

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS



FORMULACIÓN DE PAN DULCE CON HARINA DE CALABAZA (*Cucurbita spp.*)
Y AVENA COMO SUSTITUTOS PARCIALES DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum
aestivum* L.)

POR

YENIFER CERVANTES BAUTISTA

TÉSIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México; marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

TESIS

FORMULACIÓN DE PAN DULCE CON HARINA DE CALABAZA (*Cucurbita spp.*)
Y AVENA COMO SUSTITUTOS PARCIALES DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum
aestivum L.*)

Presentada por:

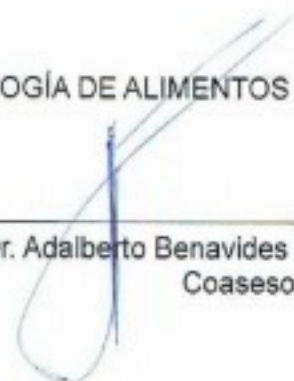
YENIFER CERVANTES BAUTISTA

Que se somete a consideración del comité asesor como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



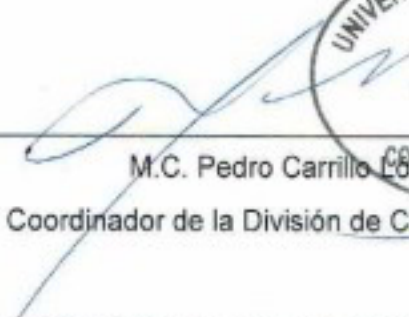
M.E. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor principal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Coasesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México; marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

TESIS

"FORMULACIÓN DE PAN DULCE CON HARINA DE CALABAZA (*Cucurbita*
spp.) Y AVENA COMO SUSTITUTOS PARCIALES DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum*
aestivum L.)

Presentada por

YENIFER CERVANTES BAUTISTA

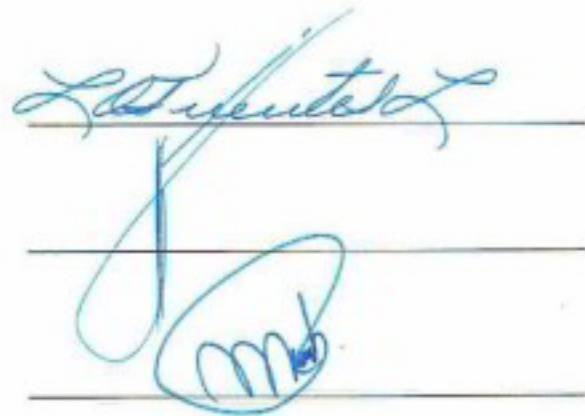
Que ha sido aprobada como requisito para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo con el artículo 89 del
Reglamento Académico para Alumnos de Licenciatura por el siguiente comité asesor:

M.E. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor principal
Departamento de Nutrición Animal

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor
Departamento de Horticultura

Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Coasesor
Departamento de Ciencia y
Tecnología de Alimentos.



Saltillo, Coahuila, México; marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

TESIS

FORMULACIÓN DE PAN DULCE CON HARINA DE CALABAZA (*Cucurbita spp.*)
Y AVENA COMO SUSTITUTOS PARCIALES DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum
aestivum* L)

Presentada por:

YENIFER CERVANTES BAUTISTA

presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Con la participación en la ejecución técnica de este proyecto de investigación:



MC. Mayra Alejandra Sosa Flores

Saltillo, Coahuila, México; marzo 2026

Declaración de Autenticidad y no plagio.

Mediante la presente, yo Yenifer Cervantes Bautista estudiante egresado de la Carrera de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos, declaro que la presente tesis titulada "Aprovechamiento de subproductos vegetales en panificación: mediante la formulación de pan dulce con harina de calabaza y avena". Es el resultado de mi proyecto de titulación es original y todas las fuentes utilizadas están debidamente referenciadas y citadas. Confirmando que las ideas, conceptos, datos y conclusiones son el resultado de mi trabajo. Cuando se utilizaron las ideas o palabras de otras personas, se agregaron las referencias y fuentes.



Yenifer Cervantes Bautista

Nombre y Firma

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y gratitud, dedico este trabajo a las personas más importantes en mi vida, quienes con su apoyo, amor y enseñanzas hicieron posible la culminación de esta etapa.

A mis padres Epifanio Cervantes Bautista y Ausencia Bautista Bautista, por su amor incondicional, su apoyo constante y los valores que me han inculcado a lo largo de mi vida. Gracias por ser mi mayor inspiración, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por impulsarme a seguir adelante en cada paso de este camino. Este logro es también suyo, porque sin su esfuerzo, sacrificio y confianza, no habría sido posible llegar hasta aquí.

A mis hermanos (a) Armando Cervantes, Omar Cervantes, valentina Cervantes e Italis Cervantes, por ser una fuente constante de alegría, motivación e inspiración en mi vida. Deseo que este logro sea un ejemplo para ustedes, y que siempre crean en sus sueños y en todo lo que son capaces de alcanzar.

A mis abuelitos (a) Evaristo, Biviana y Sotera, por su amor, sabiduría y enseñanzas que han dejado una huella invaluable en mi vida. Gracias por su cariño, sus consejos y por ser un ejemplo de fortaleza y dedicación.

A mis tíos Adan Bautista y Leodegaria Vasquez, Gracias por acompañarme en cada etapa, por su confianza y por ser parte importante de mi formación personal y académica.

A mis primos Diego, Emmanuel, Daira, Alexis y Adan que, a pesar de no haber tenido la oportunidad de continuar sus estudios, han confiado en mí y en mis capacidades.

A mi **amiga** Sherlyn Bautista Rivera que, aunque ya no estén físicamente, su presencia sigue viva en mi corazón y en cada paso que doy. Este logro es también tuyo, porque en él van nuestros sueños, nuestras metas y todo lo que alguna vez imaginamos juntas.

A mi **primo** Raziel Bautista, que no se encuentra físicamente, este logro es también una promesa cumplida, Dondequiera que estés, quiero que sepas que no te he olvidado y que esto también es por ti.

Hoy puedo decir: lo logré, tal como te lo prometí.

“No dejes que el miedo decida por ti lo que eres capaz de lograr.”

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por permitirme alcanzar esta meta y darme la fortaleza para superar los retos durante este proceso.

Así mismo, a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por darme la oportunidad de poder cumplir mis sueños en esta noble institución.

A mis **padres y hermanos(a)**, por hacer su mayor esfuerzo por darme lo mejor que es mi profesión, por su amor infinito, apoyo incondicional en días buenos y malos y sobre todo confianza en cada paso de mi formación profesional, por celebrar cada uno de mis logros. Porque aún en la distancia nunca me dejaron sola, siempre me impulsaron a dar lo mejor de mí en cada proyecto que me propuse.

A mis **abuelitos (a)**, por creer y confiar grandemente en mí y sobre todo por sus oraciones.

A mis **tíos y primos** por celebrar mis logros, acompañarme con su apoyo en cada paso y por siempre estar.

A mi novio **Ernesto Velasco**, por ser mi apoyo incondicional, mi motivación y mi fortaleza. Gracias por tu comprensión y paciencia en los momentos más difíciles en mi vida y por acompañarme en cada paso de principio a fin hasta lograr esta meta y sobre todo por ser mi apoyo emocional durante el duelo de la pérdida de mi amiga.

A mi asesora de tesis M.E. **Laura Olivia Fuentes Lara**, por su guía, paciencia y conocimientos compartidos para la culminación de este proyecto.

A mi familia foránea **Montserrat y Zayra** por ser mi apoyo emocional durante los momentos más difíciles de mi vida, también por sus ánimos y por no permitir que me sintiera sola estando lejos de mi familia.

A mi amiga **Sherlyn** por ser participe del inicio de mi formación académica, por creer siempre en mí, quien desde el cielo me acompaña en cada paso. Gracias a ti aprendí a ser fuerte, incluso cuando sentía que no podía más y aunque ya no estás físicamente, tu recuerdo, tu alegría y todo lo que compartimos siguen siendo una fuente de inspiración para mí. Este logro también es por ti.

A mis amistades (**María Vanesa, Alondra, Ana Paola, Zarina, Jaqueline y Jacibe**) por apoyarme tanto en lo académico como en lo personal y sobre todo por los bonitos momentos que compartimos juntas.

