



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**

Instituto de Ciencias Económico Administrativo

**Licenciatura en Gastronomía**

**“Caracterización nutricional, sensorial y física mediante un sistema de visión por computadora de un panqué de zanahoria libre de insumos de origen animal”**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Licenciada en Gastronomía**

**P R E S E N T A**

Joyce Bañuelos López

**Directores:**

Dra. Nayeli Velez Rivera

Dr. Juan Ramírez Godínez

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo 2026



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

Con fundamento en los Artículos 1º y 3º de la Ley Orgánica y el Título Quinto, Capítulo II, Artículo 114, Fracción X y XI del Estatuto General, así como en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículos 40 y 41 del Reglamento de Titulación, ordenamientos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, el jurado del examen recepcional ha revisado, analizado y evaluado el trabajo titulado "CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL, SENSORIAL Y FÍSICA MEDIANTE UN SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA DE UN PANQUÉ DE ZANAHORIA LIBRE DE INSUMOS DE ORIGEN ANIMAL", presentado por la C. JOYCE BAÑUELOS LÓPEZ, con número de cuenta 378915, egresada de la LICENCIATURA EN GASTRONOMÍA, otorgando el voto aprobatorio para extender la presente:

**AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

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

**ATENTAMENTE**  
**"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"**

San Agustín Tlaxiaca, Hgo., a 27 de febrero de 2026

**EL JURADO**

*Juan Ramirez Godínez*  
**DR. JUAN RAMÍREZ GODÍNEZ**  
**PRESIDENTE**

*E. EN B. Juan Francisco Gutierrez Rodriguez*  
**E. EN B. JUAN FRANCISCO GUTIERREZ RODRÍGUEZ**  
**SECRETARIO**

*Nayeli Velez Rivera*  
**DRA. NAYELI VÉLEZ RIVERA**  
**PRIMER VOCAL**

*L.G. Tania Irais Gonzalez Quintanar*  
**L.G. TANIA IRAIS GONZÁLEZ QUINTANAR**  
**SUPLENTE**

**Vc. Bo.**

*Dra. Arlen Cerón Islas*  
**DRA. ARLEN CERÓN ISLAS**  
**DIRECTORA**

c.c.p. Coordinador de Titulación del ICEA,  
 Líder del Cuerpo Académico  
 Coordinación del programa educativo  
 AlumnoEgresado

"Amor, Orden y Progreso"

Circuito la Concepción Km. 2.5, Col. San Juan  
 Tilcuautla, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México;  
 C.P. 42160  
 Teléfono: 7717172000 Ext. 40501  
 direccion\_icea@uaeh.edu.mx





Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Instituto de Ciencias Económico Administrativas

School of Commerce and Business Administration

OFICIO DE INCORPORACIÓN AL REPOSITORIO DE TESIS

OF.ICEA/AAT/LG/109/2026

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

Por medio de la presente hago constar que la tesis en formato digital titulada "Caracterización nutricional, sensorial y física mediante un sistema de visión por computadora de un panqué de zanahoria libre de insumos de origen animal ", que presenta la pasante de la Licenciatura en Gastronomía, C. Joyce Bañuelos López, con número de cuenta 378915, es la versión final validada por el Comité Tutorial y cumple con el oficio de autorización de impresión, por lo que solicito su integración al repositorio institucional de tesis.

ATENTAMENTE  
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"  
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, 4 de marzo 2026



**DRA. ARLEY CERON ISLAS**  
**DIRECTORA**

*Juan Ramirez Godinez*  
**DR. JUAN RAMÍREZ GODINEZ**  
**COORDINADOR DE LA LICENCIATURA EN GASTRONOMÍA**

*C. Joyce Bañuelos López*  
**C. JOYCE BAÑUELOS LÓPEZ**  
**AUTORA**

"Amor, Orden y Progreso"



Circuito la Concepción Km. 2.5, Col. San Juan  
Tilcuautla, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México;  
C.P. 42160  
Teléfono: 7717172000 ExL 40501  
direccion\_icea@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

## Productividad de la Tesis

Concurso Nacional de Investigación Turística y Gastronómica Aplicada AMESTUR 2024. Reconocimiento por la obtención del 3º Lugar.



Constancia del coloquio de Investigación Turística y Gastronómica, en el Instituto de Ciencias Económico Administrativas 2025.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

OTORGAN LA PRESENTE

## CONSTANCIA

A

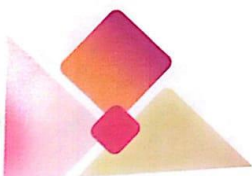
Joyce Bañuelos López

Por la presentación del Proyecto de Investigación titulado **"Panqué de zanahoria vegano, un alimento funcional para una gastronomía saludable"** en el marco del Coloquio de Investigación Turística y Gastronómica, celebrado en las Instalaciones de este Instituto el día 05 de mayo del presente año.

Asesorada por **Nayeli Vélez Rivera y Juan Ramírez Godínez.**

"Amor, Orden y Progreso"

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo a 05 de mayo de 2025



*(Signature)*  
DRA. ARLEN CERÓN ISLAS  
Directora



# ÍNDICE

Índice de tablas	8
Índice de Figuras	8
Índice de Gráficas	9
Glosario	10
Resumen	11
1. Introducción	12
2. Marco Teórico	13
2.1 Alimentos de Origen Animal (AOA)	13
2.1.1 Definición	13
2.2 Tipos de subproductos de AOA en panadería	14
2.2.1 Mantequilla	14
2.2.2 Huevo	14
2.3 Problemas de salud asociados a un consumo excesivo de AOA y subproductos	15
2.4. Veganismo	16
2.5. Insumos sustituyentes del huevo en panadería	17
2.5.1 Linaza ( <i>Linum usitatissimum L</i> )	18
2.5.2 Chía ( <i>Salvia hispanica L.</i> )	19
2.6 Pan	20
2.6.1 Masas batidas	20
2.6.1.1 Masas aireadas	20
2.6.1.2 Masas cremosas	21
2.6.2 Panadería vegana	21
2.6.3 Panqué de zanahoria	21
2.6.3.1 Valores nutricionales	22
2.6.3.2 Determinación de composición proximal	22
2.6.3.2.1 Humedad	23
2.6.3.2.2 Cenizas	23

2.6.3.2.3 Grasa	23
2.6.3.2.4 Proteína	23
2.7 Análisis sensorial	24
2.7.1 Atributos sensoriales	24
2.7.1.1 Apariencia	24
2.7.1.2 Sabor	25
2.7.1.3 Textura	25
2.8. Análisis de imágenes en productos de panificación	26
2.8.1 Procesamiento de imágenes (PI)	26
2.8.2 Extracción de parámetros colorimétricos	27
2.8.3 Extracción de parámetros texturales	27
2.9. Pruebas sensoriales (afectivas)	28
3. Justificación	29
4. Objetivo general	30
4.1 Objetivos específicos	30
5. Metodología	31
5.1 Elaboración del panqué de zanahoria	31
5.2 Preparación de sustitutos de huevo	32
5.2.1 Mezcla de chía ( <i>Salvia hispanica</i> L.)	32
5.2.2 Mezcla de linaza ( <i>Linum usitatissimum</i> L.)	33
5.3 Cálculo proximal	35
5.3.1 Determinación de humedad	36
5.3.2 Determinación de cenizas	36
5.3.3 Determinación de grasa total (extracto etéreo)	37
5.3.4 Determinación de proteína cruda	37
5.4 Caracterización física	38
5.5 Evaluación sensorial por medio de catas	40
6. Resultados y discusiones	42
6.1 Análisis proximal	42

6.1.2 Caracterización colorimétrica	44
6.3 Caracterización textural	48
6.4 Evaluación sensorial	52
7. Conclusiones	55
8. Referencias	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de ingredientes de acuerdo a la elaboración control.	32
Tabla 2. Porcentaje de ingredientes de acuerdo a la elaboración con la utilización de mezcla de chíá.	33
Tabla 3. Porcentaje de ingredientes de acuerdo a la elaboración con la utilización de mezcla de linaza.	34
Tabla 4. Total de imágenes obtenidas para la caracterización colorimétrica de los panqués de zanahoria.	38
Tabla 5. Resultados del análisis proximal.	43
Tabla 6. Caracterización colorimétrica de la miga de las muestras de panqué de zanahoria.	45
Tabla 7. Imágenes de colorimetría de las muestras de la corteza.	46
Tabla 8. Resultados de textura corteza	48
Tabla 9. Resultados de textura miga	49
Tabla 10. Multivariable Correlación de color y textura	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores nutricionales del pastel de zanahoria comercial de Starbucks.	22
Figura 2. Estructura de porosidad y distribución de tamaño por medio de análisis de imágenes.	26

Figura 3. Diagrama de proceso de elaboración del panqué de zanahoria.	35
Figura 4. Simulación del recabamiento de imágenes.	39
Figura 5. Muestras realizadas.	40
Figura 6. Prototipo de nivel de agrado.	41

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Gráfica 1. Resultados de la evaluación sensorial del panqué CTL (Control).	53
Gráfica 2. Resultados de la evaluación sensorial del panqué ZLN (Linaza).	54
Gráfica 3. Resultados de la evaluación sensorial del panque HCA (Chía).	55
Gráfica 4. Resultados de si compraría el panqué.	56

## GLOSARIO

- AOA (Alimentos de origen animal): Productos provenientes de animales como carne, pollo, pescado, o sus derivados.
- SCAA (Specialty Coffee Association): Asociación internacional que establece estándares de calidad en café.
- Porosidad: Medida del espacio vacío respecto a un objeto en relación con el volumen, usada en la caracterización de productos alimenticios.
- PI (Procesamiento de imágenes): Técnica digital utilizada para analizar y caracterizar visualmente alimentos mediante parámetros objetivos.
- Colorimetría: Estudio y medición del color, aplicado en la evaluación de la apariencia de productos.
- Caracterización física: Conjunto de pruebas para medir propiedades como volumen, humedad, densidad o color en productos alimentarios.
- Omega 3 y 6: Ácidos grasos esenciales presentes en semillas como la chía y linaza, con beneficios para la salud cardiovascular y cognitiva.
- Reacción de Maillard: Proceso químico entre azúcares y proteínas durante el horneado, responsable del color y sabor característico en productos de panadería.
- Escala hedónica: Herramienta de evaluación sensorial usada para medir el grado o desagrado de un producto en consumidores
- Antioxidantes: Compuestos que retrasan la oxidación celular, presentes en semillas como chía o linaza, con efecto protector contra enfermedades crónicas.

## Resumen

Los alimentos de origen animal aportan proteínas de alto valor biológico; sin embargo, su consumo excesivo se asocia con un elevado aporte de grasas saturadas y colesterol. En respuesta a la creciente demanda de productos de origen vegetal, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar y caracterizar un panqué de zanahoria vegano mediante la sustitución total del huevo, realizando dos panques: el primero con mezcla de chía (*Salvia hispánica L.*) y el segundo con mezcla de linaza (*Linum usitatissimum L.*).

Para ello, se realizó una investigación que incluyó el análisis proximal y la caracterización física mediante sistemas de visión por computadora, así como una evaluación sensorial afectiva. Se abordó dentro del análisis proximal la cercanía de valores de la mezcla de linaza con el panque tradicional, los cuales presentan un mayor contenido de proteína ( $2.506 \pm 0.035$  y  $3.060 \pm 0.035$ ) y ácidos grasos monoinsaturado. Asimismo, el análisis colorimétrico, textural y la evaluación sensorial afectiva, reforzaron la generación de disponibilidad y aceptación entre los consumidores hacia el panque con mezcla de linaza creando una posible alternativa funcional y nutricionalmente viable en la panadería vegana.

## 1. Introducción

El consumo excesivo de alimentos de origen animal (AOA), particularmente aquellos con alto contenido de grasas saturadas y colesterol, se ha asociado con un incremento en la prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas (Cañas y Ardila, 2023). Paralelamente, el interés por dietas basadas en plantas ha aumentado de manera significativa, impulsando la necesidad de desarrollar productos alimenticios que respondan a estas nuevas demandas nutricionales, sociales y ambientales (Abarca et al., 2024).

La sustitución del huevo en productos de panadería constituye un reto tecnológico debido a su función estructural, emulsificante y colorante. En este sentido, el uso de mezcla de chía (*Salvia hispánica L.*) y linaza (*Linum usitatissimum L.*) se presenta como una alternativa viable, ya que estos insumos poseen propiedades fisicoquímicas que favorecen la retención de humedad, la cohesión de la miga y la estabilidad del producto final, además de aportar compuestos bioactivos de interés nutricional (Murillo y Villavicencio, 2025).

Asimismo, la caracterización física mediante sistemas de visión por computadora permite una evaluación objetiva del color y la textura del panqué (Saha y Manickavasagan, 2021), complementando el análisis sensorial tradicional. La integración de estas herramientas contribuye al fortalecimiento metodológico del estudio y aporta un enfoque innovador dentro del ámbito de la investigación en la gastronomía.

En México, la oferta de productos de panadería veganos continúa siendo limitada, especialmente en preparaciones tradicionales como el panqué, lo que restringe las opciones alimentarias disponibles para personas que siguen una alimentación vegana o que buscan alternativas más saludables. Esta situación representa una oportunidad para la innovación gastronómica mediante la reformulación de productos convencionales, sin comprometer su calidad sensorial ni su aceptación por parte del consumidor (Azpíroz, 2024).

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Alimentos de Origen Animal (AOA)**

#### **2.1.1 Definición**

Los alimentos de origen animal (AOA) comprenden aquellos productos obtenidos a partir de tejidos, secreciones o derivados de animales terrestres y marinos, tales como carnes, leche, huevos y sus subproductos (Gómez y Quesada, 2019). Tradicionalmente, estos alimentos han sido valorados por su elevado contenido de proteínas de alto valor biológico, debido a su adecuada proporción y biodisponibilidad de aminoácidos esenciales requeridos para el correcto funcionamiento del organismo humano (Abarca et al., 2024).

Desde el punto de vista nutricional, los AOA constituyen una fuente relevante de micronutrientes esenciales, entre los que enfatizan el hierro, el zinc, la vitamina B12 y diversas vitaminas liposolubles. Estos compuestos participan en procesos metabólicos fundamentales, como la síntesis de hemoglobina, el funcionamiento del sistema nervioso y la respuesta inmunológica (Kalevska et al., 2020). Sin embargo, la composición nutrimental de los AOA puede variar de manera considerable en función de factores como la especie animal, el sistema de producción o procesamiento (Abarca et al., 2024).

No obstante, el creciente interés por dietas basadas en plantas, impulsando por motivos de salud, sostenibilidad ambiental y consideraciones éticas, ha favorecido la reducción o eliminación de AOA en diversas preparaciones tradicionales (Cañas y Ardila, 2023). Esta tendencia constituye un desafío para la industria alimentaria y gastronomía, ya que requiere el avance de alternativas de origen vegetal capaces de sustituir las funciones de los AOA sin comprometer la calidad sensorial ni la aceptación del producto final (González, 2023).

## **2.2 Tipos de subproductos de AOA utilizados en panadería**

### **2.2.1 Mantequilla**

La mantequilla, derivado lácteo producido por batido (churning) de nata, invierte la emulsión natural de la leche al unificar la grasa (80-82%) en forma de suspensión cristalina, separándola del suero butírico (16-18% agua, 2% sal opcional, cultivos lácticos) (Sert y Mercan, 2020). En panadería, este ingrediente permite mejorar la calidad de la estructura obteniendo una miga más fina y blanda. La adhesión de mantequilla aumenta el volumen de panques y retrasa su endurecimiento, dependiendo del porcentaje añadido (Hernández, 2023).

### **2.2.2 Huevo**

El huevo, es uno de los ingredientes de mayor relevancia química en la panadería tradicional debido a la multiplicidad de funciones que desempeña dentro de las formulaciones. Su composición caracterizada por la presencia de proteínas, lípidos, agua y compuestos emulsificantes, le confiere propiedades que influyen directamente en la estructura, textura, volumen, color y estabilidad de los productos horneados (Koppmann, 2024).

