



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

**DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE UNA HARINA A BASE DE UN HONGO (*Pleurotus ostreatus*) PARA SU APLICABILIDAD EN UN ALIMENTO DE PANIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA**

**Inga. Xojlín Ixtahua Con Tzep**  
Asesorado por Msc. Ing. Vladimir Ivan Pérez Soto

Guatemala, septiembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE UNA HARINA A BASE DE UN HONGO  
(*Pleurotus ostreatus*) PARA SU APLICABILIDAD EN UN ALIMENTO DE PANIFICACIÓN EN  
EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

INGA. XOJLÍN IXTAHUA CON TZEP  
ASESORADO POR MSC. ING. VLADIMIR IVAN PÉREZ SOTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN ALIMENTOS**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DIRECTOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
COORDINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
EXAMINADOR	Lcda. Blanca Azucena Méndez Cerna

## 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:

**DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE UNA HARINA A BASE DE UN HONGO  
(*Pleurotus ostreatus*) PARA SU APLICABILIDAD EN UN ALIMENTO DE PANIFICACIÓN EN  
EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de alimentos con fecha 11 de noviembre 2020.



**Inga. Xojlín Ixtahua Con Tzep**

LNG.DECANATO.OI.637.2023

El Decano 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: **DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE UNA HARINA A BASE DE UN HONGO (*Pleurotus ostreatus*) PARA SU APLICABILIDAD EN UN ALIMENTO DE PANIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA**, presentado por: **Inga. Xojlín Ixtahua Con Tzep**, 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:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, septiembre de 2023

JFGR/gaoc



**Guatemala, septiembre de 2023**

LNG.EEP.OI.637.2023

En mi calidad de Directora 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:

**“DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE UNA HARINA A BASE DE UN HONGO (Pleurotus ostreatus) PARA SU APLICABILIDAD EN UN ALIMENTO DE PANIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA”**

presentado por **Inga. Xojlín Ixtahua Con Tzep** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
**Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada**  
**Directora**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**





Guatemala 04 de noviembre 2021

**M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Presente

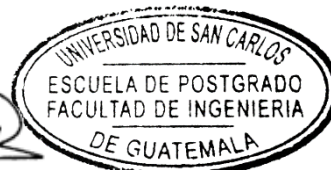
**M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:**

Por este medio informo que he revisado y aprobado el Informe Final y Artículo Científico titulado: **“DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE UNA HARINA A BASE DE UN HONGO (*Pleurotus ostreatus*) PARA SU APLICABILIDAD EN UN ALIMENTO DE PANIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA”** de la estudiante **XOJLÍN IXTAHUA CON TZEP** quien se identifica con número de carné **201430286** del programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de 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.

Atentamente,



**MSc. Hilda Piedad Palma de Martini**  
Coordinadora  
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 22 de octubre de 2021

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrados  
Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí:

Por este medio informo a usted, que he revisado y apruebo el Trabajo de graduación titulado: **“DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE UNA HARINA A BASE DE UN HONGO (*Pleurotus ostreatus*) PARA SU APLICABILIDAD EN UN ALIMENTO DE PANIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA”** de la estudiante **XOJLÍN IXTAHUA CON TZEP** para optar al grado académico de Maestra en Ciencia y Tecnología de Alimentos, identificada con número de carne: 999004003.

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

Cordialmente,

“Id y enseñad a todos”



Msc.: Ing. Vladimir Iván Pérez Soto

**Vladimir Iván Pérez Soto**

MSc. Ing. Químico

Colegiado No. 2232



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Ajaw</b>	Por la sabiduría y el acompañamiento durante mi carrera.
<b>Mis padres</b>	Juan Miguel Con Saquic y Manuela Luisa Tzep Tziquin, por su amor incondicional.
<b>Mis hermanos</b>	Beatriz, Manuel, Mich, Carolina y Gladys por su apoyo moral y económico.
<b>Mis cuñados</b>	Por su apoyo moral e incondicional.
<b>Mis sobrinos</b>	Por ser mi motivo de inspiración.
<b>Mis amigos</b>	Por su apoyo en la implementación del trabajo de graduación.
<b>Grupos de señoras "Tzolojya"</b>	Por su apoyo en la preparación y evaluación de aceptabilidad del producto de panificación.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de una nueva formación profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme la oportunidad de adquirir y fortalecer conocimientos y experiencias.
<b>Catedráticos</b>	Por los conocimientos compartidos.
<b>Lcda. Blanca Azucena Méndez</b>	Por ser una excelente profesional y por brindarme su confianza.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Hongos comestibles en Guatemala .....	7
2.2. Hongo Pleurotus ostreatus.....	7
2.2.1. Clasificación taxonómica.....	8
2.2.2. Características morfológicas .....	8
2.2.3. Composición nutricional .....	9
2.3. Harina .....	10
2.3.1. Clasificación de harinas .....	10
2.3.1.1. Según fuerza.....	11
2.3.1.2. Según tasa de extracción.....	11
2.3.2. Categorización .....	12
2.4. Deshidratado.....	13