Y a todas aquellas personas que contribuyeron de alguna manera a la culminación de este proyecto, mis más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	14
1	1.1 OBJETIVOS	16
	1.1 OBJETVO GENERAL.....	16
	1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
	1.3 JUSTIFICACIÓN	17
2	MARCO TEÓRICO	18
	2.1 Enfermedad celíaca (EC)	18
	2.2 El gluten y su función en la panificación	18
	2.3 Requerimientos para alimentos libres de gluten	19
	2.4 La calabaza	20
	2.5 Ingredientes del pan y sus funciones	21
	2.5.1 Otros ingredientes opcionales.....	22
	2.6 Panes libres de gluten	22
	2.7 Importancia del desarrollo de productos sin gluten	24
	2.8 Harinas alternativas	25
	2.9 Sustitución de harina de trigo	27
	2.10 Uso de la calabaza en la panificación	28
	2.11 Tendencia y demanda de alimentos sin gluten	30
3	MATERIALES Y MÉTODOS	32
	3.1 Materia prima.....	32
	3.2 Materiales	32
	3.3 Formulación y elaboración de panes	34
	3.4 Obtención de harina de calabaza	34
	3.5 Avena molida	35
	3.6 Elaboración de pan.....	35
	3.7 (%) Materia seca total.....	38
	3.8 (%) Humedad	38
	3.9 (%) Ceniza o minerales totales	39
	3.10 (%) Grasa o extracto etéreo.....	40
	3.11 (%) Fibra Cruda	41
	3.12 (%) Proteína Cruda	42
4	RESULTADOS	44
	4.1 Materia seca total	45
	4.2 Ceniza total.....	46
	4.3 Extracto de etéreo o grasa	47
	4.4 Fibra cruda	48

4.5	Proteína cruda	49
4.6	Extracto libre de nitrógeno o carbohidratos	50
4.7	Contenido calórico (kcal)	51
5	CONCLUSIONES	53
2	BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales utilizados	32
Tabla 2 Equipos utilizados.....	33
Tabla 3 Reactivos que se utilizaron	34
Tabla 4 Formulaciones de harina de calabaza y avena para la elaboración de pan	34
Tabla 5 Caracterización de calabaza.....	44
Tabla 6 Cuadro de resultados de media obtenidos de los tratamientos	44
Tabla 7 Cuadro % Humedad y % Materia Seca Total.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Calabaza de castilla -----	32
Figura 2 Avena Quaker -----	32
Figura 3 Despulpado -----	35
Figura 4 Pesado de despulpado-----	35
Figura 5 Cocimiento durante 15 minutos -----	35
Figura 6 Enfriamiento por 15 minutos -----	35
Figura 7 Congelamiento de calabaza-----	35
Figura 8 Descongelación de calaza con microondas-----	35
Figura 9 Pesado de las porciones de calabaza -----	35
Figura 10 Pesado de harina de avena y materiales -----	35
Figura 11 Mezclado de los materiales -----	35
Figura 12 Ingredientes utilizados-----	36
Figura 13 Mezcla de materiales listo-----	36
Figura 14 Mezcla en capacillos-----	36
Figura 15 Capacillos en molde para hornear -----	36
Figura 16 Horneado del pan-----	37
Figura 17 Pan horneado-----	37
Figura 18 Muestra de pan horneado -----	37
Figura 19 Tratamientos de panes -----	37
Figura 20 Tratamientos de panes triturados y en horno de secado -----	37
Figura 21 Pesado de cada muestra de los tratamientos y calabaza -----	37
Figura 22 Muestra de calabaza pesada y colocada en el horno para secar -----	37
Figura 23 Pan secado y triturado -----	37
Figura 24 Muestras de pan en-----	37
Figura 25 Incinerador de crisoles -----	40
Figura 26 Desecador de muestras-----	40
Figura 27 Balanza Analítica -----	41
Figura 28 Extractor Soxhlet-----	41
Figura 29 Mufla -----	41
Figura 30 Balanza Analítica con crisol-----	42

Figura 31 Extractor de fibra cruda -----	42
Figura 32 Mufla -----	42
Figura 33 Balanza analítica con matraz -----	43
Figura 34 Digestor y destilador de Kjeldahl -----	43
Figura 35 Titulación de muestras -----	43
Figura 36 Grafica de medias de comparación de Materia Seca-----	45
Figura 37 Grafica de medias de comparación de Cenizas-----	46
Figura 38 Grafica de medias de comparación de Grasa -----	47
Figura 39 Grafica de medias de comparación de Fibra Cruda-----	48
Figura 40 Grafica de medias de comparación de Proteína Cruda -----	49
Figura 41 Grafico de medias de CHO -----	50
Figura 42. Grafica de medias de comparación de kilocalorías-----	51

RESUMEN

Ante la problemática de que la celiaquía es una enfermedad autoinmune en la que los anticuerpos de los pacientes reaccionan contra el gluten que ingieren en la dieta, provocando problemas intestinales de malabsorción que afectan a otras áreas de su salud debido a déficits nutricionales. La prevalencia en México es de aproximadamente un 1 %, pero cada año se diagnostican más casos de celiaquía. El objetivo de este proyecto es realizar un pan de harina de calabaza y harina de avena como sustituto de la harina de trigo evaluando su caracterización química para comprobar si esta adición aumenta el valor nutrimental.

El presente estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se realizaron distintas formulaciones de pan de harina de calabaza y harina de avena con porcentaje de 25, 50, 75 y 100 % de harina de calabaza. Se realizó la caracterización química (% MST, %H, %C, %PC, %EE, %FC, %ELN, kcal) de las distintas formulaciones de harina de calabaza y avena.

Se analizaron los resultados mediante un paquete estadístico y se compararon los resultados encontrando que el tratamiento T3, correspondiente a la formulación con 75% de harina de calabaza, presentó un contenido de 99.36% de materia seca y 0.62% de humedad. En cuanto a su composición nutrimental, registró 2.61% de cenizas, grasa fue de 23.74%, por otro lado, 1.95% de fibra cruda, proteína cruda fue de 10.98%, carbohidratos, se obtuvo un valor de 60.70%, finalmente, el contenido energético con 500.44 kcal/100 g.

Palabras clave: Pan, calabaza, avena, formulación.

Yenifer Cervantes Bautista

Correo electrónico: valentinacerbau956@gmail.com

1 INTRODUCCIÓN

La calabaza de Castilla (*Cucurbita moschata*) es una especie originaria de Mesoamérica, domesticada por las civilizaciones precolombinas hace más de siete mil años (Reyes, 2024). Este fruto se caracteriza por su cáscara gruesa, pulpa de color anaranjado y semillas ricas en aceites y proteínas. Su composición nutricional destaca por el elevado contenido de carbohidratos complejos, fibra soluble y compuestos carotenoides como el β -caroteno, la criptoxantina y la luteína, precursores de la vitamina A, los cuales poseen propiedades antioxidantes y contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares e inmunológicas (D. Rössel Kipping et al & Gasca, 2018). Además, su versatilidad culinaria permite su incorporación en una amplia variedad de preparaciones, tanto dulces como saladas, constituyendo un alimento de alto valor nutritivo y cultural.

Por su parte, la avena (*Avena sativa*) es un cereal originario de Europa oriental que, a pesar de haber sido utilizado principalmente como forraje durante siglos, ha cobrado relevancia en la alimentación humana por sus beneficios nutricionales y funcionales. Su contenido en proteínas, fibra soluble (particularmente betaglucanos) y ácidos grasos insaturados la convierte en un alimento de interés para la salud cardiovascular y digestiva (Rothschuh, 2023). En México, su cultivo se ha consolidado en regiones de temporal, principalmente en los estados de Chihuahua, Zacatecas y Durango, contribuyendo significativamente a la producción agrícola nacional (INIFAP, 2022).

Sin embargo, aunque la avena se considera un cereal naturalmente libre de gluten, puede sufrir contaminación cruzada durante su procesamiento con cereales que sí lo contienen, como el trigo, la cebada o el centeno, lo que representa un riesgo para las personas con enfermedad celíaca (Hernández 2023 & Lirola, 2023). El gluten es una proteína compuesta principalmente por gliadinas y gluteninas, presente en cereales como el trigo, el centeno y la cebada. En individuos genéticamente predispuestos, su consumo provoca una respuesta inmunitaria anómala que genera inflamación y atrofia de las vellosidades intestinales, característica de la enfermedad celíaca (Hernández-Hernández, 2017).

Este trastorno afecta aproximadamente al 1% de la población mundial y su único tratamiento efectivo consiste en mantener una dieta estrictamente libre de gluten de por vida. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar alimentos seguros y nutritivos que cumplan con los estándares internacionales para personas con intolerancia o sensibilidad al gluten.

Según las disposiciones del Codex Alimentarius, establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), un alimento puede ser etiquetado como “libre de gluten” únicamente si su contenido de esta proteína es inferior a 20 miligramos por kilogramo de producto (20 partes por millón, ppm) (Alejandra Parada, 2010).

Esta normativa, adoptada por la Comunidad Europea y diversos países de América Latina, busca garantizar la inocuidad de los productos destinados a consumidores celíacos. No obstante, investigaciones recientes han evidenciado que productos etiquetados como “sin gluten”, particularmente la avena procesada, pueden presentar niveles superiores a los permitidos debido a la contaminación cruzada con granos que contienen gluten (Ronald D. Fritz, 2016) En este marco, la combinación de ingredientes naturales y funcionales como la calabaza de Castilla y la harina de avena libre de gluten representa una alternativa viable para la formulación de productos alimenticios seguros, nutritivos y culturalmente relevantes. La integración de ambos ingredientes puede contribuir al desarrollo de alimentos aptos para personas con enfermedad celíaca, al mismo tiempo que promueve el aprovechamiento de cultivos tradicionales y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria en México.

1 1.1 OBJETIVOS

1.1 OBJETVO GENERAL

Desarrollar un pan dulce utilizando harina de calabaza y avena como ingredientes alternativos, evaluando sus características fisicoquímicas, nutricionales, con el fin de obtener un producto nutritivo libre de gluten.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular diferentes proporciones de harina de calabaza y avena en la elaboración de pan dulce, determinando la combinación adecuada en términos de sabor y apariencia.
- Determinar la composición nutricional (%MTS, %H, %C, %PC, %EE, %FC, % ELN, Kcal) de las formulaciones elaboradas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La celiaquía es un trastorno autoinmune en el que el sistema inmunológico reacciona frente al gluten consumido, generando alteraciones intestinales que afectan la absorción de nutrientes y, en consecuencia, otras funciones del organismo. Esta enfermedad está influenciada tanto por factores genéticos como ambientales y presenta diversas manifestaciones clínicas. En las personas que la padecen, se incrementa la morbimortalidad; en México, su prevalencia es cercana al 1 %, con un aumento progresivo en el número de diagnósticos. La adopción de una dieta estricta libre de gluten contribuye a disminuir estos riesgos y a prevenir complicaciones, como el cáncer gastrointestinal (Irene de la Calle, 2024), por lo que resulta fundamental garantizar que los alimentos consumidos estén completamente libres de esta proteína.