Desde el punto de vista fisicoquímico, las proteínas del huevo, principalmente la ovoalbúmina y la ovotransferrina, poseen la capacidad de desnaturalizarse y coagularse durante el proceso de horneado, creando una red estructural que contribuye a la firmeza y cohesión de la miga (Konal et al., 2025). Esta propiedad es fundamental para la retención de gases generados por los agentes leudantes, lo que favorece el desarrollo de volumen y una textura esponjosa en productos como panqués y bizcochos (Weeragul y Pandolsook, 2022).

Asimismo, la yema de huevo contiene fosfolípidos, entre ellos la lecitina, que actúan como agentes emulsificantes naturales. Esta función permite la correcta dispersión de la fase grasa dentro de la matriz acuosa de la masa, contribuyendo a una mezcla homogénea y a una textura más suave del producto final (Espinoza, 2017).

Otra función relevante del huevo en panadería es su capacidad espumante, particularmente atribuida a las proteínas de la clara. Durante el batido, estas

proteínas incorporan y estabilizan aire, lo que incrementa el volumen de la mezcla y mejora la ligereza del producto horneado. Aunque esta función es más evidente en preparaciones como merengues y bizcochos aireados, también contribuye de manera indirecta a la textura de productos como el panqué (Konal et al., 2025).

En términos de color y apariencia, el huevo aporta pigmentos naturales, como las xantofilas presentes en la yema, que confieren tonalidades amarillas y doradas características a los productos horneados (Ramírez, et al., 2022). Además, la presencia de proteínas y azúcares reductores favorece las reacciones de Maillard durante el horneado, intensificando el color de la corteza y contribuyendo al desarrollo de aromas y sabores característicos (Igartúa y Sceni, 2023).

Debido a estas múltiples funciones, la sustitución del huevo en panadería representa un reto considerable, ya que implica reemplazar simultáneamente propiedades fisicoquímicas. Por ello, el desarrollo de formulaciones veganas requiere el uso de ingredientes alternativos capaces de imitar, al menos parcialmente, dichas funciones, manteniendo la calidad y aceptación del producto final (Villalva et al., 2023)

### **2.3 Problemas de salud asociados a un consumo excesivo de AOA y subproductos**

En la actualidad, diversos problemas de salud se relacionan con patrones de alimentación inadecuados, los cuales pueden estar influenciados por la falta de conocimiento sobre una dieta equilibrada, así como factores sociales, culturales y económicos (Cobos et al., 2023). Las creencias y tradiciones alimentarias transmitidas de generación en generación pueden contribuir al establecimiento de conductas poco saludables, al priorizar ciertos grupos de alimentos sin considerar un adecuado equilibrio nutricional (Colmenares et al., 2020).

El crecimiento poblacional y los cambios en los hábitos alimentarios han favorecido, en algunos sectores de la población, tanto la desnutrición como el consumo excesivo de AOA. Este grupo de alimentos suele ser altamente valorado por su contenido proteico, el cual puede alcanzar aproximadamente un 19% así como por

su aporte energético, que depende en gran medida de su contenido de grasa (Giromini y Givens, 2022).

No obstante, una proporción significativa de la grasa presente en diversos AOA corresponde a ácidos grasos saturados y colesterol (FAO, 2020). El consumo elevado y frecuente de estos componentes se ha asociado con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, hipercolesterolemia, gota, algunos tipos de cáncer y diabetes mellitus tipo 2, particularmente cuando forman parte de una dieta desequilibrada y con bajo consumo de alimentos de origen vegetal (Giromini y Givens, 2022).

Es importante señalar que estos efectos adversos no se atribuyen de manera generalizada a todos los alimentos de origen animal, sino principalmente a patrones de consumo excesivo y a la preferencia por productos altamente procesados, lo que resalta la importancia de promover una alimentación equilibrada y variada (Colmenares et al., 2020)

## **2.4 Veganismo**

El creciente interés por una alimentación saludable, responsable y sostenible ha generado una nueva perspectiva respecto al consumo de alimentos altamente procesados y de origen animal, influyendo en las decisiones de compra y en los hábitos alimentarios del consumidor (De La Fuente, 2020). Como resultado de este cambio de conciencia, han surgido y fortalecido diversas tendencias gastronómicas, entre las que destaca el veganismo.

El veganismo se define como un estilo de vida que excluye el consumo y uso de productos de origen animal, tales como carne, lácteos, huevo, pescado y sus derivados, fundamentándose en principios éticos, ambientales y de salud (Pascal et al., 2022). Se sustenta principalmente en el consumo de cereales, frutas, verduras, leguminosas, frutos secos y semillas, conjunto conocido como alimentación basada en plantas o “alimentación vegetal” (Vegan, 2022).

Cuando se encuentra correctamente planificada, esta forma de alimentación puede contribuir a un estilo de vida saludable y sostenible, siempre que se base en una

dieta variada y equilibrada que cubra los requerimientos nutricionales del individuo (Buregio y Castro, 2025),

Si bien el porcentaje de la población que adopta este estilo de vida aún es reducido, el veganismo ha adquirido una relevancia creciente en los últimos años, impulsado por el interés social en la salud y la sostenibilidad (González, 2023). En este contexto, la reformulación de productos gastronómicos tradicionales representa una oportunidad para ampliar la oferta de alimentos veganos accesibles, como el panqué de zanahoria, permitiendo desarrollar productos con un perfil nutricional adecuado y beneficios potenciales para la salud del consumidor (Pascal et al., 2022).

## **2.5 Insumos sustituyentes del huevo en panadería**

La sustitución del huevo en productos de panadería vegana representa uno de las principales barreras dentro de la reformulación en productos horneados, debido a la diversidad de funciones que este ingrediente desempeña en la estructura, textura, estabilidad y apariencia del producto final (Bimpizas et al., 2022). Ante la eliminación del huevo, resulta necesario emplear insumos alternativos capaces de replicar, total o parcialmente, sus propiedades funcionales, sin afectar de manera negativa la calidad sensorial ni la aceptación del consumidor (Murillo y Villavicencio, 2025).

En este contexto, los sustitutos del huevo de origen vegetal se han clasificado principalmente en función de su mecanismo de acción fisicoquímica. Entre los más utilizados se encuentran los hidrocoloides, proteínas vegetales, almidones modificados, purés de frutas y mucílagos de semillas. Estos ingredientes destacan por su capacidad de retención de agua, formación de geles, emulsificación y mejora de la cohesión de la matriz alimentaria, propiedades fundamentales en la elaboración de productos de panadería (Alarcón, 2020).

Los hidrocoloides de origen vegetal, como gomas, pectinas y mucílagos, desempeñan un papel relevante en la sustitución del huevo debido a su capacidad para incrementar la viscosidad de la masa y contribuir a la estabilidad estructural del producto durante el horneado (Murillo y Villavicencio, 2025). Estas sustancias

forman redes tridimensionales que favorecen la retención de gases y la cohesión de la miga, compensando parcialmente la ausencia de proteínas de origen animal (Monferrer et al., 2023).

Dentro de los sustitutos naturales del huevo, los mucílagos extraídos de semillas como la chía (*Salvia hispánica L.*) y la linaza (*Linum usitatissimum L.*) han cobrado especial interés en la panadería vegana. Estos compuestos polisacáridos presentan una elevada afinidad por el agua, formando soluciones viscosas o geles cuando se hidratan, lo que les permite actuar como agentes estructurantes y estabilizantes en productos horneados (Murillo y Villavicencio, 2025; Heredia, 2023).

No obstante, la efectividad de estos sustitutos depende de factores como la concentración utilizada, el tipo de formulación y las condiciones de procesamiento. Por ello, resulta fundamental evaluar de manera integral el impacto de estos ingredientes sobre las características físicas, químicas y sensoriales del producto final, con el fin de garantizar su viabilidad y reconocimiento por parte del consumidor (Heredia, 2023).

### **2.5.1 Linaza (*Linum usitatissimum L.*)**

La linaza (*Linum usitatissimum L.*), es una semilla oleaginosa ampliamente utilizada tanto por su valor nutricional como por sus propiedades funcionales en la formulación de alimentos. La linaza (*Linum usitatissimum L.*) libera un mucílago al hidratarse, el cual está compuesto principalmente por polisacáridos solubles con alta afinidad por el agua, abundante en arabinosilanos y ácido galacturónico (Guardado, 2019).

El mucílago de linaza se caracteriza por su capacidad para formar soluciones viscosas que actúan como agentes ligantes y estructurantes en sistemas alimentarios (Osorio et al., 2020). En panadería vegana, esta propiedad permite mejorar la cohesión de la masa y contribuir a la estabilidad estructural del producto durante el horneado, compensando en parte la ausencia del huevo como ingrediente funcional (Ahmadinia et al., 2023).

Desde el punto de vista funcional, el mucílago de linaza ha mostrado un comportamiento favorable como sustituto del huevo, debido a su capacidad para

retener agua y formar una red continua que favorece la suavidad y uniformidad de la miga (Aribas y Aktas, 2025). Además, su interacción con otros componentes de la formulación puede influir positivamente en la textura y en la reducción de la pérdida de humedad durante el almacenamiento del producto (Ahmadinia et al., 2023).

En términos nutricionales, la linaza (*Linum usitatissimum L*) destaca por su contenido de fibra dietética, ácidos grasos insaturados, particularmente ácido  $\alpha$ -linoleico. La incorporación de su mucílago en productos de panadería contribuye al desarrollo de alimentos con potencial funcional, asociados con beneficios para la salud, como la mejora del tránsito intestinal y la reducción del riesgo cardiovascular (Baquerizo, 2021).

### **2.5.2 Chía (*Salvia hispanica L.*)**

La chía (*Salvia hispanica L.*), es una semilla originaria de Mesoamérica que ha sido ampliamente estudiada debido a su alto valor nutricional y a sus propiedades funcionales dentro de la industria alimentaria. Uno de los componentes de mayor interés tecnológico de esta semilla es su mucílago, un polisacárido soluble que se libera al entrar en contacto con el agua, formando una estructura viscosa de tipo gel (Noori y Zebarjadi, 2022).

Desde el punto de vista fisicoquímico, el mucílago de chía presenta una elevada capacidad de absorción y retención de agua, atribuida a su estructura rica en polisacáridos hidrofílicos, xilosa y ácidos urónicos (Medina et al., 2019). Esta propiedad resulta especialmente relevante en productos de panadería, ya que contribuye a la estabilidad de la masa, mejora la cohesión de la miga y favorece la retención de humedad durante el horneado, aspectos que influyen directamente en la textura del producto final (Hernández, 2019).

Al formar geles viscosos, este compuesto puede compensar parcialmente la ausencia de proteínas de origen animal, contribuyendo a la formación de una matriz continua que favorece la retención de gases producidos por los agentes leudantes (Gallo et al., 2020).

Desde el punto de vista nutricional. La chía (*Salvia hispanica L.*) destaca por su contenido de fibra dietética, ácidos grasos polinsaturados, principalmente ácido  $\alpha$ -linoleico (omega-3), así como por la presencia de compuestos antioxidantes (Kadry et al., 2021). La incorporación de su mucílago en productos de panadería no solo cumple una función tecnológica, sino que también contribuye al desarrollo de alimentos con un perfil nutricional mejorado.

## **2.6 Pan**

El pan es un alimento esencial en la canasta básica familiar, gracias a su sabor agradable, accesibilidad económica y alto contenido de micronutrientes y proteínas, lo que le confiere un valor nutricional significativo (FINUT, 2020). Se trata de un producto versátil, con variaciones en sabores, presentaciones y formulaciones más saludables, como opciones veganas enriquecidas con vegetales o semillas (Jonsson et al., 2025).

Su preparación básica requiere ingredientes simples como harina, sal, agua y un agente leudante (polvo de hornear o levadura), que genera reacciones químicas durante el proceso –como la fermentación y el desarrollo de gluten- para formar la estructura esponjosa característica del pan (Mohd et al., 2021).

### **2.6.1 Masas batidas**

Las masas batidas son sometidas al batido de algunos ingredientes, proceso en el que esponja el producto por las diferentes características propias del ingrediente. Los más comunes suelen ser huevo, levadura o mantequilla. Estas masas se elaboran fundamentalmente con huevos, azúcares, harinas o almidones para crear bizcochos, soletillas, mantecadas o muffins (Zhunio, 2019).

#### **2.6.1.1 Masas aireadas**

Las masas aireadas o livianas, se conocen así por la obtención de su textura más esponjosa, con una miga más aireada. Esta textura se genera gracias al batido de huevos, ya que debido al movimiento se incorporan pequeñas burbujas de aire estableciéndose dentro del batido, expandiéndose en el horneado y obteniendo un aumento del volumen del producto final (Guamán et al., 2024).

Los huevos logran garantizar que aire atrape el batido, las claras permiten ganar volumen y elasticidad, no obstante, si se usa sólo yemas la masa posee mayor firmeza, por el tamaño más pequeño de los poros, por ende, incluir yemas a la masa reduce la humedad el cual genera disolver el azúcar (Zhunio, 2019).

#### **2.6.1.2 Masas cremosas**

Las masas cremosas o pesadas son caracterizadas por ser manos alveoladas o esponjosas, debido a que el porcentaje de grasa es mayor a las masas aireadas. La cantidad de grasa posibilitan la suavidad, aroma y sabor al batido, haciéndolos más flexibles. Se crean por medio del batido de grasa (acremando la mantequilla) incorporando poco aire, añadiendo levadura química mezclados con los demás ingredientes (Guamán et al, 2024).

#### **2.6.2 Panadería vegana**

La adopción de panaderías veganas responde a prácticas sostenibles, impulsadas por el avance en ideologías ambientales y sociales dentro de la industria gastronómica (Villalva et al., 2023), Además, estas opciones elevan el valor nutricional –con perfiles iguales o superiores a los productos de origen animal-, gracias a la versatilidad de ingredientes como la zanahoria, que satisfacen la demanda por texturas similares en panqués y panes veganos (Vega et al., 2024).

#### **2.6.3 Panqué de zanahoria**

El panque de zanahoria es un postre icónico por su combinación equilibrada de especias –como canela, clavo, jengibre y nuez moscada-, que armonizan sabores en el paladar, junto con zanahorias ralladas, nueces y/o pasas (Prajapati et al., 2024).

Su base se elabora con una masa aireada mediante leudantes (bicarbonato y vinagre o polvo de hornear), que generan burbujas de aire para lograr una textura esponjosa (Rojas y Valdez, 2021). La zanahoria incorporada aporta humedad (con un 94.4% de contenido hídrico), resultado en un panqué de húmedo y consistente, además de enriquecerlo con vitaminas y fibra (Rodríguez et al., 2022).

### 2.6.3.1 Valores nutricionales

Las enfermedades crónicas no transmisibles representan la mayoría de los casos asociados al consumo excesivo de azúcares y grasas saturadas (Barrientos, 2020; WHO, 2022). Por ello, se representa una tabla nutricional en Figura 1 de un panque de zanahoria tradicional comercial.

**Figura 1** *Valores nutricionales del pastel de zanahoria comercial de Starbucks*



<b>Info. Nutricional</b>	
<b>Tamaño de la Porción</b>	<b>100 g</b>
<b>por porción</b>	
<b>Energía</b>	<b>1590 kJ</b> 380 kcal
<b>Proteína</b>	<b>5,00g</b>
<b>Carbohidratos</b>	<b>32,00g</b>
Fibra	6,0g
Azúcar	26,00g
<b>Grasa</b>	<b>28,00g</b>
Grasa Saturada	11,000g
Sodio	180mg

Tomado de Fatsecret. (2023)

### 2.6.3.2 Determinación de composición proximal

La caracterización proximal constituye una herramienta esencial en el análisis químico de alimentos, ya que permite establecer el valor nutricional y la calidad del producto. Estos análisis indicarán el contenido de humedad, proteína, fibra, lípidos y cenizas (FAO, 2020). En productos de panificación, como el panque de zanahoria, dichos parámetros son sensibles a la formulación, especialmente cuando se incorporan sustitutos naturales del huevo, cuyas propiedades fisicoquímicas pueden modificar el perfil nutricional y funcional del control (Elsherif et al., 2023).

