



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**ELABORACIÓN DE UN PAN INTEGRAL DE TRIGO CON HARINA DE HONGO OSTRA
(*Pleurotus ostreatus* [JACQ. EX FR.] P.KUMM.)**

Lcda. Ligia Ivette Quán Sierra

Asesorado por la Mtra. Hilda Piedad Palma de Martini

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN DE UN PAN INTEGRAL DE TRIGO CON HARINA DE HONGO OSTRA
(*Pleurotus ostreatus* (JACQ. EX FR.) P.KUMM.)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LCDA. LIGIA IVETTE QUÁN SIERRA

ASESORADO POR LA MTRA. HILDA PIEDAD PALMA DE MARTINIAL

CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Mtra. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADOR	Mtro. David Fernando Cabrera García
EXAMINADORA	Mtra. Blanca Azucena Méndez Cerna
SECRETARIO	Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ELABORACIÓN DE UN PAN INTEGRAL DE TRIGO CON HARINA DE HONGO OSTRA
(*Pleurotus ostreatus* (JACQ. EX FR.) P.KUMM.)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de enero de 2022.




Lcda. Ligia Ivette Quán Sierra


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.153.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **ELABORACION DE UN PAN INTEGRAL DE TRIGO CON HARINA DE HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus* [JACQ. EX FR.] P.KUMM.)**, presentado por: **Lcda. Ligia Ivette Quán Sierra**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabeia Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, febrero de 2023

LNG.EEP.OI.153.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“ELABORACIÓN DE UN PAN INTEGRAL DE TRIGO CON HARINA DE HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus* [JACQ. EX FR.] P.KUMM.)”

presentado por **Lcda. Ligia Ivette Quán Sierra** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“*Id y Enseñad a Todos*”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 27 de septiembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **ELABORACIÓN DE UN PAN INTEGRAL DE TRIGO CON HARINA DE HONGO OSTRA (PLEUROTUS OSTREATUS (JACQ. EX FR.) P.KUMM.)** del estudiante **Ligia Ivette Quan Sierra** quien se identifica con número de carné **199810326** del programa de Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.




Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador
Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 27 de septiembre de
2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: "**ELABORACIÓN DE UN PAN INTEGRAL DE TRIGO CON HARINA DE HONGO OSTRA (PLEUROTUS OSTREATUS (JACQ. EX FR.) P.KUMM.)**" del estudiante **Ligia Ivette Quan Sierra** del programa de **Ciencia Y Tecnologia De Los Alimentos** identificado(a) con número de carné 199810326.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos De Martíni

Colegiado No. 453

Asesora de Tesis

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, ser mi guía y fortaleza en todo momento.
La Virgen María	Que me cuida como madre.
Mis padres	José Manuel Quán Berducido y Rosa Carlota Sierra Loaiza porque gracias a ustedes amo el estudio.
Mis hermanos	Anna Karina, Sergio Alejandro, Meryeelin y Carlos Fernando por estar siempre a mi lado.
Mis tíos	Con cariño

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> .
Facultad de Ingeniería	Por acogerme como alumna.
Mi asesora	Ingeniera Hilda Palma, por su tiempo, apoyo y aporte de conocimientos para la realización de esta investigación.
Mi revisor	Doctor José Rosal Chicas por los conocimientos y guía durante todo el proceso de la investigación.
Mis amigos	Roberto Cáceres y Claudia Arriaga por haberme apoyado con su tiempo, conocimientos y consejos.
Mis amigos de maestría	Por su apoyo incondicional durante toda la carrera.
Mis maestros panaderos	Brenda Pérez y Randy Rodas por permitirme aprender de ustedes, sus colaboradores y poder elaborar los productos a su lado.

**Laboratorio de
Bromatología Facultad
de Medicina Veterinaria y
Zootecnia**

Por permitirme realizar los análisis de laboratorio con ellos y por toda su amabilidad.

**Mis maestros en el
mundo de los hongos**

A la Licda. María del Carmen Bran por sus consejos con respecto a la tesis y al Lic. Osberth Morales por siempre atender a mis consultas.

Señor Rocky Echeverría

Por ser mi proveedor de hongos y por su amistad de tantos años.

Rectoría de Santa Rita

Por su colaboración para la realización de los análisis sensoriales.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIII
OBJETIVOS	XV
RESUMEN MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Generalidades de <i>Pleurotus ostreatus</i>	3
1.2.1. Descripción	3
1.2.2. Morfología.....	4
1.2.3. Cultivo en Guatemala.....	5
1.2.4. Valor nutritivo	6
1.2.4.1. Proteínas.....	7
1.2.4.2. Carbohidratos y fibra	8
1.2.4.3. Lípidos.....	9
1.2.4.4. Vitaminas	9
1.2.4.5. Minerales.....	10
1.3. Generalidades del pan integral	10
1.3.1. Descripción	10
1.3.2. Materias primas y su función.....	11

1.3.2.1.	Harina integral.....	11
1.3.2.2.	Agua	12
1.3.2.3.	Sal	13
1.3.2.4.	Levadura.....	13
1.3.2.5.	Azúcar	14
1.3.2.6.	Grasas	14
1.3.3.	Proceso de elaboración del pan.....	14
1.3.3.1.	Pesado de los ingredientes	14
1.3.3.2.	Mezclado y amasado	15
1.3.3.3.	Fermentación primaria	15
1.3.3.4.	Estirado y plegado	16
1.3.3.5.	División de la masa	16
1.3.3.6.	Preformado	16
1.3.3.7.	Reposo	16
1.3.3.8.	Moldeado	17
1.3.3.9.	Fermentación final	17
1.3.3.10.	Horneo	17
1.3.3.11.	Enfriamiento.....	19
1.3.4.	Valor nutritivo.....	19
1.3.5.	Pruebas de calidad del pan	20
1.3.5.1.	Volumen del pan	20
1.3.5.2.	Salto de horno.....	21
1.4.	Análisis nutricional de alimentos.....	21
1.4.1.	Proteína.....	21
1.4.2.	Fibra cruda	21
1.4.3.	Fibra dietética	22
1.5.	Análisis sensoriales	22
1.5.1.	Pruebas afectivas o hedónicas	22
1.5.2.	Pruebas de aceptación y escala hedónica	23

2.	PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN INTEGRAL	25
2.1.	Elaboración de la harina de hongo ostra.....	25
2.2.	Elaboración del pan integral con las tres formulaciones.....	27
3.	PRUEBAS DE CALIDAD DEL PAN INTEGRAL	33
3.1.	Salto de horno	33
3.2.	Volumen	34
4.	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	35
4.1.	Preparación de muestras.....	35
4.2.	Panel sensorial	36
4.3.	Análisis estadístico	40
5.	ANÁLISIS NUTRICIONAL	43
5.1.	Preparación de muestras.....	43
5.2.	Análisis de proteína	43
5.3.	Análisis de fibra cruda	44
5.4.	Análisis de fibra dietética	45
6.	ESTIMACIÓN DE COSTOS	47
7.	RESULTADOS.....	49
7.1.	Elaboración de harina de hongo ostra	49
7.2.	Calidad del pan integral	50
7.3.	Análisis sensorial	52
7.4.	Análisis nutricionales	55
8.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57

CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	65
APÉNDICES	69
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Partes de un hongo ostra	5
2.	Proceso de elaboración de harina de hongo ostra	27
3.	Proceso de elaboración de pan integral	32
4.	Medición de salto de horno	33
5.	Medidor de volumen.....	34
6.	Presentación de las muestras	35
7.	Ubicación de los panelistas	36
8.	Analizador Kjeldahl	44
9.	Digestor para fibra cruda.....	45
10.	Harina de hongo ostra.....	50
11.	Panes integrales con diferentes porcentajes de harina de hongo.....	51
12.	Evaluación sensorial por atributos.....	53
13.	Porcentajes de preferencia	54

TABLAS

I.	Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i>	4
II.	Macronutrientes de <i>P. ostreatus</i>	6
III.	Composición de aminoácidos en <i>P. ostreatus</i>	7
IV.	Contenido de vitaminas de <i>P. ostreatus</i>	9
V.	Contenido de minerales de <i>P. ostreatus</i>	10
VI.	Composición proximal de harina de trigo refinada y harina de trigo integral	12
VII.	Influencia de la temperatura en el plan durante el horneado	18
VIII.	Composición nutricional de pan integral suave en rodaja.....	19

IX.	Etapas del proceso de elaboración de harina de hongo	25
X.	Formulaciones de pan integral con harina de hongo ostra.....	28
XI.	Etapas del proceso de elaboración de pan integral	28
XII.	Escala hedónica de 9 puntos.....	37
XIII.	Ejemplo de formulario de evaluación	38
XIV.	Costo estimado para producir 100 g de harina de hongo ostra.....	47
XV.	Costo estimado para elaboración de un pan integral de 500g	47
XVI.	Parámetros del proceso de la harina de hongo de ostra	49
XVII.	Características de la harina de hongo de ostra.....	49
XVIII.	Pruebas de calidad de pan integral.....	51
XIX.	Resultados de evaluación sensorial.....	52
XX.	Resultados análisis estadístico	54
XXI.	Análisis de proteína y fibra de pan integral	55

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cc	Centímetros cúbicos
CO₂	Dióxido de carbono
°C	Grados Celsius
g	gramo
kcal	Kilocaloría
µg	Microgramo
mg	Miligramo
ml	Mililitro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Aceptabilidad	Cualidad de dar satisfacción suficiente para cumplir una demanda o requisito.
Cuerpo fructífero	Es la parte del hongo con funciones reproductivas donde se forman las esporas.
Gluten	Conjunto de proteínas, formado por glutenina y gliadina.
Escala hedónica	Lista ordenada de posibles respuestas que corresponden a diferentes grados de aceptación.
Estípite	Pie que sustenta el píleo o sombrero del cuerpo fructífero.
Fibra cruda	Es el residuo libre de cenizas que resulta del tratamiento en caliente con ácidos y bases fuertes.
Fibra dietética	Es un grupo de diferentes sustancias de origen vegetal, que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, y que sufren una digestión parcial o total en el colon.
Micelio	Conjunto de hifas y constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.

Píleo	Sombrero de un cuerpo fructífero de los hongos.
Salto de horno	Crecimiento final de la masa que sucede en los primeros minutos del horneado.
Saprófito	Hongo que obtiene sus nutrientes de materia orgánica en descomposición.
Sustrato	Material que proporciona nutrientes a los hongos, pueden ser paja de trigo, maíz, pulpa de café, entre otros.
Volumen del pan	Característica importante que depende del CO ₂ generado durante la fermentación y la capacidad de retención.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se elaboró harina a partir de hongos ostra, la cual, en diferentes porcentajes, se integró a formulaciones de pan integral que fueron calificadas. Estas también fueron evaluadas sensorialmente, para conocer su aceptabilidad. La fórmula más aceptada fue analizada y se obtuvieron los porcentajes de proteína y fibra que este pan posee.

Como primer paso se procedió a la elaboración de la harina de hongo ostra. Para ello, los hongos se deshidrataron y molieron, con ello se obtuvo una harina que luego se tamizó, se obtuvo un 11 % de rendimiento. Con esta harina fina, se hicieron dos formulaciones de pan integral y se compararon a una sin este ingrediente. Al pan resultante, se le hicieron pruebas de salto de horno y volumen.

Las diferentes formulaciones de pan fueron sometidas a una evaluación sensorial y de esta se obtuvo la opción más aceptable. Esta posteriormente fue sometida a un análisis nutricional, enfocado al contenido de proteínas y fibra. Por último, se hizo una estimación de los costos asociados a una elaboración a pequeña escala del producto.

La elaboración del pan integral incluyendo porciones de 5 y 10 % de harina de hongo ostra fueron exitosas. Se consiguió un salto de horno menor a una formulación que contiene exclusivamente harina de trigo y por consecuencia un volumen menor. Este aspecto no fue relevante en la posterior evaluación sensorial y se pudo denotar que en general las fórmulas propuestas tuvieron buena aceptabilidad. Se mejoraron los valores de proteína y fibra.

Se logró entonces tener un pan de propiedades equiparables a uno convencional, que, a pesar de tener diferencias en volumen y aspecto, estas no determinaron un rechazo sensorial. En cuestión de textura, sabor y olor las nuevas formulaciones fueron bien aceptadas. Al tener mayor aporte de proteína y fibra se puede concluir que presentan ventajas que muestran su viabilidad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La elaboración de pan integral se realiza a base de una harina de trigo, que, por su naturaleza, (harina blanca y subproductos como afrecho), aporta cierta cantidad de fibra y proteína a este producto, sin embargo, no se ha utilizado comercialmente otro tipo de fuente de nutrientes que pueda aumentar el contenido de proteína y de fibra a este tipo de pan, como lo es una harina a base de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

En Guatemala se produce y comercializa *Pleurotus ostreatus*, el cual es conocido como hongo ostra, que nutricionalmente es una fuente de proteínas, fibra, carbohidratos y vitaminas, principalmente del complejo B. Sin embargo, no es tan amplio el conocimiento que la población tiene de las propiedades de este tipo de hongos. Y de qué forma pueden aprovecharse en la industria de alimentos, ya que únicamente se comercializa fresco y no se ha aprovechado para la fabricación de harinas que puedan utilizarse como materias primas para productos alimenticios.

En el mercado se observan distintos tipos de pan integral, los cuales, se fabrican con materias primas tradicionales o convencionales en panadería, como, por ejemplo: harina integral, levadura, agua, preservantes. Pero es poca la cantidad de pan integral que utiliza ingredientes novedosos que aporten propiedades beneficiosas adicionales al producto.