Frente a esta situación, surge la necesidad de desarrollar productos de panificación que no solo sean seguros para las personas celíacas, sino que también ofrezcan un mejor perfil nutricional y características sensoriales agradables. En este contexto, se plantea el uso de harina de calabaza y harina de avena certificada sin gluten, debido a su alto valor nutricional. Estos ingredientes aportan fibra, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como carotenoides y betaglucanos, los cuales favorecen una alimentación más equilibrada (D. Rössel Kipping et al & Gasca, 2018). Su incorporación permite mejorar la calidad del producto final y ofrecer una alternativa diferente a los panes sin gluten tradicionales, que suelen elaborarse principalmente a base de almidones.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Enfermedad celíaca (EC)

La EC es definida como una enteropatía crónica del intestino delgado inmuno-mediada y promovida por la exposición a una dieta con gluten en individuos genéticamente predispuestos.

El consumo de gluten ocasiona la inflamación permanente de la mucosa intestinal que conlleva al aplanamiento de las vellosidades, que deriva en la mala absorción de nutrientes. Los síntomas más típicos de la enfermedad incluyen diarrea, pérdida de peso, estrés, vómitos, anemia y dolor abdominal (L.S. & León, El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan, 2016).

Sin embargo, el único tratamiento que existe en la actualidad es el apego a una dieta libre de gluten de por vida. Si esta dieta no se lleva a cabo adecuadamente, pueden desencadenarse complicaciones como osteoporosis, desarrollo de linfomas intestinales, o pueden presentarse problemas en el crecimiento y en la fertilidad de los pacientes.

Por esta razón es importante implementar alimentos seguros y nutritivos que sustituyan al trigo en la panificación.

2.2 El gluten y su función en la panificación

El pan es un alimento ampliamente consumido su elaboración depende en gran medida de las propiedades de la harina de trigo, especialmente del gluten. El gluten es un conjunto de proteínas insolubles, principalmente gliadinas y gluteninas, que al hidratarse y ser sometidas al amasado forman una red **viscoelástica** capaz de otorgar cohesión, elasticidad y extensibilidad a la masa (Weegels et al., 1996).

Durante la panificación, el amasado permite la **hidratación** de los componentes de la harina y el **desarrollo del gluten**, lo que genera una estructura tridimensional que puede **retener el aire incorporado** y el dióxido de carbono (CO₂) producido por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación (Kent & Evers, 1994). Esta retención de gases es fundamental para el aumento de volumen de la masa y la formación de alvéolos que caracterizan a la miga del pan.

En la etapa de horneado, la red de gluten se **estabiliza** por efecto del calor, consolidando la estructura porosa y determinando la textura y esponjosidad del producto final. Así, el gluten cumple un papel central en la panificación, ya que permite obtener masas fermentadas con volumen, elasticidad y miga uniforme.

2.3 Requerimientos para alimentos libres de gluten

Según el Codex Alimentarius (2008), se consideran alimentos libres de gluten aquellos que están compuestos únicamente por ingredientes que no contienen trigo (incluyendo todas sus especies como la espelta y el kamut), centeno, cebada, avena — aunque esta última puede ser tolerada por algunas personas con enfermedad celíaca— ni sus variedades híbridas. En estos productos, el nivel de gluten no debe superar los 20 mg/kg en el producto final tal como llega al consumidor. También se incluyen en esta categoría aquellos alimentos elaborados con ingredientes que originalmente contienen gluten, pero que han sido sometidos a un proceso para eliminarlo, siempre que igualmente cumplan con el límite máximo de 20 mg/kg. Asimismo, el Codex señala que los productos destinados a reemplazar alimentos básicos de consumo habitual deben aportar cantidades equivalentes de vitaminas y minerales en comparación con los productos originales.

Para entender por qué es tan relevante que los productos para celíacos no contengan gluten, resulta clave conocer la función que esta proteína cumple en la panificación (L.S. & León, El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan, 2016).

2.4 La calabaza

La calabaza es uno de los cultivos vegetales más importantes a nivel mundial, principalmente debido a su aprovechamiento como alimento. Este fruto destaca por su alto valor nutricional, ya que contiene una buena proporción de carbohidratos, fibra soluble, proteínas y aceites, además de compuestos carotenoides como el betacaroteno, la criptoxantina y la luteína, que actúan como precursores de la vitamina A. Sus semillas, de forma ovalada, color verde claro y recubiertas por una cáscara, también se utilizan tanto con fines alimenticios como medicinales. El fruto está compuesto fundamentalmente por pulpa y semillas. En su estado fresco, la calabaza presenta un contenido de 91.2 % de humedad, 0.16 % de grasa, 0.97 % de proteína, 0.73 % de cenizas, 0.52 % de fibra cruda y 4.3 % de carbohidratos.

En años recientes, ha crecido el interés por aprovechar la calabaza en diversos sectores, como el de la confitería y las bebidas, impulsado por la tendencia hacia los alimentos funcionales. Un claro ejemplo es la sustitución de la harina de trigo por harina de calabaza, lo que eleva el perfil nutricional del producto final y permite obtener preparaciones libres de gluten.

La harina de calabaza se utiliza en la producción de pan sin gluten, lo que favorece la masticabilidad y la firmeza de la corteza, aunque disminuye la elasticidad, la cohesión y las pérdidas durante el horneado. Si bien la incorporación de esta harina modifica

algunas propiedades texturales, se ha observado una mejora en el valor nutricional, los productos fueron bien aceptados desde el punto de vista sensorial y fisicoquímico, y se evidenció un incremento en el contenido de betacaroteno (Aayeen Altaf, 2025).

2.5 Ingredientes del pan y sus funciones

En panadería, la harina de trigo es la más utilizada debido a su elevado contenido de gluten, una proteína que aporta elasticidad a la masa y facilita el crecimiento del pan durante la fermentación. El tipo de harina empleada influye de manera directa en la textura y el color del producto final.

Recomendación técnica: para lograr una buena estructura en el pan, es aconsejable utilizar harinas con un contenido proteico mínimo del 11 %.

El agua cumple una función fundamental: activa el gluten, hidrata los componentes de la mezcla y posibilita la fermentación. Además, su calidad es determinante, ya que el agua dura o con altos niveles de cloro puede afectar el desempeño de la levadura.

La levadura es el agente fermentador más empleado. Su función consiste en transformar los azúcares presentes en la masa en dióxido de carbono, lo que permite que el pan aumente su volumen.

Por otro lado, la masa madre es una fermentación natural que involucra bacterias lácticas y levaduras silvestres. Aporta un sabor más complejo y favorece una mejor digestibilidad.

Dato curioso: la fermentación lenta con masa madre incrementa la biodisponibilidad de minerales como el zinc y el hierro.

La sal cumple múltiples funciones: regula la actividad de la levadura, refuerza la estructura del gluten y realza el sabor del pan. Si se omite, la masa fermenta en exceso y el resultado es un pan insípido.

Punto clave: no se debe mezclar la sal directamente con la levadura, ya que esto puede inhibir o incluso anular su acción. Lo recomendable es incorporarla después de la autólisis o cuando la masa ya está parcialmente integrada (Hernan, 2025).

2.5.1 Otros ingredientes opcionales

Estos ingredientes adicionales brindan la posibilidad de adaptar el pan a diferentes gustos y necesidades, mejorando su sabor, apariencia, consistencia o perfil nutricional:

Azúcar o miel: favorecen una fermentación más rápida, contribuyen a dorar la corteza y añaden un toque de dulzor.

Grasas (aceite, mantequilla, manteca): suavizan la miga, aportan una textura más húmeda y ayudan a conservar la frescura por más tiempo.

Huevos: se emplean en panes enriquecidos como el brioche o el challah, y aportan color, grasa y proteínas a la preparación (Hernan, 2025).

2.6 Panes libres de gluten

Es evidente que el gluten presente en la harina de trigo es el principal responsable de muchas de las propiedades características de los productos de panadería, como la consistencia viscosa y elástica que facilita el manejo de la masa. Además, forma una red tridimensional de proteínas que retiene los gases generados durante la fermentación y permite la formación y estabilidad de las celdas de aire en el pan ya horneado.

La estrategia más utilizada para sustituir el gluten consiste en combinar almidones, hidrocoloides, fibras y derivados lácteos, de modo que en conjunto aporten la funcionalidad necesaria. Estos ingredientes presentan una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con la harina de trigo, por lo que las masas sin gluten suelen requerir un alto contenido hídrico. En consecuencia, los métodos y tecnologías empleados en la elaboración de panes libres de gluten difieren significativamente de los utilizados en la panificación tradicional.

De acuerdo con (Arendt & Dal Bello, 2008; Sciarini et al., 2012a; Sciarini et al., 2012b; Matos & Rosell, 2015; Collar et al., 2015; Bourekoua et al., 2016) en los últimos años, la elaboración de panes libres de gluten ha avanzado gracias al uso de diferentes ingredientes que buscan sustituir las funciones que cumple el gluten en los productos panificados. Entre estas alternativas se encuentran diversos tipos de almidones, como los de maíz, papa, mandioca y arroz, así como harinas de legumbres, trigo sarraceno, sorgo y granos andinos. También se han utilizado productos lácteos, hidrocoloides, emulsificantes, proteínas sin gluten y prebióticos para mejorar la textura, el sabor, la aceptación del consumidor y la vida útil de los productos.