### **2.6.3.2.2 Humedad**

La delimitación de la humedad calcula la cantidad de agua libre y ligada en su estructura (Fon Fay y Zumbado, 2019). En panques, este parámetro influye en la textura, frescura, vida útil y susceptibilidad a la disminución microbiana (Habeck, et al., 2022). Generalmente se determina por secado a peso constante, temperatura suficiente para eliminar el agua sin degradar otros componentes (Ramírez, 2010).

### **2.6.3.2.2 Cenizas**

El contenido de cenizas corresponde a restos inorgánicos obtenido tras la incineración total de la materia orgánica. Representa la proporción mineral del alimento, la cual participa en funciones estructurales y fisiológicas vitales (Fon Fay y Zumbado, 2019).

El método consiste en incinerar la muestra a 550°C, eliminando toda materia orgánica y dejando un sobrante mineral estable. El valor obtenido se expresa en porcentaje sobre base seca (Campa, 2023).

### **2.6.3.2.3 Grasa**

La fracción lipídica comprende triglicéridos, fosfolípidos, ceras, vitaminas liposolubles y pigmentos (Fon Fay y Zumbado, 2019), la cual definen la textura y el sabor del panque. Su determinación se efectúa por recopilación continua con disolventes orgánicos. El contenido de grasa es importante por su aporte energético, transporte de compuestos liposolubles y su efecto en las propiedades sensoriales del alimento (Ramírez, 2010).

La delimitación se realiza mediante extracción con disolventes no polares (éter etílico o éter de petróleo) en un sistema Soxhlet, que permite separar triglicéridos, fosfolípidos y compuestos liposolubles del resto de la matriz (Ballinas, et al., 2023).

### **2.6.3.2.4 Proteína**

El contenido proteico representa el componente estructural y funcional más significativo del alimento, al aportar aminoácidos esenciales y contribuir a las propiedades tecnológicas (formación de miga, coloración por reacción de Maillard)

(Ramírez et al., 2022). En alimentos sólidos como la carne o panes, se emplea comúnmente el método de Kjeldahl, que consiste en la digestión ácida, destilación y titulación del amonio liberado, aplicando un factor de conversión para obtener el porcentaje de proteína (Ballinas, et al., 2023)

En matrices líquidas o emulsificadas también se emplea el método colorimétrico de Bradford, basado en la unión del colorante Coomassie Brilliant Blue a los grupos básicos de las proteínas, con lectura espectrofotométrica a 595 nm (Ballinas, et al., 2023).

Estos métodos constituyen la base analítica de la evaluación de la calidad nutricional y son esenciales para la comparación entre productos o tratamientos experimentales.

## **2.7 Análisis sensorial**

Para la creación de productos alimenticios, se analizan sus propiedades fisicoquímicas, que responden a estímulos sensoriales percibidos por olfato, vista, oído y gusto. Instrumentos como colorímetros (para medir cualidades cromáticas) y texturómetros (para evaluar textura) proporcionan datos objetivos y completos, complementando la evaluación sensorial humana (Göksel et al., 2022).

Estas propiedades son fundamentales para determinar la aceptabilidad del producto, basada en los estímulos y experiencias individuales de los consumidores.

### **2.7.1 Atributos sensoriales**

#### **2.7.1.1 Apariencia**

La vista es uno de los sentidos primarios en la evaluación de alimentos, ya que al observar un producto el cerebro recibe un estímulo visual que genera una primera impresión y una expectativa sobre sus características físicas, basada en su apariencia (Saenz et al., 2021).

La apariencia permite valorar atributos como tamaño, forma color, brillo y uniformidad, creando una anticipación sobre el producto antes de consumirlo (Cosme et al., 2025). Esta información visual influye directamente en la percepción

del sabor, la calidad percibida y la aceptabilidad del alimento, condicionando así la preferencia y la decisión de compra del consumidor (Suzuki et al., 2021).

### **2.7.1.2 Sabor**

El gusto es otra particularidad sensorial que identifica sustancias químicas mediante los receptores gustativos de la boca, principalmente localizados en las papilas gustativas (López et al., 2024).

Los sabores básicos –dulce, salado, ácido y amargo- son ampliamente reconocidos en la boca. Cada uno percibido con distinta intensidad según la sensibilidad individual y la evolución del consumo a lo largo del tiempo (Bord et al., 2019).

En el panque de zanahoria tradicional, los sabores predominantes se encuentra el dulce y el amargo, enmarcados dentro de los sabores básicos. De acuerdo con la rueda de Sabores y Aromas de la SCAA, en este panque se destacan notas dulces provenientes del azúcar moreno, la vainilla y el dulzor natural de la zanahoria, junto con sabores especiados y amargos como clavo, nuez moscada y pimienta y tostados, derivado de los cereales de la harina. Esta complejidad sensorial se debe a la combinación equilibrada de ingredientes, que aportan un perfil de sabores y aromas bien integrados.

### **2.7.1.3 Textura**

La textura es un factor fundamental en la aceptación de un producto, ya que suele ser el último criterio que determina si se aprueba o no. Aunque se puede percibir inicialmente por el tacto, su influencia principal se da en la boca, durante la masticación (Sruthi et al., 2022).

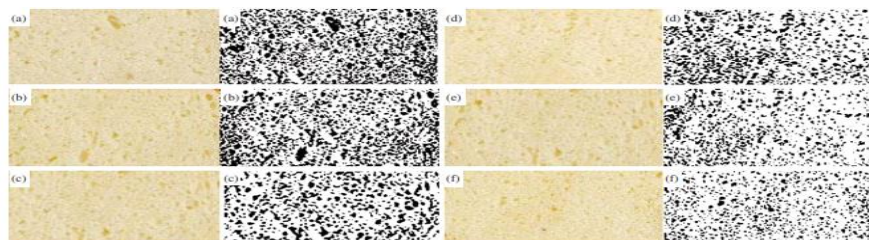
La textura se basa en características mecánicas, geométricas y de superficie del alimento, como dureza, viscosidad, cohesividad, granulosidad, arenosidad y rugosidad. Estas propiedades son detectadas por mecanorreceptores táctiles, así como por estímulos visuales y auditivos (Raheem et al., 2021). En pruebas sensoriales, las etapas de la masticación se definen a partir de estas características texturales, lo que permite evaluar la aceptación del consumidor (Reyes, 2021).

## 2.8 Análisis de imágenes en productos de panificación

Durante mucho tiempo, la evaluación de productos de panadería como el pan se basaba únicamente en apreciaciones subjetivas, determinadas por la experiencia personal, el criterio individual y la satisfacción sensorial obtenida del consumo habitual (Ali *et al.*, 2020). Sin embargo, se han desarrollado tecnologías objetivas (como el análisis de imágenes digitales procesadas por computadora) (Figura 2), ofreciendo datos precisos para mejorar la calidad sensorial del producto (Saha y Manickavasagan, 2021).

Este análisis de imágenes se aplicará para comparar las características colorimétricas de un panqué de zanahoria tradicional con una versión enriquecida con semillas de chía y linaza, identificando atributos sensoriales que generen una ventaja competitiva en el mercado.

**Figura 2.** Estructura de porosidad y distribución de tamaño por medio de análisis de imágenes.



Tomado de Demirkesen I. y Mert B. (2019)

Este tipo de análisis de imágenes revela la porosidad y la distribución del tamaño de poros en el panqué, evaluando la variabilidad generada por diferentes sustitutos de ingredientes (Demirkesen y Mert, 2019).

### 2.8.1 Procesamiento de imágenes (PI)

El procesamiento de imágenes digitales (PI) se ha desarrollado para la caracterización cuantitativa de propiedades físicas de alimentos, evaluando calidad y permitiendo su control o mejoramiento mediante datos objetivos (Pasato y Fuentes, 2021; González, 2021). Según Kumar (2023), el PI se basa en seis parámetros fundamentales:

1. Adquisición de imágenes en formato digital de alta resolución.
2. Pre-procesamiento para uniformizar dimensiones y mejorar la calidad visual.
3. Segmentación para extraer zonas específicas de la imagen (miga, corteza).
4. Representación y descripción del objeto, midiendo tamaño, forma, color y textura.
5. Análisis mediante algoritmos para extraer información cuantitativa.
6. Reconocimiento e interpretación para clasificar objetos y detectar patrones.

### **2.8.2 Extracción de parámetros colorimétricos**

Uno de los atributos sensoriales de los alimentos ya determinados puntos antes, se habla del color, definiéndolo como el de mayor porcentaje de importancia por el grado de calidad que esta va a proporcionar (Rasines, 2019). Para el estudio del color se emplean técnicas instrumentales como los colorímetros que logran determinar mediciones puntuales respecto al atributo (Rivera y Melendrez, 2022). El PI mide el atributo por medio de imágenes digitales de forma exacta y no alterando los valores de los píxeles de la imagen (Pasato y Fuentes, 2021).

En el estudio del color se determinan espacios tales como CIELab, HSB (Hue, Saturación y Brillo), RGB (Red, Green y Blue), XYZ, el CMYK (Cian, Magenta, Yellow y Black). Dentro del análisis el más utilizado es el CIELab para medir el color en los productos alimenticios (Baima y Ribotta, 2019).

Tomando en consideración colores característicos del panqué como naranja tostado, dorado, pálido, oscuro o manchado (Rivera y Melendrez, 2022) dependiendo de la calidad del producto y los ingredientes a implementar, se hará la comparación del producto original con los sustitutos.

### **2.8.3 Extracción de parámetros texturales**

En panes el análisis textural permite evaluar la calidad, tamaño y comparación de diversos ingredientes o procedimientos ubicando los píxeles y el valor de brillo en la imagen (Olakanmi et al., 2022). Realizando una textura estadística mediante la Matriz de Coocurrencia de Niveles de Gris (GLCM) cuantifica cambios estructurales de los alimentos. Los parámetros evaluados (ASM, Contraste, Correlación, IDM y

Entropía) reflejan la organización espacial de los niveles de gris en la imagen y se asocian con propiedades físicas como uniformidad, rugosidad, complejidad estructural y homogeneidad del producto (Komyshev *et al.*, 2020).

## **2.9. Pruebas sensoriales (afectivas)**

Existen diferentes tipos de pruebas sensoriales, que se basan en la experiencia del cliente frente a un producto: afectivas, discriminativas y descriptivas. Estas pruebas se guían por las cualidades sensoriales, como volumen, densidad, textura, olor y sabor, y permiten obtener información precisa para la implementación o mejora de un producto (Djekic *et al.*, 2021).

La variabilidad de este análisis depende de la percepción de cada persona, influenciada por su entorno y experiencia (Severiano, 2019). Estas pruebas permiten medir y cuantificar las respuestas a los estímulos provocados por el consumo de un producto, generando parámetros que ayudan a evaluar su aceptación de acuerdo con los gustos y preferencias del consumidor. (Isaskar *et al.*, 2021).

Las pruebas afectivas evalúan la aprobación general del producto, ya que son más subjetivas y se basan en los gustos personales. Se aplican cuando un producto está listo para salir al mercado, utilizando consumidores potenciales para medir su aceptación y probabilidad de compra (Cárdenas *et al.*, 2018). Con ellas se cuantifica la satisfacción o rechazo del consumidor, lo que permite valorar la popularidad del producto en el mercado (Szczesniak, 2020).

### **3. Justificación**

Los Alimentos de Origen Animal (AOA) presentan altos niveles de triglicéridos y ácidos grasos saturados. Su consumo excesivo se asocia con enfermedades crónicas degenerativas como la obesidad, diabetes y la hipertensión arterial. Aunque en México la población vegana es mínima, representando solo el 2% (Azpíroz, 2024), al igual que sus opciones alimentarias, este estudio diseña pautas para un panqué de zanahoria libre de subproductos de AOA, apto para personas veganas. Evaluando la caracterización física por medio de un sistema de visión por computadora, la composición nutrimental (análisis proximal) y realizando pruebas afectivas ofreciendo una opción más al mercado vegano. Se espera que las comparaciones y análisis de este trabajo amplíen los conocimientos sobre panadería vegana en México, no sólo para esta población, sino como una alternativa libre de subproductos de AOA.

#### **4.Objetivo General**

Implementar la sustitución total del huevo en la formulación de un panqué de zanahoria, evaluando su calidad física, química y sensorial para aportar una opción más de este panqué en el mercado vegano.

#### **4.1 Objetivos Específicos**

- Elaborar un panqué de zanahoria sin subproductos de AOA, sustituyendo el huevo por mezcla de chía (*Salvia hispánica L.*) y una mezcla de linaza (*Linum usitatissimum L.*).
- Evaluar la composición proximal (humedad, cenizas, grasa y proteína) de las muestras de panqué de zanahoria elaboradas para compararla con el panqué tradicional.
- Caracterizar de manera física el panqué de zanahoria mediante un sistema de visión por computadora (SVC) y el análisis de imágenes.
- Analizar la calidad y aceptabilidad sensorial de las diferentes formulaciones a través de pruebas afectivas.

## **5. Metodología**

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, experimental y comparativo, donde se llevó a cabo mediante la elaboración de tres formulaciones: una muestra control, con mucílago de chía y con mucílago de linaza (Chiang, *et al.*, 2021; Kadry, *et al.*, 2021; Calva, 2023), las cuales fueron caracterizadas a través de análisis proximal, evaluación física mediante sistemas de visión por computadora y análisis sensorial afectivo, dentro del Instituto de Ciencias Económico Administrativas, por parte de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ubicado en la Concepción s/n, San Juan Tilcuautla, en el municipio de San Agustín Tlaxiaca.

### **5.1 Elaboración del panqué de zanahoria**

La elaboración del panqué de zanahoria control se basó en una recopilación de dos formulaciones, de acuerdo al New York Cooking (Ko, 2020) y otra del Libro de Oro (McRae y Nardi, 2011) de la Repostería, ajustándose a la medida del molde (0.930 kg), 21 cm de largo, 10 cm de ancho y 8.5 cm de alto. Las materias primas empleadas incluyeron harina de trigo, huevo, aceite vegetal de canola, azúcar estándar, zanahoria rallada, nuez pecana, canela en polvo, esencia de vainilla, bicarbonato de sodio, polvo para hornear, sal, como la extracción de semillas de chía (*Salvia hispanica* L.), linaza (*Linum usitatissimum* L.) por medio de agua potable.

**Tabla 1.** *Porcentaje de ingredientes de acuerdo a la elaboración control. Adaptada de New York Cooking (2020) y Libro de Oro (2011).*

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina de trigo	28,46
Huevo	21,89
Aceite vegetal de soya	18,61
Azúcar estándar	15,87
Zanahoria rallada	8,76
Nuez pecana	2,74
Esencia de vainilla	1,15
Canela en polvo	1,09
Bicarbonato de sodio	0,66
Polvo para hornear	0,55
Sal	0,22
<b>Total de la preparación</b>	<b>100%</b>

Las semillas de chía (*Salvia hispanica* L.), linaza (*Linum usitatissimum* L.) se utilizaron para la obtención del mucílago empleado como sustituto total del huevo en las formulaciones experimentales.

## **5.2 Preparación de sustitutos de huevo**

### **5.2.1 Mezcla de chía (*Salvia hispanica* L.)**

Se elaboró una mezcla de agua con chía (*Salvia hispanica* L.) (al 5%) y se llevó a ebullición a 90°C, y se enfrió por 30 min, para después mantener la mezcla en refrigeración durante 10 hrs a 4°C; esto se realizó con el objetivo de exponer la mezcla de la chía (*Salvia hispanica* L.) (Guardado, 2019). Posteriormente, la mezcla obtenida se utilizó directamente en la formulación del panqué como sustituto total del huevo.

En la tabla 2 se muestran los porcentajes de los ingredientes utilizados en la formulación donde se utilizó chía (Mezcla 1). Según Guardado (2019), 50 g o 1 pza. de huevo equivalen a 55 g de mezcla de chía (*Salvia hispanica* L.).

