de trigo, modificando así la distribución de macronutrientes del producto final. El incremento marcado de fibra (más del doble respecto al control) puede atribuirse tanto al aporte del tarwi como a la adición de inulina, fibra dietética soluble ampliamente estudiada por sus beneficios tecnológicos y funcionales (Roberfroid, 2005). Este aumento es nutricionalmente relevante, ya que eleva la densidad de fibra del producto sin alterar negativamente otros parámetros. En cuanto al hierro, se observó un ligero incremento en las formulaciones enriquecidas (7,46–7,55 mg) respecto al control (7,25 mg), lo que sugiere un aporte mineral adicional proveniente de las materias primas andinas incorporadas. Por otro lado, el valor calórico se mantuvo prácticamente constante entre formulaciones (323,77–325,38 Kcal), lo que indica un efecto compensatorio entre el aumento de proteína y grasa y la reducción de carbohidratos, manteniendo estable el aporte energético total. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Vidaurre-Ruiz et al. (2022) y Samilyk et al. (2025), quienes señalan que la incorporación de ingredientes funcionales y harinas andinas en productos de panificación permite mejorar el perfil nutricional particularmente en proteína y fibra sin comprometer su valor energético ni su estabilidad tecnológica.

En general, los resultados nutricionales muestran que la sustitución parcial con tarwi-lúcuma y la adición de inulina influyeron principalmente en el aumento de proteína y fibra y en la disminución de carbohidratos del pan dulce, manteniendo estable el valor calórico, lo que evidencia una reformulación orientada a un producto de mayor densidad nutricional.

4.4. Caracterización sensorial del pan dulce según formulaciones

4.4.1. Atributo apariencia

Tabla 10

Valores descriptivos del atributo apariencia del pan dulce.

Muestra	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Lím. inferior (95%)	Lím. superior (95%)
M0	30	6,233	0,597	0,109	6,019	6,447
M1	30	6,300	0,884	0,161	5,984	6,616
M2	30	6,700	1,007	0,184	6,340	7,060
M3	30	7,233	0,692	0,126	6,985	7,481
Total	120	6,617	0,980	0,089	6,442	6,792

Nota: M0: muestra control (100% harina de trigo). M1: 25% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M2: 20% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M3: 15% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina.

La muestra M3 registró la media más alta en el atributo apariencia ($7,233 \pm 0,692$), seguida de M2 con una media de $6,700 \pm 1,007$. Por su parte, las muestras M1 y M0 presentaron valores promedio similares ($6,300 \pm 0,884$ y $6,233 \pm 0,597$, respectivamente). La dispersión observada fue moderada en todas las formulaciones, lo que evidencia consistencia en las evaluaciones sensoriales realizadas por los panelistas. Estos resultados indican una mejora progresiva en la aceptación visual del producto conforme se incrementó el nivel de tratamiento.

Tabla 11*Análisis de varianza (ANOVA) del atributo apariencia.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	19,033	3	6,344	5,970	0,001
Dentro de grupos	123,333	116	1,063		
Total	142,366	119			

El análisis de varianza de un factor evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las muestras evaluadas ($F = 5,970$; $p = 0,001$). Este resultado confirma que el tratamiento aplicado influyó de manera significativa en la percepción visual del pan dulce, justificando la aplicación de la prueba post hoc de Tukey para identificar las diferencias específicas entre las formulaciones.

Tabla 12*Prueba de Tukey del atributo apariencia.*

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
M0	M1	-0,183	0,242	0,783	-0,545	0,411
M0	M2	-0,925	0,242	0,056	-1,945	0,011
M0	M3	-1,392*	0,242	0,000	-1,478	-0,522
M1	M2	-0,742	0,242	0,100	-0,878	0,078
M1	M3	-1,209*	0,242	0,000	-1,411	-0,455
M2	M3	-0,467*	0,242	0,029	-1,011	-0,055

Nota. Las diferencias de medias marcadas con asterisco (*) son significativas al nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

La prueba de Tukey evidenció que la muestra M3 difiere significativamente de M0, M1 y M2, mientras que entre estas últimas no se observaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 13

Subconjuntos homogéneos del atributo apariencia.

MUESTRA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M0	30	6,233	
M1	30	6,300	
M2	30	6,700	
M3	30		7,233
Sig.		0,056	

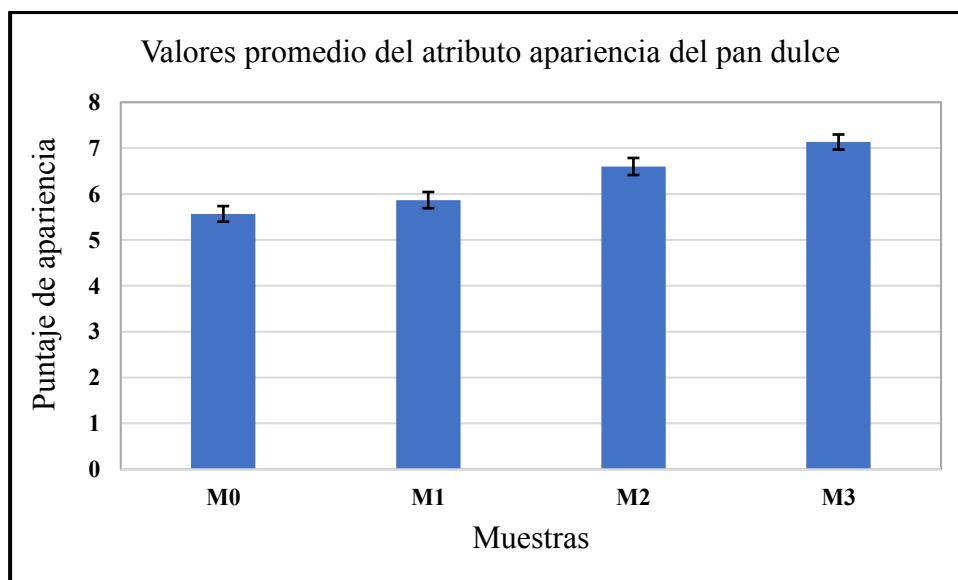
Nota. Se utilizó el tamaño de la muestra correspondiente a la media armónica (n = 30)

Las muestras M0, M1 y M2 conforman un mismo subconjunto homogéneo ($p > 0,05$), mientras que la muestra M3 forma un subconjunto independiente, confirmando su mayor aceptación sensorial en el atributo apariencia.

La Figura 3 muestra la representación gráfica de los valores promedio del atributo apariencia para las cuatro formulaciones evaluadas.

Figura 3

Valores promedio del atributo apariencia del pan dulce.



En el atributo apariencia, las muestras M0, M1 y M2 no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que la muestra M3 presenta una media significativamente superior (7,233), lo que evidencia una mejora clara en la percepción visual del pan dulce como resultado del tratamiento aplicado.

4.4.2. Atributo olor

Tabla 14

Valores descriptivos del atributo olor del pan dulce.

Muestra	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Lím. inferior (95 %)	Lím. superior (95 %)
M0	30	5,600	1,170	0,210	5,430	6,300
M1	30	5,767	1,000	0,183	5,660	6,410
M2	30	6,600	1,030	0,188	6,250	7,020
M3	30	6,967	0,700	0,128	6,900	7,430
Total	120	6,233	1,110	0,101	6,220	6,630

Nota: M0: muestra control (100% harina de trigo). M1: 25% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M2: 20% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M3: 15% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina.

La muestra M3 registró la media más alta en el atributo olor ($6,967 \pm 0,700$), seguida de M2 con un valor promedio de $6,600 \pm 1,030$. Por su parte, las muestras M1 y M0 presentaron las medias más bajas ($5,767 \pm 1,000$ y $5,600 \pm 1,170$, respectivamente). La dispersión observada fue moderada en todas las formulaciones, lo que evidencia consistencia en las evaluaciones realizadas por los panelistas.

Tabla 15

Análisis de varianza (ANOVA) del atributo olor.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	28,625	3	9,542	9,493	0,001
Dentro de grupos	116,600	116	1,005		
Total	145,225	119			

El análisis de varianza de un factor evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las muestras evaluadas ($F = 9,493$; $p < 0,001$), lo que indica que el tratamiento aplicado influyó de manera significativa en la percepción olfativa del pan dulce.

Tabla 16

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el atributo olor.

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
M0	M1	-0,167	0,259	0,918	-0,841	0,508
M0	M2	-0,767*	0,259	0,020	-1,441	-0,092
M0	M3	-1,300*	0,259	0,000	-1,974	-0,626
M1	M2	-0,600	0,259	0,099	-1,274	0,074
M1	M3	-1,133*	0,259	0,000	-1,808	-0,459
M2	M3	-0,533	0,259	0,173	-1,208	0,141

Nota. Las diferencias de medias marcadas con asterisco (*) son significativas al nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

La prueba de Tukey evidenció que la muestra M3 presentó diferencias estadísticamente significativas frente a M0 y M1, mientras que no se observaron diferencias significativas con respecto a M2. Asimismo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras M0 y M1.

Tabla 17

Subconjuntos homogéneos del atributo olor.

MUESTRA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M0	30	5,600	
M1	30	5,767	
M2	30		6,600
M3	30		6,967
Sig.		0,056	0,215

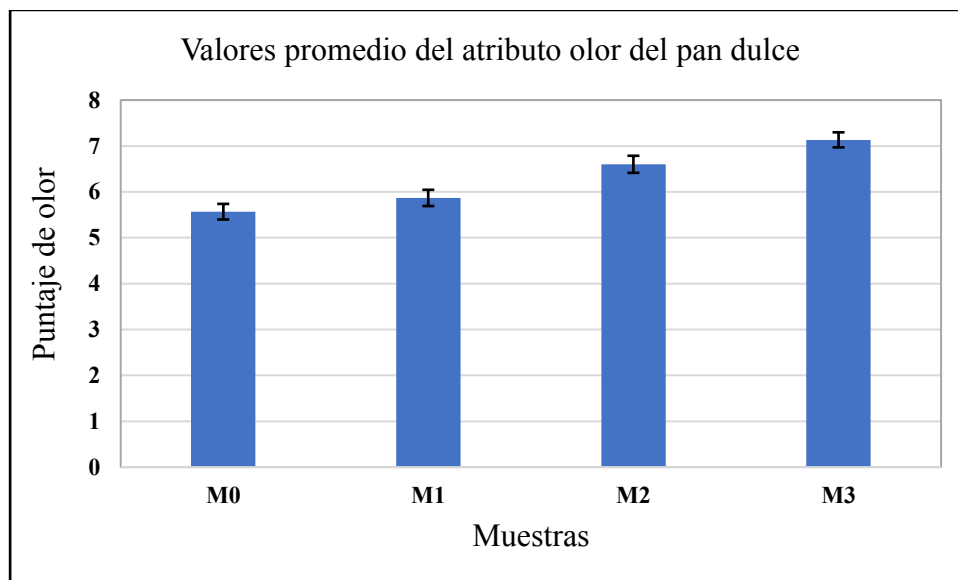
Nota. Se utilizó el tamaño de la muestra correspondiente a la media armónica ($n = 30$).