A pesar de estas mejoras, se ha observado que muchos panes sin gluten disponibles en el mercado todavía presentan una calidad inferior en comparación con los panes elaborados con trigo. Diversos estudios han encontrado que suelen tener una estructura más densa y seca, un volumen más bajo y una miga más dura, lo que afecta su aceptabilidad (Arendt et al., 2002; Gujral et al., 2003). Para resolver estos problemas, se han investigado distintas harinas sin gluten, derivados lácteos, proteínas,

hidrocoloides y enzimas, con el fin de mejorar el volumen, la textura y la calidad general de los panes (Schober et al., 2005; Moore et al., 2004; Lazaridou et al., 2007).

Los productos libres de gluten que presentan mayores dificultades son aquellos que requieren procesos de fermentación y leudado, ya que el gluten es esencial para formar una red proteica que retenga los gases y permita que el pan aumente su volumen. Aunque se han estudiado alternativas como la transglutaminasa para imitar esta red proteica, los resultados indican que su efecto es limitado, por lo que aún es difícil alcanzar una textura similar a la del pan tradicional (L.S. & León, El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan, 2016).

2.7 Importancia del desarrollo de productos sin gluten

El desarrollo de productos saludables y libres de gluten se encuentra en constante crecimiento y ha transformado significativamente la manera de concebir este tipo de alimentación. Gracias a los avances tecnológicos en los procesos de producción y a la incorporación de ingredientes innovadores, la industria alimentaria está respondiendo a una demanda cada vez más exigente, enfocada en la salud y el bienestar. Esta transformación no se limita únicamente a eliminar el gluten, sino que también busca ofrecer alternativas que mejoren el valor nutricional y el perfil sensorial de los productos.

A medida que nos dirigimos hacia un futuro con mayor conciencia sobre la salud, es previsible que sigan surgiendo opciones innovadoras en el ámbito de la alimentación. Esta tendencia no solo beneficiará a las personas que necesitan evitar el gluten, sino que tiene el potencial de influir de manera positiva en el conjunto de los consumidores. La creciente variedad de productos sin gluten ofrece a los compradores la oportunidad

de descubrir alternativas saludables que combinan sabor y valor nutricional, transformando cada comida en una experiencia más agradable y nutritiva.

Asimismo, el aumento en la demanda de alimentos libres de gluten ha estimulado la innovación dentro de la industria y ha ampliado la oferta disponible para un público más amplio, lo que a su vez ha contribuido a un mayor interés por una alimentación saludable y adaptada a las necesidades individuales. No obstante, cabe señalar que, para la población general que no presenta intolerancia ni sensibilidad al gluten, los beneficios de seguir una dieta sin gluten no han sido claramente respaldados por la evidencia científica. Además, estos productos no siempre resultan más saludables o bajos en calorías; de hecho, en algunos casos pueden contener mayores cantidades de grasas o azúcares en comparación con sus versiones convencionales que sí llevan gluten. (S/f, 2025).

2.8 Harinas alternativas

En la actualidad, cada vez más personas buscan sustituir la harina de trigo por opciones más saludables y exentas de gluten en su dieta diaria. Entre las alternativas más populares y nutritivas se encuentran las harinas de almendra, avena, arroz, trigo sarraceno y maíz. Estas no solo permiten elaborar una gran variedad de recetas adecuadas para quienes padecen enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten, sino que también aportan diversos nutrientes, sabores y texturas que diversifican la alimentación.

Una de las opciones más destacadas es la harina de almendra, que se obtiene de almendras molidas sin piel. Al no contener cereales ni gluten, se caracteriza por su alto contenido en grasas saludables y proteínas, así como por su bajo nivel de carbohidratos, lo que la convierte en una excelente aliada para dietas restringidas en estos nutrientes.

La harina de avena, por su parte, se elabora a partir de la molienda del grano integral y supera a la harina de trigo en varios aspectos nutricionales. Siempre que cuente con certificación libre de gluten, resulta una alternativa muy beneficiosa debido a su elevado aporte de fibra, que contribuye a una buena digestión. También contiene betaglucanos, sustancias relacionadas con la disminución del colesterol LDL y la estabilización de los niveles de glucosa e insulina. Además, es fuente de minerales como magnesio y zinc, así como de vitaminas del grupo B, entre ellas B1, B6, biotina y ácido fólico, sumado a un contenido proteico superior.

La harina de arroz es una de las más empleadas en la preparación de alimentos sin gluten. Se obtiene mediante la molienda del grano y se distingue por su sabor neutro y su textura ligera, lo que la hace muy versátil tanto en recetas dulces como saladas. Rica en almidón y fácil de digerir, resulta ideal para espesar salsas, preparar bechamel o rebozar alimentos. En repostería, suele mezclarse con otras harinas para evitar que las masas queden demasiado secas o frágiles.

El trigo sarraceno, a pesar de su nombre, no guarda relación con el trigo y es naturalmente libre de gluten. Se produce a partir de las semillas de alforfón y se caracteriza por su tono grisáceo y su sabor pronunciado, con matices a nuez. Es muy valorado en preparaciones como crepas, panqueques y panes sin gluten. Debido a su sabor intenso, suele combinarse con harinas de perfil más suave para lograr un equilibrio en las recetas.

Por último, la harina de maíz es una alternativa ampliamente difundida en todo el mundo. Se obtiene de la molienda del grano y se reconoce por su color amarillo pálido y su gusto ligeramente dulce. Desde el punto de vista nutricional, aporta principalmente

carbohidratos complejos, junto con pequeñas cantidades de proteína y fibra. Es naturalmente libre de gluten y contiene minerales como magnesio y fósforo, además de algunas vitaminas del grupo B, cuya concentración puede variar según el grado de refinamiento del grano.

2.9 Sustitución de harina de trigo

El uso de sustitutos de la harina de trigo se ha convertido en una opción cada vez más popular por distintas razones, de acuerdo con especialistas y estudios recientes. Uno de los factores principales es el incremento en el número de personas con intolerancia al gluten o que optan por eliminar esta proteína de su dieta. Esta tendencia ha sido analizada por la Encuesta Nacional de Examen de Salud y Nutrición de los Estados Unidos, la cual evidencia un aumento en el consumo de productos sin gluten, incluso entre individuos que no padecen enfermedad celíaca. Asimismo, existe una percepción generalizada de que una alimentación libre de gluten puede ser más saludable y contribuir a aliviar molestias gastrointestinales inespecíficas. Por otra parte, especialistas como Matías Marchetti señalan que la elevada prevalencia de sobrepeso y obesidad ha impulsado la búsqueda de alternativas, dado que la harina de trigo refinada forma parte de patrones alimentarios tradicionales relacionados con estas problemáticas. Además, la creciente disponibilidad de harinas alternativas responde a nuevas tendencias alimentarias que buscan un mejor equilibrio de macronutrientes y mayor variedad en la dieta. No obstante, los expertos enfatizan la importancia de realizar estos cambios de manera consciente, manteniendo un adecuado balance energético (Rosen, 2025).

2.10 Uso de la calabaza en la panificación

Además de su amplia aplicación en la gastronomía, la calabaza de castilla destaca por su elevado valor nutricional. Contiene proteínas, ácidos grasos, omega 3, fibra y una variedad de vitaminas y minerales como A, C, hierro, potasio, magnesio y zinc. En cuanto a su aporte vitamínico, sobresale por su alto contenido de vitamina A en forma de betacaroteno, un antioxidante que el organismo transforma en esta vitamina, contribuyendo a la salud visual y al fortalecimiento del sistema inmunológico. Asimismo, aporta vitaminas del complejo B, esenciales para el metabolismo energético, y vitamina C, que también refuerza las defensas del organismo y actúa como antioxidante. Respecto a los minerales, es una fuente importante de potasio, fundamental para el equilibrio de electrolitos y la salud cardiovascular. También contiene magnesio, que participa en la función muscular y en la síntesis de proteínas, y calcio, necesario para mantener huesos fuertes. Además, se caracteriza por su bajo contenido calórico, ya que 100 gramos aportan aproximadamente 26 calorías. Por otro lado, ofrece beneficios para la salud digestiva gracias a su alto contenido de fibra, la cual favorece el tránsito intestinal y ayuda a prevenir el estreñimiento. Esta fibra también contribuye a regular los niveles de glucosa en sangre y promueve la sensación de saciedad, lo que la hace adecuada para personas con diabetes o que buscan controlar su peso. A esto se suman sus compuestos antioxidantes, como el betacaroteno y la vitamina C, que protegen a las células frente al daño de los radicales libres, reduciendo así el riesgo de enfermedades crónicas, incluidos algunos tipos de cáncer (SANTANA, 2024).

En una porción de 100 gramos de pan de calabaza se encuentra una variedad importante de vitaminas, entre ellas ácido fólico (24 µg), colina (34.6 mg), folato (35 µg),

luteína y zeaxantina (53 µg), niacina (1.6 mg), riboflavina (0.18 mg), tiamina (0.21 mg), vitamina A (209 µg), vitamina B12 (0.15 µg), vitamina B6 (0.05 mg), vitamina C (0.8 mg), vitamina D (0.5 µg), vitamina E (2.2 mg) y vitamina K1 (16 µg). En cuanto a su contenido lipídico, por cada 100 gramos aporta 4.9 g de grasas monoinsaturadas, 4.7 g de grasas poliinsaturadas y 2.2 g de grasas saturadas, además de 42 mg de colesterol. Respecto a los minerales, esta misma cantidad contiene 137 mg de calcio, 0.45 mg de zinc, 0.07 mg de cobre, 108 mg de fósforo, 2.2 mg de hierro, 18 mg de magnesio, 153 mg de potasio, 7.7 µg de selenio y 285 mg de sodio. A pesar de su aporte mineral, el pan de calabaza presenta niveles relativamente bajos de algunos micronutrientes, como potasio (3 %), magnesio (4 %) y zinc (4 %), ya que 100 gramos cubren menos del 5 % del requerimiento diario de estos minerales. (Nutrición, 2023).