En Guatemala, no se han observado en el mercado, productos de panadería que incluyan la utilización de harina de hongo ostra como materia prima que pueda aportar proteína y fibra, y solamente se dispone de productos

con propiedades nutritivas similares. Con lo cual, al no considerar esta harina para su uso como materia prima en panadería se desaprovechan los hongos ostraproducidos a nivel local.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio:

¿Es posible desarrollar un pan integral con harina de hongo ostra *Pleurotostreatus*?

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares

- ¿Cómo puede elaborarse una harina a partir de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*?
- ¿Cuál es la calidad de un pan integral elaborado con harina de hongo ostra?
- ¿Cuál formulación obtiene la mayor aceptabilidad sensorial?
- ¿Qué efecto tiene la incorporación de harina de *Pleurotus ostreatus* en el porcentaje de proteína y fibra de la formulación con mayor aceptabilidad sensorial?

OBJETIVOS

General

Desarrollar un pan integral con harina de hongo ostra *Pleurotus ostreatus*.

Específicos

1. Elaborar una harina a partir de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*.
2. Analizar la calidad del pan integral elaborado con diferentes porcentajes de harina de hongo ostra.
3. Determinar la formulación que obtiene la mayor aceptabilidad basada en sus propiedades sensoriales.
4. Determinar el efecto de la incorporación de harina de *Pleurotus ostreatus* en el porcentaje de proteína y fibra del pan integral con mayor aceptabilidad sensorial.

RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio es de tipo cuantitativo con un alcance descriptivo, ya que se enfoca en la elaboración de pan integral en el que se adiciona, como ingrediente, harina de hongo ostra, lo que permite determinar sus características y definir las variables de la formulación.

Se realizó un diseño de tipo experimental, ya que se hizo una toma de datos a pequeña escala, cuando se realizaron las distintas formulaciones. Estas muestras fueron no probabilísticas, dado que se hicieron tres combinaciones de los ingredientes a conveniencia de los mejores resultados.

Se elaboró la harina de hongos ostra deshidratándolos, moliéndolos y tamizándolos.

A partir de esta harina, se utilizaron 2 porcentajes en la elaboración del pan integral (5 y 10 %). Adicionalmente se preparó un pan integral sin harina de hongo ostra como blanco para comparaciones.

Se llevaron a cabo mediciones de volumen y salto de horno a las tres formulaciones de pan integral después de dejarlos enfriar.

Por medio de una evaluación sensorial con un panel no entrenado se determinó la aceptación de las formulaciones utilizando una escala hedónica de 9 puntos para comparar los atributos de apariencia, color de corteza, color de miga, textura, olor y sabor.

A la formulación con mayor aceptación y al pan integral sin harina de hongo ostra se les realizaron los análisis de proteína y fibra en un laboratorio externo.

INTRODUCCIÓN

El pan integral se elabora a base de harina que contiene elementos que aportan fibra y proteína, sin embargo, comercialmente no se utilizan otro tipo de ingredientes que puedan aumentar el contenido de proteínas y fibra a este tipo de pan. Una alternativa para mejorar la calidad nutricional de este tipo de pan es la incorporación de otro tipo de harinas, como por ejemplo las elaboradas con hongos comestibles. Dentro de estos se encuentra *Pleurotus ostreatus*, comúnmente denominado hongo ostra, el cual es fuente de proteínas, fibra, carbohidratos y vitaminas.

Las harinas a base de hongos han sido investigadas en Guatemala para la elaboración de pasta. En otros países se han realizado investigaciones para elaborar productos de panadería con harina de hongos incluye la ostra, pero dentro de estos no se ha reportado su aplicación en la producción de pan integral.

Esta investigación aporta la metodología para la fabricación de harina de hongo ostra como ingrediente que sustituye parcialmente la harina de trigo mostrando su efectividad en la elaboración de pan integral. Guatemala es un país productor de este tipo de hongo, por lo que se utiliza producto local, que representa una alternativa de materia prima con mayor contenido de proteína y fibra.

Se elaboró una harina de hongo ostra que se utilizó como materia prima en la elaboración del pan integral, que se integró de buena forma y no alteró el proceso de horneado. Se midió el volumen y salto de horno en las formulaciones propuestas, en las que se encontraron diferencias mínimas. Se evaluó la

aceptación sensorial de las formulaciones y el contenido de proteína y fibra para la formulación con mayor aceptabilidad, se comparó con los porcentajes obtenidos para el pan sin harina de hongo, en el que se obtuvo un aumento de hasta 7 % en proteína, 92 % en fibra cruda y 32 % en fibra dietética.

En el capítulo 1 se presentan el marco teórico de la investigación que incluyen los antecedentes de esta. En el capítulo 2, se presenta el procedimiento para la elaboración del pan integral, el cual incluye la elaboración de la harina y las formulaciones propuestas. El capítulo 3 muestra las evaluaciones de calidad realizadas al pan. En capítulo 4, presenta el procedimiento llevado a cabo para la evaluación sensorial de las formulaciones de pan integral con harina de hongo.

En el capítulo 5 se presentan los análisis nutricionales de la formulación con mayor aceptabilidad y del pan elaborado sin la harina de hongo, enfocados en la cantidad de proteína y fibra. En el capítulo 6, se hizo una estimación de los costos de las formulaciones con hongo ostra. El capítulo 7 presenta los resultados obtenidos en la investigación y su discusión se presenta en el capítulo 8. Al final, se presentan las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En Guatemala no se han llevado a cabo estudios para la utilización de harina de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en panadería, sin embargo, se encontró el informe de un proyecto de investigación con respecto a la elaboración de harina a partir de hongos comestibles nativos, el cual se detalla a continuación.

El proyecto *Transformación de setas comestibles nativas en harinas para pastas como una alternativa para comunidades rurales*, propone elaborar pastas utilizando formulaciones que incluyen hongos ostra (*P. ostreatus*), Shiitake (*Lentinula edodes*) y harina de trigo. Se deshidrataron y molieron los hongos para formar la harina, se determinó su valor nutricional y evaluó sensorialmente la aceptabilidad. Los resultados obtenidos indicaron que el producto elaborado con hongo ostra tuvo mayores propiedades nutricionales, y la mezcla al 10 % tuvo diferencia significativa en aceptación. Sensorialmente en las mezclas con Shiitake no se obtuvo diferencia significativa. (Cordón, de León, de León, Urizar y Corado, 2021)

En otros países se han encontrado aplicaciones de harina de hongo de *Pleurotus ostreatus* en la elaboración y desarrollo de distintos tipos de productos alimenticios. A continuación, se mencionan las más destacadas.

Lasoya (2020) en su investigación propone utilizar *Pleurotus ostreatus* en sustitución de harina de trigo refinada para elaborar un pan enriquecido. Para esto utilizó la harina en distintas concentraciones (0,5,10,15 y 20 %), evaluó las características nutricionales, el rendimiento de horneado, digestibilidad y

actividad antioxidante. En los resultados se observa que en el pan con 5 % de harina de hongo se disminuyó el volumen del pan, en todas las formulaciones se observó un oscurecimiento y nutricionalmente hubo un aumento en la cantidad de proteínas, grasas, cenizas y fibra cruda. Adicionalmente, los panes elaborados mostraron mejor actividad antioxidante, digestibilidad reducida, índice glucémico menor y mayor cantidad de almidón resistente.

Mahamud, Shirshir y Hasan, (2012), fortificaron pan blanco con harina de *Pleurotus ostreatus*. Elaboraron la harina con hongos frescos obtenidos en un mercado local y se adicionó a la formulación del pan en concentraciones de 5, 10 y 15 %. Se analizaron los efectos de la harina en las características nutricionales del pan y su aceptabilidad por parte del consumidor. El pan con 5 % de harina de hongo obtuvo mejores resultados en cuanto a textura y aceptabilidad. En cuanto a las propiedades nutricionales, en la formulación al 5 % se obtuvo 16.04 % de humedad, 10.07 % de proteína, 9.20 % de grasa, 1.82 % de cenizas y 62.87 % de carbohidratos, considerados estos valores mejor que los del pan sin harina de hongos. El pan a 10 % obtuvo mayores resultados que los anteriores. Determinaron que a concentraciones mayores a 10 % se ven afectadas negativamente la calidad y aceptabilidad.

En la publicación *Uso de harina integral del cuerpo fructífero de Pleurotus ostreatus para suplementar tortilla*, Ayerdy, Téllez-Tellez, Acosta-Urdapilleta y Díaz-Godínez (2016), propusieron la elaboración de una tortilla hecha con 95 % de masa de maíz nixtamalizado y 5 % harina integral de hongo ostra, esto con la finalidad de aumentar el contenido proteico, de fibra, hierro y vitaminas. La harina de hongo se elaboró por medio de la deshidratación y molienda de los cuerpos fructíferos, el rendimiento fue de 8 %. La harina obtenida fue incorporada a la harina de maíz y se elaboraron las tortillas de forma tradicional. Por medio de análisis proximal determinaron que, las tortillas tuvieron un contenido de proteína

de 18.6 %, cenizas 7.7 %, extracto etéreo 6.0 % y 11 % de fibra.

López y Canale, (2018), desarrollaron una barra de cereal y leguminosas con incorporación de *P. ostreatus* para evaluar su aceptabilidad y sus características. Secaron el hongo por 24 horas a 60 °C y molieron posteriormente para elaborar una harina que se adicionó a los cereales y leguminosa y demás ingredientes. Este fue horneado por 45 minutos a 180 °C. Se realizó la evaluación sensorial y análisis fisicoquímicos. El atributo con mayor puntaje en su evaluación fue la textura, el olor fue el atributo con menor calificación. Los resultados de los análisis nutricionales indicaron que el contenido de proteína fue de 12.76 %, grasa 17.42 %, fibra 0.039 % y ceniza 2.15 %. Con lo cual concluyeron que la barra obtenida es un producto con alto contenido proteico comparada con otras barras existentes en el mercado.

1.2. Generalidades de *Pleurotus ostreatus*

A continuación, se presentan las generalidades de *Pleurotus ostreatus* y su descripción.

1.2.1. Descripción

Pleurotus ostreatus es un hongo comestible saprófito que descompone materia orgánica que contiene celulosa y lignina. (Pérez, 2018) En la naturaleza se encuentra en bosques tropicales y subtropicales, en maderas de árboles como álamo, olmo, sauce, maple o en residuos y troncos secos. (Cordón *et al.*, 2021) El nombre científico de este hongo nace de la forma de su cuerpo fructífero.

Pleurotus proviene del latín y significa de lado, algo que se observa en el

crecimiento del estípite a un lado del píleo. El término *ostreatus* también surge del latín e indica que el píleo asemeja una ostra, de allí se origina su denominación común de hongo ostra (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014). En la tabla I se presenta la taxonomía de *P. ostreatus*.

Tabla I. **Taxonomía de *Pleurotus ostreatus***

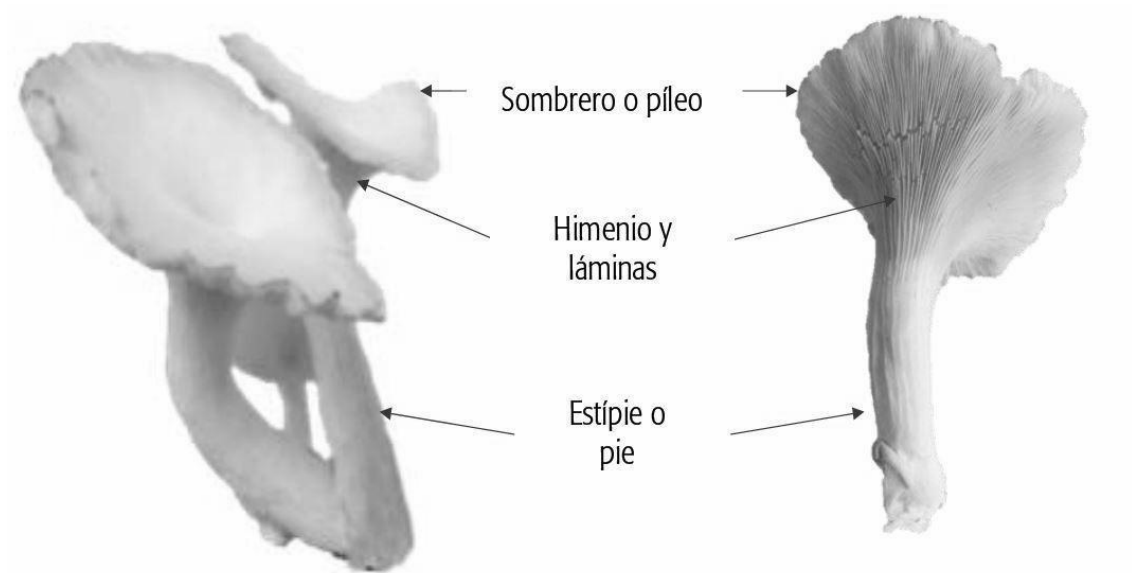
Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Peurotaceae
Género	Pleurotus
Especie	<i>P. ostreatus</i>

Fuente: Deepalakshmi y Mirulani (2014). *Pleurotus ostreatus: un hongo ostra con propiedades nutritivas y medicinales.*

1.2.2. Morfología

El píleo de *P. ostreatus* es ancho, abanicado y tiene un tamaño de 5 a 25 cm, su color puede variar de blanco a gris o de beige a café oscuro. Sus bordes son lisos y pueden ser ondulados. Sus láminas son blancas o cremas y llegan hasta el estípite. Su carne es de color blanquecino y firme, esta característica depende de la posición del estípite. El estípite no es centrado y se adhiere lateralmente al sustrato (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014).