**Tabla 2.** Porcentaje de ingredientes de acuerdo a la elaboración con la utilización de mezcla de chía (*Salvia hispanica* L.). Elaboración propia

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo	28,46
Mezcla de Chía ( <i>Salvia hispanica</i> L.)	21,89
Aceite vegetal de soya	18,61
Azúcar estándar	15,87
Zanahoria rallada	8,76
Nuez pecana	2,74
Esencia de vainilla	1,15
Canela en polvo	1,09
Bicarbonato de sodio	0,66
Polvo para hornear	0,55
Sal	0,22
<b>Total de la preparación</b>	<b>100%</b>

### 5.2.2 Mezcla de linaza (*Linum usitatissimum* L.)

La linaza (*Linum usitatissimum* L.) se incorporó con agua para poder extraer la mezcla, obteniendo las propiedades deseadas para la integración de los ingredientes (Bustamante, 2023). La mezcla se realizó al 2% (p/v) y se llevó a ebullición a 90°C, posteriormente se enfrió durante 30 min, finalmente se refrigeró durante 10 hrs a 4°C (Guardado, 2019), el cual pasado el tiempo fue incorporado a la formulación del panqué en sustitución total del huevo. En la tabla 3 se puede observar los porcentajes de los ingredientes utilizados, para la segunda formulación correspondiente a la muestra 2 elaborada con linaza (*Linum usitatissimum* L.).

**Tabla 3.** *Porcentaje de ingredientes de acuerdo a la elaboración con la utilización de mezcla de linaza (*Linum usitatissimum* L.). Elaboración propia*

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina de trigo	28,46
Mezcla de Linaza ( <i>Linum usitatissimum</i> L.)	21,89
Aceite vegetal de soya	18,61
Azúcar estándar	15,87
Zanahoria rallada	8,76
Nuez pecana	2,74
Esencia de vainilla	1,15
Canela en polvo	1,09
Bicarbonato de sodio	0,66
Polvo para hornear	0,55
Sal	0,22
<b>Total de la preparación</b>	<b>100%</b>

Las formulaciones se mantuvieron constantes en cuanto a la proporción del resto de los ingredientes, con el fin de evaluar únicamente el efecto del sustituto del huevo sobre las características del producto final. Los pasos que se siguieron en la elaboración del panque se basaron en el New York Cooking (2020) y el Libro de Oro (2011), observados en la Figura 3.

Los ingredientes secos se mezclaron de manera homogénea en un recipiente. Posteriormente, se incorporaron los ingredientes líquidos, incluyendo el mucílago correspondiente a cada formulación, hasta obtener un batido uniforme, agregando lentamente los ingredientes secos. La zanahoria rallada y la nuez se añadió al final del mezclado para asegurar su distribución homogénea.

La masa obtenida se vertió en moldes previamente engrasados y se sometió a horneado en un horno convencional previamente precalentado a 180°C. Una vez concluido el horneado, los panqués se dejaron enfriar a temperatura ambiente antes de proceder a los análisis correspondientes.

**Figura 3.** Diagrama de proceso de elaboración del panqué de zanahoria tradicional.



### 5.3 Cálculo proximal

Con el objetivo de evaluar el efecto del reemplazo parcial del huevo por mucílago de chía (*Salvia hispánica L.*) y linaza (*Linum usitatissimum*), se determinaron los parámetros proximales: cenizas, grasa y proteína, empleando metodologías descritas por la AOAC (2020) con adaptaciones para matrices de pan horneado.

Se analizaron tres formulaciones de panque de zanahoria, donde cada uno fue triplicado:

- Control (CL): huevo completo

- Chía (CH): sustitución de huevo al 100% por mucílago de chía
- Linaza (LZ) sustitución de huevo al 100% por mucílago de linaza

### 5.3.1 Determinación de humedad

Se pesaron aproximadamente 5 gr. de panque triturado en cápsulas de aluminio previamente llevadas a peso constante. Las muestras se secaron en estufa (Felisa®) a **105 ± 1 °C** hasta alcanzar peso constante (variación menor a 0.0001 gr).

$$\text{Cálculo: } \% \text{Humedad} = \frac{P_i - P_f}{m} \times 100$$

Donde:

$P_i$  = Peso de la charola con muestra antes del secado (g)

$P_f$  = Peso de la charola con muestra después del secado (g)

$m$  = Peso de la muestra fresca (g)

### 5.3.2 Determinación de cenizas

Se pesaron 3 gr de muestra seca en crisoles previamente tarados. Las muestras se carbonizaron lentamente sobre parrilla hasta cese de humos y posteriormente se introdujeron en una mufla (Fisher Scientific) a **550°C** hasta obtener cenizas blancas o gris claro. Los crisoles se enfriaron en desecador y se pesaron.

$$\text{Cálculo: } \% \text{Cenizas} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde:

$P_f$  = Peso del crisol con la muestra después de incinerada (g)

$P_o$  = Peso del crisol a peso constante (g)

$m$  = Peso de la muestra fresca (g)

### 5.3.3 Determinación de grasa total (extracto etéreo)

Se colocaron 5 g de muestra seca y molida en cartuchos de celulosa. La extracción se realizó en un equipo **Soxhlet** con **éter etílico (40-60°C)** durante 8 h. Posteriormente, el disolvente se evaporó con rotavapor y el matraz con el extracto se secó en estufa (Felisa®) a 65°C hasta peso constante.

$$\text{Cálculo: \%Grasa cruda} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde:

$P_f$  = Peso constante del matraz con el extracto etéreo (g)

$P_o$  = Peso constante del matraz antes de la determinación (g)

$m$  = Peso de la muestra fresca referido al peso original (g)

### 5.3.4 Determinación de proteína cruda

Se pesaron 0.5 gr de muestra molida, se colocaron en tubos **Kjeldahl** y se adicionaron 10 ml de ácido sulfúrico concentrado junto con una mezcla catalizadora ( $K_2SO_4$ : $CuSO_4$  en proporción 10:1). Las muestras se dirigieron a **370°C** hasta obtener una solución transparente. Posteriormente se destilaron en medio alcalino (NaOH 50%) y el amonio liberado se capturó en ácido bórico al 4% con indicador mixto, titulando con **HCl 0.01 N**.

$$\text{Cálculo: \%Nitrógeno} = \frac{(P-B) \times N \times meq \times 100}{m} \quad \%Proteína = \%N \times F$$

Donde:

P = Volumen gastado en la titulación de la muestra (ml)

B = Volumen gastado en la titulación del blanco (ml)

N = Normalidad del HCl

Meq = Miliequivalente de nitrógeno (0.014)

m = Peso de la muestra (g)

F = Factor de conversión (6.23)

#### 5.4 Caracterización física

La caracterización física de la miga y la corteza del panqué de zanahoria, se llevó a cabo mediante análisis de imágenes digitales. La captura se realizó en el sistema de visión por computadora del laboratorio de visión artificial de Gastronomía de la UAEH, con el equipo CANON (Rebel T7i. EOS 800D, Japón) mediante el programa EOS Utility. Las imágenes se capturaron en JPEG (Joint Photographic Experts Group) y fueron guardadas en formato TIFF (Tag Image File Format) (Baima y Ribotta, 2019). Se fotografió cada panqué completo: vista superior, grosor y tres rebanadas de 2 cm (una de cada extremo y una central), según Jiménez (2022), para un total de cinco imágenes por muestra.

En la Tabla 4 se puede observar la cantidad de imágenes utilizadas durante el procesamiento de imágenes para la caracterización de la miga de las diferentes formulaciones de panques de zanahoria.

**Tabla 4.** Total de imágenes obtenidas para la caracterización colorimétrica de los panqués de zanahoria.

<b>Estudio para la caracterización colorimétrica</b>					
Tratamiento	Número de Panques	Número de Rebanadas	Imágenes utilizadas para la extracción de color		Total de imágenes analizadas por tratamiento
			Lab	HSB	
CONTROL	5	3	3	3	135
CHÍA	5	3	3	3	135
LINAZA	5	3	3	3	135
<b>Total de imágenes para el procesamiento</b>					<b>405</b>

Las condiciones de captura de imágenes se realizaron en un sistema de visión por computadora, en una caja de luz con fondo blanco mate, con iluminación rectangular utilizando lámparas de 6000K a 45° de inclinación hacia la muestra, de acuerdo a lo reportado por Amani (2022), como se muestra en la figura 4.

**Figura 4.** Simulación del Sistema de Visión por Computadora (SVC). Elaboración propia.



Las imágenes de la corteza del panqué se capturaron con una distancia de la muestra al lente de la cámara de 28 cm. La distancia focal para la captura de las rebanadas fue de 14 cm. Las imágenes capturadas se analizaron con el programa Image J. Se utilizó la herramienta para realizar un CROP (3296 x 2112 píxeles) de la parte central. Para la extracción de color se utilizó la herramienta Color Space Converter que convierte del espacio RGB a los espacios CieLab y HUE; los separa por canales L\*a\*b\* y H,S,B (respectivamente) (Jiménez, 2022). En este sistema, el canal L\* (Luminosidad) indica el grado de claridad de la muestra, desde negro (0) hasta blanco (100); el canal a\* representa la transición de verde (-a\*) a rojo (+a\*); y el eje b\* abarca desde azul (-b\*) hasta amarillo (+b\*) (Aranibar *et al.*, 2019). Se calculó la diferencia de color ( $\Delta E$ ) mediante la siguiente ecuación 1:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + \Delta b^*)^2}$$

Donde:

$\Delta E$  = Diferencia de Color

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

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

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

Siendo  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  y  $b_0^*$  los parámetros de color de la muestra control.

Por último, para la extracción de los parámetros texturales se extrajeron mediante el plugin GLCM y dimensión fractal, tal como lo menciona (Kumar, 2023). El tratamiento estadístico se realizó mediante el software estadístico IBM SPSS statistics versión 29.0.1.0 y se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Turkey ( $p < 0.05$ ) con el fin de determinar diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados se expresaron como porcentaje promedio  $\pm$  desviación estándar de tres repeticiones y en los resultados de análisis de imágenes se reportó el error estándar.

### 5.5 Evaluación sensorial

El análisis sensorial involucró a 121 personas (66 mujeres y 55 hombres, de 18 a 24 años de edad). Las porciones (20 g) se presentaron en vasitos de plástico con tapa (tamaño 0), codificadas con tres dígitos aleatorios y dispuestas en orden aleatorio (Cobos, 2020), mostradas en la Figura 5. Los participantes evaluaron sabor, textura y color mediante una prueba afectiva con escala hedónica de 7 puntos (Contreras *et al.*, 2021).

**Figura 5.** Muestras realizadas.



El grupo de consumidores cató los panques por medio de una prueba afectiva, evaluando su nivel de agrado, de acuerdo a los atributos de sabor, textura y color de cada uno, utilizando una escala hedónica de 7 puntos (Contreras *et al.*, 2021) mostrada en la Figura 6, y como última pregunta si la persona compraría el panqué, utilizando una escala de 6 puntos.

Figura 6. Prueba de nivel de agrado.

**ANÁLISIS SENSORIAL DE PANQUE DE ZANAHORIA VEGANO**

MUESTRA: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Género: Masculino  Femenino  Grado: \_\_\_\_\_

**Instrucciones: Observa las muestras del panque que se te presentan y responde las siguientes preguntas (marca con una "✓" la respuesta)**

1. ¿Qué tanto te agrada o desagrada la apariencia del panque?  
Me agrada mucho  Me agrada  Me agrada ligeramente  Ni me agrada ni me desagrada  Me desagrada ligeramente  Me desagrada  Me desagrada mucho

2. ¿Qué tanto te agrada o desagrada el color de la corteza del panque?  
Me agrada mucho  Me agrada  Me agrada ligeramente  Ni me agrada ni me desagrada  Me desagrada ligeramente  Me desagrada  Me desagrada mucho

3. ¿Qué tanto te agrada o desagrada el color de la miga de este panque?  
Me agrada mucho  Me agrada  Me agrada ligeramente  Ni me agrada ni me desagrada  Me desagrada ligeramente  Me desagrada  Me desagrada mucho

**Degusta las muestras de panque que se te presenta y responde las siguientes preguntas (marca con una "✓" la respuesta)**

4. ¿Qué tanto te agrada o desagrada la textura de la corteza de este panque?  
Me agrada mucho  Me agrada  Me agrada ligeramente  Ni me agrada ni me desagrada  Me desagrada ligeramente  Me desagrada  Me desagrada mucho

5. ¿Qué tanto te agrada o desagrada la textura de la miga de este panque?  
Me agrada mucho  Me agrada  Me agrada ligeramente  Ni me agrada ni me desagrada  Me desagrada ligeramente  Me desagrada  Me desagrada mucho

6. ¿Qué tanto te agrada o desagrada el sabor de este panque?  
Me agrada mucho  Me agrada  Me agrada ligeramente  Ni me agrada ni me desagrada  Me desagrada ligeramente  Me desagrada  Me desagrada mucho

7. Considerando la apariencia, la textura y el sabor, ¿Qué tanto te agrada o desagrada este panque?  
Me agrada mucho  Me agrada  Me agrada ligeramente  Ni me agrada ni me desagrada  Me desagrada ligeramente  Me desagrada  Me desagrada mucho

8. ¿Comprarias este panque?  
Definitivamente sí lo compraría  Sí lo compraría  Quizás sí lo compraría  Quizás no lo compraría  No lo compraría  Definitivamente no lo compraría

**Coloca los comentarios/osbervaciones de la muestra:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Adaptada de Contreras et al. (2021)*

## 6. Resultados y discusiones

### 6.1 Análisis proximal

En los resultados de la Tabla 5, se muestra que la sustitución del huevo por mezcla de chía y mezcla de linaza produjo cambios significativos en la composición proximal del panqué de zanahoria, lo cual se relaciona directamente con las propiedades fisicoquímicas de ambos hidrocoloides (Alarcón, 2020). El incremento observado en el contenido de humedad en ambas formulaciones se debe a la capacidad de retención y absorción de agua de los mucílagos, derivada principalmente de su contenido de polisacáridos solubles. Estas macromoléculas son capaces de formar geles que inmovilizan el agua dentro de la estructura del producto, reduciendo su evaporación durante el horneado (BeMiller y Whistler, 2009)

En cuanto al contenido de cenizas, las formulaciones con chía y linaza mostraron valores menores respecto al control con huevo. Esto sugiere que el aporte mineral de las mezclas es inferior al proporcionado por el huevo (Heredia, 2023), alineado con reportes que señalan que la fracción mineral de las semillas se concentra principalmente en la cáscara o harina completa, y no en el mucílago aislado (Coelho y Salas-Mellado, 2018), lo cual repercute en una ligera disminución del contenido total de minerales en el producto final.

Respecto al contenido de grasa, la sustitución con chía (*Salvia hispánica L*) redujo significativamente el valor respecto al control, mientras que la linaza (*Linum usitatissimum*) lo incrementó de forma importante. Esta diferencia se atribuye a la composición lipídica propia de las semillas (Murillo y Vicencio, 2025): la chía (*Salvia hispánica L*) presenta menor liberación de aceite en condiciones de procesamiento térmico, mientras que la linaza (*Linum usitatissimum*) aporta una fracción lipídica más biodisponible, ya que retiene y cede una mayor proporción de compuestos lipídicos (incluyendo ácidos grasos omega-3) durante el mezclado y horneado, lo que aumenta su incorporación en la matriz de panes con semillas (Muñoz et al., 2020).

El contenido de fibra cruda permaneció relativamente constante entre las tres formulaciones, con ligeras disminuciones en las muestras con mucílago. Esto indica que, aunque tanto la chía (*Salvia hispánica L*) como la linaza (*Linum usitatissimum*) son ricas en fibra dietética no refleja completamente su aporte total de fibra soluble presente en los geles (Baquerizo, 2021). Esto coincide con trabajos donde reportan que el mucílago de estas semillas está compuesto por arabinosilanos y polisacáridos hidrosolubles que no se detectan en el análisis tradicional de fibra cruda (Chiang et al., 2021).