En una porción de 100 gramos de pan de calabaza se encuentra una variedad importante de vitaminas, entre ellas ácido fólico (24 µg), colina (34.6 mg), folato (35 µg), luteína y zeaxantina (53 µg), niacina (1.6 mg), riboflavina (0.18 mg), tiamina (0.21 mg), vitamina A (209 µg), vitamina B12 (0.15 µg), vitamina B6 (0.05 mg), vitamina C (0.8 mg), vitamina D (0.5 µg), vitamina E (2.2 mg) y vitamina K1 (16 µg). En cuanto a su contenido lipídico, por cada 100 gramos aporta 4.9 g de grasas monoinsaturadas, 4.7 g de grasas poliinsaturadas y 2.2 g de grasas saturadas, además de 42 mg de colesterol. Respecto a los minerales, esta misma cantidad contiene 137 mg de calcio, 0.45 mg de zinc, 0.07 mg de cobre, 108 mg de fósforo, 2.2 mg de hierro, 18 mg de magnesio, 153 mg de potasio, 7.7 µg de selenio y 285 mg de sodio. A pesar de su aporte mineral, el pan de calabaza presenta niveles relativamente bajos de algunos micronutrientes, como potasio

(3 %), magnesio (4 %) y zinc (4 %), ya que 100 gramos cubren menos del 5 % del requerimiento diario de estos minerales. (Chagman, 2010).

2.11 Tendencia y demanda de alimentos sin gluten

La demanda de productos libres de gluten ha mostrado un crecimiento sostenido a nivel global, impulsado por diversos factores como el interés por la salud, la nutrición individualizada y una mayor conciencia sobre padecimientos como la enfermedad celíaca. Aproximadamente el 16% de los consumidores reduce activamente el consumo de gluten en su alimentación, tendencia que se observa con mayor fuerza en las generaciones más jóvenes. Además, en los últimos cinco años se ha registrado un incremento anual cercano al 3% en el lanzamiento de productos sin gluten, destacando como principales mercados Estados Unidos y Europa Occidental (mundial, 2024).

Las tendencias actuales en el mercado de productos sin gluten se centran en optimizar aspectos como la calidad, la textura y el sabor. Asimismo, se ha ampliado la oferta hacia diversas categorías, incluyendo snacks, lácteos, salsas, productos de panadería y alternativas a la carne, con un notable crecimiento de opciones veganas y de origen vegetal. Por otro lado, la innovación en este sector también se orienta hacia el desarrollo de productos más funcionales y sostenibles. Además, se ha observado un incremento en la disponibilidad de bebidas alcohólicas sin gluten, en respuesta a la demanda de alternativas más saludables y con menor contenido calórico (Europa, 2025).

Se estima que el mercado de alimentos libres de gluten mantendrá una expansión constante durante los próximos diez años, con una tasa de crecimiento anual compuesta que oscilaría entre el 8 % y el 9 %, alcanzando un valor significativo hacia 2034. Este incremento en la demanda no solo obedece a razones médicas, como en el caso de las

personas con enfermedad celíaca, sino también a aquellos consumidores que incorporan estos productos como parte de un estilo de vida saludable o enfocado hacia lo orgánico.

Entre las principales características que definen estas tendencias se encuentra un crecimiento global sostenido, con una clara preeminencia en Europa Occidental, América del Norte y ciertos países de América Latina. A su vez, se evidencia una mayor variedad en la oferta, que abarca categorías como snacks, panadería, salsas, lácteos y alternativas cárnicas.

Asimismo, se observa un énfasis creciente en la mejora de la calidad, el sabor, la textura y la funcionalidad de estos alimentos. A ello se suma la incorporación de corrientes como el veganismo, los productos de origen vegetal y la sostenibilidad. También ha aumentado la oferta de bebidas alcohólicas sin gluten, junto con un etiquetado más claro para captar la atención de los consumidores.

Por último, cobra relevancia el papel de la nutrición personalizada y adaptativa, posicionando a este sector como uno de los de mayor potencial dentro de la industria alimentaria (Tamaño del mercado de alimentos sin gluten: por producto, Marzo2025).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración del pan se llevó a cabo en el Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada sobre la calzada Antonio Narro número 1923, colonia Buenavista, C.P. 25315 Saltillo, Coahuila, México.

3.1 Materia prima

Se utilizó calabaza de castilla y harina de avena de la marca (Quaker), como material experimental, avena no certificada que se espera no contenga gluten. Estos dos ingredientes fueron adquiridos en un supermercado de Saltillo Coahuila.



Figura 1 Calabaza de castilla



Figura 2 Avena Quaker

3.2 Materiales

Tabla 1 Materiales utilizados

Licuadaora Marca Oster	Desecadores	Embudos	Papel filtro
Frascos	Crisoles de porcelana	Agitadores	Papel secante
Espátulas	Papel encerado	Buretas	Perlas de vidrio

Cuchillo	Pinzas para crisol y matraces	Vaso de precipitado	Probetas de 10,50,100 y 500
Miel marca la colmena	Canela	Huevo	Sal
	Aceite	Agua	Olla
Frasco Grande	Vainilla	Toper	Agitador
Papel de aluminio	Molde cuadrado	Dedales	Capacillos mainstays
Batidora manual	Cuchara	Algodón	Tijeras

Tabla 2 Equipos utilizados

Equipos	Marca
Balanza Analítica	AND
Estufa de Secado	Thelco
Estufa de Secado	Robertshaw
Mufla	Thermolyne
Aparato Kjeldahl	Labconco
Extractor Soxhlet	Labconco
Aparato de Reflujo	Labconco
Plancha de Calentamiento	Thermolyne
Microondas	Sharp

Tabla 3 Reactivos que se utilizaron

Hidróxido de sodio	Granallas de zinc	Agua purificada
Ácido bórico	Anaranjado de metilo	Agua destilada
Ácido sulfúrico	Hexano	Acetona
Mezcla reactiva de selenio	Ácido nítrico	Zinc
Indicador mixto	Ácido perclórico	Agua desionizada

3.3 Formulación y elaboración de panes

En este proyecto realizamos tres formulaciones de calabaza y tres formulaciones de avena, con tres repeticiones por tratamiento. A continuación, se muestran las formulaciones en la siguiente tabla:

Tabla 4 Formulaciones de harina de calabaza y avena para la elaboración de pan

Formulaciones	Harina de avena	Harina de Calabaza
Testigo	100 g	0 g
F 1	75 g	25 g
F 2	50 g	50 g
F 3	25 g	75 g

3.4 Obtención de harina de calabaza

La calabaza obtenida del supermercado, venia cortada a la mitad, previamente limpia, se le quitó las semillas y se procedió a despulpar con ayuda de un cuchillo, la pulpa se colocó en un papel aluminio, se pesó la pulpa total obtenida, posteriormente, la colocamos en una olla y le agregamos agua potable para ponerlo a hervir a durante 21 minutos en la estufa, se retira y se enfría durante 15 minutos, después lo guardamos en

un frasco con ayuda de una cuchara, cubrimos muy bien el frasco con el aluminio y lo guardamos en el refrigerador.



Figura 3 Despulpado



Figura 4 Pesado de despulpado



Figura 5 Cocimiento durante 15 minutos



Figura 6 Enfriamiento por 15 minutos



Figura 7 Congelamiento de calabaza

3.5 Avena molida

La avena obtenida del supermercado lo agregamos a la licuadora y lo molimos hasta que quede libre de partículas grandes u hojuelas, se coloca en un frasco para evitar contaminación y se guarda para ocuparlo en la elaboración de los panes.

3.6 Elaboración de pan

La elaboración de cada pan fue de acuerdo con las formulaciones de la tabla cuadro obteniendo un testigo de 100 % de harina de avena y 0 % de harina de calabaza, los demás tratamientos de pan fueron de (75 g, 50 g, 25 g) de harina de avena y (25 g, 50 g, 75 g) de harina de calabaza.



Figura 8 Descongelación de calabaza con microondas



Figura 9 Pesado de las porciones de calabaza



Figura 10 Pesado de harina de avena y materiales



Figura 11 Mezclado de los materiales

Cada uno de los panes fue realizado de acuerdo con las formulaciones, para ello se realizó la mezcla de los ingredientes, obteniendo una porción de 100 g de harina para cada pan, se dividió en porciones de 25 g cada formulación, obteniendo 4 panes en cada formulación, con tres repeticiones de cada formulación



Figura 12 Ingredientes utilizados

Para la elaboración del pan colocamos cada una de las porciones en un capacillo para pan, los capacillos los colocamos en el molde para hornear previamente limpio.

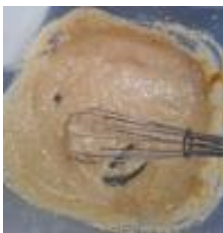


Figura 13 Mezcla de materiales listo



Figura 14 Mezcla en capacillos



Figura 15 Capacillos en molde para hornear

Antes de proceder a introducir el molde, calentamos el horno a 180° y procedemos a hornear el pan durante 20 minutos, se saca el molde del horno y se deja enfriar en la mesa.