Figura 1. Partes de un hongo ostra



Fuente: Barba y López (2017). *Guía práctica para el cultivo de setas.*

1.2.3. Cultivo en Guatemala

La producción de hongos comestibles inició en Guatemala en el año 1955 con el cultivo de champiñón. Los inicios del cultivo de *Pleurotus ostreatus* fueron en el año 1988 pero a escala de laboratorio. (Cordón *et al.*, 2021)

El segundo hongo mayormente cultivado en el país es *Pleurotus*; se estima que su producción es de 37.5 % con respecto a la de champiñón. Se tienen datos de una producción estimada de 30 toneladas en el año 2002 (Andrade, Mata y Sánchez, 2012). En el año 2015 la producción fue aproximadamente de 105 toneladas. (Royse y Sánchez, 2017)

Los hongos ostra pueden ser producidos a pequeña o gran escala. Lo que beneficia a los productores es que no se requiere de mucha inversión en infraestructura y con aprovechar subproductos agrícolas para producción de alimentos a través de un cultivo alternativo. (Xocop, 2012)

1.2.4. Valor nutritivo

Los hongos comestibles pueden aportar proteínas de buena calidad, sobretodo en lugares donde no es tan accesible el obtener proteínas animales. Pueden utilizarse para complementar cereales y enriquecer la dieta, ya que por sus valores nutritivos y altos valores de digestibilidad están ganando importancia en este campo. (Tolera y Abera, 2017)

P. ostreatus es rico en proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, pero bajo en calorías y grasas. Se han realizado varios estudios de los componentes de este hongo y las especies relacionadas, la mayoría reporta valores de cuerpos fructíferos deshidratados. La humedad aproximada de estos hongos varía de 85 a 95%, contienen componentes que pueden ser fuentes de fibra dietética. (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014) En la tabla II se muestran los valores de macronutrientes de *P. ostreatus*.

Tabla II. **Macronutrientes de *P. ostreatus***

Nutriente	Contenido (g/100g de hongos secos)
Proteínas	17-42
Carbohidratos	37-48
Lípidos	0.5-5
Fibra	24-31
Minerales	4-10
Humedad	85-87 %

Fuente: Deepalakshmi y Mirulani (2014). *Pleurotus ostreatus: un hongo ostra con propiedades nutritivas y medicinales.*

1.2.4.1. Proteínas

Pleurotus spp. es llamado por los alemanes como carne del bosque debido a la proteína que se encuentra en este. La cantidad de proteína presente depende de la cepa, de las características y condiciones del cultivo, de los componentes del sustrato, del tamaño de los cuerpos fructíferos y del tiempo de cosecha. (Lelley, 2017) La cantidad de proteína en cuerpos fructíferos deshidratados varía de 17 a 42 g por 100g. Se ha identificado que posee una proteína llamada lectina que tiene propiedades anticancerígenas. Las proteínas de este género de hongos son de calidad superior debido a la distribución de aminoácidos que algunas de sus especies contienen, especialmente el ácido gamma-aminobutírico que actúa como neurotransmisor y la ornitina un precursor de otros aminoácidos. (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014) En la tabla III se presenta la composición de aminoácidos de *P. ostreatus*.

Tabla III. **Composición de aminoácidos en *P. ostreatus***

Aminoácido	Contenido (g/100g de hongos secos)
Ácido aspártico	31.4
Treonina*	17.1
Serina	18.1
Ácido glutámico	53.3
Glicina	17.1
Alanina	28.6
Valina*	21.0
Cisteína	3.8
Metionina*	3.8
Isoleucina*	16.2
Leucina	25.7
Tirosina	13.3
Fenilalanina*	15.2
Lisina*	22.9
Histidina	12.4
Arginina	27.6

Continuación tabla III.

Triptófano*	4.8
Prolina	15.2
Total de aminoácidos esenciales	126.7
Total de aminoácidos	347.5

*Aminoácidos esenciales

Fuente: Deepalakshmi y Mirulani (2014). *Pleurotus ostreatus: un hongo ostra con propiedades nutritivas y medicinales.*

1.2.4.2. Carbohidratos y fibra

La cantidad de carbohidratos en los hongos son bastante estables a diferencia de las proteínas que varían dependiendo de muchas circunstancias. Se caracterizan por no contener almidón, producen manitol y poseen muy pocas cantidades de glucosa (Lelley, 2017).

Los hongos ostra se consideran buena fuente de carbohidratos y fibra dietética, debido a que poseen una gran cantidad de polisacáridos especialmente glicógeno y varios tipos de polisacáridos no solubles que constituyen fibra dietética tales como celulosa, quitina, hemicelulosas y β glucanos. El β glucano presente en este hongo se denomina pleurano, un polisacárido con propiedades antitumorales. En el hongo ostra las cantidades de carbohidratos varían de 37-48g/100g en materia seca. Se ha reportado que posee aproximadamente 4.1g de fibra dietética por cada 100g (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014).

1.2.4.3. Lípidos

Los hongos ostra poseen bajas cantidades de grasas, pero contienen algunos ácidos grasos esenciales, pero no son considerados fuentes considerables de este tipo de nutrientes. Se ha reportado que posee en su mayoría ácido oleico como ácido monoinsaturado y ácido linoleico como poliinsaturado en concentraciones de 363 µg/g y 533 µg/g respectivamente. La cantidad de lípidos varía de 0.2-8g por 100g de hongos secos. (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014)

1.2.4.4. Vitaminas

Los hongos son alimentos ricos en vitaminas como B1, B2, C, D2. Los hongos ostra comparados con otros tipos de hongos contienen mayores cantidades de folacina, vitamina B1, vitamina B3, pero menos vitamina B12. Las concentraciones de vitaminas pueden variar dependiendo según el sustrato en el cual se cultivó el hongo y cuándo se realizó la cosecha (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014). En la tabla IV se muestra el contenido de vitaminas de *P. ostreatus*.

Tabla IV. **Contenido de vitaminas de *P. ostreatus***

Vitaminas	Contenido (mg/100g de hongos secos)
Tiamina	1.9-2.0
Riboflavina	1.8-5.1
Niacina	30-65
Folato	0.3-0.7
Acido ascórbico	28-35

Fuente: Deepalakshmi y Mirulani (2014). *Pleurotus ostreatus: un hongo ostra con propiedades nutritivas y medicinales.*

1.2.4.5. Minerales

El tipo y cantidad de minerales presentes en los hongos dependen del tipo, nivel de maduración, tamaño del hongo y el sustrato en el que se desarrollan. El sombrero del hongo ostra contiene grandes cantidades de hierro, cobre, potasio, magnesio, fósforo y zinc y el estípite es rico en sodio. Las cenizas en este tipo de hongos constituyen el 0.8-0.9g/100g de base seca. (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014) En la tabla V se presenta el contenido de minerales de *P. ostreatus*.

Tabla V. **Contenido de minerales de *P. ostreatus***

Minerales	Contenido (mg/100g de hongos secos)
Potasio	1400
Calcio	2-36
Sodio	3
Magnesio	9-17
Zinc	3-27
Hierro	55-65
Manganeso	0.5-3
Cobre	0.65
Selenio	0.011

Fuente: Deepalakshmi y Mirulani (2014). *Pleurotus ostreatus: un hongo ostra con propiedades nutritivas y medicinales.*

1.3. Generalidades del pan integral

A continuación, se presenta la descripción y generalidades del pan integral.

1.3.1. Descripción

El pan integral es el que se elabora con harina integral que se obtiene por medio de moler el grano de trigo entero, el cual incluye el salvado.

Es un pan con olor más intenso, sabor agradable, pero un poco más ácido, de color oscuro y textura más firme. (Rodas, 2013)

En Estados Unidos se considera como pan integral aquellos que contienen una mezcla de harina integral y harina enriquecida en la cual al menos el 50 % de esta proviene de grano entero de trigo. Mientras que en España el pan elaborado exclusivamente con harina integral puede ser etiquetado como pan 100 % integral. En Brasil el pan debe ser elaborado con harina de trigo, y se usa con harina integral, salvado de trigo o fibra de trigo. (Gómez, Gutkoski y Bravo-Núñez, 2020)

1.3.2. Materias primas y su función

A continuación, se presentan las materias primas que se utilizan en la elaboración del pan integral, así como la función de cada una de estas.

1.3.2.1. Harina integral

La harina integral se produce a partir del trigo de manera que las proporciones de sus componentes comparadas con las del grano entero sean las mismas. (Doblado-Maldonado, Pike, Sweley y Rose, 2012) Esta harina contiene los componentes anatómicos del grano de trigo (el endospermo, germen y salvado). La Whole Grain Initiative describió que estas harinas deben contener el grano intacto, en hojuela o molido después de la remoción de partes como la cáscara. Todos los ingredientes anatómicos deben estar presentes en la misma proporción que en el grano. (Gómez *et al.*, 2020) La harina integral contiene más vitaminas, minerales, antioxidantes y otros nutrientes que la harina de trigo blanca (Doblado-Maldonado *et al.*, 2012). En la tabla VI se muestra una comparación entre la composición proximal de la harina de trigo refinada y la harina de trigo integral.

Tabla VI. **Composición proximal de harina de trigo refinada y harina de trigo integral**

	Harina de trigo refinada o enriquecida	Harina integral de trigo
Carbohidratos g/100g	76.31	71.2
Fibra g/100g	2.7	10.6
Proteína g/100g	10.33	15.1
Lípidos g/100g	0.98	2.73
Calcio mg/100g	15	38
Hierro mg/100g	1.17	3.86
Magnesio mg/100g	22	138
Fósforo mg/100g	108	352
Potasio mg/100g	107	372

Fuente: Gómez *et al.*, (2020). *Entendiendo la harina integral de trigo y su efecto en panes: una revisión.*

La función de la harina en el pan es la de dar sostén, por la propiedad que tiene de formar una masa viscoelástica debido a la formación de gluten por medio de las proteínas que contiene (gliadina y glutenina). Esta masa es capaz de estirarse sin romperse y de mantener su forma cuando es sometida a estrés físico. Después del horneado, las proteínas del gluten pierden su viscosidad y el producto mantiene su forma (Pagani, Marti y Bottega 2014). En las harinas integrales el salvado puede alterar la red de gluten, se han encontrado estudios en los cuales la partícula del salvado ha tenido incidencia en el volumen final del pan, esto debido a la capacidad del salvado de retener agua. (Gómez *et al.*, 2020)

1.3.2.2. Agua

Es un ingrediente de gran importancia en la masa del pan. La temperatura del agua para utilizar puede variar para obtener una temperatura correcta de la masa. Sus funciones son principalmente participar en la formación del gluten, la gelatinización de los almidones, actuar como solvente y agente dispersor para la sal, azúcar y levadura. Es básica para la reproducción de las levaduras y el

metabolismo de los azúcares por parte de estas. Es responsable de la textura de la masa. (Hamelman, 2013)

1.3.2.3. Sal

Este ingrediente provee sabor. Endurece la estructura del gluten, para que la masa pueda retener adecuadamente el dióxido de carbono que se produce en la fermentación. Tiene un efecto retardante en la actividad de la levadura, para que la fermentación no sea rápida y permite controlar el ritmo de la producción del pan. Contribuye a dar color a la corteza, ya que al retardar la fermentación disminuye el consumo de azúcar y con lo cual estos azúcares estarán disponibles en el momento del horneado para el desarrollo de color en la corteza. Adicionalmente retrasa el proceso de oxidación en el pan para que pueda mantenerse el color y sabor. (Hamelman, 2013) Se recomienda la adición de la sal como último ingrediente en el momento del mezclado de la masa. (Dror, Rimon & Vaida, 2020)

1.3.2.4. Levadura

Es un microorganismo unicelular que, en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno, nutrientes y temperatura, activa su ciclo de vida e inicia su reproducción y produce fermentación alcohólica. La fermentación alcohólica es la transformación de azúcares, en etanol y CO₂. En panadería se utiliza la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. (Hamelman 2013) La función principal de la levadura es la producción de CO₂, pero también provee un sabor característico al pan. (Rández-Gil, Ballester-Tomás y Prieto, 2014)

1.3.2.5. Azúcar

Provee dulzura e imparte color a la superficie del pan. Cuando se incrementa la cantidad de azúcar, incrementa el color del pan. (Hamelman, 2013). También afecta la fermentabilidad, ya que es un nutriente para las levaduras y promueve su desarrollo. Sin embargo, si se agrega en cantidades mayores a las recomendadas se altera la actividad de las levaduras. (Dror *et al.*, 2020)

1.3.2.6. Grasas

Las grasas en la producción de pan cubren las fibras de gluten durante el mezclado, haciendo más suaves los productos. También incrementan la vida útil. La mantequilla es la más utilizada por su aroma, color y sensación en el paladar. Debido a que se funde en a temperaturas menores que la corporal, contribuye a dar una sensación de suavidad al masticarlo. También pueden utilizarse aceites vegetales y margarinas. (Hamelman, 2013)

1.3.3. Proceso de elaboración del pan

Todas las partes de este proceso tienen un objetivo, que es convertir la harina de trigo en un alimento aireado y apetitoso. Este comprende de una serie de pasos. (Cauvain, 2015)

1.3.3.1. Pesado de los ingredientes

El adecuado pesado es necesario para tener un pan uniforme y con las características deseadas. (Hamelman, 2013)

1.3.3.2. Mezclado y amasado

En este paso se mezcla harina, agua, junto con la levadura, la sal y otras materias primas específicas en las cantidades apropiadas. Con el mezclado se obtiene una distribución uniforme de los ingredientes. Durante esta etapa, se forma el gluten, ya que las proteínas se hidratan, alinean y estiran formando la masa. Las proteínas responsables son llamadas glutenina y gliadina. La glutenina ayuda a desarrollar la estructura y la elasticidad mientras que la gliadina provee de la extensibilidad. Al mezclar o amasar se aplica energía para permitir que se forme adecuadamente la estructura del gluten, con lo cual la masa podrá estirarse para resistir rompimientos y poder retener el dióxido de carbono que se producirá por la fermentación. En el momento en que se hace el mezclado, la superficie de los gránulos de almidón se hidratan, los ingredientes se cohesionan y empieza a formarse la masa. Con el movimiento del mezclado se incorpora aire a la masa y así fortalecer la red de gluten. (Hamelman, 2013; Cauvain, 2015)

El desarrollo de la estructura del gluten continua por la acción del amasado, para modificar las propiedades de la masa y mejorar su habilidad de expandirse (Cauvain, 2015).