Las muestras M0 y M1 conforman un subconjunto homogéneo de menor aceptación olfativa, mientras que la muestra M3 forma un subconjunto independiente con la mayor media registrada. La muestra M2 presenta un comportamiento intermedio, compartiendo similitud parcial con ambos subconjuntos.

La Figura 4 muestra la representación gráfica de los valores promedio del atributo olor para las cuatro formulaciones evaluadas.

Figura 4

Valores promedio del atributo olor del pan dulce.



En el atributo olor, las muestras M0 y M1 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que la muestra M3 alcanzó la media más alta (6,967), diferenciándose significativamente de las formulaciones iniciales. La muestra M2 mostró un comportamiento intermedio, evidenciando una mejora respecto al control, pero sin alcanzar una diferencia estadísticamente significativa frente a la muestra M3.

4.4.3. Atributo sabor

Tabla 18

Valores descriptivos del atributo sabor del pan dulce.

Muestra	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Lím. inferior (95 %)	Lím. superior (95 %)
M0	30	5,200	1,070	0,200	4,800	5,600
M1	30	5,400	1,220	0,223	4,950	5,850
M2	30	6,400	0,930	0,170	6,050	6,750
M3	30	6,833	0,700	0,128	6,570	7,096
Total	120	5,958	1,210	0,110	5,740	6,176

Nota: M0: muestra control (100% harina de trigo). M1: 25% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M2: 20% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M3: 15% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina.

La muestra M3 registró la media más alta en el atributo sabor ($6,833 \pm 0,700$), seguida de M2 con una media de $6,400 \pm 0,930$. Las muestras M0 y M1 presentaron valores promedio más bajos ($5,200 \pm 1,070$ y $5,400 \pm 1,220$, respectivamente). La dispersión observada fue moderada, evidenciando consistencia en las evaluaciones realizadas por los panelistas.

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) del atributo sabor.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	63,358	3	21,119	21,189	< 0,001
Dentro de grupos	115,633	116	0,997		
Total	178,992	119			

El análisis de varianza de un factor evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las muestras evaluadas ($F = 21,189$; $p < 0,001$), lo que confirma que la formulación influyó de manera significativa en la percepción del sabor del pan dulce.

Tabla 20

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el atributo sabor.

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I–J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
M0	M1	0,067	0,258	0,994	-0,605	0,738
M0	M2	-0,833*	0,258	0,008	-1,505	-0,162
M0	M3	-1,733*	0,258	0,000	-2,405	-1,062
M1	M2	-0,900*	0,258	0,004	-1,571	-0,229
M1	M3	-1,800*	0,258	0,000	-2,471	-1,129
M2	M3	-0,900*	0,258	0,004	-1,571	-0,229

Nota. Las diferencias de medias marcadas con asterisco (*) son significativas al nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

La prueba de Tukey evidenció que la muestra M3 difiere significativamente de M0, M1 y M2, mientras que M0 y M1 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.

Tabla 21

Subconjuntos homogéneos del atributo sabor.

MUESTRA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M0	30	5,200		
M1	30	5,400		
M2	30		6,400	
M3	30			6,833
Sig.		0,994	1,000	1,000

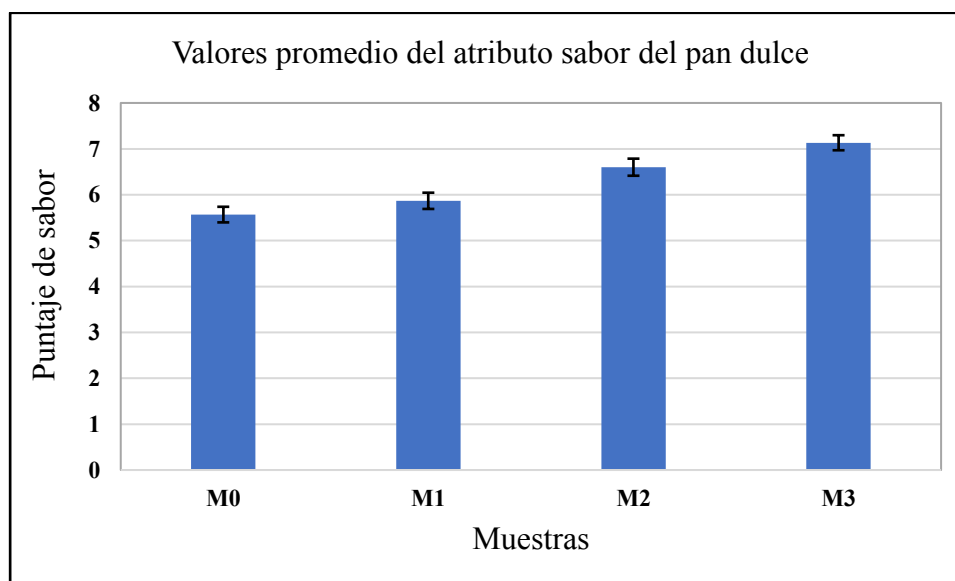
Nota. Se utilizó el tamaño de la muestra correspondiente a la media armónica ($n = 30$).

Las muestras M0 y M1 conforman un mismo subconjunto homogéneo ($p > 0,05$), lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas en el atributo sabor. La muestra M2 forma un subconjunto independiente, presentando una media significativamente superior a las formulaciones iniciales. Finalmente, la muestra M3 constituye un tercer subconjunto homogéneo, al alcanzar la media más alta, diferenciándose de manera estadísticamente significativa de todas las demás muestras evaluadas.

La Figura 5 muestra la representación gráfica de los valores promedio del atributo sabor para las cuatro formulaciones evaluadas.

Figura 5

Valores promedio del atributo sabor del pan dulce.



En el atributo sabor, las muestras M0 y M1 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, conformando un nivel básico de aceptación. La muestra M2 mostró una mejora significativa respecto a las formulaciones iniciales, mientras que la muestra M3 alcanzó la media más alta (6,833), diferenciándose de manera estadísticamente significativa de todas las demás formulaciones evaluadas.

4.4.4. Atributo textura

Tabla 22

Valores descriptivos del atributo textura del pan dulce.

Muestra	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Lím. inferior (95 %)	Lím. superior (95 %)
M0	30	5,567	0,940	0,170	5,230	5,904
M1	30	5,867	0,970	0,177	5,517	6,217
M2	30	6,600	1,020	0,186	6,233	6,967
M3	30	7,133	0,900	0,164	6,808	7,458
Total	120	6,292	1,040	0,095	6,104	6,480

Nota: M0: muestra control (100% harina de trigo). M1: 25% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M2: 20% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M3: 15% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina.

La muestra M3 registró la media más alta en el atributo textura ($7,133 \pm 0,900$), seguida de M2 con una media de $6,600 \pm 1,020$. Por su parte, las muestras M1 y M0 presentaron valores promedio más bajos ($5,867 \pm 0,970$ y $5,567 \pm 0,940$, respectivamente). La dispersión observada fue moderada, evidenciando consistencia en las evaluaciones realizadas por los panelistas.

Tabla 23

Análisis de varianza (ANOVA) del atributo textura.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	24,025	3	8,008	8,655	<0,001
Dentro de grupos	107,333	116	0,925		
Total	131,358	119			

El análisis de varianza de un factor evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las muestras evaluadas ($F = 8,655$; $p < 0,001$), lo que indica que la formulación influyó de manera significativa en la percepción de la textura del pan dulce.

Tabla 24

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el atributo textura.

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
M0	M1	-0,167	0,248	0,909	-0,814	0,481
M0	M2	-0,633	0,248	0,056	-1,281	0,014
M0	M3	-1,167*	0,248	0,000	-1,814	-0,519
M1	M2	-0,467	0,248	0,244	-1,114	0,181
M1	M3	-1,000*	0,248	0,001	-1,648	-0,352
M2	M3	-0,533	0,248	0,147	-1,181	0,114

Nota. Las diferencias de medias marcadas con asterisco (*) son significativas al nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

La prueba de Tukey evidenció que la muestra M3 presentó diferencias estadísticamente significativas frente a M0 y M1, mientras que no se observaron diferencias significativas con respecto a M2. Asimismo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras M0 y M1.

Tabla 25

Subconjuntos homogéneos del atributo textura.

MUESTRA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M0	30	5,567	
M1	30	5,867	
M2	30	6,600	6,600
M3	30		7,133
Sig.		0,056	0,147

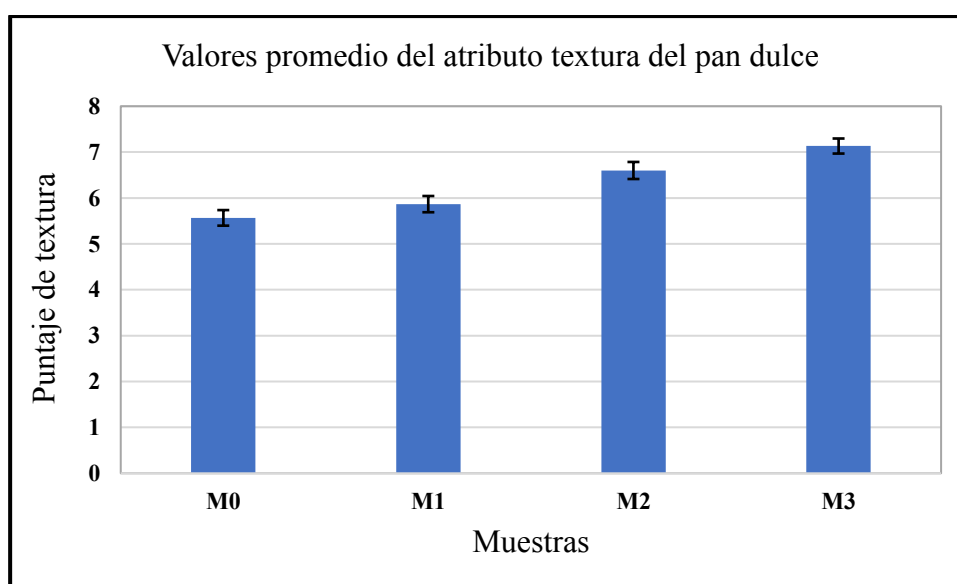
Nota. Se utilizó el tamaño de la muestra correspondiente a la media armónica ($n = 30$).