Finalmente, el contenido de proteína disminuyó en ambas formulaciones veganas, siendo más marcada la reducción en la muestra con linaza (*Linum usitatissimum*). Esta disminución refleja tanto la ausencia del aporte proteico del huevo como la menor concentración de proteínas en las mezclas (Elleuch et al., 2011).

En conjunto, los resultados muestran que las mezclas de chía (*Salvia hispánica L*) y linaza (*Linum usitatissimum*) modifican de manera diferenciada la composición proximal del panqué: la linaza (*Linum usitatissimum*) genera un producto más húmedo y con mayor contenido de grasa, mientras que la chía (*Salvia hispánica L*) ofrece valores intermedios y una reducción más marcada en la fracción lipídica, destacando su impacto en la humedad, la grasa y la proteína (Chiang et al., 2021).

**Tabla 5.** Resultados del análisis proximal

Análisis proximal					
Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Proteína (%)
Panque control	18.780±0.106 <sup>a</sup>	0.966±0.007 <sup>a</sup>	41.850±0.602 <sup>a</sup>	15.073±0.118 <sup>a</sup>	3.060±0.035 <sup>a</sup>
Panque mezcla de chía	23.350 ±0.106 <sup>b</sup>	0.636±0.007 <sup>b</sup>	23.950±0.194 <sup>b</sup>	14.763±0.118 <sup>ab</sup>	2.946±0.352 <sup>a</sup>
Panque mezcla de linaza	28.590±0.106 <sup>c</sup>	0.620±0.007 <sup>b</sup>	34.890±0.194 <sup>c</sup>	14.503±14.50 <sup>b</sup>	2.506±0.035 <sup>b</sup>

Se muestra el valor medio más la suma de la desviación estándar. Las letras diferentes indican diferencia significativa con  $p \leq 0.05$ .

## 6.2 Caracterización colorimétrica

El color representa uno de los atributos más relevantes en la decisión de compra del consumidor, dado su impacto en la aceptación sensorial visual y las expectativas sobre el producto (Ruiz y Herrero, 2021). La tabla 6 presenta la caracterización colorimétrica de la miga de las muestras de panqué de zanahoria.

En el eje  $L^*$  (luminosidad), todas las muestras difieren estadísticamente entre sí. La muestra control presentó la mayor luminosidad, atribuible a la presencia de carotenoides (luteína) en la yema de huevo (El-Sabroun *et al.*, 2022), con diferencias a la muestra de linaza (precursor de *B*-caroteno y de tonalidad más rojiza) que mostró valores intermedios  $L^*=72.705 \pm 0.730$ . Por el contrario, el panqué con chía exhibió una disminución marcada en la luminosidad  $L^* = 68.085 \pm 0.973$ , resultando en la muestra más oscura, debido a la intervención de compuestos fenólicos (miricetina) y melanina en este parámetro colorimétrico (Moreira *et al.*, 2023).

En el eje  $a^*$  (verde-rojo), las muestras de chía y linaza mostraron rangos significativamente iguales, con tonos más rojizos en comparación con el control, que presentó valores diferentes, superiores al verde y con mayor oscurecimiento  $a^*= -4.775 \pm 0.142$ . Este efecto se atribuye a la reacción de Maillard durante el horneado, favorecidas por las proteínas (ovoalbúmina) y azúcares (sacarosa), siendo un tono más oscuro por el tostado de las proteínas del huevo (Igartúa y Sceni, 2023; Ramírez, *et al.*, 2022).




En el eje  $b^*$  (azul-amarillo), las tres muestras difirieron significativamente, aunque el control y la chía mostraron afinidad en tonos amarillos cercanos. La linaza, en cambio, presentó el valor más elevado hacia el amarillo  $b^*= 44.169 \pm 0.732$ , con una tonalidad clara tipo paja (proantocianidinas y flavonoles), similar a la observada en quínoa dorada (Críales, 2022).

**Tabla 6.** Caracterización colorimétrica de la miga de las muestras de panqué de zanahoria. Elaboración propia

Caracterización colorimétrica								
Muestra	L*	a*	b*	Hue	Saturación	Brillo	IW	$\Delta E$
<b>Panque control</b>	78.416±0.43 <sup>a</sup>	-4.775±0.142 <sup>a</sup>	41.850±0.602 <sup>a</sup>	0.139±0.0004 <sup>a</sup>	0.464±0.006 <sup>a</sup>	0.827±0.004 <sup>a</sup>	52.623±0.494 <sup>a</sup>	-
<b>Panque mezcla de chía</b>	68.085±0.973 <sup>b</sup>	-1.610±0.307 <sup>b</sup>	39.94±0.448 <sup>ab</sup>	0.130±0.001 <sup>b</sup>	0.511±0.006 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	0.730±0.009 <sup>b</sup>	48.70±0.453 <sup>bc</sup>	11.151±1.127 <sup>a</sup>
<b>Panque mezcla de linaza</b>	72.705±0.730 <sup>c</sup>	-2.362±0.257 <sup>b</sup>	44.169±0.732 <sup>c</sup>	0.133±0.001 <sup>c</sup>	0.529±0.009 <sup>c</sup>	0.782±0.007 <sup>c</sup>	47.93±0.672 <sup>c</sup>	7.738±0.965 <sup>b</sup>

Se muestra el valor medio más la suma del error estándar. Las letras diferentes indican diferencia significativa con  $p < 0.05$

**Tabla 7.** *Imágenes de colorimetría de las muestras de la corteza. Elaboración propia*

Nombre de muestra	Imagen de la corteza
<b>Crop del panque control</b>	
<b>Crop del panque de mezcla de chía</b>	
<b>Crop del panque de mezcla de linaza</b>	

El Hue o tono, se presenta en cada muestra una diferencia debido a la tonalidad de cada ingrediente. En la muestra control, se observa un poco más alta ( $0.139 \pm 0.0004$ ) debido a la reacción de Maillard durante el horneado dado a los compuestos proteicos del huevo, la ovoalbúmina y en menor medida la ovotransferrina y lisozima (Paquiyauri, 2023). Por otro lado, se debe a que no tuvo adhesión de otro compuesto, lo que favoreció más al color de la zanahoria y los pigmentos carotenoides propios de ella (Traber et al., 2022).

En la saturación los resultados obtenidos observaron que las muestras con sustitutos de huevo presentaron mayores valores de saturación, en chía  $0.511 \pm 0.006$  y linaza  $0.529 \pm 0.009$ , recalando que entre ellas alcanzan valores similares. Este incremento es dado a la incorporación de la mezcla de chía y linaza favorece

a una mayor intensidad de la miga puesto que, poseen compuestos fenólicos (miricetina), flavonoides (proantocianidinas y flavonoles), antocianinas y melanina (Moreira et al., 2023; Críales, 2022).

El brillo, en este análisis el panqué control presentó el valor más alto  $0.827 \pm 0.004$ , esto se da a la presencia del huevo contribuye a generar una estructura interna más aireada, lo que aumenta la dispersión de la luz y, por lo tanto, la percepción de brillo en la miga. Estas propiedades favorecen la formación de una red proteica que estabiliza las burbujas de gas durante el horneado, generando una estructura más porosa y ligera (Koppmann, 2024).

La diferencia de color ( $\Delta E$ ), cuantifica la magnitud total de la variación cromática respecto al control. En la miga, la chía mostró una  $\Delta E = 11.151 \pm 1.127$  y la linaza una  $\Delta E = 7.738 \pm 0.965$ , diferencias atribuibles a la composición y concentración de las semillas. Esta variación, menos pronunciada en la linaza, concuerda con estudios sobre cambios en propiedades de color en productos de panadería al sustituir ingredientes (Tolve et al. (2021).

El índice de Blancura (IW) mide el grado de blancura percibida. La muestra control presentó el valor más elevado  $52.623 \pm 0.494$ , indicando mayor blancura, ya que no incorpora semillas que alteren la tonalidad. La linaza, por el contrario, exhibió el IW más bajo debido a la pérdida de blancura inducida por sus compuestos flavonoles (kaempferol y quercetina), siendo a ser más dorados, siendo similar a la chía, esto debido a la humedad del panque, el cual no permite una expansión de aire, generando una estructura más compacta (Tolve et al., 2021; Koppmann, 2024).

Estos resultados indican que la linaza preserva mejor la tonalidad cálida y anaranjada característica del panqué de zanahoria, manteniendo una apariencia más similar al producto tradicional. La estabilidad de los pigmentos carotenoides de la zanahoria se atribuye a una menor interacción con compuestos fenólicos en la linaza, en contraste con la chía que posee mayor concentración de polifenoles, taninos y antioxidantes, los cuales promueven reacciones de pardeamiento no enzimático durante el horneado e intensifican el oscurecimiento de la miga (Moreira et al., 2023).

### 6.3 Caracterización textural

En la Tabla 8 presenta los resultados del análisis de textura en la corteza, donde no se observaron diferencias significativas en ASM, contraste e IDM ( $p > 0.05$ ). Esto indica similitudes en la uniformidad general, intensidad y homogeneidad superficial entre las tres muestras, ya que el proceso térmico de horneado domina la formación de la microestructura, fenómeno reportado en productos de panificación donde el secado superficial estandariza estas propiedades (Amani, 2022).

La correlación mostró variabilidad, con el valor más elevado en la linaza ( $0.0038 \pm 0.0002$ ), lo que refleja una mayor dependencia espacial entre píxeles y, por ende, una textura más uniforme y compacta. El mucílago de linaza, con su alta viscosidad y capacidad de retención de agua, favorece la formación de una matriz continua con menor expansión gaseosa durante el horneado, resultando en una corteza más homogénea y menos porosa (Topaloğlu y Yolci, 2025)

En contraste, la entropía fue mayor en la muestra control ( $7.1534 \pm 0.0940$ ), indicando mayor heterogeneidad superficial. Esto se atribuye a la función emulsionante del huevo, que incorpora y estabiliza burbujas de aire durante el batido, generando una microestructura más irregular en la corteza post-horneado (Amani, 2022).

**Tabla 8.** Resultados de textura corteza

Caracterización textural corteza					
Muestra	Angular Second Moment (ASM)	Contrast (Contraste)	Correlation (Correlación)	Inverse Difference Moment (IDM)	Entropy (Entropía)
Panque control	$0.003 \pm 0.0009^a$	$22.079 \pm 2.623^a$	$0.002 \pm 0.0002^a$	$0.3310 \pm 0.020^a$	$7.1534 \pm 0.094^a$
Panque mezcla de chía	$0.0020 \pm 0.001^a$	$19.116 \pm 2.623^a$	$0.003 \pm 0.0002^a$	$0.3614 \pm 0.020^a$	$6.7892 \pm 0.094^b$
Panque mezcla de linaza	$0.0022 \pm 0.001^a$	$20.214 \pm 2.623^a$	$0.004 \pm 0.0002^c$	$0.3604 \pm 0.020^a$	$6.5950 \pm 0.094^b$

Se muestra el valor medio más la suma del error estándar. Las letras diferentes indican diferencia significativa con  $p \leq 0.05$ .

La Tabla 9 presenta los resultados del análisis de textura en la miga, donde se observaron diferencias significativas en ASM, correlación y entropía, evidenciando el impacto directo del reemplazo del huevo en la microestructura interna del panqué.

El ASM fue menor en la muestra control ( $0.0011 \pm 0.0001$ ), lo que indica menor uniformidad textural debido a la distribución heterogénea de alveolos generada por la aireación durante el batido del huevo. Por lo contrario, las formulaciones con chía y linaza mostraron valores elevados de ASM ( $0.0018 \pm 0.0001$  y  $0.0022 \pm 0.0001$ ), reflejando una miga más uniforme y compacta en comparación con el control (Topaloğlu y Yolci, 2025).

La correlación resultó significativamente mayor en la linaza ( $0.0039 \pm 0.0001$ ), seguida por la chía, sugiriendo una organización espacial más regular de la microestructura. La mezcla de linaza, por su viscosidad, estabiliza la red de gluten y limita la coalescencia de burbujas, generando poros de menor tamaño (Topaloğlu y Yolci, 2025). En contraste, la muestra control ( $22.1958 \pm 1.3734$ ) exhibió una matriz más compleja debido al mayor aumento de volumen (Amani, 2022).

La entropía fue mayor en la muestra control ( $7.1732 \pm 0.0577$ ) y menor en la linaza ( $6.5800 \pm 0.0577$ ), confirmando mayor complejidad estructural en la miga con huevo. La reducción de entropía en las formulaciones veganas refleja una menor heterogeneidad en la distribución de poros, atribuible a su limitada capacidad de retención de aire y estructura más cerrada (Moreira *et al.*, 2023).

En productos clásicos de panque de zanahoria, la textura suele describirse como arenosa, suave y ligeramente granulosa, lo que genera un bolo alimenticio relativamente denso. Sin embargo, esta densidad se compensa con la humedad aportada por la zanahoria, lo que facilita la masticación y mejora la sensación en boca (Prajapati *et al.*, 2024).

**Tabla 9. Resultados textura miga**

<b>Caracterización textural miga</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Angular Second Moment (ASM)</b>	<b>Contrast (Contraste)</b>	<b>Correlation (Correlación)</b>	<b>Inverse Difference Moment (IDM)</b>	<b>Entropy (Entropía)</b>
<b>Panque control</b>	0.001±0.0001 <sup>a</sup>	22.196±1.374 <sup>a</sup>	0.001±0.0001 <sup>a</sup>	0.328±0.0104 <sup>a</sup>	7.1732±0.058 <sup>a</sup>
<b>Panque mezcla de chía</b>	0.002±0.0001 <sup>b</sup>	21.322±1.373 <sup>a</sup>	0.003±0.0001 <sup>b</sup>	0.3497±0.010 <sup>a</sup>	6.8261±0.058 <sup>b</sup>
<b>Panque mezcla de linaza</b>	0.002±0.0001 <sup>b</sup>	20.01±1.373 <sup>a</sup>	0.0039±0.000 <sup>c</sup>	0.3586±0.010 <sup>a</sup>	6.580±0.0577 <sup>c</sup>

Se muestra el valor medio más la suma del error estándar. Las letras diferentes indican diferencia significativa con  $p < 0.05$ .

La Tabla 10 presenta el análisis de correlaciones entre parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , brillo, saturación, tono) y descriptores texturales obtenidos por la matriz de coocurrencia de Niveles de Gris (GLCM) en miga y corteza, donde valores cercanos a 1 indican mayor asociación.

En la miga, se mostró correlación positiva con  $b^*$  y  $b^*$  de la costra (0.9880), indicando que estructuras más heterogéneas presentan mayor variabilidad cromática. En el panque control, el huevo genera una distribución irregular de alveolos que incrementa la complejidad estructural y la dispersión lumínica (Amani, 2022).

En la corteza, se observaron correlaciones positivas fuertes entre  $b^*$  corteza, y saturación\* miga (0.9545), asociando la intensificación superficial una mayor cromaticidad. Este fenómeno se relaciona con reacciones de pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard y caramelización), moduladas por azúcares reductores y aminoácidos disponibles. Las proteínas del huevo en el control intensifican estas reacciones, generando tonos más rojizas y amarillos, efecto atenuado en las formulaciones veganas (Cochachi y Monago, 2025).

Mayormente se muestra una correlación entre los parámetros de color, indicando que las variaciones de color están relacionadas con la sustitución del huevo mediante mezclas de linaza y chía (Othman, 2022).