1.3.3.3. Fermentación primaria

Esta parte depende de la cantidad de levaduras y su metabolismo. Después de la formación del dióxido de carbono, este migra hacia el espacio donde se encuentran las burbujas de aire formadas durante el amasado y la masa toma una estructura similar a una espuma con la formación de poros. Debido a esto se expande el volumen. (Therdthai, 2014) La producción de gas no es el único objetivo en esta etapa, también lo es la producción de sabor por la generación de compuestos volátiles. (Hamelman, 2013)

1.3.3.4. Estirado y plegado

En este proceso se trata de eliminar la mayor parte del gas en la masa, debido a que si existe un exceso de dióxido de carbono se afecta la fermentación. También se equilibra la temperatura de la masa con la del ambiente de trabajo. Y el último beneficio de esta etapa es un incremento en la resistencia por la alineación y estiramiento del gluten. (Hamelman, 2013)

1.3.3.5. División de la masa

La fermentación primaria termina en esta etapa, donde se divide la masa en el tamaño y peso deseado. (Hamelman, 2013)

1.3.3.6. Preformado

Después de dividir la masa se preforma para que las piezas adquieran formas más consistentes. (Hamelman, 2013)

1.3.3.7. Reposo

En esta etapa las masas preformadas se dejan reposar cubiertas para evitar que se forme una corteza en la superficie. (Hamelman, 2013)

1.3.3.8. Moldeado

En esta etapa se da la forma final a las masas y se vuelven a cubrir para evitar la deshidratación. (Hamelman, 2013)

1.3.3.9. Fermentación final

Esta fase es intermedia entre el moldeado y el horneo. Es la fase en la cual la masa alcanza el crecimiento esperado. (Hamelman, 2013)

1.3.3.10. Horneo

En esta etapa, se lleva a cabo transferencia de calor dentro de la masa e involucra varios cambios y muchos de estos son simultáneos e independientes. (Zhou, Therdthai y Hui, 2014) El primero se denomina “salto de horno” que es la última fase de la fermentación, cuando empieza a calentarse la masa se incrementa la producción de dióxido de carbono, esta etapa no es de larga duración y termina al alcanzar los 95 °F. Esta etapa se vuelve más pronunciada cuando el dióxido de carbono disuelto en la parte líquida de la masa se vuelve gaseoso, se evapora y libera junto con el resto del gas, lo que ocasiona que se expanda la masa.

Otro cambio es la gelatinización de los almidones al incrementarse la temperatura, esto depende de la disponibilidad de agua, también se coagulan las proteínas. Por lo tanto, la masa es menos extensible. La estructura formada por la masa para retener el gas cambia a una estructura porosa, esto se conoce como cambio de masa a miga. El agua se evapora por las temperaturas alcanzadas. Se forma la corteza del pan, empieza la coloración, se dan reacciones de Maillard que contribuye al color y sabor y también se produce una caramelización. (Hamelman, 2013) En la tabla VII se detallan las reacciones que se dan en la

etapa de horneado en cada rango de temperatura.

Tabla VII. Influencia de la temperatura en el pan durante el horneado

77°-122°F (25°-50°C)	Rápido incremento de la fermentación, incremento en la actividad enzimática, inicio de la formación de la corteza, los almidones se hinchan, producción acelerada de gas y expansión contribuyendo al salto de horno.
122°-140°F (50°-60°C)	Mueren las bacterias, inactivación de las enzimas de las levaduras, las levaduras alcanzan la muerte térmica (aproximadamente a los 140°F).
140°-158°F (60°-70°C)	Se inicia la gelatinización del almidón, disminuye la expansión de la masa, inicia la coagulación del gluten, la amilasa alcanza su actividad máxima.
158°-176°F (70°-80°C)	Se completa la coagulación del gluten y se forma la estructura de la masa, disminuye la actividad enzimática.
176°-194°F (80°-90°C)	Se completa la gelatinización del almidón y finaliza la actividad enzimática.
194°-212°F (90°-100°C)	Se alcanza la temperatura interna máxima, inicia la coloración de la corteza.
212°-350°F (100°-177°C)	Las reacciones de Maillard forman el color, se forman cetonas y aldehídos.
300°-400°F (149°-204°C)	Se desarrolla una mayor coloración y sabor por la caramelización.

Fuente: Hamelman (2013). *Bread*.

1.3.3.11. Enfriamiento

El pan obtiene su mejor aroma y sabor hasta que está frío. Cuando está aún caliente tiene poco sabor y su textura es pegajosa. Mientras se enfría la miga endurece y se intensifican los sabores. (Hamelman, 2013)

1.3.4. Valor nutritivo

Muchos de los nutrientes presentes en la harina integral pueden aprovecharse a través del consumo del pan integral. La cantidad de cada nutriente dependerá del tipo de harina que se utilice, de las formulaciones y el proceso de producción del pan. En la tabla VIII se presenta la composición nutricional del pan integral.

Tabla VIII. **Composición nutricional de pan integral suave en rodaja**

	Cantidades por 100g
Agua %	39
Energía kcal	252
Proteína g	12.45
Grasa total g	3.5
Ácidos grasos saturados g	0.72
Ácidos grasos monoinsaturados g	0.62
Ácidos grasos poliinsaturados g	1.59
Colesterol mg	0
Carbohidratos g	42.71
Azúcares g	4.24
Cenizas g	6
Fibra dietética g	2.32
Calcio mg	161
Hierro mg	2.47
Magnesio mg	75
Fósforo mg	212
Potasio mg	254
Sodio mg	455
Zinc mg	1.77

Continuación tabla VIII.

Cobre mg	0.23
Selenio mg	25.7
Vitamina C µg	0
Tiamina µg	0.39
Riboflavina µg	0.17
Niacina µg	4.44
Ácido pantoténico µg	0.65
Vitamina B6 µg	0.22
Ácido fólico µg	0
Vitamina B12 µg	0
Vitamina A µg	0
Vitamina E µg	2.66
Vitamina D µg	0

Fuente: Instituto Nutricional de Centro América y Panamá [INCAP] (2018). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica.*

1.3.5. Pruebas de calidad del pan

A continuación, se presentan las pruebas que permiten verificar la calidad del pan.

1.3.5.1. Volumen del pan

El volumen del pan es un buen indicador de la capacidad de retención de gas por parte de la masa. Indica qué tan adecuada es la proteína y qué tan eficiente fue el proceso de formación del gluten. Un bajo volumen puede deberse a problemas de retención de CO₂ o a la formación de gas que está ligada al metabolismo de las levaduras. También se atribuye a bajas temperaturas de fermentación final. Un exceso de volumen también se considera un defecto de calidad que puede deberse a mucha cantidad de proteína en la harina, excesiva levadura, altas temperaturas en la masa, alta temperatura de fermentación final, pesado inadecuado de ingredientes o a temperaturas bajas de horno. (Sahi, Little y Ananingsih, 2014)

1.3.5.2. Salto de horno

Esta es una medida del crecimiento del pan durante el horneado. Puede ser determinado midiendo la altura final del pan horneado, asumiendo que el pan fue fermentado hasta su altura estándar, la diferencia de estas mediciones será el salto de horno. Es una característica que si no se controla puede afectar la calidad del producto. Un salto de horno grande puede ocasionar que sobresalga demasiado y la corteza se separe de la parte superior del cuerpo del pan. (Sahi, *et al.*, 2014)

1.4. Análisis nutricional de alimentos

A continuación, se presenta cada uno de los elementos para verificar el análisis nutricional de alimentos.

1.4.1. Proteína

Para la evaluación de la cantidad de proteínas en un alimento el método más utilizado es el de Kjeldahl, por medio del cual se determina el nitrógeno total y por medio de la aplicación de una fórmula se calcula el contenido de proteína. Se utilizó en sus inicios para la determinación de proteína de distintos granos. El método comprende tres pasos, digestión, destilación y titulación. (Greaser y Guo, 2015)

1.4.2. Fibra cruda

El análisis de fibra cruda se lleva a cabo por la digestión de los productos con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. Y se determina por la incineración del residuo resultante de la digestión previa. El procedimiento de la

determinación de fibra por este método reduce los porcentajes de hemicelulosa, celulosa y lignina presentes en los alimentos. (Rodas, 2013)

1.4.3. Fibra dietética

La fibra dietética es determinada en la mayoría de los métodos por medio de gravimetría después de que los carbohidratos, lípidos y proteínas son selectivamente solubilizadas por reactivos o por hidrólisis catalizadas por enzimas. El material no solubilizado o digerido se colecta por filtración y este residuo se seca y pesa. El residuo del paso de filtración es la fibra dietética insoluble y al sobrenadante se le agrega etanol para precipitar los polisacáridos solubles los cuales constituyen la fibra dietética soluble. (BeMiller 2019)

1.5. Análisis sensoriales

Los análisis sensoriales son herramientas que miden, analizan e interpretan las percepciones que un alimento origina en los sentidos. Debido a que un ser humano no puede ser calibrado como un aparato, este tipo de análisis es muy susceptible al sesgo. A pesar de esto, la percepción sensorial es muy necesaria en el análisis de alimentos. (Piqueras-Friszman, Ares y Varela, 2015)

1.5.1. Pruebas afectivas o hedónicas

También denominadas pruebas con consumidores. Consiste en preguntar a los consumidores (panelistas no entrenados), que cuantifiquen el grado de agrado o preferencia de un grupo de productos. Estos deben llevarse a cabo solo con individuos no entrenados. Hay dos tipos de pruebas, las que miden la preferencia y las que miden la aceptación. (Piqueras-Friszman *et al.*, 2015)

1.5.2. Pruebas de aceptación y escala hedónica

Cuando se mide la aceptación los consumidores miden su agrado a través de una escala denominada hedónica. Las cuales pueden ser con cinco, siete o nueve puntos en los cuales tienen en los extremos el agrado y desagrado, hay escalas en las que pueden indicar el agrado con un número o marcando expresiones faciales. Es usual recopilar los datos obtenidos para determinar indirectamente la preferencia. (Piqueras-Friszman *et al.*, 2015)

2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN INTEGRAL

Para la elaboración del pan integral se utilizó hongos frescos para obtener la harina de hongo que se utilizó como parte de las materias primas para el pan.

2.1. Elaboración de la harina de hongo ostra

En la tabla IX se detallan las etapas para la obtención de la harina de hongo.

Tabla IX. Etapas del proceso de elaboración de harina de hongo

Etapa	Descripción	Imagen
Preparación de los hongos	Se procedió a limpiar los hongos para eliminar residuos de sustrato o cualquier otro material extraño presente en los hongos. Posteriormente se cortaron en rodajas.	

Continuación tabla IX.

Deshidratación

Se colocaron las rodajas en las bandejas de un deshidratador de alimentos eléctrico de aire forzado y se deshidrataron a una temperatura de 45°C hasta que alcanzaron un peso constante.



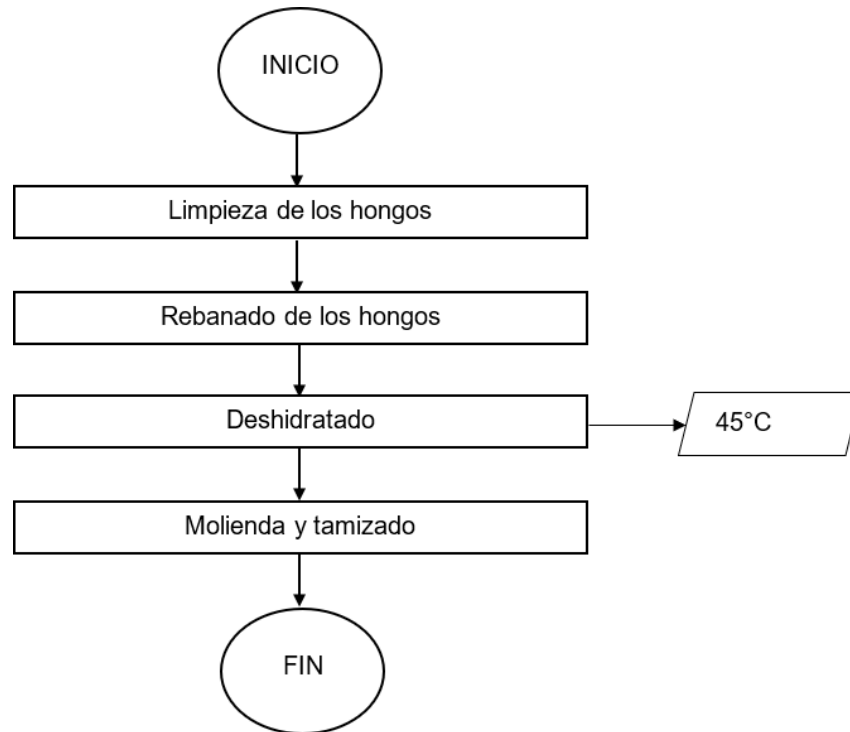
Molienda y tamizado

Los hongos deshidratados se molieron en un molino para café y se tamizaron para obtener un polvo fino.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Proceso de elaboración de harina de hongo ostra**



Fuente: elaboración propia.