Las muestras M0 y M1 conforman un subconjunto homogéneo de menor aceptación en el atributo textura, mientras que la muestra M3 forma un subconjunto independiente con la media más alta registrada. La muestra M2 presenta un comportamiento intermedio, mostrando una mejora progresiva respecto a las formulaciones iniciales.

La Figura 6 muestra la representación gráfica de los valores promedio del atributo textura para las cuatro formulaciones evaluadas.

Figura 6

Valores promedio del atributo textura del pan dulce.



En el atributo textura, las muestras M0 y M1 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que la muestra M3 alcanzó la media más alta (7,133), diferenciándose significativamente de las formulaciones iniciales. La muestra M2 evidenció una mejora progresiva, ubicándose en una posición intermedia sin diferenciarse estadísticamente de la muestra M3.

4.4.5. Resumen del desempeño sensorial del pan dulce

Tabla 26

Resumen del desempeño sensorial del pan dulce.

Muestra	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
M0	6,233	5,600	5,200	5,567
M1	6,300	5,767	5,400	5,867
M2	6,700	6,600	6,400	6,600
M3	7,233	6,967	6,833	7,133
Promedio general	6,617	6,233	5,958	6,292

Nota. Valores expresados como medias de las evaluaciones sensoriales (n = 30 por muestra). M0: muestra control (100% harina de trigo). M1: 25% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M2: 20% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina. M3: 15% de harina de tarwi, 5% de harina de lúcuma y adición de 5% de inulina.

De manera global, los resultados sensoriales demostraron que la formulación M3 alcanzó los mayores valores promedio en apariencia (7,233), olor (6,967), sabor (6,833) y textura (7,133), posicionándose como la muestra de mayor aceptación por parte de los panelistas. En términos estadísticos, el ANOVA confirmó diferencias significativas entre formulaciones en todos los atributos evaluados ($p < 0,05$), y la prueba de Tukey permitió identificar que M3 se diferencia de forma consistente de las formulaciones iniciales, especialmente en apariencia y sabor, donde su superioridad fue más clara.

Discusión: Este comportamiento es consistente con lo reportado por Cacak-Pietrzak et al. (2023), quienes señalan que sustituciones parciales de harina de trigo por harinas de leguminosas (como lupino) pueden mantener una aceptabilidad adecuada cuando se emplean en proporciones controladas. Además, en productos tipo pan dulce, la presencia de azúcares y grasas tiende a favorecer la percepción sensorial y a equilibrar atributos como olor y sabor (Cauvain y Young, 2015). La harina de lúcuma pudo contribuir positivamente al color y perfil sensorial, en concordancia con Durakova et al. (2021); mientras que la inulina puede influir favorablemente en la textura al mejorar la estructura y sensación en boca, tal como reporta Mohammadi et al. (2023). En conjunto, estos antecedentes respaldan que la formulación M3 logró el mejor equilibrio sensorial dentro de las condiciones evaluadas.

En general, los resultados sensoriales evidencian que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, con adición de inulina, influyó significativamente en la aceptación del pan dulce, incrementando los puntajes de apariencia, olor, sabor y textura; destacando la formulación M3 como la de mayor aceptación global, al presentar los promedios más altos y diferencias significativas frente a las formulaciones iniciales en los principales atributos evaluados.

4.5. Análisis microbiológico de la formulación con mayor aceptabilidad

La formulación M3, identificada como la de mayor aceptabilidad sensorial, fue sometida a análisis microbiológico.

Tabla 27

Análisis microbiológico de la formulación con mayor aceptabilidad.

Parámetro	Resultado	Unidad
Mohos	< 10	UFC/g

Nota. El análisis microbiológico fue realizado por el laboratorio Microservilab.

Los resultados obtenidos indicaron un recuento de mohos inferior a 10 UFC/g, cumpliendo con los criterios microbiológicos establecidos en la norma NTP 206.002 2018 para productos de panificación.

Discusión: Este resultado indica que el proceso de elaboración y las condiciones de horneado fueron adecuados para garantizar la inocuidad del producto; estos hallazgos concuerdan con lo reportado en la literatura para productos horneados, los cuales suelen presentar cargas microbianas reducidas debido a la acción del calor y a su baja actividad de agua. Además, la presencia de ingredientes como la lúcuma y la inulina podría contribuir ligeramente a limitar el crecimiento microbiano, tal como lo sugieren Durakova et al. (2021) y Mohammadi et al. (2023).

4.6. Estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo Weibull

La formulación M3, identificada previamente como la de mayor aceptabilidad sensorial, fue sometida a la estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo Weibull.

La vida útil sensorial del pan dulce se estimó aplicando la metodología de riesgo acumulado de Weibull, a partir de los datos de aceptación y rechazo obtenidos durante las evaluaciones sensoriales realizadas a lo largo del período de almacenamiento. La probabilidad acumulada de rechazo fue ajustada al modelo Weibull, a partir del cual se estimaron los parámetros de forma (β) y escala (α).

En la siguiente tabla se presentan los resultados resumidos de las evaluaciones realizadas a 60 consumidores, correspondientes a la aceptación y rechazo del pan dulce M3 en función del tiempo de almacenamiento.

Tabla 28

Aceptación y rechazo del pan dulce M3 durante el almacenamiento.

Día	Aceptan	Rechazan	% Aceptación	% Rechazo
0	60	0	100,00	0,00
1	55	5	91,67	8,33
2	45	15	75,00	25,00
3	27	33	45,00	55,00
4	12	48	20,00	80,00
5	5	55	0,00	100,00

Para el ajuste del modelo Weibull no se consideraron los datos correspondientes al día 0 ni al día 5 de almacenamiento. El día 0 fue excluido debido a que presenta un 0 % de rechazo, mientras que el día 5 fue excluido por presentar un 100 % de rechazo, condiciones que no son admitidas en la transformación logarítmica del modelo Weibull, ya que generan valores indefinidos. En consecuencia, el análisis se realizó únicamente con los datos comprendidos entre el día 1 y el día 4, donde las probabilidades de rechazo se encuentran dentro del intervalo abierto ($0 < F(t) < 1$), permitiendo la correcta estimación de los parámetros del modelo.

En la siguiente tabla se presentan los valores de rechazo sensorial, expresados en número de consumidores y probabilidad acumulada de rechazo, correspondientes a los días considerados para el ajuste del modelo Weibull.

Tabla 29

Probabilidad acumulada de rechazo empleada en el ajuste del modelo Weibull.

Día	Panelistas	Rechazo	% Rechazo	F(t) = Probabilidad de rechazo acumulado
1	60	5	8.33	0.083
2	60	15	25.00	0.250
3	60	33	55.00	0.550
4	60	48	80.00	0.800

En la siguiente tabla se transforman los datos de tiempo (t) y probabilidad acumulada de rechazo F(t) para obtener la relación lineal del modelo Weibull:

Tabla 30

Linealización del modelo Weibull para el pan dulce M3.

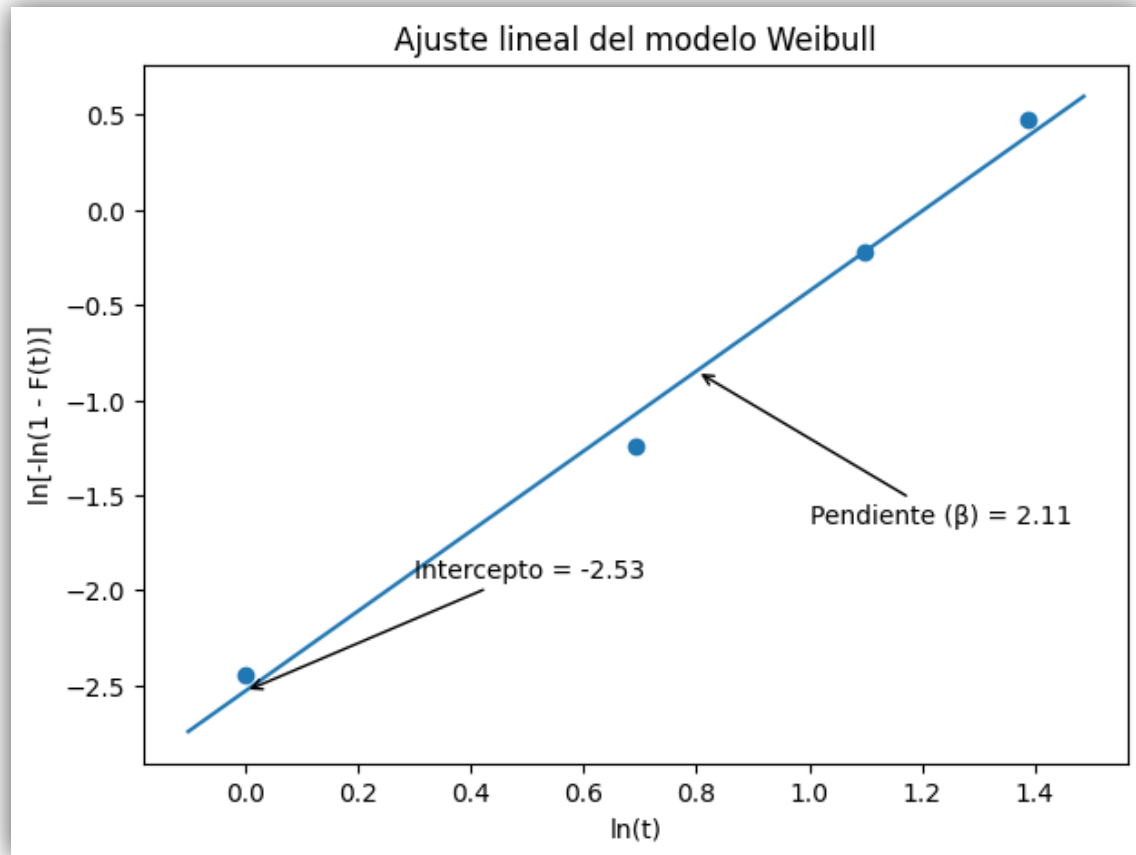
Día (t)	F(t)	1 – F(t)	$-\ln(1 - F(t))$	$\ln[-\ln(1 - F(t))]$	$\ln(t)$
1	0,083	0,917	0,087	-2,44	0,000
2	0,250	0,750	0,288	-1,24	0,693
3	0,550	0,450	0,798	-0,23	1,099
4	0,800	0,200	1,609	0,48	1,386

Nota. Se excluyeron los días con 0 % y 100 % de rechazo por no ser compatibles con la transformación logarítmica del modelo Weibull.