2.4.1.	Procesos básicos del secado.....	13
2.4.1.1.	Velocidad y temperaturas de secado.....	13
2.4.1.2.	Transferencia de calor y materia.....	14
2.5.	Análisis proximal.....	15
2.5.1.	Cenizas totales .....	15
2.5.2.	Grasa total .....	16
2.5.3.	Fibra cruda.....	16
2.5.4.	Proteína total.....	16
2.6.	Criterios microbiológicos de inocuidad .....	17
2.6.1.	Grupo de alimentos: frutas y hortalizas (04) .....	17
2.7.	Panificación .....	18
2.7.1.	Ingredientes usados en productos de panificación.....	18
2.7.1.1.	Harina.....	18
2.7.1.2.	Agua.....	18
2.7.1.3.	Sal.....	19
2.7.1.4.	Levadura.....	19
2.7.2.	Proceso de elaboración .....	19
2.7.2.1.	Amasado.....	19
2.7.2.2.	División y pesado.....	20
2.7.2.3.	Heñido o boleado.....	20
2.7.2.4.	Reposo.....	20
2.7.2.5.	Formado.....	20
2.7.2.6.	Corte.....	21
2.7.2.7.	Fermentación.....	21
2.7.2.8.	Cocción.....	21
2.7.3.	Sistema de clasificación de alimentos (SCA) .....	21
2.7.3.1.	Descriptor de las categorías de alimentos.....	22
2.8.	Análisis sensorial.....	22
2.8.1.	Métodos de evaluación sensorial.....	23

2.8.1.1.	Prueba afectiva.....	23
2.8.1.2.	Prueba escalar.....	23
2.8.1.3.	Escala hedónica.....	23
2.8.1.4.	Análisis estadístico de datos.....	24
2.9.	Contabilidad de costos.....	24
2.9.1.	Costos de adquisición .....	24
2.9.2.	Costos de transformación.....	24
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	27
3.1.	Definición del proceso de obtención de la harina de hongo.....	27
3.2.	Rendimiento de la harina .....	32
3.3.	Contenido nutricional de la harina de hongo.....	32
3.4.	Cumplimiento de análisis microbiológico de la harina de hongo.....	33
3.5.	Formulación de un producto alimenticio con harina de hongo ostra	34
3.6.	Aceptabilidad de la preparación alimentaria de panificación.....	36
3.7.	Costos de la preparación alimentaria de panificación.....	40
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	41
	CONCLUSIONES .....	53
	RECOMENDACIONES.....	55
	REFERENCIAS .....	57
	APÉNDICES .....	63
	ANEXOS.....	65



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Proceso de obtención de harina de hongo .....	15
2.	Diagrama de proceso de obtención de harina de hongo .....	27
3.	Recepción de hongos ostra .....	28
4.	Deshidratación de hongo ostra .....	30
5.	Molido de hongo ostra deshidratado.....	31
6.	Pesado de hongo ostra deshidratado .....	31
7.	Producto de panificación .....	37
8.	Análisis sensorial con grupo de mujeres .....	38

### TABLAS

I.	Definición de variables.....	XX
II.	Clasificación taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	8
III.	Contenido nutricional del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	9
IV.	Categorías de harina según el porcentaje de ceniza .....	12
V.	Análisis proximal de harina de <i>P. ostreatus</i> en porcentaje del peso seco.....	16
VI.	Criterios microbiológicos de hongos comestibles .....	17
VII.	Metodología utilizada en análisis proximal.....	33
VIII.	Valor nutricional de la harina de hongo .....	33
IX.	Metodología utilizada en análisis microbiológico .....	34
X.	Análisis microbiológico en la harina de hongo .....	34