2.2. **Elaboración del pan integral con las tres formulaciones**

Se utilizaron 2 porcentajes de harina de hongo ostra en la elaboración del pan integral de 5 y 10 % para cada formulación. Según Mahamud, Shirshir y Hasan, (2012), porcentajes mayores al 10 % tienen un impacto negativo sobre la calidad del pan y su aceptabilidad sensorial, razón por la cual se definieron estos porcentajes para la harina de hongo que se utilizó. Se sustituyeron estos porcentajes de harina dura en la formulación base por los porcentajes asignados de harina de hongo ostra. Adicionalmente se preparó un pan integral con los porcentajes de la formulación base que servirá como blanco para comparaciones,

es decir, una muestra con 0 % de harina de hongo ostra.

En la tabla X se presentan las formulaciones que se utilizaron para la elaboración de los panes integrales.


Tabla X. **Formulaciones de pan integral con harina de hongo ostra**

Ingredientes	0 % harina de hongo ostra	5 % harina de hongo ostra	10 % harina de hongo ostra
Harina dura	80 %	75 %	70 %
Harina integral	20 %	20 %	20 %
Harina de hongo ostra	0 %	5 %	10 %
Agua	60 %	60 %	60 %
Azúcar	4 %	4 %	4 %
Levadura fresca	4 %	4 %	4 %
Manteca	2 %	2 %	2 %
Sal	1.5 %	1.5 %	1.5 %

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI y la figura 3 se detallan las etapas y el proceso para la elaboración del pan integral.

Tabla XI. **Etapas del proceso de elaboración de pan integral**

Etapas	Descripción	Image n
Pesado de los ingredientes	Se llevó a cabo el pesado de cada ingrediente según las formulaciones para muestras de 300g de harinas.	

Continuación tabla XI.

Mezclado

Se agregó en el tazón de la batidora el agua, el azúcar, la levadura, las harinas y la manteca. Se colocó el aspa plana y se procedió a mezclar por un minuto a velocidad baja, pasado este tiempo se incorporó la sal.



Amasado

Se procedió a amasar a velocidad baja por 2 minutos

y
posteriormente

a velocidad alta por 4 minutos hasta alcanzar el punto de ventana del gluten, en el cual se formó una masa flexible.



Continuación tabla XI.

Reposo

Las masas formadas se dejaron reposando en un tazón cubierto por un tiempo aproximado de una hora a temperatura ambiente hasta que estas duplicaran su tamaño.



Boleado, y plegado y formado

Pasada la hora de reposo, presionar las masas para liberar el gas. Se estiraron y se plegaron para dar forma cilíndrica. Se engrasaron con manteca moldes de aluminio con medidas 20.3cm x 9.8 cm x 6.6 cm, y se procedió a colocar las masas ya formadas.



Continuación tabla XI.

Fermentado Se colocaron las masas en el fermentador a una temperatura de 35 °C y humedad de 50 % por aproximadamente 30 minutos hasta que alcanzaran el borde del molde.



Horneado Se hornearon los panes en un horno de convección eléctrico a una temperatura de 190 °C por aproximadamente 15 minutos.

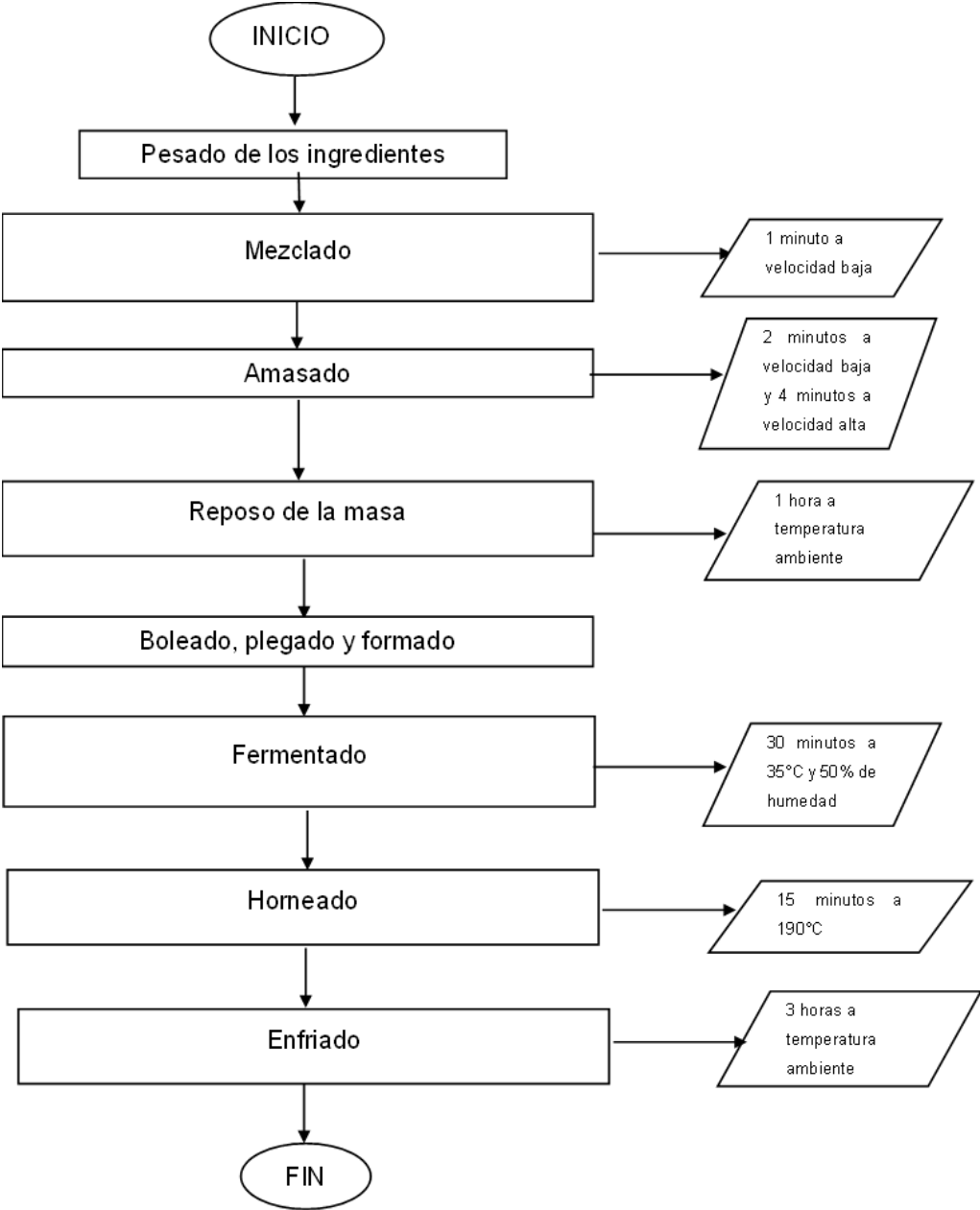


Enfriado Se desmoldaron los panes y se dejaron enfriar a temperatura ambiente por aproximadamente 3 horas.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Proceso de elaboración de pan integral**



Fuente: elaboración propia.

3. PRUEBAS DE CALIDAD DEL PAN INTEGRAL

Para determinar la calidad obtenida de los panes se realizaron mediciones del salto de horno y volumen del pan.

3.1. Salto de horno

Se midió con un vernier la altura de la masa antes de ingresar al horno y la altura al final de hornear, y se calculó la diferencia en milímetros. En la figura 4 se muestra la medición de salto de horno.

Figura 4. **Medición de salto de horno**



Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.2. Volumen

Se utilizó un medidor de volumen específico que contiene semillas de mostaza, para un rango de volumen de 0 a 1500cc. En la figura 5 se muestra el equipo utilizado para la medición.

Figura 5. **Medidor de volumen**



Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Se verificó que la compuerta para el paso de semillas esté cerrada y que en la escala las semillas lleguen a la marca de 1500cc. En la parte inferior del equipo se colocó la muestra de pan. Se procedió a abrir la compuerta para que las semillas caigan hacia la caja en la que se encuentra el pan y se verificó en la escala el volumen obtenido.

4. EVALUACIÓN SENSORIAL

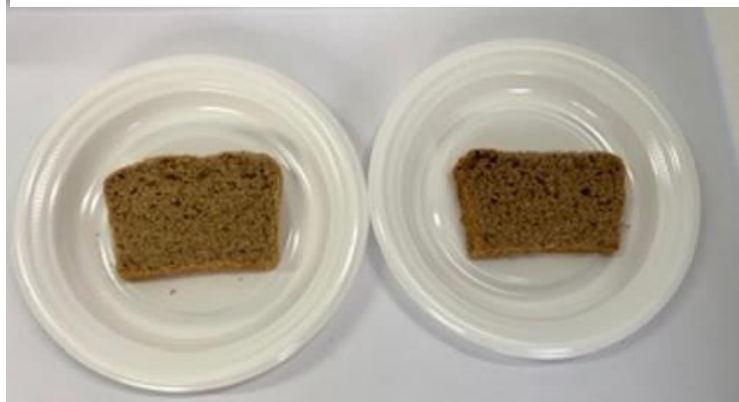
Se evaluaron por medio de un panel sensorial las dos formulaciones de pan integral que contienen harina de hongo ostra para determinar su aceptación.

4.1. Preparación de muestras

Se prepararon las muestras de pan para las formulaciones de 5 y 10 % de harina de hongo ostra siguiendo los porcentajes y el procedimiento descrito con anterioridad.

Se asignaron dos números aleatorios de 3 dígitos para cada muestra de pan, tomando en cuenta no repetir ningún número. Se colocó en cada plato una muestra de peso similar de cada formulación de pan, se alternó el orden de presentación de las muestras para cada panelista (Figura 6).

Figura 6. Presentación de las muestras



Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

4.2. Panel sensorial

Se llevó a cabo la evaluación con un grupo de 40 panelistas no entrenados. Los requisitos para participar fueron no haber consumido alimentos, café o té, masticado chicle o haberse lavado los dientes 30 minutos antes de la evaluación, no utilizar perfume, no padecer de alguna enfermedad que pueda disminuir el sentido del olfato y el gusto, no ser intolerantes al gluten, en el caso de mujeres no estar embarazadas. Los panelistas estaban separados entre sí, de manera que se mantuviera el distanciamiento social y evitar interferencias entre ellos, esto puede observarse en la figura 7. Se les entregaron dos muestras, una por cada formulación debidamente identificadas.

Figura 7. Ubicación de los panelistas



A



B

Fuente: [Fotografías de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

A los panelistas se les indicó cómo realizar la evaluación y la forma en que debían llenar el formulario. Se evaluaron los atributos de apariencia, color de la corteza, color de la miga, textura, olor y sabor. Para la medición de la aceptación se utilizó una escala hedónica de 9 puntos que va desde el disgusto extremo

hacia el máximo nivel de gusto, esto puede observarse en la tabla XII.

Tabla XII. Escala hedónica de 9 puntos

Me disgusta exageradamente	1
Me disgusta mucho	2
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta levemente	4
No me gusta ni me disgusta	5
Me gusta levemente	6
Me gusta moderadamente	7
Me gusta mucho	8
Me gusta extremadamente	9

Fuente: Piqueras-Friszman *et al.*, (2015), *An Introduction to Sensory Evaluation Techniques*.

En la tabla se muestra un ejemplo del formulario de evaluación utilizado por los panelistas.

Tabla XIII. Ejemplo de formulario de evaluación

PRODUCTO: Pan Integral de Trigo con Harina de Hongo Ostra

FECHA: 15/05/22

NOMBRE: Brenda de Valenzuela

Instrucciones: A continuación, se le presentan dos muestras de pan identificadas con un número, evalúelas según las características indicadas. Elija para cada característica una calificación de acuerdo a su gusto.

Variable: **APARIENCIA**

	Muestra 654	Muestra 842
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta	X	
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		X
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Variable: **COLOR DE CORTEZA**

	Muestra 654	Muestra 842
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente	X	
Me gusta moderadamente		X
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Continuación tabla XIII.

Variable: COLOR DE MIGA

	Muestra 654	Muestra 842
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente	X	X
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Variable: TEXTURA

	Muestra 654	Muestra 842
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho	X	X
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Continuación tabla XIII.

Variable: OLOR

	Muestra 654	Muestra 842
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho	X	
Me gusta extremadamente		X
Comentarios:		

Variable: SABOR

	Muestra 654	Muestra 842
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		X
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

¿Cuál de las muestras prefiere?

654
842

Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis estadístico

Para analizar los resultados obtenidos se llevó a cabo una prueba de hipótesis para comparar las medias de la evaluación general y de atributos de las dos muestras. Debido a la cantidad de evaluaciones (≥ 30) se utilizó la prueba Z

con un nivel de significancia α fue 0.05. Se especificó una hipótesis nula, que propuso que no hay diferencia entre las medias.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

Se utilizó el valor Z para rechazar o aprobar la hipótesis nula, al compararlo con un valor crítico Z. Si el valor Z calculado es menor que el Z crítico para una prueba bilateral no puede rechazarse la hipótesis nula. Se calculó el valor Z de la siguiente forma:

$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

5. ANÁLISIS NUTRICIONAL

5.1. Preparación de muestras

A la formulación con mayor aceptación sensorial y a la formulación sin harina de hongo, se les realizaron los análisis de proteína y fibra. Se prepararon las muestras elegidas siguiendo las formulaciones y el procedimiento para la elaboración del pan integral. Se procedió a llevar las muestras al laboratorio, se requirió un mínimo de 200 g de cada una.