A partir de los datos de probabilidad acumulada de rechazo presentados en la tabla anterior, se realizó la linealización del modelo Weibull, graficando la relación entre $\ln(t)$ y $\ln[-\ln(1 - F(t))]$. Esta transformación permitió evaluar el ajuste del modelo a los datos experimentales y estimar los parámetros de forma (β) y escala (α) mediante regresión lineal.

Tabla 31

Ajuste lineal del modelo Weibull para la estimación de la vida útil sensorial.



Nota. La figura, muestra la linealización del modelo de riesgo acumulado de Weibull. La pendiente de la recta corresponde al parámetro de forma β , cuyo valor fue 2,11, indicando un incremento acelerado del rechazo sensorial. El intercepto de la recta fue $-2,53$.

A partir del intercepto b y la pendiente β , se calculó el parámetro de escala α , obteniéndose un valor de 3,33 días.

$$b = -\beta \ln(\alpha)$$

$$\ln(\alpha) = -\frac{b}{\beta}$$

$$\alpha = e^{-b/\beta}$$

Reemplazamos:

$$\alpha = e^{2.53/2.11}$$

$$\alpha = 3,32 \text{ días}$$

La determinación de la vida útil sensorial se realizó considerando un nivel crítico de rechazo del 50 % de los consumidores. Por lo tanto:

$$F(t) = 1 - e^{-(t/\alpha)^\beta}$$

Se despeja y queda de la siguiente manera:

$$t_{50} = \alpha (\ln 2)^{1/\beta}$$

$$t_{50} = 3.32(\ln 2)^{1/2.11}$$

$$t_{50} = 2,8 \text{ días}$$

La vida útil sensorial de la formulación M3 fue estimada mediante el modelo de riesgo acumulado de Weibull, obteniéndose un parámetro de escala (α) de 3,32 días, el cual representa el tiempo característico asociado al incremento significativo del rechazo sensorial del producto. Asimismo, considerando un nivel crítico de rechazo del 50 %, la vida útil sensorial estimada fue de aproximadamente 2,8 días.

Estos resultados son coherentes con lo reportado para panes dulces de elaboración artesanal, cuya vida útil suele verse limitada por procesos como la retrogradación del almidón y la pérdida de humedad (Lazaridou et al., 2007). De manera similar, estudios como el de Cacak-Pietrzak et al. (2023) señalan que la incorporación de harinas de leguminosas puede modificar la absorción de agua y acelerar cambios estructurales durante el almacenamiento, lo cual concuerda con la duración observada en el presente estudio. En este contexto, la vida útil obtenida se encuentra dentro de los rangos esperados para productos con características similares y respalda la aplicabilidad del modelo de Weibull para la estimación de la vida útil sensorial en productos de panificación.

V. CONCLUSIONES

- La caracterización fisicoquímica de las materias primas evidenció diferencias marcadas en su composición, destacando la harina de tarwi por su alto contenido de proteínas y lípidos, la harina de lúcuma por su elevado aporte de carbohidratos y la inulina por su naturaleza de fibra dietética soluble. En conjunto, estos resultados confirman que las materias primas utilizadas presentan una composición adecuada y complementaria, sustentando su empleo en el desarrollo de un pan dulce con valor nutricional y funcional mejorado.
- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, con adición de inulina, influyó incrementando el contenido de cenizas del pan dulce (0,49 % en M0 vs 0,72–0,89 % en M1–M3), lo que refleja un mayor aporte mineral; mientras que mantuvo estables los parámetros de humedad (24,45–25,11 %), acidez (0,175–0,178 %) y pH (5,12–5,15), evidenciando que la reformulación no comprometió la estabilidad fisicoquímica del producto.
- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, con adición de inulina, influyó mejorando el perfil nutricional del pan dulce al incrementar proteína (10,37 % a 12,82–14,57 %) y fibra (1,48 % a 4,15–4,25 %), reducir carbohidratos (56,96 % a 47,90–51,31 %) y aumentar ligeramente el hierro (7,25 a 7,46–7,55 mg), manteniendo un valor calórico prácticamente constante (323,77–325,38 Kcal).
- La evaluación sensorial permitió concluir que la formulación M3 fue la alternativa con mayor aceptación global. Los análisis estadísticos (ANOVA y Tukey) confirmaron que la formulación influyó de manera significativa en la aceptación sensorial del pan dulce ($p < 0,05$), evidenciándose diferencias entre las muestras en apariencia, olor, sabor y textura, destacando M3 por presentar las medias más altas y diferenciarse de las formulaciones iniciales.
- La hipótesis alterna (H1) plantea que al menos una formulación con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y harina de lúcuma, con adición de inulina, influye en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del pan dulce. En función de los resultados, se evidenció influencia: fisicoquímicamente (comparación descriptiva) se incrementó el contenido mineral (cenizas) sin cambios relevantes en humedad, acidez y

pH; nutricionalmente (comparación descriptiva) se observó mayor proteína y fibra, y menor proporción de carbohidratos respecto al control; y sensorialmente (evidencia estadística) el análisis ANOVA y Tukey confirmó diferencias significativas entre formulaciones ($p < 0,05$). En conjunto, la evidencia respalda la validez de H1 y permite rechazar H0 para el contexto del estudio, destacando que la formulación M3 presentó el mejor desempeño global por su mayor aceptación sensorial y un perfil fisicoquímico–nutricional favorable.

- El análisis microbiológico de la formulación M3 evidenció un recuento de mohos inferior a 10 UFC/g, cumpliendo con los criterios microbiológicos establecidos para productos de panificación y confirmando la inocuidad del producto.
- La estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo de riesgo acumulado de Weibull determinó que la formulación M3 presentó una vida útil sensorial de 2,8 días, correspondiente al punto de rechazo del 50 % de los panelistas, valor coherente con lo esperado para panes dulces de elaboración artesanal.

VI. RECOMENDACIONES

- Ajustar el proceso de almacenamiento considerando la vida útil sensorial estimada de 2,8 días, mediante el empleo de envases o materiales que reduzcan la pérdida de humedad y el endurecimiento de la miga. Asimismo, se recomienda evaluar la incorporación de técnicas de empaquetado activo o el uso de atmósfera modificada, con la finalidad de prolongar la vida útil del producto sin comprometer sus características sensoriales.
- Evaluar otros niveles de sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*), así como diferentes concentraciones de inulina, con el objetivo de optimizar el perfil nutricional del pan dulce manteniendo una adecuada aceptabilidad sensorial.
- Realizar estudios complementarios de vida útil microbiológica, considerando otros grupos microbianos indicadores y diferentes condiciones de almacenamiento, a fin de ampliar la información sobre la estabilidad e inocuidad del producto durante su conservación.
- Analizar el comportamiento reológico de la masa y las propiedades texturales del pan dulce mediante técnicas instrumentales, con el propósito de profundizar en el efecto tecnológico de la incorporación de ingredientes funcionales sobre la estructura y calidad del producto final.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aquino, C. (2021). Anemia infantil en el Perú: un problema aún no resuelto. *Revista Cubana de Pediatría*, 93(1). Epub 01 de marzo de 2021. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312021000100018&lng=es&tlng=es.
- Association of Official Analytical Chemists. (1990). Official methods of analysis (15th ed. ed.). *AOAC International*.
- Atchison, G., Snowy, B., Eastwood, R., Contreras-Ortiz, N., Reynel, C., Godmother, S., Filatov, D. y Hughes, C. (2016). Cultivos perdidos de los incas: orígenes de la domesticación de la leguminosa tarwi andina, *Lupinus mutabilis*. *Revista americana de botánica*. 103(9), 1592-1606. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600171>
- Babaoglu, H., Tontul, S., y Akın, N. (2021). Enriquecimiento de pan de masa madre con fibra mediante polvo rico en inulina de alcachofa de Jerusalén. *Revista de Procesamiento y Conservación de Alimentos*, 45(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15928>
- Barros, J. y Franco, C. (2021). Cambios en la reología, calidad y envejecimiento de panes blancos enriquecidos con inulina de polimerización media. *Journal of Texture Studies*. <https://doi.org/10.1177/1082013221991259>
- Cacak-Pietrzak, G., Sujka, K., Książak, J., Bojarszczuk, J. y Dziki, D. (2023). Pan de trigo de masa madre enriquecido con harina de alcatraz y semillas de lupino: Propiedades fisicoquímicas y sensoriales. *Ciencias Aplicadas*, 13 (15). <https://doi.org/10.3390/app13158664>
- Cardelli, C., & Labuza, T. P. (2001). Aplicación del análisis de riesgos de Weibull a la determinación de la vida útil del café tostado y molido. *LWT – Food Science and Technology*, 34(5), 273–278. <https://doi.org/10.1006/food.2000.0732>
- Carvajal-Larenas, F., Linnemann, A., Nout, M., Koziol, M., y Van-Boekel, M. (2013). Modelado del proceso acuoso de desamargado del *Lupinus mutabilis* Sweet. *LWT – Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 53(2), 507–516. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.017>
- Cauvain, S., y Young, L. (2015). Tecnología de la panificación (3.^a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14687-4>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1979). *Norma COVENIN 1315-79: Determinación de pH en productos alimenticios*. Fondo de Normalización y Certificación de Calidad (FONDONORMA). <https://www.fondonorma.org.ve>