XI.	Formulación de un producto de panificación .....	36
XII.	Análisis sensorial de las tres formulaciones .....	38
XIII.	Costo de producción por formulación y por 100 gramos .....	40
XIV.	Contenido nutricional de harina de trigo y harina de hongo .....	45



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
Anál.	Análisis
Ca	Calcio
C	Costo
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
P	Fósforo
°C	Grados celsius
Fe	Hierro
Lab.	Laboratorio
MS	Materia seca
<i>P. ostreatus</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
K	Potasio
B2	Riboflavina
UFC	Unidades formadoras de colonia
Vit	Vitamina



## GLOSARIO

- Basidiocarpo** Los basidios se encuentran en la superficie del himenio y son, en última instancia, los productores de esporas. En su forma más simple, un basidiocarpo consiste en una estructura fructificante indiferenciada con un himenio en la superficie; esta estructura es característica de muchos Heterobasidiomycetes y hongos con forma de bastón.
- Biorremediación** Proceso biotecnológico que utiliza microorganismos, hongos, plantas o enzimas derivadas de ellos para recuperar un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural.
- Enzima lignocelulósica** Es una enzima producida por algunos microorganismos en las condiciones de crecimiento específicas, utilizando sustratos de bajo valor comercial, como residuos agroindustriales y agroalimentarios, tal es el caso del rastrojo de maíz, paja de trigo, bagazo de caña, entre otros.
- Polifenoles** Son compuestos bio-sintetizados por las plantas (sus frutos, hojas, tallos, raíces, semillas u otras partes). La principal característica estructural de los polifenoles es poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a uno o más anillos bencénicos.

**Tamizado**

Es un método mecánico para separar dos sólidos formados por partículas de tamaños diferentes. Consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, criba o herramienta de colador (en función del uso podrán ser metálicos, vegetales -tejidos- o de nailon).

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó para desarrollar una harina a base del hongo *Pleurotus ostreatus* a nivel artesanal y evaluar su aplicabilidad en un producto de panificación. Se definió el proceso para la obtención de la harina de hongo, que básicamente consta de 8 fases, inicia con la recepción, clasificación, desinfección y lavado, cortado, pesado, deshidratado, molido y finaliza con el almacenamiento. Se determinó el rendimiento de la harina, obteniendo un resultado del 6.17%, un rendimiento que se encuentra por debajo de la media, debido al 90% de contenido de agua en el hongo.

Se evaluó el contenido nutricional de la harina, obteniendo valores altos en proteína, fibra cruda y ceniza con referencia a la harina de trigo y bajo en carbohidratos, grasa, humedad y energía. Se efectuó un análisis microbiológico para cuantificar microorganismos indicadores y patógenos, como moho, listeria monocytogenes y salmonella spp, esto para garantizar la inocuidad del producto y cumplir con los criterios de inocuidad del RTCA 67.04.50:08. Se desarrollaron tres formulaciones de un producto de panificación con diferentes porcentajes de sustitución de la harina de trigo por la harina de hongo (5%, 10% y 15%).

En la prueba sensorial se evaluó la aceptabilidad de una de las tres formulaciones y las tres no presentaron diferencia significativa. También se calculó el costo de una formulación, presentando costos altos por la compra de la materia prima y su rendimiento.

De acuerdo con las propiedades nutricionales de la harina de hongo y la buena aceptabilidad por los consumidores, se puede validar que es un alimento

nutritivo y presenta oportunidades en su transformación, valor agregado e inclusión en la dieta alimenticia.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

En Guatemala principalmente en las áreas rurales del altiplano occidental y corredor seco existe un alto índice de desnutrición aguda y crónica en la población rural principalmente en niños menores de siete años, debido a la crisis económica, baja productividad agropecuaria y limitado acceso a alimentos de calidad con alto contenido nutricional, esto sitúa en peligro la seguridad alimentaria.

Para contrarrestar dicho problema se han implementado tecnologías agroecológicas a nivel de microfinca para la diversificación de la dieta alimenticia mediante la producción de los propios alimentos con la implementación de huertos familiares, sin embargo, no se alcanzan a cumplir con los requerimientos diarios de proteínas, minerales y vitaminas. Siendo una alternativa viable la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) por su cultivo en espacios reducidos, alto contenido en proteínas, vitaminas, minerales, aminoácidos, antibióticos y antioxidantes (Vásquez, 2017).