Figura 16 Horneado del pan



Figura 17 Pan horneado



Figura 18 Muestra de pan horneado

Enseguida tomamos cada pan y lo trituramos en partes pequeñas, estas las colocamos en el aluminio pesadas e identificadas de acuerdo con la formulación que corresponde, y lo secamos la estufa de secado a 50° y 60° durante 24 horas.



Figura 19 Tratamientos de panes



Figura 20 Tratamientos de panes triturados y en horno de secado



Figura 21 Pesado de cada muestra de los tratamientos y calabaza



Figura 22 Muestra de calabaza pesada y colocada en el horno para secar

Finalmente pesamos cada tratamiento, lo trituramos y después guardamos en frascos identificados y limpios. Estos frascos los almacenamos para poder utilizar las muestras en los siguientes análisis. Se realizaron tres formulaciones (25,50, 75 %) un testigo de (100 %) de harina de avena y (0 %) de harina de calabaza con tres repeticiones cada uno.



Figura 23 Pan secado y triturado



Figura 24 Muestras de pan en

3.7 (%) Materia seca total

La determinación de materia seca total se determinó directamente a partir del contenido de humedad, de acuerdo con la NMX-F-083-S-1980 por secado en estufa de secado de la marca (Thelco) a 105 °C peso constante conforme a lo establecido en la NOM-086-SSA1-1994 para evaluación nutricional de alimentos con modificación en su composición. Los análisis se efectuaron por triplicado para cada tratamiento de pan. El contenido de materia seca total se obtuvo de forma indirecta, calculando la diferencia entre el peso inicial de la muestra y el peso final tras el proceso de secado, es decir, corresponde al residuo que permanece una vez eliminada el agua.

Para este procedimiento, se utilizó una balanza analítica marca (AND) para el registro preciso del peso de cada muestra antes y después del secado.

El secado se realizó a una temperatura de 120 °C ± 3°C en un horno eléctrico, hasta alcanzar peso constante, tal como lo especifica la norma. El contenido de materia seca total se expresó como porcentaje del peso original de la muestra, representando la fracción no volátil (principalmente proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra y cenizas).

CÁLCULOS

$$\% \text{ MST} = \frac{(\text{Peso del crisol con muestra seca total}) - (\text{Peso del crisol vacío})}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \% \text{MST}$$

3.8 (%) Humedad

La determinación de humedad se realizó de acuerdo con las indicaciones de la NMX-F-083-S-1980 mediante el método gravimétrico de secado en estufa de secado de la marca (Thelco), siguiendo los lineamientos de la NOM-086-SSA1-1994 para la evaluación nutricional de alimentos con modificación en su composición. Los análisis se hicieron por triplicado a cada uno de los panes elaborados. El contenido de humedad se

determinó calculando la diferencia por pérdida de peso en cada muestra antes y después del secado, utilizando para ello una balanza analítica Marca (AND). El secado se realizó a $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un horno eléctrico (Robertshaw).

3.9 (%) Ceniza o minerales totales

La determinación de cenizas se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la NMX-F-066-S-1978 para determinación de cenizas totales. Los análisis se efectuaron por triplicado para cada uno de los panes elaborados. El contenido de cenizas se determinó calculando la diferencia de peso entre la muestra inicial seca y el residuo mineral remanente después del proceso de incineración.

Para ello, se utilizaron crisoles de porcelana previamente tarados, y una balanza analítica marca (AND) para registrar con precisión los pesos. La incineración se llevó a cabo en una mufla marca (Thermolyne) a una temperatura de $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante un periodo de 4 horas, hasta obtener una ceniza de color blanco, libre de residuos carbonosos.

Una vez finalizado el proceso, los crisoles se retiraron cuidadosamente de la mufla, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron nuevamente. El contenido de cenizas se expresó como porcentaje respecto al peso seco de la muestra inicial.

CÁLCULOS

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Peso del crisol con cenizas}) - (\text{Peso del crisol vacío})}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia orgánica} = \% \text{ MST} - \% \text{ Cenizas}$$

Ajustar sus datos en base a materia seca total

$$\% \text{ Cenizas en base a MST} = \frac{\% \text{ Cenizas}}{\% \text{ MST}} \times 100$$



Figura 25 Incinerador de crisoles Figura 26 Dsecador de muestras

3.10 (%) Grasa o extracto etéreo

De la misma manera para la determinación de grasa cruda se realizó de acuerdo con lo establecido en la NMX-F-615-NORMEX-2004, norma mexicana para la determinación de grasa en productos alimenticios. Los análisis se hicieron por triplicado a cada tratamiento de pan. El contenido de grasa se determinó mediante extracción con disolvente orgánico utilizando el método Soxhlet de la marca (Labconco), que permite separar la fracción lipídica por solubilidad.

Para ello, se utilizó un equipo extractor tipo Soxhlet, conectado a un matraz de fondo redondo y a un condensador de reflujo, con éter de petróleo como disolvente de extracción. Las muestras se colocaron en cartuchos de celulosa previamente secos y pesados. Se empleó una balanza analítica marca (AND) para registrar con precisión los pesos antes y después de la extracción.

La extracción se llevó a cabo durante un periodo de 6 a 8 horas, manteniendo una temperatura constante mediante baño María o manta de calentamiento. Finalizada la extracción, el disolvente se eliminó por evaporación y los matraces con el residuo graso se secaron en horno eléctrico a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar peso constante.

El contenido de grasa cruda se calculó a partir de la diferencia de peso del matraz antes y después de la extracción, expresado como porcentaje respecto al peso seco de la muestra.

CÁLCULOS

$$\% \text{ E. E.} = \frac{(\text{Peso del matraz con grasa}) - (\text{Peso del matraz vacío})}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ E. E. en base a MST} = \frac{\% \text{ Extracto étereo}}{\% \text{MST}} \times 100$$



Figura 27 Balanza Analítica



Figura 28 Extractor Soxhlet



Figura 29 Mufla

3.11 (%) Fibra Cruda

La determinación de fibra cruda se realizó de acuerdo con la metodología establecida en la NMX-F-90-S-1978, norma oficial mexicana para la determinación de fibra cruda en productos alimenticios. Los análisis se llevaron a cabo por triplicado para cada tratamiento de pan elaborado. El contenido de fibra cruda se determinó mediante digestión secuencial con soluciones ácidas y básicas, seguida de la cuantificación del residuo insoluble, que representa la fracción fibrosa del alimento.

Para este procedimiento, se utilizó un sistema de digestión compuesto por un equipo extractor de fibra cruda marca (Labconco), equipado con control automático de temperatura y agitación. Se emplearon soluciones de ácido sulfúrico (0.255 N) e hidróxido de sodio (0.313 N), de acuerdo con las concentraciones especificadas por la norma. El pesaje de las muestras antes y después del tratamiento se realizó con una balanza analítica marca (AND).

Después de la digestión, el residuo fue filtrado, secado en un horno eléctrico a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, y posteriormente incinerado en una mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ durante aproximadamente 2 horas. La pérdida de peso por combustión permitió calcular el

contenido de fibra cruda, expresado como porcentaje respecto al peso seco de la muestra original.

CÁLCULOS

$$\% \text{ F. C.} = \frac{(\text{Peso del crisol con muestra seca}) - (\text{Peso del crisol con cenizas})}{\text{Gramos de muestra desengrasada}} \times 100$$

$$\% \text{ F. C. en base a MST} = \frac{\% \text{ Fibra cruda}}{\% \text{ MST}} \times 100$$



Figura 30 Balanza Analítica con crisol



Figura 31 Extractor de fibra cruda



Figura 32 Mufla

3.12(%) Proteína Cruda

La determinación de proteína se realizó de acuerdo con lo establecido en la NOM-086-SSA1-1994, la cual describe el método Kjeldahl para la cuantificación de nitrógeno en alimentos, aplicable a productos derivados de cereales y otros. Los análisis se realizaron por triplicado para cada pan.

El contenido de proteína se determinó a través del método de digestión Kjeldahl, que consiste en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado y catalizadores, seguido de neutralización, destilación y titulación para cuantificar el nitrógeno total. Este valor fue multiplicado por un factor de conversión (6.25) para obtener el contenido de proteína cruda. Para ello, se utilizó un sistema digestor y destilador marca (Labconco), junto con una balanza analítica marca (AND) para pesar las muestras con precisión.

CÁLCULOS

$$\% N = \frac{(\text{ml de } H_2SO_4 \text{ gastados en la titulación de la muestra} - \text{ml de } H_2SO_4 \text{ gastados en la titulación del blanco}) \times 0.014 \times N \text{ del ácido}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% P. C. = \% N \times 6.25$$

$$\% P. C. \text{ en base a MST} = \frac{\% \text{ Proteína}}{\% \text{MST}} \times 100$$



Figura 33 Balanza analítica con matraz



Figura 34 Digestor y destilador de Kjeldahl



Figura 35 Titulación de muestras

Cada muestra fue colocada en tubos de digestión junto con ácido sulfúrico y tabletas catalizadoras (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre), y sometida a digestión a temperatura controlada hasta obtener un líquido claro. Posteriormente, se realizó la destilación del nitrógeno convertido en amonio, utilizando hidróxido de sodio como agente alcalinizante, y la titulación se efectuó con ácido bórico como receptor y ácido estándar para cuantificación.

El contenido de proteína se expresó como porcentaje respecto al peso seco de la muestra.

4 RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados obtenidos de la investigación, los cuales se obtuvieron por medio de un análisis de varianza (ANVA) de los datos y mediante una prueba de medias de Fisher ($p \leq 0.05$).