- Cupita, W. (2014). Efecto de la adición de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) en la elaboración del pan. Puno-Perú: Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3421>
- Durakova, A., Vasileva, A., Slavov, A. y Choroleeva, K. (2021). Nueva mezcla preparada para galletas enriquecida con lúcuma en polvo, fruto subtropical. *En la Serie de Conferencias IOP: Ciencia e Ingeniería de Materiales* (Vol. 1031, N.º 1, p. 012116). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1031/1/012116/meta>
- Garay, O. (2015). El tarwi, alternativa para la lucha contra la desnutrición infantil (Manual). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Recuperado de <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/731>
- Gutiérrez-Castillo, C., Alcázar-Alay, S., Vidaurre-Ruiz, J., Correa, M., Cabezas, D., Repo-Carrasco-Valencia, R., y Encina-Zelada, C. (2022). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la calidad de la masa y el pan. *Food Science and Technology International*, 29(6), 619–630. <https://doi.org/10.1177/10820132221106332>
- Huaman, A. (2022). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de galletas a base de harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) y harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) con colágeno hidrolizado. Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/17427>
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos (2.^a ed.). Ministerio de Salud del Perú. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablas-peruanas.pdf?v=1684253633>
- Lawless, H y Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food: Principles and practices (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. (2007). Efectos de los hidrocoloides sobre la reología de la masa y los parámetros de calidad del pan en formulaciones sin gluten. *Revista de ingeniería de alimentos*, 79(3), 1033–1047. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032>
- Mohammadi, F., Shiri, A., Tahmouzi, S., Mollakhalili-Meybodi, N. y Nematollahi, A. (2023). Aplicación de la inulina en el pan: Una revisión de las propiedades tecnológicas y los

- factores que afectan su estabilidad. *Ciencia de los Alimentos y Nutrición*, 11, 639-650. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3141>
- Nigro, G., Gasparre, N., Vurro, F., Pasqualone, A., & Rosell, C. (2025). Harina de altramuz como sustituto del trigo en la panificación convencional y con masa madre: impacto en las propiedades fisicoquímicas y el perfil de volátiles del pan. *Investigación y tecnología alimentaria europea*. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04694-1>
- Roberfroid, M. B. (2005). Introducción a los fructanos tipo inulina. *British Journal of Nutrition*, 93(Suplemento 1), S13–S25. <https://doi.org/10.1079/BJN20041350>
- Roberfroid, M. B. (2007). Fructanos tipo inulina: ingredientes funcionales en alimentos. *The Journal of Nutrition*, 137(11 Supl.), S2493S-S2502S. <https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2493S>
- Rumiche, R., y Rumiche, K. (2023). Efecto del uso de harina de lúcuma como agente reductor de actividad de agua sobre los atributos fisicoquímicos, sensoriales y tiempo de vida útil de la pulpa de lúcuma (*Pouteria lucuma*) (Tesis de pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola. Repositorio institucional. Recuperado de <https://repositorio.usil.edu.pe/bitstreams/ccedf276-79d9-4e9a-aae2-85ae67898fb5/download>
- Samilyk, M., Nahorny, Y., Marenkova, T. y Bokovets, S. (2025). Influencia de los ingredientes enriquecidos en las propiedades funcionales y el valor nutricional del pan. *Auditoría Tecnológica y Reservas de Producción*, 3 (3(83), 63–68. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.329145>
- Sharma, A., Garg, S., Sheikh, I., Vyas, P. y Dhaliwal, H. S. (2020). Efecto de la composición proteica del grano de trigo en la calidad final. *Revista de ciencia y tecnología de los alimentos*. 57(8), 2771–2785. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04222-6>
- Shewry, P. (2009). Trigo. *Revista de Botánica Experimental*, 60(6), 1537–1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>
- Plustea, L., Negrea, M., Cocan, I., Radulov, I., Tulcan, C., Berbecea, A., Popescu, I., Obistioiu, D., Hotea, I., Suster, G., Boeriu, A. y Alexa, E. (2022). Pan fortificado con lupino (*Lupinus spp.*): Una solución sostenible y nutricional, funcional y tecnológicamente valiosa para la panadería. *Foods*, 11 (14), 2067. <https://doi.org/10.3390/foods11142067>
- Taipe, J. y Veloso, A. (2020). *Estado del arte de la caracterización de la biomasa residual de Lupinus mutabilis Sweet y su propuesta metodologica*. Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de

<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e83c240d-8c7b-413e-86fa-a2fbefa178e0/content>

- Tokumura, C. y Mejía, E. (2023). Anemia infantil en el Perú: en el baúl de los pendientes. *Revista Médica Herediana*, 34(1), 3-4. Epub 10 de abril de 2023. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2023000100003
- Vidaurre-Ruiz, J., Vargas, R. Alcázar-Alay, S., Encina-Zelada, C., Cabezas, D., Correa, M. y Repo-Carrasco-Valencia, R. (2022), Cultivos andinos: harinas de kañiwa y tarwi utilizadas para la elaboración de muffins veganos sin gluten. *J Sci Food Agric*, 102: 7282-7292. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12094>
- Wieser, H. (2007). Química de las proteínas del gluten. *Microbiología de los Alimentos*. 24(2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- Wieser, H., Koehler, P. y Scherf, K. A. (2020). Las dos caras del trigo. *Frontiers in Nutrition*. 7, 517313. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.517313>
- Zhang, S., Liu, S., Shen, L., Chen, S., He, L. y Liu, A. (2022). Aplicación de la espectroscopia de infrarrojo cercano para el análisis no destructivo de harina de trigo: Una revisión. *Investigación actual en ciencias de la alimentación*. 5, 1305-1312. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.08.006>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico del proceso de elaboración del pan dulce.

Figura 7

Pesado de las harinas e inulina para la elaboración del pan dulce.



Figura 8

Pesado de otros ingredientes según las formulaciones M0, M1, M2 y M3.



Figura 9

Disolución del azúcar en agua.

**Figura 10**

Mezclado de ingredientes, para el amasado 1 en M0

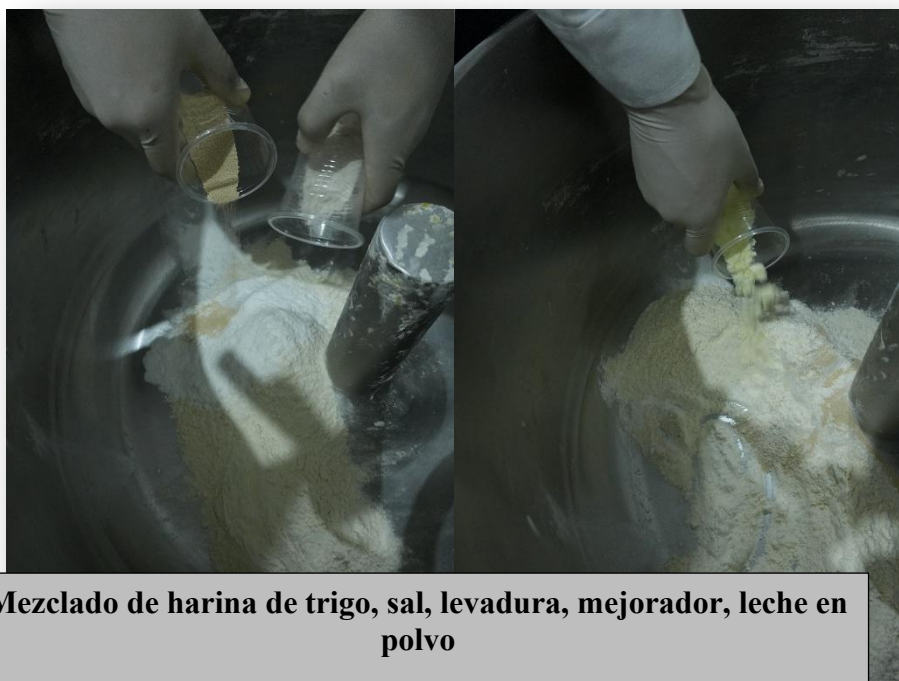
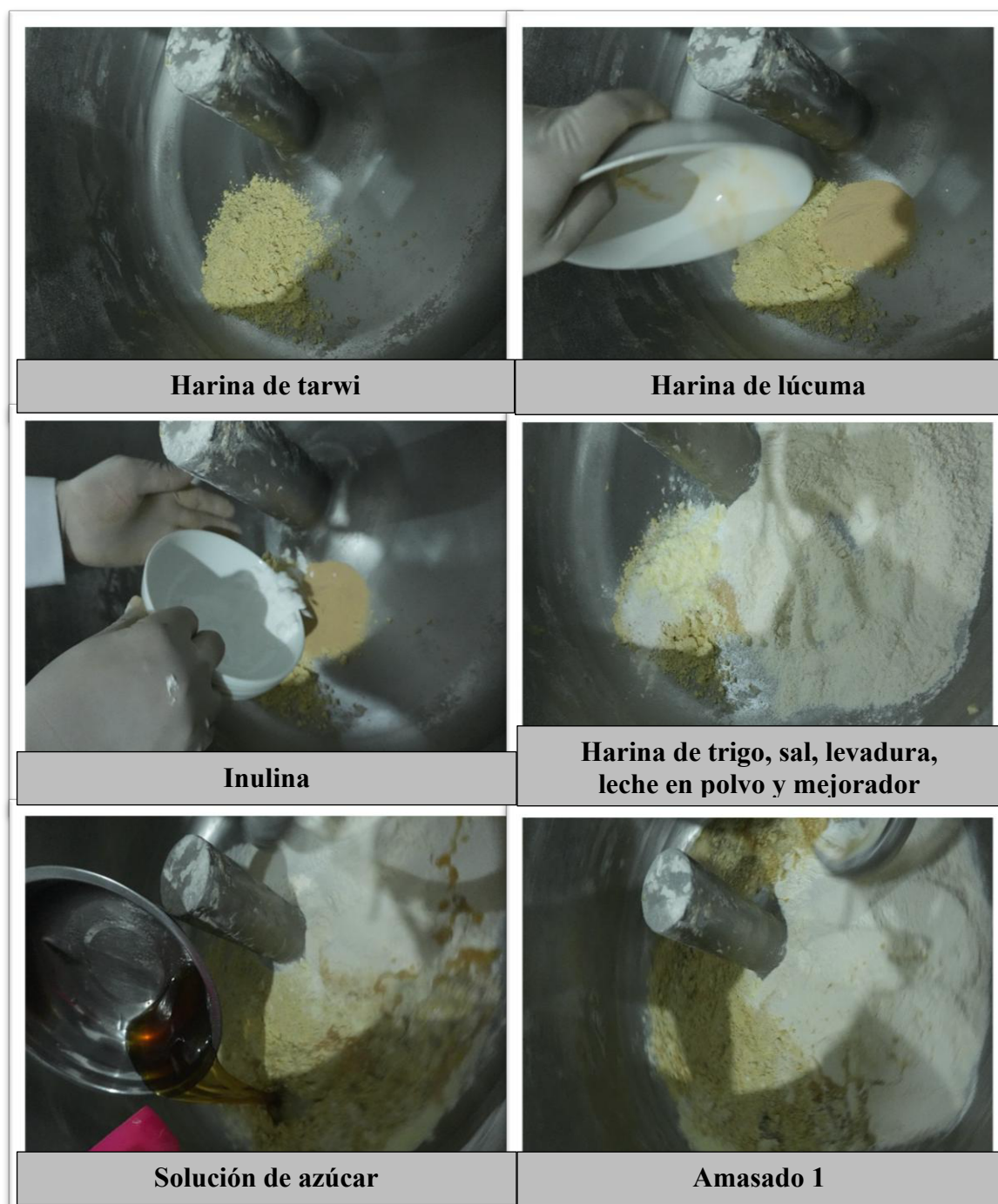