5.2. Análisis de proteína

La proteína se determinó por medio del método AOAC 976.05 de digestión Kjeldahl, en el cual la muestra se sometió a una digestión con ácido sulfúrico grado reactivo y una pastilla Kjeldahl a una temperatura de 400 °C por una hora. Posteriormente se procedió a la destilación, la muestra se diluyó con agua y se agregó un exceso de álcali para convertir los iones amonio en amoníaco, para destilarlo y atraparlo en ácido bórico. Se tituló con ácido clorhídrico. Los ml utilizados de ácido clorhídrico entre el peso de muestra por 100 indicaron el porcentaje de nitrógeno en la muestra, y este porcentaje por el factor de conversión de 6.25 dio como resultado el porcentaje de proteína del producto. En la figura 9 se presenta el equipo para la determinación de proteína.

Figura 8. **Analizador Kjeldahl**



Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

5.3. Análisis de fibra cruda

El análisis de fibra se realizó por medio del método AOAC 962.09 de digestión ácida con ácido sulfúrico y digestión alcalina con hidróxido de sodio, esto se realizó dentro de un digestor (figura 10). La muestra digerida se colocó en el horno por 24 horas y se pesó. Después se colocó en la mufla para calcinar el residuo y se pesó al finalizar el proceso. La fibra se determinó por la diferencia de la muestra después del horno menos el peso de la muestra al salir de la mufla por cien.

Figura 9. **Digestor para fibra**



Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

5.4. Análisis de fibra dietética

Para la determinación de fibra dietética se utilizó el método AOAC 985.29 enzimático gravimétrico. Duplicados de las muestras pasaron por un proceso de digestión inicial con α -amilasa, seguido por digestión con proteasa y por último con amiloglucosidasa (glucoamilasa). Después se realizó una precipitación y filtración. A uno de los residuos obtenidos de la muestra se le analizó proteína y al otro residuo cenizas. La fibra dietética total se determinó por la diferencia del peso del residuo obtenido en la precipitación y filtración menos los pesos obtenidos de proteína y cenizas.

6. ESTIMACIÓN DE COSTOS

En la tabla XIII se detalla el costo estimado para producir 100g de harina de hongo ostra considerando un rendimiento aproximado de 11 % a partir de hongos frescos y en la tabla XIV se indica el costo estimado para el pan integral elaborado con ambas formulaciones.

Tabla XIV. **Costo estimado para producir 100 g de harina de hongo ostra**

Materia prima	Precio/Unidad de compra	Cantidad	Costo
Hongo ostra	Q25/lb	2 lb	Q. 50.00
Estimado Mano de obra	Q. 13.37/h	2 h	Q. 26.74
Estimado de energía eléctrica	Q. 1.36/kWh	14 h	Q. 5.71
Total			Q. 82.45

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Costo estimado para elaboración de un pan integral de 500g**

Materia prima	Precio/Unidad de compra	Precio Formulación 0 % hongo ostra	Precio Formulación 5 % hongo ostra	Precio Formulación 10 % hongo ostra
Harina	Q. 4.95/lb	Q. 2.54	Q. 2.38	Q. 2.22
Continuación tabla XIV.				
Harina integral	Q 5.10/lb	Q. 0.64	Q. 0.64	Q. 0.64

Continuación tabla XV.

Harina de Hongo	Q. 82.45/100g	-	Q. 12.02	Q. 24.04
Agua	Q. 1.75/500ml	Q. 0.61	Q. 0.61	Q. 0.61
Azúcar	Q. 3.75/500 g	Q. 0.09	Q. 0.09	Q. 0.09
Levadura fresca	Q 15.75/lb	Q. 0.20	Q. 0.20	Q. 0.20
Manteca	Q. 7.64/lb	Q. 0.07	Q. 0.07	Q. 0.07
Sal	Q. 2.55/920 g	Q. 0.03	Q. 0.03	Q. 0.03
Mano de obra	Q. 13.37/h	Q. 26.74	Q. 26.74	Q. 26.74
Estimado de energía eléctrica	Q. 1.36/kWh	Q. 3.87	Q. 3.87	Q. 3.87
Total		Q.34.79	Q. 46.66	Q. 58.52

Fuente: elaboración propia.

7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación.

7.1. Elaboración de harina de hongo ostra

En la tabla XV y XVI se indican los parámetros utilizados para la elaboración de harina de hongo y las características obtenidas.

Tabla XVI. **Parámetros del proceso de la harina de hongo de ostra**

Observaciones	
Deshidratación	Tiempo 7 horas Temperatura 45 °C
Molienda	5 minutos hasta obtener un polvo fino
Rendimiento	A partir de 454 g de hongo se obtuvo 50 g de harina (11 %)

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Características de la harina de hongo de ostra**

Atributo	Observaciones
Apariencia	Polvo fino
Color	Beige
Olor	Característico a hongo deshidratado
Sabor	Característico a hongo deshidratado, leve sabor residual metálico

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se observa la harina de hongo ostra obtenida.

Figura 10. **Harina de hongo ostra**



Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

7.2. Calidad del pan integral

En la figura 11 se observan los panes elaborados con las 3 formulaciones. Se puede apreciar que al adicionar la harina de hongo el color del pan se tornó más oscuro. El blanco sin harina de hongo y los dos panes con 5 y 10 % de harina de hongo. En la tabla XVIII se detallan los resultados obtenidos de las mediciones de salto de horno y volumen de los panes integrales.

Figura 11. Panes integrales con diferentes porcentajes de harina de hongo



Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Tabla XVIII. Pruebas de calidad de pan integral

Análisis	Formulación 0% harina de hongo	Formulación 5% harina de hongo	Formulación 10% harina de hongo
Salto	430 mm	40 mm	20 mm
ehorno			
Volumen	1,500 cc	1,250 cc	1,120 cc

Fuente: elaboración propia.

7.3. Análisis sensorial

A partir de la tabulación de las evaluaciones de cada panelista se calcularon las medias para cada atributo evaluado y posteriormente la de la evaluación general, las cuales están detalladas a continuación en la tabla XVII.

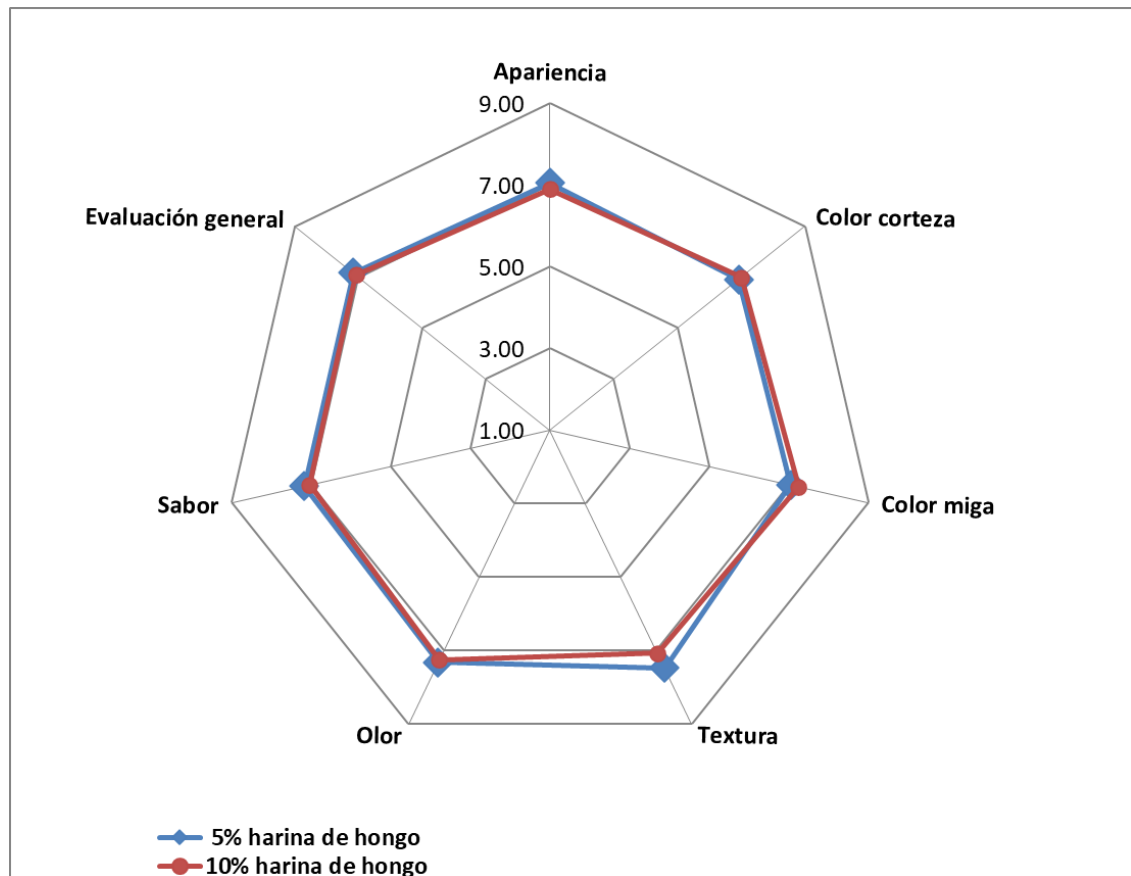
Tabla XIX. **Resultados de evaluación sensorial**

Atributo	Formulación 5 % harina de hongo	Formulación 10 % harina de hongo
Apariencia	7.05	6.90
Color de corteza	6.93	7.00
Color de miga	7.05	7.25
Textura	7.48	7.08
Olor	7.33	7.25
Sabor	7.18	7.05
Evaluación general	7.17	7.09

Fuente: elaboración propia.

En la figura 12 se puede observar la distribución radial de la evaluación sensorial de cada atributo para ambas formulaciones.

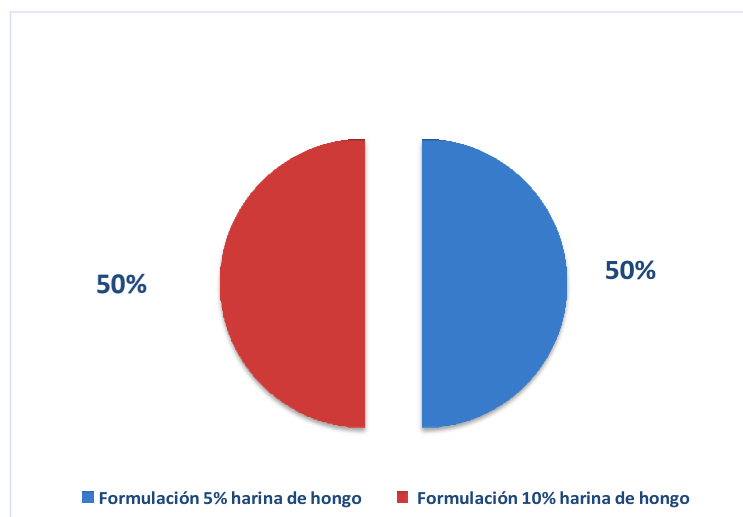
Figura 12. Evaluación sensorial por atributos



Fuente: elaboración propia.

Así como se observó en la evaluación por atributos, la preferencia del panel por las formulaciones fue la misma.

Figura 13. **Porcentajes de preferencia**



Fuente: elaboración propia.

En la tabla siguiente se muestran los datos obtenidos a través del análisis de prueba de hipótesis Z, para comparación de las medias de la evaluación general y los atributos de ambas formulaciones.

Tabla XX. **Resultados análisis estadístico**

Atributo	α	Valor P	Z calculado	Z crítico	Interpretación
Apariencia	0.05	0.536	0.619	1.960	No hay diferencia significativa entre las medias
Color de corteza	0.05	0.784	-0.274	1.960	No hay diferencia significativa entre las medias
Color demiga	0.05	0.437	-0.777	1.960	No hay diferencia significativa entre las medias
Textura	0.05	0.157	1.414	1.960	No hay diferencia significativa entre las medias

Continuación tabla XX.

Olor	0.05	0.774	0.287	1.960	No hay diferencia significativa entre las medias
Sabor	0.05	0.660	0.440	1.960	No hay diferencia significativa entre las medias
Evaluación general	0.05	0.688	0.402	1.960	No hay diferencia significativa entre las medias

Fuente: elaboración propia.

7.4. Análisis nutricionales

Ya que ambas formulaciones obtuvieron una aceptabilidad similar, se les realizaron los análisis nutricionales junto con la muestra sin harina de hongo. A continuación, se detallan los resultados.

Tabla XXI. Análisis de proteína y fibra de pan integral

Análisis	Formulación 0 % harina de hongo	Formulación 5 %harina de hongo	Formulación 10 %harina de hongo
Proteína	8.92 %	9.45 %	9.56 %
Fibra cruda	0.51 %	0.71 %	0.98 %
Fibra dietética	6.70 %	7.92 %	8.90 %

Fuente: elaboración propia.

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación propone la elaboración de un pan integral de trigo con harina de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Para llevar a cabo esta elaboración se partió de la obtención de una harina a partir de hongos ostra frescos. Se utilizó una formulación base de pan integral a la cual se le incorporó la harina de hongo ostra se sustituyó un porcentaje de la harina dura por la harina de hongo.