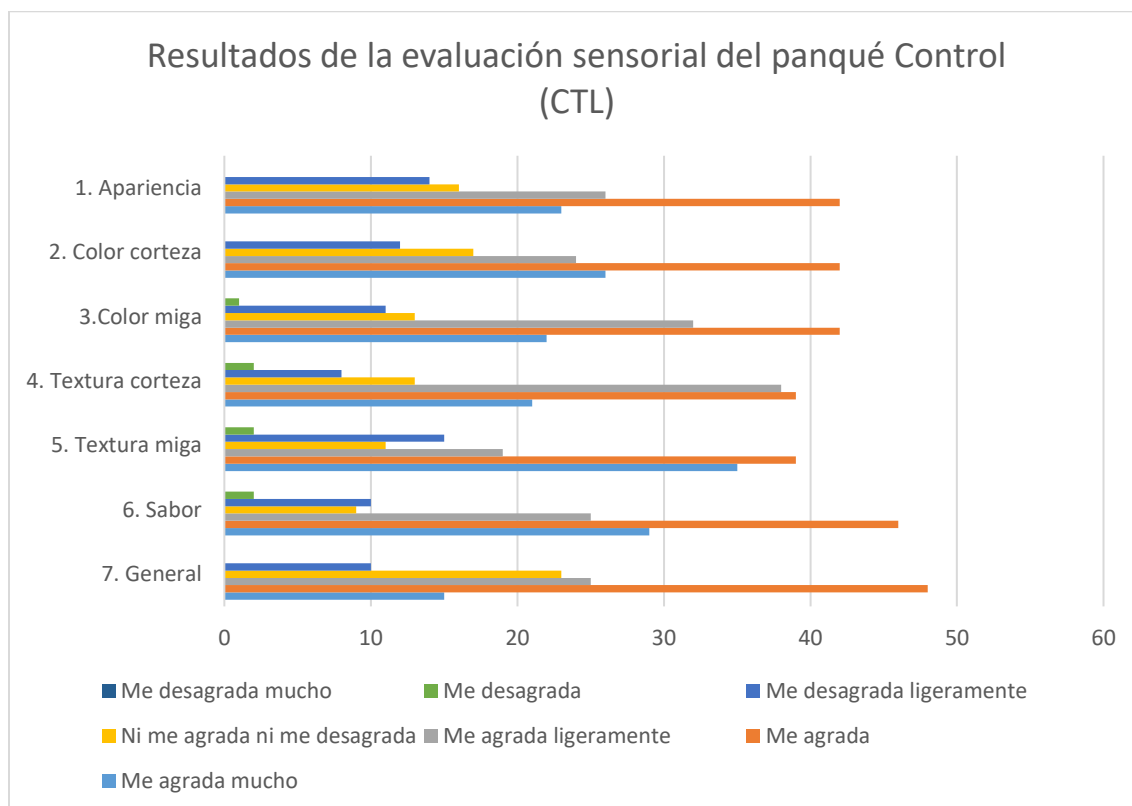
**Tabla 10. Multivariable Correlación de color y textura**

	b* miga	a* miga	L* miga	B imiga	S miga	Hue miga	ASM Miga	Contraste Miga	Correlación miga	IDM miga	Entropía miga	b* Costra	a* Costra	L* Costra	B Costra	S Hue Costra	ASM Costra	Contraste Costra	Correlación Costra	IDM Costra	Entropía Costra	
<b>b* Miga</b>	1.0000																					
<b>a* Miga</b>	0.8104	1.0000																				
<b>L* Miga</b>	-0.7234	-0.9605	1.0000																			
<b>B Miga</b>	-0.4038	-0.7759	0.9123	1.0000																		
<b>S Miga</b>	0.9554	0.9431	-0.8909	-0.6367	1.0000																	
<b>Hue Miga</b>	-0.8256	-0.9958	0.9567	0.7649	-0.9490	1.0000																
<b>ASM Miga</b>	-0.4977	-0.5659	0.4332	0.2172	-0.5423	0.5491	1.0000															
<b>Contraste Miga</b>	-0.0283	-0.0431	0.1151	0.1838	-0.0504	0.0310	-0.6152	1.0000														
<b>Correlación Miga</b>	-0.7730	-0.7097	0.6322	0.3791	-0.7763	0.7492	0.6245	-0.1852	1.0000													
<b>IDM Miga</b>	-0.2066	-0.2315	0.1310	-0.0069	-0.2104	0.2369	0.7651	-0.9220	0.3369	1.0000												
<b>Entropía Miga</b>	0.6343	0.6857	-0.5875	-0.3623	0.6803	-0.7008	-0.8878	0.6595	-0.7742	-0.8066	1.0000											
<b>b* Costra</b>	0.9975	0.7937	-0.7005	-0.3744	0.9445	-0.8066	-0.4898	-0.0382	-0.7459	-0.2078	0.6150	1.0000										
<b>a* Costra</b>	0.8165	0.9985	-0.9567	-0.7674	0.9453	-0.9951	-0.5575	-0.0381	-0.7100	-0.2379	0.6880	0.8014	1.0000									
<b>L* Costra</b>	-0.7532	-0.9668	0.9954	0.8877	-0.9091	0.9642	0.4434	0.1041	0.6596	0.1466	-0.6060	-0.7331	-0.9674	1.0000								
<b>B Costra</b>	-0.4744	-0.8161	0.9357	0.9880	-0.6941	0.8078	0.2598	0.1580	0.4609	0.0277	-0.4227	-0.4469	-0.8134	0.9253	1.0000							
<b>S Costra</b>	0.9615	0.9348	-0.8753	-0.6112	0.9979	-0.9400	-0.5375	-0.0525	-0.7672	-0.2161	0.6742	0.9545	0.9397	-0.8984	-0.6746	1.0000						
<b>Hue Costra</b>	-0.8427	-0.9931	0.9574	0.7624	-0.9585	0.9966	0.5334	0.0402	0.7438	0.2354	-0.6922	-0.8271	-0.9956	0.9701	0.8121	-0.9532	1.0000					
<b>ASM Costra</b>	0.1086	0.5177	-0.5032	-0.5242	0.3055	-0.4786	-0.2212	-0.0084	-0.0778	-0.1178	0.2508	0.0965	0.5234	-0.5090	-0.5449	0.3029	-0.4758	1.0000				
<b>Contraste Costra</b>	0.1573	0.1634	-0.1402	-0.0844	0.1596	-0.1665	-0.4098	0.6892	-0.0256	-0.7716	0.5090	0.1689	0.1733	-0.1428	-0.0809	0.1678	-0.1790	0.0663	1.0000			
<b>Correlación Costra</b>	-0.7303	-0.6668	0.6133	0.3905	-0.7363	0.7022	0.5463	-0.1021	0.9691	0.2338	-0.6853	-0.7053	-0.6699	0.6470	0.4819	-0.7298	0.7071	-0.0793	0.0528	1.0000		
<b>IDM Costra</b>	-0.3178	-0.3782	0.3305	0.2244	-0.3508	0.3814	0.5597	-0.6415	0.2277	0.8272	-0.6602	-0.3312	-0.3882	0.3370	0.2335	-0.3614	0.3932	-0.1584	-0.9438	0.1339	1.0000	
<b>Entropía Costra</b>	0.7190	0.7939	-0.7177	-0.4990	0.7823	-0.8092	-0.7813	0.5028	-0.7422	-0.7194	0.9355	0.7073	0.8006	-0.7362	-0.5531	0.7812	-0.8096	0.2971	0.6198	-0.6609	-0.7782	1.0000

## 5.4 Evaluación sensorial

La Gráfica 1 presenta los resultados del nivel de agrado con jueces potencialmente consumidores, donde la muestra control obtuvo las calificaciones más altas en apariencia debido a su color amarillo y dorado, aunque algunos panelistas percibieron ligero color más intenso. En textura, algunos jueces comentaron que se destacó por su firmeza, mayor porosidad, esponjosidad y sensación oral agradable, pese a una percepción ocasional de sequedad, demostrando ser una matriz más compleja por el aumento de volumen y la pérdida de humedad durante el horneado (Amani, 2022). El sabor fue el atributo mejor valorado, predominando notas características de zanahoria, aunque algunos evaluadores sugirieron intensificar la dulzura y el perfil vegetal.

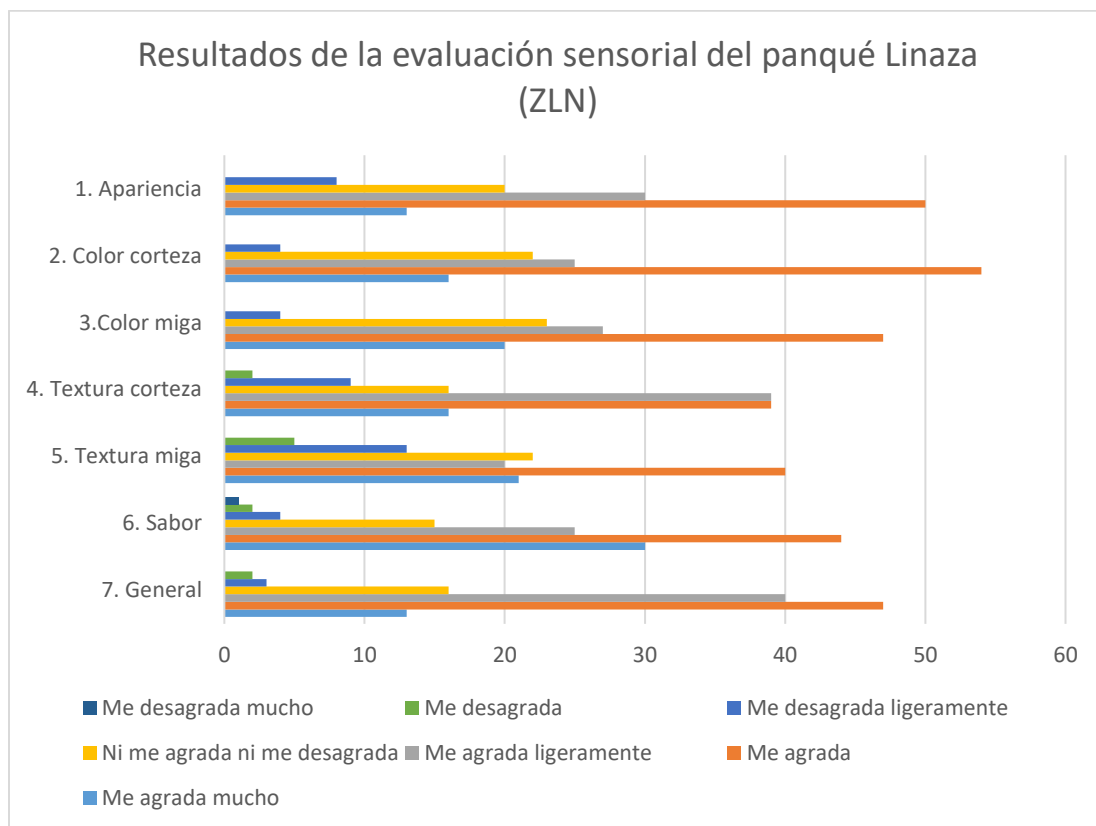
**Gráfica 1.** Resultados de la evaluación sensorial del panqué Control (CTL).  
*Elaboración propia*



La Gráfica 2, la linaza muestra que el porcentaje más alto corresponde a la respuesta número 2. Este resultado se debe a que el color influye positivamente en su apariencia, dándole un tono más cálido por sus compuestos flavonoles. Sin embargo, algunos notaron que presentaba un color más opaco, carente de tonalidad, dado a su humedad (Críales, 2022).

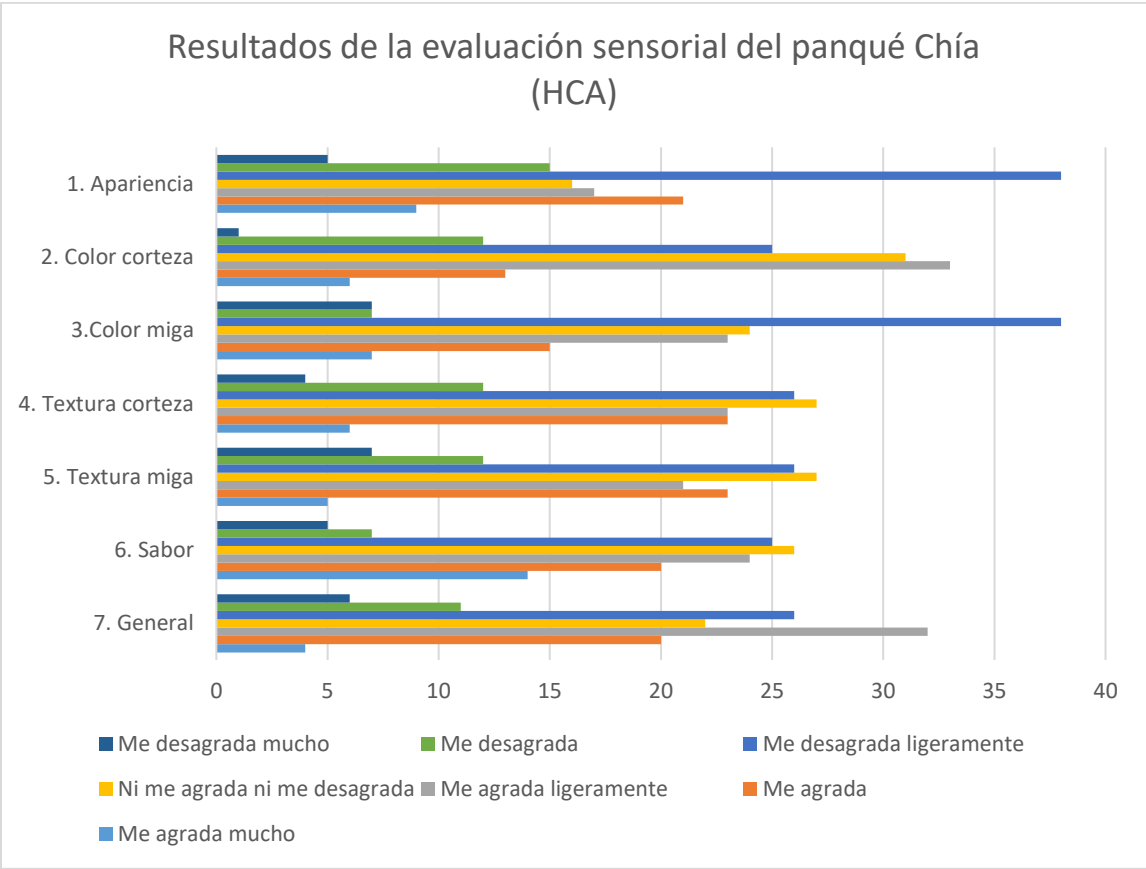
En cuanto a la textura, esta fue la más resaltada en comparación con las demás, ya que resulto más firme, con una corteza más crujiente pero no seca; era fácil de consumir y menos apelmazada en comparación con la prueba HCA, que fue la más compacta y pesada, debido a mayor humedad de en la mezcla, promoviendo una red más estable que limita la formación de burbujas, generando poros pequeños (Topaloğlu y Yolci, 2025).

**Gráfica 2.** Resultados de la evaluación sensorial del panqué Linaza (LZN).  
Elaboración propia



La Gráfica 3 muestra con mezcla de chía fue la menos aceptada en todos los aspectos, donde en los comentarios se menciona que tuvo una apariencia menos apetecible por su color oscuro, dado a los compuestos fenólicos y melaninas de la chía, y una textura desagradable por mayor humedad, pegajosidad y densidad dados por la mezcla. El cual refleja una reducción en la heterogeneidad de la distribución de poros, relacionándose con menos capacidad de retención de aire y una estructura más cerrada en comparación con la muestra control (Moreira et al., 2023; Cruz et al., 2020).