Figura 11

Mezclado de ingredientes, para el amasado 1 en M1, M2 y M3



Nota. El proceso de mezclado se repitió en las formulaciones M1, M2 y M3 para el primer amasado. La harina de tarwi se incorporó en proporciones de 25 %, 20 % y 15 %, respectivamente; mientras que la harina de lúcuma se mantuvo constante en 5 % en todas las formulaciones. Asimismo, la inulina se adicionó en una proporción fija de 5 % como parte de los ingredientes en las formulaciones M1, M2 y M3.

Figura 12

Incorporación de la manteca para el amasado 2 en M0.

**Figura 13**

Incorporación de la manteca para el amasado 2 en M1, M2 y M3.

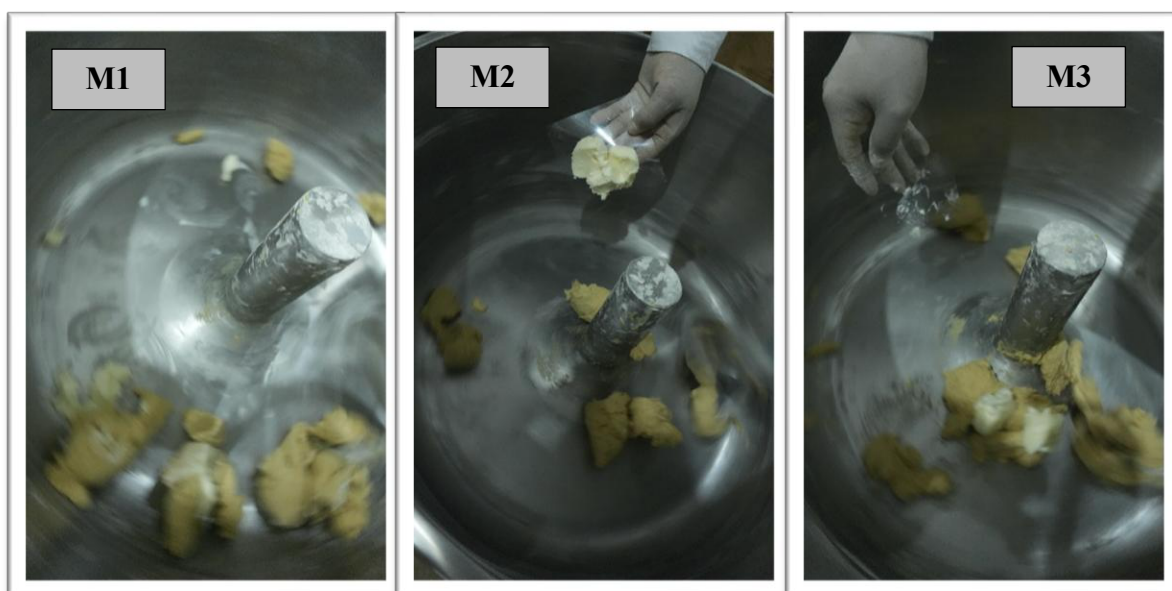


Figura 15

Masas obtenidas según las formulaciones M0, M1, M2 y M3.

**Figura 14**

Boleado de las unidades previamente pesadas (30 g cada una).



Figura 16

Disposición en bandejas de las unidades previo a la fermentación.



Figura 17

Pan dulce obtenido después del horneado según las formulaciones.



Anexo 2. Registro fotográfico de la evaluación sensorial del pan dulce.

Figura 18

Ficha de evaluación sensorial del pan dulce.

**FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAN DULCE ELABORADO CON
HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*), HARINA DE TARWI (*Lupinus
mutabilis*), HARINA DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) E INULINA**

Apellidos: _____

Nombres: _____

Edad: _____ Sexo: (M) (F) Fecha: ____ / ____ / 2025

Instrucciones: Pruebe las muestras identificadas con códigos y seleccione, para cada atributo, el número que mejor exprese su grado de aceptación.

Atributo	Muestra 271	Muestra 395	Muestra 482	Muestra 614
Apariencia general				
Olor				
Sabor				
Textura				

Escala de evaluación:

9 = Me gusta muchísimo

8 = Me gusta mucho

7 = Me gusta bastante

6 = Me gusta ligeramente

5 = Ni me gusta, ni me disgusta

4 = Me disgusta ligeramente

3 = Me disgusta bastante

2 = Me disgusta mucho

1 = Me disgusta muchísimo

Figura 20

Preparación de las muestras de pan dulce para la evaluación sensorial.

**Figura 19**

Muestras de pan dulce y ficha empleada en la evaluación sensorial.

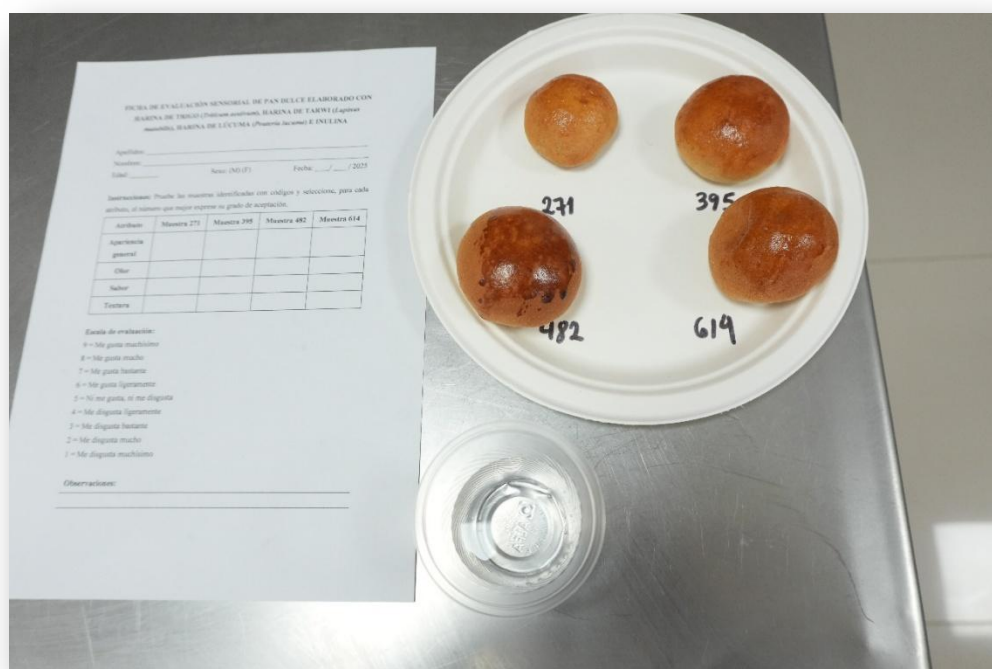


Figura 21

Aplicación de la evaluación sensorial del primer grupo de panelistas.



Figura 22

Aplicación de la evaluación sensorial del segundo grupo de panelistas.



Tabla 32*Datos de la evaluación sensorial del pan dulce.*

Panelista	Muestra 482 (M0)				Muestra 271 (M1)				Muestra 395 (M2)				Muestra 614 (M3)			
	Apariencia	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
1	7	5	5	6	5	5	5	6	6	6	6	6	8	8	7	5
2	5	4	6	4	7	8	6	8	7	8	7	8	8	7	8	8
3	5	5	5	7	7	6	6	7	7	7	6	6	7	7	7	7
4	8	5	7	6	5	5	3	4	6	6	5	5	8	8	6	7
5	7	5	5	5	7	6	6	6	8	9	8	7	8	7	8	8
6	6	8	5	6	6	5	5	6	7	7	7	8	8	7	7	8
7	7	6	5	7	6	6	5	6	6	6	6	6	7	7	8	7
8	5	6	6	5	6	6	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6
9	7	7	5	7	6	6	4	6	7	7	7	7	8	8	8	8
10	7	6	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	6	6	5
11	5	6	4	6	7	5	5	6	7	6	6	6	8	7	7	7
12	7	5	6	6	6	5	5	5	6	6	5	6	8	7	6	8
13	6	5	5	6	9	6	7	6	9	7	8	7	9	9	8	8
14	6	6	5	7	8	7	9	8	8	9	9	9	7	7	7	7
15	7	6	4	4	6	6	6	7	6	7	7	7	7	6	8	7
16	6	5	4	4	8	6	5	4	7	6	6	6	6	8	6	7
17	5	5	7	7	5	5	6	4	8	5	7	6	7	7	5	8
18	5	5	5	5	7	4	4	6	6	5	7	7	7	5	8	7
19	5	5	5	5	7	6	5	5	7	9	6	7	8	7	8	9
20	8	8	4	7	6	6	5	6	7	7	7	7	8	7	6	7
21	7	7	6	5	5	6	6	6	6	7	7	6	8	7	6	7
22	7	6	6	6	8	7	7	8	8	8	7	8	8	8	7	7
23	7	7	7	6	6	5	6	6	7	7	8	8	6	6	6	6
24	6	5	4	7	8	6	6	7	8	7	6	7	8	7	6	7
25	5	5	7	4	5	8	7	8	8	8	8	9	8	8	7	8
26	6	5	4	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6	7	7	8
27	6	5	5	5	6	6	4	5	5	5	6	6	6	7	7	8
28	6	5	6	5	5	6	6	5	5	6	6	6	7	7	7	7
29	6	6	4	4	5	4	4	5	5	6	4	5	5	5	6	6
30	7	4	4	4	6	6	5	5	7	4	5	6	7	5	6	6