A partir del método de deshidratación se obtuvo un rendimiento del 11 % de hongos secos, que posteriormente pasaron por un proceso de molienda. El rendimiento era lo esperado ya que se ha reportado que estos hongos contienen aproximadamente 88 % de humedad. (Salehi 2019)

Los panes elaborados con harina de hongo ostra presentaron un crecimiento menor y una coloración más oscura, comparado con el pan integral utilizado como blanco. La disminución tanto en salto de horno como en volumen fue en aumento conforme se agregaba un mayor porcentaje de harina de hongo. Esto se debe a que al sustituir la harina de trigo por harina de hongo se disminuye la cantidad de proteína funcional para la formación de gluten y al disminuir este, se tiene menor estructura para retener el gas producido por la levadura durante la fermentación. La disminución de estas dos características impacta en la disminución de la calidad del pan al aumentar el porcentaje de harina de hongo.

La disminución en el volumen del pan con respecto al aumento de la sustitución con harina de hongo ostra concuerda con los resultados obtenidos por Orador, Okafor, Ozumba y Elemo (2012), que indicaron que el volumen del pan disminuye significativamente con la adición de harina de hongo *Pleurotus*

pulmonarius al comparar panes con 0 % hasta un 25 % de sustitución.

El oscurecimiento de los panes también tuvo relación con el aumento de la sustitución por harina de hongo ostra, esto se debe a que el micelio de hongo contiene compuestos fenólicos que se oxidaron durante el proceso de horneado y a las reacciones de Maillard debido a que también presentan mayor cantidad de azúcares reductores y aminoácidos libres que la harina de trigo (Ulziijargal, *et al.*, 2013).

Los resultados de los análisis sensoriales mostraron que no existió diferencia estadísticamente significativa entre las evaluaciones generales y por atributos de los panes integrales con ambos porcentajes de harina de hongo ostra ($\alpha=0.05$). Para la formulación de 5 % el atributo con menor puntaje fue el color de la corteza mientras que para la formulación de 10 % el atributo que obtuvo la menor evaluación fue la apariencia. A pesar de que no existió diferencia estadísticamente significativa para la evaluación general, se observa que esta disminuyó al aumentar el porcentaje de harina de hongo, esto también concuerda con el estudio realizado. (Okafor *et al.*, 2012)

Según lo observado en la figura 13, el panel percibió una mayor diferencia en el atributo de textura, sin embargo, esta no llega a ser estadísticamente significativa.

Al consultar a los panelistas qué muestra prefieren, la mitad del panel prefirió la formulación de 5 % y la otra mitad la formulación de 10 %.

Debido a que en el análisis sensorial no se obtuvo una muestra favorecida por el panel. Las dos formulaciones fueron enviadas a análisis de proteínas y fibra.

El contenido de proteína y fibra de los panes indican un incremento en los porcentajes de estos nutrientes conforme se aumenta la sustitución de harina dura por harina de hongo. Esto pudo deberse a las cantidades de estos nutrientes presentes en los hongos ostra. Estos resultados son similares a la tendencia reportada por Salehi (2019) para distintos productos de panadería elaborados con harinas de hongos, sin embargo, el porcentaje de incremento de proteína en este estudio fue menor (5.94-7.17 %) al reportado sus hallazgos (21.66-39 %). Esto se debe a que en ese estudio se utilizó una especie diferente de hongo ostra cuya cantidad de proteína es mayor a la de *Pleurotus ostreatus*.

Adicionalmente al aumento de la proteína de los panes, al sustituir proteínas del trigo por las de hongo, contribuye a aumentar proteínas con mayor contenido de lisina y mejor balance de aminoácidos esenciales que el reportado en harinas de trigo. (Okafor *et al.* 2012) Lo cual significaría que el consumo de pan integral elaborado con harina de hongo representa un mayor consumo de proteína de mejor calidad.

Tanto para la fibra cruda como para la fibra dietética se observó un incremento al aumentar el porcentaje de harina de hongo ostra en el pan integral. La fibra cruda aumentó en un 39.2 a 92 % y fibra dietética en 18.2 a 32.83 %. Por lo que al consumir este tipo de producto se incrementa el consumo de fibra dietética principalmente de β glucanos que pueden tener efectos biofarmacológicos en los humanos. (Cheung, 2013)

Al comparar los porcentajes de fibra obtenidos, según el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:10: (2011) titulado *Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios Preenvasados para Consumo Humano para la Población a Partir de los 3 años*, los dos panes integrales con harina de hongo ostra pueden considerarse como buena fuente de fibra.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo harina de hongo ostra a partir de cuerpos fructíferos frescos al utilizar el método de deshidratación por un período de 7 horas a 45 °C con un rendimiento correspondiente al 11 %.
2. La adición de harina de hongo ostra a las formulaciones de pan integral, con la que se sustituyó parte de la harina dura, afectó la calidad de estos al oscurecer los panes y disminuir su tamaño y volumen.
3. Estadísticamente los panes integrales con 5 y 10 % de harina de hongo ostra tienen la misma aceptación con un nivel de confianza del 95 % y el mismo porcentaje de preferencia.
4. Se incrementó el contenido de proteína y de fibra de los panes integrales con la incorporación de la harina de hongo ostra en un 5 y 10 %.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el procedimiento de elaboración de harina de hongo ostra propuesto en esta investigación para la elaboración de harinas de otras especies de hongos cultivadas en el país.
2. Continuar la línea de investigación para el aprovechamiento del uso de las harinas de hongos comestibles como fuentes alternativas de proteína y fibra de alta calidad para la elaboración de productos alimenticios.
3. La industria de la panificación puede utilizar los datos obtenidos para incorporar harinas de hongos comestibles en distintos productos para mejorarlos nutricionalmente y contribuir al consumo de hongos producidos localmente.
4. Los productores de hongos ostra pueden elaborar harinas para ofrecer productos con mayor vida útil que los hongos frescos.

REFERENCIAS

1. Andrade, R., Mata, G. y Sánchez, J. (2012). *La producción iberoamericana de hongos comestibles en el contexto internacional*. Campeche, México: ECOSUR.
2. Ayerdy, R., Téllez-Tellez, M., Acosta-Urdapilleta L., Díaz-Godínez G. (agosto 2016). Uso de harina integral del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* para suplementar tortilla. *Revista de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (1), 669-674.
3. Barba, J. y López, J. (2017). *Guía práctica para el cultivo de setas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
4. BeMiller, J (febrero 2019). Carbohydrate Analysis. *Revista Food Analysis* 1 (3) 333-360.
5. Cauvain, S. (2015). *Technology of breadmaking*. Estados Unidos: Springer Publishing.
6. Cheung, P. (noviembre 2013). Mini revisión de los hongos comestibles como fuente de fibra dietética: Preparación y beneficios para la salud. *Food Science and Human Wellness*. 2(3), 162-166.

7. Cordon, K., Morales, S., de Leon, C., de Leon, R., Urizar, M. y Corado, M. (2021). *Transformación de setas comestibles nativas en harina para pastas como una alternativa para comunidades rurales* (informe número 2020-22). Guatemala: Dirección General de Investigación Universidad de San Carlos de Guatemala.
8. Deepalakshmi, K. y Mirunalini, S. (5 de febrero 2014). *Pleurotus ostreatus: an oystermushroom with nutrition and medicinal properties* [Pleurotus ostreatus: un hongo ostra con propiedades nutritivas y medicinales]. *Journal of Biochemical Technology*, p. 26.
9. Doblado-Maldonado, A., Pike, O., Sweley, J. y Rose, D. (6 de mayo 2012). Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage [Problemas clave y retos en la molienda y almacenamiento de harina de trigo integral]. *Journal of Cereal Science*. p. 39.
10. Dror, Y., Rimon, E. y Vaida, R. (2020). *Whole-wheat bread for human health*. Estados Unidos: Springer Publishing.
11. Gómez, M., Gutkoski, L. y Bravo-Núñez, A. (septiembre 2020). Entendiendo laharina integral de trigo y su efecto en panes: una revisión. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19 (6), 3241-3265.
12. Greaser, M. y Guo, W. (abril 2015). Proteins. En L. Nolle, y F. Toldrá. *Handbook of food analysis*. (1) 357-368.

13. Hamelman, J. (2013). *Bread*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
14. Instituto Nutricional de Centro América y Panamá [INCAP]. (2018). *Tablade Composición de Alimentos de Centroamérica*. Guatemala: INCAP.
15. Lelley, J. (enero 2017). Aspectos nutritivos de las setas *Pleurotus* spp. En J. Sánchez y D. Royse. *Revista La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp* 1 (7) 177– 196.
16. López, D. y Canale, A. (septiembre 2018). Evaluación de la aceptación y caracterización de una barra de cereales y leguminosa adicionada con *Pleurotus ostreatus*. *E-CUCBA*, 4 (7), 21-24.
17. Losoya, C. (2020). *Desarrollo de un pan enriquecido con harina de Pleurotus ostreatus con propiedades funcionales*. (Tesis de postgrado). Universidad Autónoma de Coahuila. Coahuila, México.
18. Okafor, J., Okafor, G., Ozumba, A. y Elemo, G. (11 de enero de 2022). Características de calidad de pan hecho con trigo y harina de hongo ostra nigeriano (*Pleurotus plumonarius*). *Pakistan Journal of Nutrition*, p.10.

19. Reglamento Técnico Centroamericano (2012). *Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años*. Centroamérica: Autor.
20. Rodas, L. (2013) *Determinación de fibra en pan integral procedente de panaderías artesanales* (Tesis de grado). Universidad del Azuay. Ecuador.
21. Salehi, F. (12 e mayo de 2019). Caracterización de diferentes harinas de hongo y su aplicación en productos de panadería: una revisión internacional. *Journal of Food Properties* p.85.
22. Tolera, K. y Abera, S. (julio 2017). Calidad nutricional del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) afectada por pretratamientos osmóticos y métodos de secado. *Food Science & Nutrition*, 5(5), 989–996.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Matriz de coherencia**

PROBLEMA	OBJETIVOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<p>Pregunta principal</p> <p>¿Es posible desarrollar un pan integral con harina de hongo ostra <i>Pleurotus ostreatus</i>?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Desarrollar un pan integral con harina de hongo ostra <i>Pleurotus ostreatus</i></p>		
<p>Preguntas auxiliares</p> <p>1. ¿Cómo puede elaborarse una harina a partir de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i>?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>1. Elaborar una harina a partir de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p>	<p>1. Se obtuvo una harina de hongo ostra a partir de cuerpos fructíferos frescos utilizando el método de deshidratación por un período de 7 horas a 45°C con un rendimiento correspondiente al 11 %.</p>	<p>1. Utilizar el procedimiento de elaboración de harina de hongo ostra propuesto en esta investigación para la elaboración de harinas de otras especies de hongos cultivados en el país.</p>

Continuación apéndice 1.

<p>2. ¿Cuál es la calidad de un pan integral elaborado con harina de hongo ostra?</p>	<p>2. Analizar la calidad del pan integral elaborado con diferentes porcentajes de harina de hongo ostra.</p>	<p>2. La adición de harina de hongo ostra a las formulaciones de pan integral al sustituyendo parte de la harina dura, afectó la calidad de estos oscureciendo los panes y disminuyendo su tamaño y volumen.</p>	<p>2. Continuar la línea de investigación para el aprovechamiento del uso de las harinas de hongos comestibles como fuente alternativa de proteína y fibra de alta calidad para la elaboración de productos alimenticios.</p>
<p>3. ¿Cuál formulación obtiene la mayor aceptabilidad sensorial?</p>	<p>3. Determinar la formulación que obtiene la mayor aceptabilidad basada en sus propiedades sensoriales.</p>	<p>3. Estadísticamente los panes integrales con 5 y 10% de harina de hongo ostra tienen la misma aceptación con un nivel de confianza del 95% y el mismo porcentaje de preferencia.</p>	<p>3. La industria de la panificación puede utilizar los datos obtenidos para incorporar harinas de hongos comestibles en distintos productos para mejorarlos nutricionalmente y contribuir al consumo de hongos producidos localmente.</p>

Continuación apéndice 1.

<p>4. ¿Qué efecto tiene la incorporación de harina de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el porcentaje de proteína y fibra de la formulación con mayor aceptabilidad sensorial?</p>	<p>4. Determinar el efecto de la incorporación de harina de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el porcentaje de proteína y fibra del pan integral con mayor aceptabilidad sensorial.</p>	<p>4. Se incrementó el contenido de proteína y de fibra de los panes integrales con la incorporación de la harina de hongoostra en un 5 y 10 %.</p>	<p>4. Los productores de hongos ostra pueden elaborar harinas para ofrecer productos con mayor vida útil que los hongos frescos.</p>
--	---	---	--

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Formulario para panel sensorial

PRODUCTO: Pan Integral de Trigo con Harina de Hongo Ostra

FECHA: _____

NOMBRE: _____

Instrucciones: A continuación, se le presentan dos muestras de pan identificadas con un número, evalúelas según las características indicadas. Elija para cada característica una calificación de acuerdo a su gusto.

Variable: APARIENCIA

	Muestra	Muestra
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Variable: COLOR DE CORTEZA

	Muestra	Muestra
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Continuación apéndice 2.

Variable: COLOR DE MIGA

	Muestra	Muestra
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Variable:

	Muestra	Muestra
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Continuación apéndice 2.

TEXTURA

Variable: OLOR ¿Cuál de las muestras prefiere?