Tabla 5 Caracterización de calabaza

	(%) MTS	(%) H	(%) C	(%) E. E	(%) FC	(%) PC	(%) CHOS	kcal/100 g
Calabaza	98.07	1.93	6.41	0.02	16.36	8.65	68.54	308.99

Tabla 6 Cuadro de resultados de media obtenidos de los tratamientos

TRATAMIENTOS	%MATERIA SECA	%CENIZA	%GRASA	%FIBRA CRUDA	%PROTEINA CRUDA	%CARBOHIDRATOS	KILOCALORIAS/ 100 g
TESTIGO AVENA	98.75a	2.18b	19.25b	1.32b	12.52 ^a	64.71b	482.22b
T1	99.26a	2.04b	15.68c	1.17b	13.75 ^a	67.33a	466.00c
T2	99.38a	2.25b	20.40b	1.57ab	12.40 ^a	63.35b	486.67b
T3	99.36a	2.61a	23.74a	1.95a	10.98b	60.70c	500.44a

Tabla 7 Cuadro % Humedad y % Materia Seca Total

TRATAMIENTO	(%) MTS	(%) H
TESTIGO AVENA	98.75	1.25
T1	99.26	0.72
T2	99.38	0.62
T3	99.36	0.62
Calabaza	98.07	1.93

Se representan los datos obtenidos de materia seca total, de acuerdo con Fisher ($p \leq 0.05$) el tratamiento

Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de harina de calabaza en la formulación de pan dulce influye significativamente en las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del producto final, en comparación con el tratamiento testigo elaborado únicamente con harina de avena.

4.1 Materia seca total



Figura 36 Grafica de medias de comparación de Materia Seca

En cuanto al contenido de materia seca total, representada en la figura 36. Tenemos que, de acuerdo con Fisher ($p \leq 0.05$) los tratamientos (T1, T2 y T3) los valores se mantuvieron altos y relativamente constantes en todos los tratamientos (99.2–99.4%), lo que indica una adecuada eliminación de humedad durante el proceso de secado. Sin embargo, se observa un ligero incremento en los tratamientos con mayor proporción de calabaza (T2 y T3), lo cual sugiere una mayor concentración de sólidos. De manera inversa, el contenido de humedad fue bajo en todos los casos (0.57–0.90 %), siendo el tratamiento con mayor proporción de harina de calabaza (75 %) el que presentó menor humedad. Este comportamiento coincide con lo reportado por estudios como el de

(Aayeena Altaf, 2025) , quienes señalan que la incorporación de harina de calabaza en productos panificados incrementa la densidad de sólidos debido a su contenido de fibra y carbohidratos complejos.

De acuerdo con (Aayeena Altaf, 2025), la harina de calabaza contiene fibra dietética y polisacáridos estructurales que modifican la distribución del agua en la matriz del pan, favoreciendo una estructura más estable tras el horneado. Esto coincide con los valores bajos de humedad obtenidos en el presente estudio.

4.2 Ceniza total



Figura 37 Grafica de medias de comparación de Cenizas

En la figura 37 se representa el contenido de cenizas, indicador del aporte mineral, de acuerdo con Fisher ($p \leq 0.05$) el cual mostró un incremento progresivo conforme aumentó el porcentaje de harina de calabaza, alcanzando su valor máximo en el tratamiento T3 (2.61%), en comparación con el testigo (2.18 %). Este comportamiento concuerda con lo reportado en la literatura, donde se establece que la calabaza es rica en minerales como potasio, magnesio y calcio, lo que contribuye a mejorar el perfil nutrimental del pan (Aayeena Altaf, 2025). Por lo tanto, la adición de calabaza no solo

modifica la composición, sino que también enriquece el producto desde el punto de vista nutricional.

4.3 Extracto de etéreo o grasa



Figura 38 Grafica de medias de comparación de Grasa

El contenido de grasa aumentó progresivamente desde T1 (15.68 %) hasta T3 (23.74 %), siendo este último el tratamiento con mayor aporte lipídico.

En relación con el contenido de grasa representada en la imagen 38, de acuerdo con Fisher ($p \leq 0.05$) se observó un aumento significativo en los tratamientos con mayor proporción de calabaza, desde T1 (15.68 %) hasta T3 siendo el que presentó el valor más alto (23.74%). Aunque la calabaza fresca es baja en grasa, su harina puede concentrar compuestos liposolubles y semillas residuales, lo que contribuye al incremento observado. Según (Aayeena Altaf, 2025), los carotenoides y compuestos bioactivos liposolubles presentes en la calabaza pueden influir en el contenido total de extracto etéreo en productos panificados enriquecidos.

Este comportamiento también puede relacionarse con la redistribución de componentes durante el secado y la molienda.

4.4 Fibra cruda

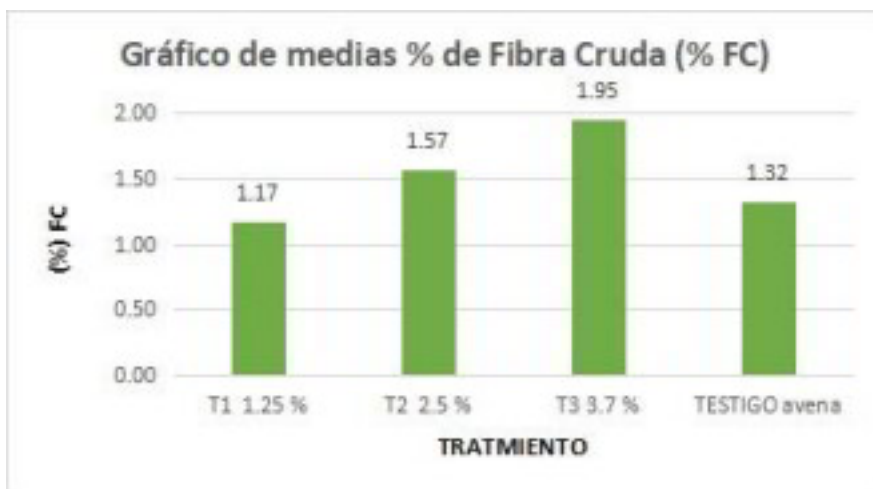


Figura 39 Grafica de medias de comparación de Fibra Cruda

Por otro lado, en la figura 39. Tenemos que, de acuerdo con Fisher ($p \leq 0.05$) el contenido de fibra cruda mostró una tendencia decreciente conforme aumentó la proporción de harina de calabaza, siendo T1 el tratamiento con mayor valor (1.17%). Este resultado puede parecer contradictorio, considerando que la calabaza es fuente de fibra; sin embargo, puede explicarse por efectos de dilución o por la naturaleza de la fibra presente, la cual puede no ser completamente cuantificada por el método de fibra cruda. En estudios similares, se ha observado que el tipo de método analítico influye en la cuantificación de fibra, especialmente en matrices complejas como productos horneados.

4.5 Proteína cruda

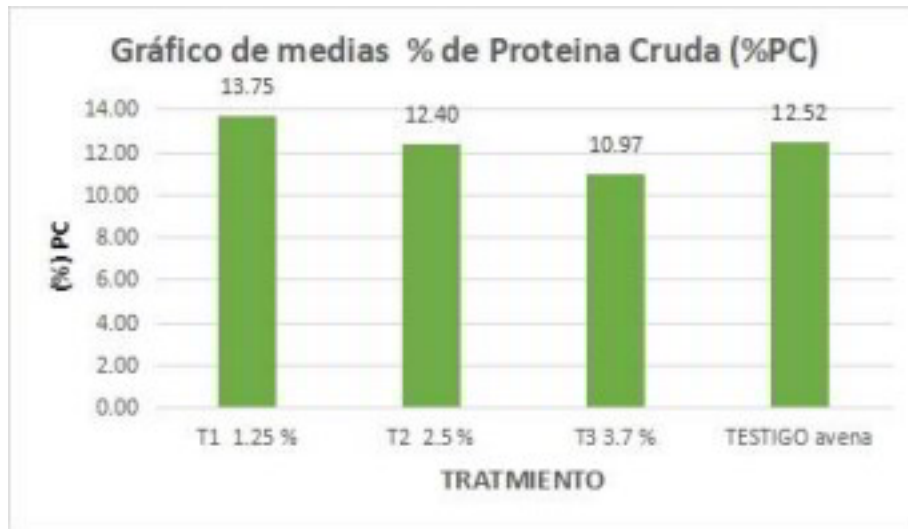


Figura 40 Grafica de medias de comparación de Proteína Cruda

En cuanto al contenido de proteína cruda representada en la figura 40. Tenemos que, de acuerdo con Fisher ($p \leq 0.05$), se observó una disminución conforme aumentó la proporción de calabaza, siendo el testigo y T1 los que presentaron valores más altos. Esto se debe a que la avena posee un mayor contenido proteico en comparación con la calabaza. Este comportamiento es consistente con lo reportado en la literatura, donde la sustitución de harinas ricas en proteína por ingredientes vegetales con menor contenido proteico reduce el valor total de este nutriente en el producto final. El contenido de proteína presentó una tendencia decreciente conforme aumentó la proporción de calabaza (12.52 % en testigo vs 10.97 % en T3).

Este comportamiento es lógico, ya que la avena posee mayor contenido proteico que la pulpa de calabaza. Por lo tanto, al sustituir harina de avena por harina de calabaza, el aporte proteico disminuye ligeramente.

El estudio de (Aayeen Altaf, 2025) menciona que la harina de calabaza mejora el perfil funcional y antioxidante del pan, pero no necesariamente incrementa el contenido proteico cuando sustituye cereales con mayor concentración de proteína.