**Gráfica 3.** Resultados de la evaluación sensorial del panque Chía (HCA). *Elaboración propia*

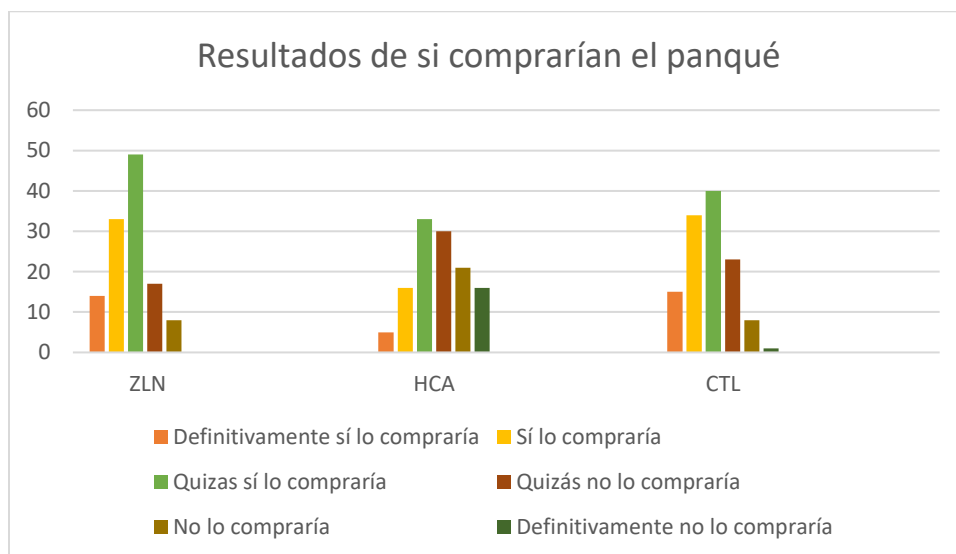


En cuanto a la posibilidad de compra, los resultados de la gráfica 4 indican que un número mayor de personas consideraría adquirir el panqué de linaza, aumentando la respuesta a “Quizás sí lo compraría”. Basado en sus comentarios, se podría mejorar el producto para aumentar las probabilidades de compra, especialmente aprovechando la mayor aceptación de los colores cálidos y apetecibles, tomando

en consideración los resultados de la prueba de colorimetría, donde se verifica los datos obtenidos al ser más cercana a la muestra control.

La chía obtuvo una mayor proporción de respuestas indicando “definitivamente no lo compraría”. Debido a que la chia no ofreció el mismo grado de esponjosidad que la linaza o el huevo, lo que hizo que no fuera tan viable en términos de color, ni de sabor, donde se comentaba que tenía un toque más integral, dado a la adhesión de mezcla con semillas (Barbosa et al., 2020).

**Gráfica 4.** Resultados de si compraría el panqué. Elaboración propia



## 7. Conclusiones

Los resultados confirmaron que la sustitución del huevo por mezcla de chía y la mezcla de linaza modifica de manera significativa la composición proximal, el color y la textura del panqué. La mezcla de linaza mostró la mejor evaluación colorimétrica, con una menor diferencia de color  $\Delta E 7.738 \pm 0.965$  en cuanto a la muestra control al conservar una tonalidad amarilla-dorado cercana al producto tradicional. Evidenciando que la correlación más alta fue la observada en el canal de saturación, tanto en la costra como en la miga (0.9979), los demás canales de

color también mostraron correlaciones altas entre sí; lo que indica que el color determina el cambio en la sustitución del huevo por las mezclas de linaza y chía.

De manera sensorial la mezcla de linaza no tuvo una gran alteración al sabor original dado que hubo más aceptación en comparación con la mezcla de chía, junto con una miga más uniforme y compacta observadas en la caracterización textural, mientras que el panqué con mezcla de chía generó un producto más oscuro  $\Delta E$   $11.151 \pm 1.127$ , y con menor preferencia por los consumidores.

Por último, los descriptores texturales obtenidos mediante visión por computadora evidenciaron cambios estructurales coherentes con la percepción sensorial, validando la utilidad de estas herramientas para caracterizar objetivamente la calidad del producto. En conjunto, la mezcla de la linaza se posiciona como el sustituto más adecuado del huevo en panqué de zanahoria bajo los criterios de calidad visual, estructural y consumo.

## 8. Referencias

Abarca G., Villanueva M., Tobar S., Fredes C., Aguirre C. y Parada A. (2024) Hacia una alimentación saludable y sostenible: elección de alimentos ricos en proteínas. *Revista Chilena de nutrición* (Vol.51, no.6) [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182024000600485&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182024000600485&script=sci_arttext&tlng=pt)

Adrián B.K. (2020) Elaboración de galletas a partir de manzana deshidratada (*Malus domestica*) y linaza (*linium usitatissimum* L) como fuente de antioxidante natural. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ADRIAN%20BELTRAN%20KEVIN%20FABIAN.pdf>

Aguiar L., Geraldi M., Betim C. y Marostica M. (2019) Functional Food Consumption and its Physiological Effects. *Bioactive Compounds*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00011-6>

Alarcón P. K. (2020) ¿Cómo reemplazar el huevo en las preparaciones? CEDIN. <https://cedin.udec.cl/wp-content/uploads/2020/12/profesionales-72.pdf>

Amani H., Baranyai L., Badak-Kerti K y Khaneghah (2022) Influence of Baking Temperature and Formulation on Physical, Sensorial, and Morphological Properties of Pogácsa Cake: An Image Analysis Study. *Foods*, MDPI. (11,321) <https://doi.org/10.3390/foods11030321>

Aranibar C., Aguirre A. y Borneo R. (2019) Utilization of a by-product of chia oil extraction as a potential source for value addition in wheat muffins. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03889-1>

Aribas M. y Aktas E. (2025) Characterization of Mucilage from roasted and steamed flaxseed and its utilization in Low-fat cake. *Hittite Journal of Science and Engineering*;12 (3) <https://doi.org/10.17350/HJSE19030000359>

Azpíroz M.L. (2024) Veganismo y vegetarianismo en la prensa mexicana en 2022: un análisis de argumentos y fuentes. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional* (Vol. 34, no.63) <http://orcid.org/0000-0001-9037-023X>

AOAC (2020) Análisis proximal. Association of Official Analytical Chemists. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/#:~:text=Official%20Methods%20of%20Analysis%20of,and%20the%20Codex%20Alimentarius%20Commission.>

Aslan M. y Bilgili N. (2021) Improvement of Functional cake formulation with fermented soy (*Glycine max*) and lupin (*Lupinus albus L*) powders. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100429>

Ahmadinia F, Mohtarami F., Esmaili M. y Pirsá S. (2023) Investigation of physicochemical and Sensory characteristics of low calorie sponge cake made from flaxseed mucilage and flaxseed flour. *Scientific Reports* 13 <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47589-5>

Barrientos S. y Silva A. (2020) Estado de la investigación sobre obesidad y sobrepeso: una revisión crítica y socioantropológica. *Temas sociales*. Scielo (No. 46) [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0040-29152020000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0040-29152020000100006&script=sci_arttext)

Barbosa F., Carvalho E., Coutinho M., De Faría N., Handa A., Oliveira G., Silvério T., Teixeira M., Armond P., Argenta C. (2020) Desarrollo y análisis sensorial de panes de queso con chía o semillas de linaza. *Research Society and Development* (V.9, 11) <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/f613db24-17c1-432f-a44a-b9bfba2b9737/content>

Baquerizo C. M. (2021) Efecto del proceso de germinado, extrusión y cocción en húmedo sobre el valor nutricional de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum L*) cultivada en la provincia de Huancayo - Junín. pp. 12-13 [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17758/Baquerizo\\_cm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17758/Baquerizo_cm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ballinas D.E., Meza G.P., Aguilar N.O., Vela G.G., Flores G.L. y Morales M.L. (2023) El análisis proximal, práctica e interpretación de resultados. *Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*.

<https://redinvestigav2.chiapas.gob.mx/archivos/AnalisisProximal202320240530T144148.pdf>

Baima J.S. y Ribotta P.D. (2019) El análisis de imágenes como herramienta de monitoreo en la deshidratación de rodajas de banana. *Brazil Journal of Food Technology*, 22 <https://doi.org/10.1590/1981-6723.23118>

BeMiller J., y Whistler R. (2009) *Chemistry and Technology*. 3rd Edition. Academic Press, Cambridge, MA, 374-564

Bermejo NF, Munné-Bosch S. Mixing chia seeds and sprouts at different developmental stages: A cost-effective way to improve antioxidant vitamin composition. *Food Chem.* 2023 Mar 30;405(Pt A):134880. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.134880. Epub 2022 Nov 8. PMID: 36371839.

Bimpizas M., Kaiser S., Liu Y., Lyu Y. y Santaga R. (2022) Additives in the food supply chain: Environmental assessment and circular economy implications. *Environmental and Sustainability Indicators* (Vol. 14). El Sevier. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100172>

Bord, C., Guerinon, D., & Lebecque, A. (2019). *Application of two sensory methods to investigate the impact of heating on the flavor perception of a French blue cheese. Journal of Sensory Studies*, e12509. doi:10.1111/joss.12509

Buregio C. y Castro N. (2025) Development of vegan ice cream made from Brazilian regional fruits. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101201>

Bustamante B. (2023) Uso del mucílago de linaza (*Linum usitatissimum*) en diferentes concentraciones como sustituto del huevo y su efecto en las características físicas y sensoriales del queque de vainilla. Universidad Nacional del Callao. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/8022>

Calva J.J. (2023) Aprovechamiento de chia, linaza y aquafaba como agentes gelificantes en el desarrollo de alternativas gastronómicas para diversificar la carta del restaurante maroma, loja, 2023. Instituto Tecnológico Superior Sudamericano. <http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/handle/123456789/799>

Campa A.L. (2023) Determinación de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante y antimicrobiana y composición proximal de residuos de la

agroindustria peruana. Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/5980>

Cañas, L. C. & Ardila, J. F. (2023). *Estudio de la sustitución de consumo de proteína animal por vegetal en los estudiantes de comunidades universitarias de la ciudad de Medellín, Colombia en el año 2023.*  
<http://hdl.handle.net/20.500.11912/10791>.

Cárdenas M.N., et al. (2018) Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. Revista Científica. Dominio de las Ciencias. (Vol. 4)  
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>

Cisternas C, Farías C., Muñoz L., Morales G. y Valenzuela R. (2022) Composición química, características nutricionales y beneficios asociados al consumo de chía (*Salvia hispanica L.*) (Vol. 49, no. 9) Revista chilena de nutrición.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182022000600625>

Críales R.S. (2022) Desarrollo de productos tipo pancakes a partir de harina de semillas de chía, amaranto y quinoa. Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/57726>

Cruz S., Nereida M., López B. y Gutiérrez L. (2020) Desarrollo de productos a base de semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) para su aprovechamiento integral. Universidad de San Carlos de Guatemala.  
<https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puicb/INF-2020-61.pdf#:~:text=ch%C3%ADa%20con%20diferente%20color%2C%20el%20cual%20relacion%C3%B3,antioxidante%20que%20contribuye%20a%20la%20estabilidad%20del>

Cobos Gavilanes, K., Méndez Paspuel, C., Galarza Cachiguango, I., & Falcón Gordillo, S. (2023). Aplicación de alimentos funcionales para mejorar la nutrición en base a técnicas de repostería de vanguardia. Revista De Investigación Enlace Universitario, 22(1), 84-105. <https://doi.org/10.33789/enlace.22.1.128>

Cobos I.A. (2020) Evaluación bromatología y sensorial del pan de trigo (*Triticum spp*), tipo enrollado, enriquecido con chía (*Salvia hispánica*). Universidad Agraria del Ecuador.  
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/COBOS%20INTRIAGO%20ADRIANA%20TERESA\\_compressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/COBOS%20INTRIAGO%20ADRIANA%20TERESA_compressed.pdf)

Coelho M., and Myriam de las Mercedes Salas-Mellado, “Chemical Characterization of CHIA (*Salvia hispanica L.*) for Use in Food Products.” Journal

of Food and Nutrition Research, vol. 2, no. 5 (2018): 263-269. doi: 10.12691/jfnr-2-5-9

Cochachi P.K. y Monago C.N. (2025) Caracterización fisicoquímica y sensorial de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en almíbar de linaza (*Linum usitatissimum* L.) *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/5463>

Contreras-López, E.; Ramírez-Godínez, J.; García-Martínez, M.M.; Gutiérrez-Salomón, A.L.; González-Olivares, L.G.; Jaimez-Ordaz, J. Low-Calorie Beverages Made from Medicinal Plants, Flowers and Fruits: Characteristics and Liking of a Population with Overweight and Obesity. *Appl. Sci.* (2021), 11, 3766. <https://doi.org/10.3390/app11093766>

Colmenares C.Y., Hernández G.K., Piedrahita M.M., Castro J. y Hernández L.J. (2020) Hábitos de alimentación saludable en estudiantes de secundaria. *Revista Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4065036>

Cosme F., Rocha T., Marques C., Barroso J. y Vilela A. (2025) Innovative Approaches in Sensory Food Science: From Digital Tools to Virtual Reality. *Applied Science*. 15(8), 4538; <https://doi.org/10.3390/app15084538>

Chang Jane P.C, Tseng Ping T., Zeng B.S., Chang C.H., Su H., Chou P.H. y Su K.P. (2023) Safety of supplementation of Omega-3 polyunsaturated fatty acids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.(Vo. 14, 6) *Advances in nutrition*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.08.003>

Chiang J., Min O.D., Kay N.F., Hua Y.X., Wen T.W., Henry C.J. (2021) Application of chia (*Salvia Hispanica*) mucilage as an ingredient replacer in foods. *Trends in Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.039>

De La Fuente L.V. (2020) Lo que debes saber sobre el veganismo. *IBERO Puebla. Círculo de Escritores*. <https://hdl.handle.net/20.500.11777/4567>

De Luis D. (2022) Chía, el superalimento. *Alimerka. El Norte de Castilla*. <https://www.ienva.org/data/chia-el-cereal-de-moda.pdf>

Demirkersen I. y Mert B. (2019) Utilization of Beeswax Oleogel-Shortening Mixtures in Gluten-Free Bakery Products. *Journal of the American Oil Chemist Society*. DOI 10.1002/aocs.12195

Djekic, I., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Gagaoua, M., & Tomasevic, I. (2021). *Review on characteristics of trained sensory panels in food science*. *Journal of Texture Studies*, 52(4), 501–509. doi:10.1111/jtxs.12616

Dusso D., Téllez J., Fuertes V., Paoli J. y Moyano L. (2022) Vacuum pyrolysis of chia flour residues: an alternative way to obtain omega-3/omega-6 fatty acids and calcium-enriched biochars. (Vol. 161) *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105379>

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421

El-Sabrou, Karim, Aggag, Sarah, Mishra, Birendra, *Advanced Practical Strategies to Enhance Table Egg Production*, *Scientifica*, 2022, 1393392, 17 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1393392>

Elsherif H., Elkhoundary M., Abdel S.R., Hadad G. y Gindy A. (2023) A Review of Food Additives from Definition and Types to the Method of Analysis. *Records of Pharmaceutical and Biomedical Sciences* 7 (1) [https://rpbs.journals.ekb.eg/article\\_284092\\_3c5b27d9569964cfa758b11fe61566bb.pdf](https://rpbs.journals.ekb.eg/article_284092_3c5b27d9569964cfa758b11fe61566bb.pdf)

Espinoza J.G. (2017) El uso de sustitutos de proteínas de huevo y su aplicación en panadería y repostería. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/octubre/0766633/0766633.pdf>

FAO (2020) Análisis proximal. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/4/AB489S/AB489S03.htm>

Fon Fay V.F. y Zumbado F.H. (2019) Análisis proximal en alimentos. *Fundamentos técnicos y técnicas experimentales*. Ed. Colloquium. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

FINUT (2020) Papel de los cereales de grano entero en la salud. [Fundación Iberoamericana de Nutrición \(FINUT\), International Life Sciences Institute \(ILSI\). https://www.finut.org/wp-content/uploads/2021/01/Informe-Papel-de-los-CGE-en-la-salud\\_compressed.pdf](https://www.finut.org/wp-content/uploads/2021/01/Informe-Papel-de-los-CGE-en-la-salud_compressed.pdf)

Gallo, L. R. D. R., Assunção Botelho, R. B., Ginani, V. C., de Lacerda de Oliveira, L., Riquette, R. F. R., & Leandro, E. D. S. (2020). Chia (*Salvia hispanica*

L.) gel as egg replacer in chocolate cakes: Applicability and microbial and sensory qualities after storage. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(1), 29-39.