Anexo 3. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la harina de trigo.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**



INFORME DE ENSAYO Nº 1353

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre : Harina de trigo
 Código : H-TRI
 Forma de presentación : Bolsa hermética
 Estado del envase : Bueno
 Naturaleza del envase : Polietileno
 Procedencia : Chiclayo-Lambayeque
 Fecha de elaboración : 09-09-2025
 Llegada al laboratorio : 09-09-2025
 Fecha de análisis : 09-09-2025

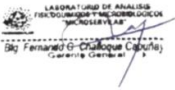
IV. TIPO DE ANALISIS
 PROXIMAL- FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO
 Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad (%)	:	9.92 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa (%)	:	2.22 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas (%)	:	0.40 %	Method AOAC 923.03 Calcination
• Proteína (%)	:	10.77 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra (%)	:	1.50 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos (%)	:	75.19 %	Method FAO Diferencial
• Materia seca (%)	:	90.08 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico kcal	:	365.152 kcal	Method FAO Atwater
• Acidez (%)	:	0.063 %	Method AOAC 943.02
• Ph Unidades	:	6.63	Method AOAC 981.12 Potenciometrico



LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO
"MICROSERVILAB"
Dr. Fernando Chacabarro Córdova
Gerente General

Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 4. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la harina de tarwi.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO Nº 1354



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Harina de tarwi
Código	: H-TAR
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 09-09-2025
Llegada al laboratorio	: 09-09-2025
Fecha de análisis	: 09-09-2025

IV. TIPO DE ANALISIS

PROXIMAL- FISICOQUIMICO

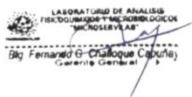
V. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad	(%)	: 6.10 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa	(%)	: 24.10 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas	(%)	: 1.50 %	Method AOAC 923.03 Calcinacion
• Proteína	(%)	: 48.68 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra	(%)	: 7.30 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos	(%)	: 12.32 %	Method FAO Diferencial
• Materia seca	(%)	: 93.90 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico	kcal	: 475.36 kcal	Method FAO Atwater
• Acidez	(%)	: 0.054 %	Method AOAC 943.02
• Ph	Unidades	: 6.12	Method AOAC 981.12 Potenciometrico



LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO
"MICROSERVILAB"
Dr. Fernando G. Chacque Cárdenas
Gerente General

Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com
Cel: 949019545

Anexo 5. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la harina de lúcuma.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**



INFORME DE ENSAYO Nº 1355

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre : Harina de lucuma
 Código : H-LUC
 Forma de presentación : Bolsa hermética
 Estado del envase : Bueno
 Naturaleza del envase : Polietileno
 Procedencia : Chiclayo-Lambayeque
 Fecha de elaboración : 09-09-2025
 Llegada al laboratorio : 09-09-2025
 Fecha de análisis : 09-09-2025

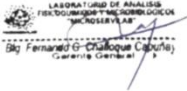
IV. TIPO DE ANALISIS
PROXIMAL- FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO
Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinacion de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad	(%)	:	9.45 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa	(%)	:	2.30 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas	(%)	:	2.20 %	Method AOAC 923.03 Calcination
• Proteína	(%)	:	4.78 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra	(%)	:	2.10 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos	(%)	:	79.17 %	Method FAO Diferencial
• Materia seca	(%)	:	90.55 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico	kcal	:	357.88 kcal	Method FAO Atwater
• Acidez	(%)	:	0.064 %	Method AOAC 943.02
• Ph	Unidades	:	6.64	Method AOAC 981.12 Potenciometrico



LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO
"MICROSERVILAB"
Dr. Fernando G. Chalcuque Cabello
Calle 100 N° 100

Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 6. Informe de análisis fisicoquímico proximal de la inulina.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO Nº 1356



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcumá (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Inulina
Código	: IN
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 09-09-2025
Llegada al laboratorio	: 09-09-2025
Fecha de análisis	: 09-09-2025

IV. TIPO DE ANALISIS

PROXIMAL- FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad (%)	: 2.90 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa (%)	: 0.00 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas (%)	: 0.16 %	Method AOAC 923.03 Calcinacion
• Proteína (%)	: 0.00 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra (%)	: 0.00 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos (%)	: 96.94 %	Method FAO Diferencial
• Acidez (%)	: 6.99 %	Method AOAC 943.02



LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO
"MICROSERVILAB"
Dr. Fernando C. Chalcoque Coburn
Lambayeque, Peru

Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 7. Informe de análisis fisicoquímico proximal del pan dulce M0.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO N° 1349



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

“Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce”

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan dulce
Código	: F0 (H-TRI:100 %)
Forma de presentación	: Bolsa hermético
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 09-09-2025
Llegada al laboratorio	: 09-09-2025
Fecha de análisis	: 09-09-2025

IV. TIPO DE ANALISIS

PROXIMAL- FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad	(%)	: 24.80 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa	(%)	: 5.90 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas	(%)	: 0.49 %	Method AOAC 923.03 Calcination
• Proteína	(%)	: 10.37 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra	(%)	: 1.48 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos	(%)	: 56.96 %	Method FAO Diferencial
• Materia seca	(%)	: 75.20 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico	kcal	: 325.38 kcal	Method FAO Atwater
• Acidez	(%)	: 0.175 %	Method AOAC 943.02
• Ph	Unidades	: 5.12	Method AOAC 981.12 Potenciometrico



Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 8. Informe de análisis fisicoquímico proximal del pan dulce M1.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO Nº 1350



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan dulce
Código	: F1 (H-TRI:70 % H-TAR:25% H-LUC:5%)
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 09-09-2025
Llegada al laboratorio	: 09-09-2025
Fecha de análisis	: 09-09-2025

IV. TIPO DE ANALISIS

PROXIMAL- FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinacion de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad	(%)	: 25.11 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa	(%)	: 7.28 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas	(%)	: 0.89 %	Method AOAC 923.03 Calcinacion
• Proteína	(%)	: 14.57 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra	(%)	: 4.25 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos	(%)	: 47.90 %	Method FAO Diferencial
• Materia seca	(%)	: 74.89 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico	kcal	: 323.90 kcal	Method FAO Atwater
• Acidez	(%)	: 0.177 %	Method AOAC 943.02
• Ph	Unidades	: 5.13	Method AOAC 981.12 Potenciometrico



LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGIA
"MICROSERVILAB"
Dr. Fernando G. Cevallos Caceres
Gerente General

Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com
Cel: 949019545

Anexo 9. Informe de análisis fisicoquímico proximal del pan dulce M2.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO Nº 1351



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan dulce
Código	: F2 (H-TRI:75 % H-TAR:20% H-LUC:5%)
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 09-09-2025
Llegada al laboratorio	: 09-09-2025
Fecha de análisis	: 09-09-2025

IV. TIPO DE ANALISIS

PROXIMAL- FISICOQUIMICO-MICROBIOLOGICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad (%)	: 24.51 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa (%)	: 6.92 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas (%)	: 0.80 %	Method AOAC 923.03 Calcination
• Proteína (%)	: 13.70 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra (%)	: 4.20 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos (%)	: 49.87 %	Method FAO Diferencial
• Materia seca (%)	: 75.49 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico kcal	: 324.96 kcal	Method FAO Atwater
• Acidez (%)	: 0.178 %	Method AOAC 943.02
• Ph Unidades	: 5.14	Method AOAC 981.12 Potenciometrico



LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO-MICROBIOLOGICO
"MICROSERVILAB"
Dr. Fernando G. Chalque Caputo
Gerente General

Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 10. Informe de análisis fisicoquímico y microbiológico del pan dulce M3.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO Nº 1352



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan dulce
Código	: F3 (H-TRI:80 % H-TAR:15% H-LUC:5%)
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 09-09-2025
Llegada al laboratorio	: 09-09-2025
Fecha de análisis	: 09-09-2025

IV. TIPO DE ANALISIS

PROXIMAL- FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

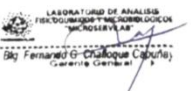
VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinacion de criterios proximales-fisicoquimicos

• Humedad (%)	: 24.45 %	Method AOAC 925.45 Secado en estufa
• Materia grasa (%)	: 6.55 %	Method AOAC 920.39 Soxhlet
• Cenizas (%)	: 0.72 %	Method AOAC 923.03 Calcinacion
• Proteina (%)	: 12.82 %	Method AOAC 984.13 Kjeldahl
• Fibra (%)	: 4.15 %	Method AOAC 985.29 Enzimatico
• Carbohidratos (%)	: 51.31 %	Method FAO Diferencial
• Materia seca (%)	: 75.55 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico kcal	: 323.77 kcal	Method FAO Atwater
• Acidez (%)	: 0.176 %	Method AOAC 943.02
• Ph Unidades	: 5.15	Method AOAC 981.12 Potenciometrico

2. Determinacion de criterios microbiologicos

• Mohos (UFC/g)	: <10 UFC/g	Method ICMSF
-----------------	-------------	--------------



Lambayeque, Setiembre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 11. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M0.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO N° 1511



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan
Código	: M0
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 16-10-2025
Llegada al laboratorio	: 16-10-2025
Fecha de análisis	: 16-10-2025

IV. TIPO DE ANALISIS

FISICOQUIMICO

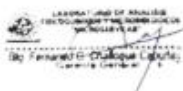
V. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios fisicoquimicos

• Hierro	(mg)	: 7.25 mg	Method Espectrofotometria UV-Vis
----------	------	-----------	----------------------------------