4.6 Extracto libre de nitrógeno o carbohidratos



Figura 41 Grafico de medias de CHO'S

En la figura 41. Tenemos que, de acuerdo con Fisher ($p \leq 0.05$) el análisis de carbohidratos mostró que el tratamiento T1 presentó el mayor contenido (67.33%), mientras que T3 registró el menor (60.70%). Esta disminución está relacionada con el incremento de otros componentes como grasa y cenizas, lo que reduce proporcionalmente el contenido de carbohidratos totales.

Esta disminución puede atribuirse a que la avena posee un mayor contenido de almidón y carbohidratos disponibles en comparación con la pulpa de calabaza, la cual presenta mayor proporción de fibra y compuestos estructurales no digeribles. Por lo

tanto, al incrementarse la sustitución de avena por harina de calabaza, se reduce la fracción total de carbohidratos disponibles en el producto final.

De acuerdo con (Aayeena Altaf, 2025), la incorporación de harina de calabaza en productos horneados puede modificar el perfil de carbohidratos debido a la presencia de polisacáridos estructurales y fibra dietética, lo cual genera una ligera reducción en carbohidratos disponibles, pero mejora el valor funcional del alimento. Este comportamiento coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el tratamiento con mayor proporción de calabaza presentó el menor porcentaje de carbohidratos.

4.7 Contenido calórico (kcal)



Figura 42 Gráfica de medias de comparación de Kilocalorías

En términos de valor energético, el tratamiento T3 presentó el mayor aporte calórico (500.44 kcal/100 g), seguido por T2 y el testigo, mientras que T1 presentó el menor valor. Este incremento energético se relaciona principalmente con el mayor contenido de grasa observado en los tratamientos con mayor proporción de calabaza, dado que los lípidos aportan mayor densidad calórica.

El incremento calórico observado en T3 puede explicarse principalmente por el aumento en el contenido de grasa, dado que los lípidos aportan 9 kcal/g, mientras que proteínas y carbohidratos aportan 4 kcal/g. Aunque los carbohidratos disminuyeron ligeramente, el mayor contenido de extracto etéreo en T3 influyó directamente en el incremento de la densidad energética del producto.

Según lo reportado por (Aayeen Altaf, 2025), la adición de harina de calabaza puede modificar la densidad energética del pan dependiendo del equilibrio entre macronutrientes, especialmente cuando el procesamiento concentra compuestos liposolubles y fracciones grasas. En este estudio, el tratamiento con mayor sustitución mostró una mayor densidad energética, lo que sugiere que la formulación influye directamente en el aporte calórico final.

En comparación con la literatura científica, los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo reportado por (Aayeen Altaf, 2025) en que la incorporación de harina de calabaza:

- Incrementa el contenido mineral (cenizas).
- Modifica la fracción lipídica.
- Mejora el valor funcional del producto.
- No necesariamente aumenta la proteína cuando sustituye cereales más proteicos.

El tratamiento T3 (75 % harina de calabaza) mostró el mayor enriquecimiento mineral y energético, aunque con ligera disminución proteica. Desde el punto de vista nutricional y funcional, representa una formulación con mayor aporte de compuestos bioactivos y potencial antioxidante.

5 CONCLUSIONES

El presente estudio permitió desarrollar y evaluar formulaciones de pan dulce elaboradas con harina de avena y harina de calabaza, demostrando que la sustitución parcial modifica significativamente la composición nutrimental del producto final.

Los resultados mostraron que el incremento en la proporción de harina de calabaza influyó directamente en el perfil químico del pan. El tratamiento con 75 % de harina de calabaza (T3) presentó el mayor contenido de cenizas, grasa y valor energético, mostrando diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos. Esto indica que la incorporación de calabaza favorece el enriquecimiento mineral y aumenta la densidad energética del producto.

En cambio, el contenido de proteína y carbohidratos disminuyó en cuanto aumento la cantidad de harina de avena y calabaza en la sustitución, esto se debe al mayor aporte proteico y de almidón propio de la avena. Sin embargo, estas variaciones no comprometieron la calidad nutricional del producto, sino que modificaron su equilibrio de macronutrientes.

El tratamiento intermedio (50 % avena – 50 % calabaza) mostró un comportamiento estable en la mayoría de las variables evaluadas, representando una formulación equilibrada entre aporte energético y composición nutricional.

Se concluye que la harina de calabaza constituye una alternativa viable para la formulación de productos de panificación sin gluten, permitiendo el aprovechamiento de vegetales y ofreciendo una opción nutrimental mejorada. Asimismo, la combinación con

harina de avena representa una estrategia tecnológica adecuada para diversificar productos dirigidos a consumidores que requieren o prefieren alimentos libres de gluten.

2 BIBLIOGRAFÍA

- Aayeen Altaf, e. a. (09 de Febrero de 2025). Potencial fitoquímico y actividad biológica de la calabaza: una revisión. *REVISAR*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/fsh3.70001>
- Alejandra Parada, M. A. (2010). *El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celíaca*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872010001100018
- B, L. (04 de Enero de 2024). Coeliac disease. *Enfermedad celíaca: causas, patología y valoración nutricional de la dieta sin gluten. Revisión*. Obtenido de [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31796-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31796-8)
- Chagman, G. P. (Oct-Dic de 2010). *Sustitución parcial de harina de trigo Triticum aestivum L. por harina de kiwicha Amaranthus caudatus L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000400008
- D. Rössel Kipping et al, ..., & Gasca, 2. (Noviembre de 2018). *Características físicas y químicas de la semilla de calabaza para mecanización y procesamiento*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052018000200061&script=sci_arttext#B3
- Europa, T. d. (10 de Enero de 2025). *Tendencias del mercado de alimentos sin gluten en Europa*. Obtenido de <https://www.innovamarketinsights.com/es/tendencias/tendencias-del-mercado-de-alimentos-sin-gluten-en-europa/>
- Hernan, I. M. (02 de Abril de 2025). *Elaboración de pan: guía paso a paso para hacer pan casero*. Obtenido de <https://ingenieroagroindustrial.com/elaboracion-de-pan-guia-completa/>
- Hernández 2023, D., & Lirola, 2. (20 de Mayo de 2023). *¿La avena tiene gluten? Te decimos toda la verdad sobre este delicioso alimento*. Obtenido de <https://www.gastrolabweb.com/saludable/2023/5/20/la-avena-tiene-gluten-te-decimos-toda-la-verdad-sobre-este-delicioso-alimento-36445.html>
- Hernández-Hernández, G. (Julio-Agosto de 2017). Trastornos relacionados con el gluten: panorama actual. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-48662017000400487

- INIFAP, I. d. (23 de Marzo de 2022). *La avena, un cultivo emergente con versatilidad de usos*. Obtenido de <https://www.gob.mx/inifap/prensa/la-avena-un-cultivo-emergente-con-versatilidad-de-usos?idiom=es>
- Irene de la Calle, e. a. (04 de 01 de 2024). Enfermedad celiaca: causas, patología y valoración nutricional de la dieta sin gluten. Revisión. *Nutrición Hospitalaria*.
- L.S., S., & León, M. S. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *Agriscientia*. Obtenido de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1668-298X2016000200001&script=sci_arttext
- L.S., S., & León, M. S. (Diciembre de 2026). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *Agriscientia*. Obtenido de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1668-298X2016000200001&script=sci_arttext
- mundial, T. d. (12 de Diciembre de 2024). *Tendencias de alimentos sin: panorama del mercado mundial*. Obtenido de <https://www.innovamarketinsights.com/es/tendencias/tendencias-de-alimentos-sin-panorama-del-mercado-mundial/>
- Nutricion, d. (1 de Agosto de 2023). *Valor nutricional de 100 gramos de pan, calabaza*. Obtenido de <https://tipsdenutricion.com/informacion-nutricional/pan-calabaza>
- Reyes, E. (08 de Octubre de 2024). *Usos de la calabaza de Castilla; mucho más que decoración y postres*. Obtenido de <https://www.cocinadelirante.com/hogar/para-que-sirve-la-calabaza-de-castilla-3-ideas-para-aprovechar-las-que-usaste-para-adornar>
- Ronald D. Fritz, Y. C. (2016). Artículo de revista. *La contaminación con gluten del grano de avena sin gluten complica la evaluación del gluten, ya que provoca resultados de prueba similares a los binarios.*, <https://academic.oup.com/ijfst/article/52/2/359/7775778>.
- Rosen, N. (09 de Julio de 2025). *Las 5 harinas alternativas al trigo y nutritivas para cocinar sin gluten*. Obtenido de <https://www.infobae.com/tendencias/2025/07/09/las-5-harinas-alternativas-al-trigo-y-nutritivas-para-cocinar-sin-gluten/>
- Rothschuh, U. (03 de Marzo de 2023). *Avena: propiedades, beneficios y contraindicaciones*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/avena-propiedades-beneficios-y-contraindicaciones-4318.html>

S/f. (29 de Enero de 2025). *Innovación en la elaboración de productos sin gluten y saludables*. Obtenido de <https://ideasfuturas.digital/innovacion-en-la-elaboracion-de-productos-sin-gluten-y-saludables/>

SANTANA, E. (23 de 09 de 2024). *Los beneficios de comer calabaza de castilla*. Obtenido de <https://www.sumedico.com/nutricion-dietas/2024/9/23/los-beneficios-de-comer-calabaza-de-castilla-51917.html>

Schweizer, V., & Koning F, e. a. (2019). *Coeliac disease and gluten-related disorders in childhood*. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26100369>.

Tamaño del mercado de alimentos sin gluten: por producto, a. d.-2. (Marzo2025). Tamaño del mercado de alimentos sin gluten: por producto, análisis del canal de distribución, participación y pronóstico de crecimiento (2025-2034). *Gluten Free Food Market*.