	Muestra	Muestra
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Variable: SABOR

	Muestra	Muestra
Me disgusta exageradamente		
Me disgusta mucho		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta levemente		
No me gusta ni me disgusta		
Me gusta levemente		
Me gusta moderadamente		
Me gusta mucho		
Me gusta extremadamente		
Comentarios:		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Resultados panel sensorial

Panelista	Apariencia		Color corteza		Color miga		Textura		Olor		Sabor		Promedios General por Panelista		Preferencias	
	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
1	7	8	7	8	7	8	8	7	7	8	7	8	7.17	7.83		1
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	6	8.00	7.50	1	
3	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	6.83	7.00		1
4	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6	8	8	6.67	6.33	1	
5	7	7	5	6	8	7	8	7	5	5	7	6	6.67	6.33	1	
6	5	5	5	7	4	7	7	8	8	8	7	6	6.00	6.83		1
7	7	8	7	8	8	8	8	9	8	8	8	9	7.67	8.33		1
8	8	7	8	8	7	8	8	7	8	8	8	7	7.83	7.50	1	
9	5	7	6	7	6	6	8	8	8	9	8	8	6.83	7.50		1
10	6	7	7	7	7	7	8	7	7	7	6	7	6.83	7.00	1	
11	7	7	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6.83	6.83		1
12	7	7	6	6	7	7	7	7	6	5	6	5	6.50	6.17	1	
13	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8.00	7.83	1	
14	7	7	7	7	5	8	9	8	8	7	5	7	6.83	7.33		1
15	7	7	7	8	7	8	7	7	7	8	8	8	7.17	7.67		1
16	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	6	8.00	6.83		1
17	5	5	6	5	6	7	6	6	8	8	6	4	6.17	5.83	1	
18	8	8	9	8	7	9	8	9	8	8	9	7	8.17	8.17	1	
19	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8.00	8.00		1
20	6	7	6	4	7	7	7	7	7	9	6	8	6.50	7.00		1
21	6	6	5	5	5	5	5	7	7	7	8	8	6.00	6.33		1
22	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	6	8.83	8.50	1	
23	7	8	8	8	8	8	7	8	7	8	7	8	7.33	8.00		1
24	8	7	8	7	8	8	8	7	8	8	9	8	8.17	7.50	1	
25	8	4	5	5	7	3	7	3	7	8	6	5	6.67	4.67	1	
26	6	6	5	6	5	7	6	6	6	8	6	7	5.67	6.67	1	
27	8	6	8	7	8	7	8	4	9	6	8	9	8.17	6.50	1	
28	5	7	7	6	8	7	8	7	6	6	6	7	6.67	6.67		1
29	7	6	7	6	5	6	5	6	6	6	6	7	6.00	6.17		1
30	7	8	7	7	7	6	8	8	6	7	8	6	7.17	7.00	1	
31	8	8	8	8	8	8	9	9	8	7	8	9	8.17	8.17		1
32	7	7	7	7	8	8	7	8	7	7	6	6	7.00	7.17	1	
33	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8.00	8.00		1
34	6	5	6	5	6	6	7	5	7	6	7	5	6.50	5.33	1	
35	6	7	4	8	6	8	7	8	8	4	8	6	6.50	6.83	1	
36	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	8.00	7.67	1	
37	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	8.50	8.50	1	
38	8	8	8	8	9	8	8	7	8	9	8	9	8.17	8.17		1
39	7	6	6	5	7	6	6	4	5	4	4	5	5.83	5.00		1
40	7	4	5	8	6	8	9	4	8	8	5	9	6.67	6.83		1

Continuación apéndice 3.

Promedio

7.05	6.90	6.93	7.00	7.05	7.25	7.48	7.08	7.33	7.25	7.18	7.05	7.17	7.09	20.00	20.00
													% Preferencias	50	50

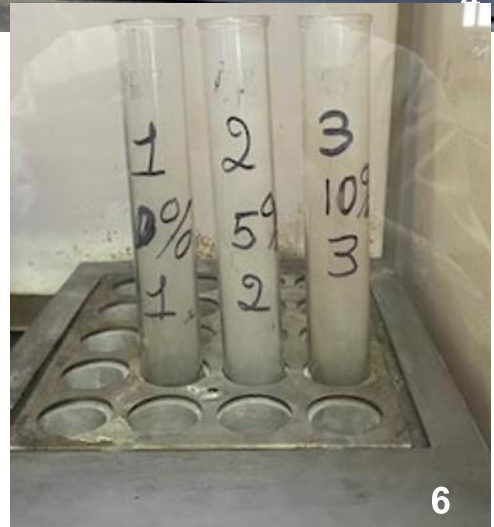
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Panel sensorial

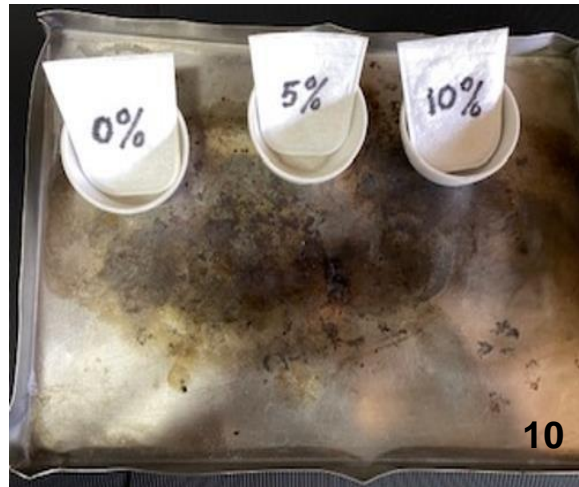
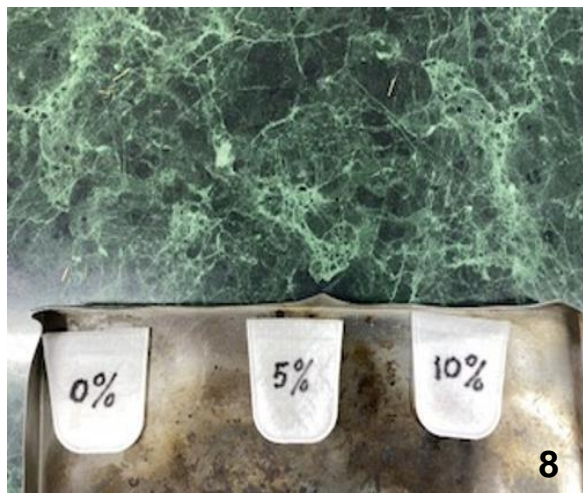


Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

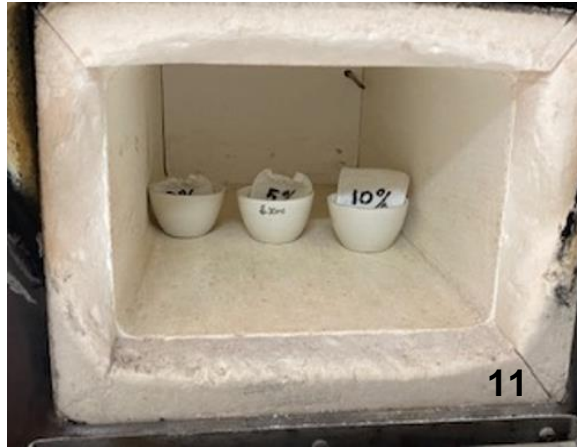
Apéndice 5. Análisis nutricionales



Continuación apéndice 5.



Continuación apéndice 5.



1,2 y 3. Preparación de las muestras. 4 y 5. Pesado de las muestras. 6. Muestras en digestión para análisis de proteína. 7. Titulación de nitrógeno para análisis de proteína. 8. Muestras para análisis de fibra cruda. 9. Muestras en digestión para fibra cruda. 10. Muestras después de la digestión. 11. Muestras en calcinación en mufla.

Fuente: [Fotografía de Ligia Quán]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1. Informe de análisis nutricionales



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal



FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria 201
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 ext. 84119 Cel.: 3415555

Solicitado por: **LIGIA QUAN** Dirección: **CIUDAD GUATEMALA** No. **072**
Fecha de recibida la muestra: **17-02-2022** Fecha de realización: **DEL 22 AL 25-02-2022**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEÍNA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. En KOH %	P.H.	TND %	E.B. kcal/Kg
76	PAN INTEGRAL 0% HARINA DE HONGO OSTRA	SECA	37.41	62.59	1.86	0.81	14.25	2.50	80.58	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	1.16	0.51	8.92	1.56	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	-----	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																

OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307. **TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 1**

[Signature]
T. L. José A. Morales S.
Laboratorista



[Signature]
Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Continuación anexo 1.



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2º Nivel, Ciudad Universitaria zo
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 ext. 84119 Cel.: 3415555

Solicitado por: **LIGIA QUAN** Dirección: **CIUDAD, GUATEMALA** No. **073**
Fecha de recibida la muestra: **17-02-2022** Fecha de realización: **DEL 22 AL 25-02-2022**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D %	Lignina %	Dig. En KOH %	P.H.	TND %	E.B. kcal/Kg
77	PAN INTEGRAL 5% HARINA DE HONGO OSTRA	SECA	37.49	62.51	1.47	1.14	15.11	2.92	79.36	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	0.92	0.71	9.45	1.82	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	-----	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																

OBSERVACIONES: TOTAL DE MUESTRAS REPETIDAS EN ESTA HOJA 1
 Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista

Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología



Continuación anexo 1.



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria
Ciudad de Guatemala
Teléfax: 24188307 Teléfono: 34155552

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Solicitado por: **LIGIA QUAN** Dirección: **CIUDAD GUATEMALA** No. **074**
Fecha de recibida la muestra: **17-02-2022** Fecha de realización: **DEL 22 AL 25-02-2022**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEÍNA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. En KOH %	P.H.	TND %	E.B. kcal/Kg
78	PAN INTEGRAL 10% HARINA DE HONGO OSTRA	SECA	38.79	61.21	1.63	1.60	15.63	3.34	77.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	1.00	0.98	9.56	2.04	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	-----	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																

OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Sé prohíbe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307. TOTAL DE MUESTRAS REGISTRADAS EN ESTA HOJA 1

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista



Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Fuente Laboratorio de Bromatología. (2022). *Formularios de resultados.*

Anexo 2. Informe de análisis de fibra dietética



LABORATORIO DSG
DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES
31 Avenida 0-56 zona 7, Utatlán 1
Tel: (502) 2441-4918, (502) 2439-6808

(R03-PAD004)

Informe de Resultados: **2022-00807**

Fecha: 26/5/2022

Cliente:	Ligia Quan	Referencia:	
Dirección:	Ciudad	Fecha y Hora Muestreo:	17/05/2022 15:20
Orden de Cliente:		Lugar de Muestreo:	Tomada por el cliente
Muestra enviada por:	Ligia Quan		
Fecha de Recepción:	17/05/2022		

Código: 27492	Descripción: 0% Harina de hongo				Lote:
Referencia: 3	Tipo: Alimento				
Análisis	Resultado	u.m.	LD/LC	Metodología	Fecha de Análisis
Fibra dietética	6.70	%*	0.01	AOAC 985.29	24/05/2022

* u.m.= unidad de medida, LD/LC= Límite de Detección/Cuantificación, ND= No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponde a la muestra tal y como fue recibida

ULTIMA LINEA

Juan Carlos Gonzalez Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos Gonzalez
Colegiado No. 1785
Director Técnico Físicoquímica

Continuación anexo 2.



LABORATORIO DSG
DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES
31 Avenida 0-56 zona 7, Utatlán 1
Tel: (502) 2441-4918, (502) 2439-6808

(R03-PAD004)

Informe de Resultados: **2022-00807**

Fecha: 26/5/2022

Cliente:	Ligia Quan	Referencia:	
Dirección:	Ciudad	Fecha y Hora Muestreo:	17/05/2022 15:20
Orden de Cliente:		Lugar de Muestreo:	Tomada por el cliente
Muestra enviada por:	Ligia Quan		
Fecha de Recepción:	17/05/2022		

Código: 27490	Descripción: 5% Harina de hongo				Lote:
Referencia: 1	Tipo: Alimento				
Análisis	Resultado	u.m.	LD/LC	Metodología	Fecha de Análisis
Fibra dietética	7.92	% ⁺	0.01	AOAC 985.29	23/05/2022

* u.m.= unidad de medida, LD/LC= Límite de Detección/Cuantificación, ND= No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponde a la muestra tal y como fue recibida

ULTIMA LINEA

Juan Carlos Gonzalez Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos Gonzalez
Colegiado No. 1785
Director Técnico Físicoquímica

Continuación anexo 2.



LABORATORIO DSG
DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES
31 Avenida 0-56 zona 7, Utatlán 1
Tel: (502) 2441-4918, (502) 2439-6808

(R03-PAD004)

Informe de Resultados: **2022-00807**

Fecha: 26/5/2022

Cliente:	Ligia Quan	Referencia:	
Dirección:	Ciudad	Fecha y Hora Muestreo:	17/05/2022 15:20
Orden de Cliente:		Lugar de Muestreo:	Tomada por el cliente
Muestra enviada por:	Ligia Quan		
Fecha de Recepción:	17/05/2022		

Código: 27491	Descripción: 10% Harina de hongo				Lote:
Referencia: 2	Tipo: Alimento				
Análisis	Resultado	u.m.	LD/LC	Metodología	Fecha de Análisis
Fibra dietética	8.90	%*	0.01	AOAC 985.29	23/05/2022

* u.m.= unidad de medida, LD/LC= Límite de Detección/Cuantificación, ND= No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponde a la muestra tal y como fue recibida

ULTIMA LINEA



Juan Carlos Gonzalez Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos Gonzalez
Colegiado No. 1785
Director Técnico Físicoquímica

Fuente: Laboratorio DSG (2022). *Informe de análisis.*