Göksel M., Dedebas T., Hastaoglu E. y Arslan E. (2022) Influence of using scarlet runner bean flour on the production and physicochemical, textural, and sensorial properties of vegan cakes:WASPAS-SWARA techniques. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100489>

Gómez G. y Quesada D. (2019) ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo* (2,1), pp. 80-82 <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>

González O.J. (2023) Las dos caras del veganismo: beneficios y riesgos en la salud de una dieta vegana. *CIENCIA ergo-sum*, 30 (1) <http://doi.org/10.30878/ces.v30n1a6>

González M.M. (2021) Técnicas de procesamiento de imágenes aplicadas al monitoreo de procesos alimentarios. Universidad de la República. Uruguay. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/26835/1/GON21.pdf>

Giromini C. y Givens I. (2022) Benefits and Risks Associated with Meat Consumption during Key Life Processes and in Relation to the Risk of Chronic Diseases. *Foods*. MDPI <https://doi.org/10.3390/foods11142063>

Guardado S.F. (2019) Efecto de diferentes sustitutos de huevo, la aplicación de aireación, la adición de lecitina y el almacenamiento sobre las características físicas y sensoriales de un queque libre de huevo. Universidad de Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/80501/Fani%20Guardado%20Tesis%20Maestr%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guamán, J. Sañudo, E. Acosta, C.Chicaiza, W. De Freitas,A. (2024).Enriquecimiento de masas batidas livianas con pulverizado de frutilla.G-ner@ndo, V°5(N°2,).182-209.

Habeck L., Lemos R., Augusta A., Borges J. y Augusto B. (2022) Kinetics of bread physical properties in baking depending on actual finely controlled temperatura. *Food Control*. Vol. 137 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108898>

Hernández B.N. (2023) Uso de aditivos (mejorantes) en el proceso de congelación de masas de pan dulce con levadura sin hornear y alto contenido de grasa. UNAM. Ciudad Universitaria. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/61540628-7a6d-4b48-8a46-d62f34aaa9c0/content>

Hernández J.E. (2019) La importancia del incremento en el consumo de chía en el ámbito gastronómico. Revista Conexión de Hospitalidad y Gastronomía. [http://aliatuniversidades.com.mx/conexxion/wp-content/uploads/2016/09/CHyG\\_12\\_Art\\_2.pdf](http://aliatuniversidades.com.mx/conexxion/wp-content/uploads/2016/09/CHyG_12_Art_2.pdf)

Heredia J.V. (2023) Efecto comparativo entre las semillas de Salvia hispánica L. “chia” y Linum usitatissimum “linaza” sobre el nivel glucémico en estudiantes universitarias. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/21111>

Igartúa, D., Sceni, P., (2023) Abordaje experimental para la enseñanza y el aprendizaje de la reacción de Maillard en química de los alimentos; Universidad Nacional Autónoma de México; Educación Química; 34; 2-14

Isaskar R., Darwanto D., Waluyati L. y Irham I. (2021). The effects of sensory attributes of food on consumer preference. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(3), 1303-1314.

Iturbe F. y Sandoval J. (2011) Análisis de alimentos Fundamentos y técnicas. Universidad Nacional Autónoma de México. [https://ada.educatic.unam.mx/pluginfile.php/522/mod\\_assign/intro/An%C3%A1lisis%20de%20alimentos%20fundamentos%20y%20t%C3%A9cnicas.pdf](https://ada.educatic.unam.mx/pluginfile.php/522/mod_assign/intro/An%C3%A1lisis%20de%20alimentos%20fundamentos%20y%20t%C3%A9cnicas.pdf)

Jiménez R.M.A. (2022) Caracterización Físicoquímica, Microbiológica y Sensorial de Panes Regionales de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. [http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2935/AT\\_26614.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2935/AT_26614.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Jonsson M., Gerthardt K., Wendin K. (2025) Historical grains in modern gastronomy: A case study of artisan breads. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101165>

Johnson A. (2025) Saborama. Una guía para entender el arte y la ciencia del sabor. *Océano*.

Kadry M.M, Salama A., Ammar M.S. (2021) Chia gel as fat substitute for producing low fat cafe. Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, Al-Azhar University, Cairo, Egypt. [https://aasj.journals.ekb.eg/article\\_177008\\_6b9de03641e9bee50caf30d43726044f.pdf](https://aasj.journals.ekb.eg/article_177008_6b9de03641e9bee50caf30d43726044f.pdf)

Kalevska T., Stamatovska V. y Nakov G. (2020) Functional Characteristics of Food of Animal Origin. Proceedings of University of Ruse (Vol. 59), pp. 76 <https://conf.uni-ruse.bg/bg/docs/cp20/10.2/10.2-14.pdf>

Komyshchev EG, Genaev MA, Afonnikov DA. Analysis of color and texture characteristics of cereals on digital images. Vavilovskii Zhurnal Genet Selektcii. 2020 Jul;24(4):340-347. doi: 10.18699/VJ20.626. PMID: 33659816; PMCID: PMC7716559.

Konal G. Neslihan D., Irmak S., Ekrem P., Turker F. (2025) Characterization of cakes produced with different legume aquafaba. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.101076>

Ko G. (2020) Carrot Cake. New York Cooking. <https://cooking.nytimes.com/recipes/1026813-easy-carrot-cake-with-cream-cheese-frosting>

Koppmann M. (2024) *Manual básico de gastronomía científica*. Siglo Veintiuno.

Kumar N. (2023) Digital Image Processing Basics. Geekforgeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/digital-image-processing-basics/>

Lafarga T., Fernández J.M., González C. y Acién F.G. (2020) Spirulina for the food and functional food industries. Food Research International. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109356>

López B.J., Castañeda N.A., Cabrera G.J., Bautista H.J., López B.R. (2024) La quimiopercepción de las sensaciones gustativas primarias del sabor en estudiantes adultos de la especialidad en gerontología. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el desarrollo educativo* (Vol.15, no. 29). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-74672024000200795](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672024000200795)

McRae A. y Nardi M. (2011) El libro de oro de la repostería. Degustis.

Medina S.L., Covarrubias P.J., Aguirre M.C., Iturriaga G., Ramírez P.J. y Raya P.J. (2019) Characterization of chia collections from the western region of Mexico. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* (vol.10, 8) <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n8/2007-0934-remexca-10-08-1837-en.pdf>

Mensah E., Oludipe E., Gebremeskal Y., Nadtochii L. y Baranenko D. (2024) Evaluation of extraction techniques for chia seed mucilage; a review on the structural composition, physicochemical properties and applications (Vol 153) *Food Hydrocolloids*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110051>

Monferrer, A., Cortés, C., Cubero, N., & Gómez, L. (2023). *Modificando la textura de los alimentos. 2ª Edición: manual de uso de los hidrocoloides*. Ediciones Díaz de Santos.

Moreira M., Lacerda S., Martins M., Ariel R. y Dárie C. (2023) Vegan brownie enriched with phenolic compounds obtained from a chia (*Salvia hispanica* L.) coproduct: Nutritional, technological, and functional characteristics and sensory acceptance. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100835>

Mohd Z.M., Bakr S.A. y Salihin B.A. (2021) Potential Functional Food Ingredients in Bread and their Health Benefits. *Biointerface Research in Applied Chemistry* (Vol. 12, 5) <https://biointerfaceresearch.com/wp-content/uploads/2021/11/20695837125.65336542.pdf>

Muñoz, L. A., Cobos, A., Díaz, O., & Aguilera, J. M. (2020). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*, 108(1), 216–224.

Murillo P. y Villavicencio P. (2025) Desarrollo de pan nutritivo de masa madre sin gluten a base de Quinoa (*Chenopodium quinua*) y Chía (*Salvia Hispánica*), con hidrocoloides para optimizar sus propiedades organolépticas. UCUENCA. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/47313>

Noori A. y Zebarjadi A. (2022) Introduction of Chia (*Salvia hispanica* L.) as an Important Oil-Medicinal Plant. *Agrotechniques in Industrial Crops*. DOI: 10.22126/ATIC.2022.8010.1060

Ramírez G.J. (2010) *Incorporación de ácidos grasos omega 3 en carne y huevo de gallinas ponedoras a través de la suplementación con aceite de hígado*

de bacalao (Tesis para obtener el grado de Químico en alimentos) Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Olakanmi S., Jayas D., Paliwal J. (2022) Applications of imaging systems for the assessment of quality characteristics of bread and other baked goods: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol.22, 3) <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13131>

Osorio O.A.A. (2020) Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología* (Vol. 13, n°2) DOI: <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21791.51361>

Pasato G.A. y Fuentes P.E. (2021) Análisis no invasivo basado en imagen como alternativa sostenible para la industria alimentaria:revisión bibliográfica. *CienciaAmérica* (Vol. 10, 3) <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/374>

Pascal S., Iregui M., Caballero J. y Cáceres A. (2022) Inicio y transición de la dieta onmívora a la dieta vegetariana estricta. *Alimentación y Nutrición*. (Vol.23) <https://doi.org/10.48061/SAN.2022.23.1.52>

Paquiyauri Q.J. (2023) Efectos de la inulina en la reacción de maillard y parámetros de horneado en la elaboración de pan de yema. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8c9ca56a-5e30-45b5-9e79-dddc4fe9b384/content>

Prajapati, Chintan, Keshav Kamaliya, and Rashmin Dhingani (2024). "Optimizing the Process Parameters for Carrot Cake Development Using Response Surface Methodology". *European Journal of Nutrition & Food Safety* 16 (9):261-74. <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2024/v16i91545>

Ramírez C.L., Cortés R.M. y Micanguer C.A. (2022). El huevo de gallina y su procesamiento industrial: una revisión. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, v. 20, n. 1, p. 221-239. Doi: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1438>

Rasines L. (2019) Revisión bibliográfica sobre los colores y su influencia en la percepción sensorial y en la respuesta emocional. *Rev. Esp. Nutr. Comunitaria* (25,1). [https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC\\_2019\\_1\\_05\\_L\\_Rasines\\_Influencia\\_de\\_colores\\_en\\_alimentacion.pdf](https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2019_1_05_L_Rasines_Influencia_de_colores_en_alimentacion.pdf)

Raheem, D.; Carrascosa, C.; Ramos, F.; Saraiva, A.; Raposo, A. Texture-Modified Food for Dysphagic Patients: A Comprehensive Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 5125. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105125>

Reyes, B. D. P. (2021). Revisión Sistemática de la Literatura Sobre la Evaluación del Proceso de la Masticación. *Areté*, 21(2), 39–47. <https://doi.org/10.33881/1657-2513.art.21205>

Rodríguez C.S. (2022) Caracterización nutricional de semilla de calabaza y linaza molida para su integración en el diseño de barras de cereal. Repositorio Institucional Séneca. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/58088>

Rojas L.J. y Valdez B.D. (2021) Aplicación de las técnicas de repostería y pastelería para la elaboración de postres libres de azúcar refinada y grasas vegetales saturadas. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36954/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n%20.pdf>

Rosales K.S. y Soto N.D. (2021) Efecto del consumo de chía en composición corporal, glucosa, perfil lipídico e índices aterogénicos en universitarios. Universidad Femenina del Sagrado Corazón. <http://hdl.handle.net/20.500.11955/824>

Rivera A. T. y Melendrez G.N. (2022) Identificación de descriptores sensoriales de panes autóctonos del altiplano del Perú características físicas, colorimétricas y aceptabilidad. Universidad Peruana Unión. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/5353/Thalia\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2022.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/5353/Thalia_Tesis_Licenciatura_2022.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Ruiz-Capillas, C.; Herrero, A.M. (2021) Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. *Foods*, 10, 582. <https://doi.org/10.3390/foods10030582>

Tolve, R.; Simonato, B.; Rainero, G.; Bianchi, F.; Rizzi, C.; Cervini, M.; Giuberti, G. Wheat Bread Fortification by Grape Pomace Powder: Nutritional, Technological, Antioxidant, and Sensory Properties. *Foods* 2021, 10, 75. <https://doi.org/10.3390/foods10010075>

Trabert A., Schmid V., Keller J., Azad M. y Bunzel M. (2022) Chemical composition and technofunctional properties of carrot (*Daucus carota L.*) pomace and potato (*Solanum tuberosum L.*) pulp as affected by thermomechanical

treatment. *European Food Research and Technology* 248:2451–2470  
<https://doi.org/10.1007/s00217-022-04060-5>

Saenz P.E., López E.A. y Del Rocío P.M (2021) Complejidad textural: la percepción como determinante de la conducta de comer. *Rev. Mex. De trastor. Aliment* (Vol.11 no.2)  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-15232021000200183](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-15232021000200183)

Saha D. y Manickavasagan A. (2021) Machine learning techniques for analysis of hyperspectral images to determine quality of food products: A review. *Current Research in Food Science* (4) Elsevier  
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.01.002>

SCAA (2020) Rueda de sabores del catador de café creada sobre la base del diccionario sensorial de World Coffee Research. Specialty Coffee Association of America. <https://rich1n.com/files/rueda.pdf>

Szczesniak, A. S. (2020). Food textures in the United States of America. En: Nishinari, K. (ed.), *Textural characteristics of world foods*. Jhon Wiley & Sons Ltd., pp. 15-25

Sert D. y Mercan E. (2020) Characterisation of physicochemical, microbiological, thermal, oxidation properties and fatty acid composition of butter produced from thermosonicated cream. *International Dairy Journal*.  
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104777>.

Severiano P.P. (2019) ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*. (Vol. 7, no.19)  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-57052019000300004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-57052019000300004)

SMS (2025) Pruebas y análisis de perfil de textura. Stable Micro Systems.  
<https://www.stablemicrosystems.com/blog/2025/understand-your-texture-profile-analysis-tests-and-analysis/>

Sruthi, N. U., Josna, K., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Gavahian, M., & Mousavi Khaneghah, A. (2022). *Impacts of cold plasma treatment on physicochemical, functional, bioactive, textural, and sensory attributes of food: A comprehensive review*. *Food Chemistry*, 368, 130809. doi:10.1016/j.foodchem.

Suzuki Y, Narumi T, Tanikawa T and Hirose M (2021) Taste in Motion: The Effect of Projection Mapping of a Boiling Effect on Food Expectation, *Food*

Perception, and Purchasing Behavior. *Front. Comput. Sci.* 3:662824. doi: 10.3389/fcomp.2021.662824

Topaloğlu Günan, K., & Yolci Ömeroğlu, P. (2025). Evaluation of Plant-Based Egg Substitutes in Vegan Muffins: Functional, Structural, and Nutritional Characterization. *Foods*, 14(17), 3012. <https://doi.org/10.3390/foods14173012>

Vegan I. (2022) La era del veganismo. Un manifiesto en favor de los animales. Editorial Planeta. Zenith, pp. 28-31

Vega D., Versino F., Dini C., Zulma V. y García A. (2024) Gluten-free baked products formulated with Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) flour. *International Journal of Gastronomy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100946>

Villalva M., Cevallos C., Moreno G., Salazar J. (2023) Panadería moderna en el Cantón Riobamba: enfoque científico en innovación de ingredientes, recetas y sostenibilidad. *Pol.Con.* (Vol.9, No.1) <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6427>

Weeragul, K., & Pandolsook, S. (2022). Effects of Manufacturing Conditions on Physical Characteristics of Recombined Butter and Quality of Butter and Sponge Cakes. *Journal of Culinary Science & Technology*, 20(3), 197–212. <https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1824831>

WHO (2022) Noncommunicable Diseases fact sheet. World Health Organization. <https://data.who.int/dashboards/ucn/overview>

Zare T., Rupasinghe T., Boughton B. y Roessner U. (2019) The changes in the release level of polyunsaturated fatty acids (w-3 and w-6) and lipids in the untreated and water-soaked chia seed. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108665>

Zhunio D.D. (2019) Aplicación de técnicas de masas batidas en seis especies de tubérculos cultivados en el Ecuador. Universidad de Cuenca. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/13eb3715-1332-401f-8d3a-bdf64ad0c985/content>