Fernando C. Chalkoqui Llanos
Laboratorio de Ensayos Técnicos

Lambayeque, Octubre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 12. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M1.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO Nº 1512



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:
 "Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan
Código	: M1 (25%Tarwi+5%Lucuma+5%Inulina)
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 16-10-2025
Llegada al laboratorio	: 16-10-2025
Fecha de análisis	: 16-10-2025

IV. TIPO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO
Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios fisicoquimicos

• Hierro	(mg)	: 7.55 mg	Method Espectrofotometria UV-Vis
----------	------	-----------	----------------------------------



Lambayeque, Octubre del 2025

Anexo 13. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M2.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO N° 1513



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:

"Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan
Código	: M2 (20%Tarwi+5%Lucuma+5%Inulina)
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 16-10-2025
Llegada al laboratorio	: 16-10-2025
Fecha de análisis	: 16-10-2025

IV. TIPO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO
Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios fisicoquimicos

• Hierro	(mg)	: 7.50 mg	Method Espectrofotometria UV-Vis
----------	------	-----------	----------------------------------



LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO
"MICROSERVILAB"
Chiclayo - Chiclayo (Lambayeque)
Lambayeque, Peru

Lambayeque, Octubre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 14. Informe de análisis fisicoquímico de hierro del pan dulce M3.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**

INFORME DE ENSAYO N° 1514



I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. José Esteban Flores Campos

II. TITULO DE PROYECTO:
 "Influencia de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) e inulina en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de un pan dulce"

III. DATOS DE LA MUESTRAS:

Nombre	: Pan
Código	: M3 (15%Tarwi+5%Lucuma+5%Inulina)
Forma de presentación	: Bolsa hermética
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Polietileno
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 16-10-2025
Llegada al laboratorio	: 16-10-2025
Fecha de análisis	: 16-10-2025

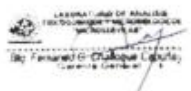
IV. TIPO DE ANALISIS
FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO
Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinacion de criterios fisicoquimicos

• Hierro	(mg)	: 7.46 mg	Method Espectrofotometria UV-Vis
----------	------	-----------	----------------------------------



Lambayeque, Octubre del 2025

Correo: contacto@microservilab.com

Cel: 949019545

Anexo 15. Requisitos fisicoquímicos según NTP 206.002 2018.

6 Requisitos

6.1 Requisitos fisico-químicos

Los bizcochos deberán cumplir con los requisitos fisico químicos presentados en la Tabla 1 .

© INACAL 2018 - Todos los derechos son reservados

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 206.002
6 de 10

Tabla 1 - Requisitos fisicoquímicos de los bizcochos

Característica	Requisito	Método de ensayo
Humedad	máximo 40,0 %	NTP 206.011
Acidez (como ácido láctico)	máximo 0,7 %	NTP 206.013
Cenizas	máximo 3,0 %	NTP 206.012

NOTA: Es posible utilizar métodos normalizados o validados

Anexo 16. Requisitos microbiológicos según NTP 206.002 2018.

6.2 Requisitos microbiológicos

Los bizcochos deberán cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2 - Requisitos microbiológicos de los bizcochos

Característica	n	c	m	M	Método de ensayo
Recuento de Mohos (UFC/g)	5	2	10^2	10^3	ISO 21527-2 FDA/BAM Cap. 18 AOAC 997.02
Recuento de <i>Escherichia coli</i> (*) (NMP/g)	5	1	3	20	ISO 7251 FDA/BAM Cap. 04 AOAC 991.14
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> (*) (UFC/g)	5	1	10	10^2	FDA/BAM Cap. 12 AOAC 975.55
Detección de <i>Salmonella</i> sp (*)	5	0	Ausencia / 25 g		ISO 6579-1 FDA/BAM Cap. 5
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> (**) (UFC/g)	5	1	10^2	10^4	FDA/BAM, Cap. 14 AOAC 980.31

(*) Para productos con relleno.
(**) Para aquellos elaborados con harina de arroz y/o maíz.

donde:

n = Número de unidades de muestra seleccionadas al azar de un lote.

m = Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a "m", representa un producto aceptable y los valores superiores a "m" indican lotes aceptables o inaceptables.

© INACAL 2018 - Todos los derechos son reservados

Anexo 17. Datos y cálculos para la estimación de la vida útil sensorial mediante el modelo Weibull.

Figura 23

Prueba de aceptación o rechazo del pan dulce M3.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA DE ACEPTACIÓN / RECHAZO

Producto: Pan dulce funcional

Formulación: M3 (15 % harina de tarwi, 5 % harina de lúcuma y 5 % inulina)

Fecha: _____ **Día:**

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

Código de muestra: 614

Instrucciones: Estimado consumidor, por favor pruebe la muestra de pan dulce que se le presenta y marque con una (X) la opción que mejor represente su decisión general sobre el producto.

☐

ACEPTO el producto

☐

RECHAZO el producto

Tabla 33*Percepción de tiempo de vida útil de los panelistas.*

Tiempo/ Panelista	0	1	2	3	4	5
1	+	+	+	-	-	-
2	+	+	-	-	-	-
3	+	+	+	-	-	-
4	+	+	-	-	-	-
5	+	-	-	-	-	-
6	+	+	+	+	-	-
7	+	+	-	-	-	-
8	+	+	+	+	-	-
9	+	+	+	-	-	-
10	+	+	+	+	+	-
11	+	+	+	+	+	-
12	+	+	+	-	-	-
13	+	+	+	+	+	-
14	+	+	+	-	-	-
15	+	+	+	+	+	-
16	+	+	+	+	+	-
17	+	+	+	+	+	-
18	+	-	-	-	-	-
19	+	+	+	+	-	-
20	+	+	+	+	+	-
21	+	+	+	+	-	-
22	+	+	+	+	-	-
23	+	-	-	-	-	-
24	+	+	-	-	-	-
25	+	+	+	-	-	-
26	+	+	+	-	-	-
27	+	+	+	+	-	-
28	+	+	+	+	+	-
29	+	+	-	-	-	-
30	+	+	-	-	-	-

31	+	+	-	-	-	-
32	+	+	+	+	+	-
33	+	+	+	+	-	-
34	+	+	-	-	-	-
35	+	+	+	+	+	-
36	+	+	+	+	+	-
37	+	+	+	+	-	-
38	+	+	+	+	-	-
39	+	+	+	+	-	-
40	+	+	+	-	-	-
41	+	+	+	-	-	-
42	+	+	+	-	-	-
43	+	+	+	-	-	-
44	+	+	+	+	+	-
45	+	+	+	-	-	-
46	+	-	-	-	-	-
47	+	-	-	-	-	-
48	+	+	+	-	-	-
49	+	+	-	-	-	-
50	+	+	+	-	-	-
51	+	+	+	-	-	-
52	+	+	+	+	-	-
53	+	+	+	-	-	-
54	+	+	+	-	-	-
55	+	+	+	+	-	-
56	+	+	+	+	-	-
57	+	+	+	+	-	-
58	+	+	+	-	-	-
59	+	+	-	-	-	-
60	+	+	+	+	-	-

Nota. En esta tabla observamos la percepción de los panelistas con respecto a los atributos del producto teniendo en cuenta que el símbolo (+) significa aceptado y el símbolo (-) significa rechazado.

Tabla 34*Codificación de la aceptación del tiempo de vida útil.*

Tiempo/ Panelista	0	1	2	3	4	5
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	1	1	1
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	1	1	1
5	0	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	1	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	0	0	0	1	1
9	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	1	1	1
13	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	1	1	1
15	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	0	0	1
17	0	0	0	0	0	1
18	0	1	1	1	1	1
19	0	0	0	0	1	1
20	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	1	1
22	0	0	0	0	1	1
23	0	1	1	1	1	1
24	0	0	1	1	1	1
25	0	0	0	1	1	1
26	0	0	0	1	1	1
27	0	0	0	0	1	1
28	0	0	0	0	0	1
29	0	0	1	1	1	1
30	0	0	1	1	1	1

31	0	0	1	1	1	1
32	0	0	0	0	0	1
33	0	0	0	0	1	1
34	0	0	1	1	1	1
35	0	0	0	0	0	1
36	0	0	0	0	0	1
37	0	0	0	0	1	1
38	0	0	0	0	1	1
39	0	0	0	0	1	1
40	0	0	0	1	1	1
41	0	0	0	1	1	1
42	0	0	0	1	1	1
43	0	0	0	1	1	1
44	0	0	0	0	0	1
45	0	0	0	1	1	1
46	0	1	1	1	1	1
47	0	1	1	1	1	1
48	0	0	0	1	1	1
49	0	0	1	1	1	1
50	0	0	0	1	1	1
51	0	0	0	1	1	1
52	0	0	0	0	1	1
53	0	0	0	1	1	1
54	0	0	0	1	1	1
55	0	0	0	0	1	1
56	0	0	0	0	1	1
57	0	0	0	0	1	1
58	0	0	0	1	1	1
59	0	0	1	1	1	1
60	0	0	0	0	1	1

Nota. En esta tabla se muestra las percepciones de los panelistas codificados el cual el aceptado tiene un valor de 0 y el rechazado un valor de 1, siendo reemplazado en la tabla para facilitar su análisis.

Figura 24

Deducción del tiempo de vida útil al 50% con el modelo Weibull

Deducción del Tiempo de Vida Útil al 50% con el Modelo Weibull

Ecuación Weibull:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

Paso 1. Criterio del 50%:

$$0,5 = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} = 0,5$$

Paso 2. Aislar el Exponencial:

$$e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} = 0,5$$

Paso 3. Aplicar Logaritmo:

$$-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta = \ln(0,5)$$

$$\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta = -\ln 2$$

Paso 4. Despejar t_{50} :

$$\left(\frac{t_{50}}{\alpha}\right)^\beta = \ln 2$$

$$t_{50} = \alpha (\ln 2)^{1/\beta}$$

Fórmula del Tiempo al 50%:

$$t_{50} = \alpha (\ln 2)^{1/\beta}$$

Aplicación:

Para este estudio:

$$\alpha = 3,32$$

$$\beta = 2,11$$

$$t_{50} \approx 3,32 (\ln 2)^{1/2,11}$$

$$t_{50} \approx 2,8 \text{ días}$$