- Descripción del problema

La desnutrición proteica y la deficiencia de micronutrientes son problemas muy acentuados en las comunidades rurales indígenas. A esto se suma la falta de acceso a información acerca de la funcionalidad, beneficios, reacciones e interacciones de un producto local disponible como el hongo ostra que requiere

de una transformación artesanal o industrial y aplicable en productos de alto consumo como los alimentos de panificación.

En su mayoría, estos productos están elaborados a base de harina refinada y deficientes en aminoácidos y minerales, sin embargo, se ha evaluado que el hongo ostra en materia seca como la harina posee características ideales para su aplicación en procesos de panificación por su alto porcentaje de proteína, fibra dietética, capacidad de retención y densidad aparente, durabilidad, bajo contenido calórico y en carbohidratos.

- Formulación del problema
  - Pregunta central

¿Cómo desarrollar una harina a base de hongo para su aplicabilidad en un alimento de panificación en el departamento de Sololá, Guatemala?

- Preguntas auxiliares
  - ¿Cómo es el proceso para la elaboración de la harina de hongo ostra?
  - ¿Cuál es el rendimiento de la harina de hongo?
  - ¿Cuál es el valor nutricional de la harina de hongo?
  - ¿Cumple la harina de hongo con los criterios de inocuidad según el RTCA de Criterios Microbiológicos?
  - ¿En qué preparación alimentaria se puede utilizar la harina obtenida del hongo?
  - ¿Cuál es la aceptabilidad de la preparación de panificación elaborada a base de la harina de hongo?



- ¿Cuál es el costo de la preparación de panificación?
- Delimitación del problema

El departamento de Sololá pertenece al altiplano occidental de la región suroccidente, presenta índices de desnutrición crónica en la mayoría de los 19 municipios que lo conforman y la dieta alimenticia comunitaria depende de granos básicos como el maíz, frijol y hierbas deficientes en proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales como calcio, fósforo, zinc, magnesio, potasio y otros que son fundamentales para el desarrollo adecuado metabólico y fisiológico.

El desarrollo de la harina a base de hongo y su aplicación en alimentos de alto consumo se llevará a cabo por 10 meses, se fortalecerá y se enriquecerá la dieta de la población con bajo acceso a alimentos de alto valor nutricional.



## OBJETIVOS

### General

Desarrollar a nivel artesanal una harina a base de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) para su aplicabilidad en un alimento de panificación en el departamento de Sololá, Guatemala.

### Específicos

1. Definir el proceso para la elaboración de la harina de hongo.
2. Calcular el rendimiento de la harina de hongo.
3. Determinar el valor nutricional mediante un análisis proximal de la harina de hongo
4. Evaluar el cumplimiento de análisis microbiológico de la harina de hongo según el RTCA 67.04.50:08.
5. Formular una preparación alimentaria de panificación donde sea aplicable la harina de hongo.
6. Evaluar la aceptabilidad de la preparación alimentaria de panificación elaboradas a base de la harina de hongo.
7. Establecer el costo de la preparación alimentaria de panificación.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

Características del estudio:

- Enfoque

El enfoque fue mixto donde el cuantitativo se utilizó para la medición de variables como análisis microbiológicos, bromatológicos, rendimiento del producto y el cálculo de los costos y cualitativo por la definición del proceso en la obtención de la harina y el análisis sensorial mediante las pruebas con consumidores.

- Alcance

El alcance es descriptivo ya que los diferentes análisis especifican las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la harina de hongo. Además, se recolectó información concisa para la elaboración de antecedentes.

- Diseño

El diseño fue experimental que se realizaron diferentes formulaciones para la aplicación de la harina de hongo en un producto de panificación y fue transversal por las pruebas sensoriales de los diferentes porcentajes de la harina de hongo aplicado en un mismo producto de panificación.

- Unidades de análisis

La población de estudio fue sololteca, que consume productos de panificación artesanal exceptuando a las personas intolerantes al gluten por la inclusión de harina de trigo en las formulaciones, se buscó una muestra representativa del 25% para validar la confiabilidad y veracidad del estudio.

- Variables

Las variables de este estudio se describen a continuación:

Tabla I. **Definición de variables**

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Indicador</b>
Obtención de la harina de hongo ostra.	Conjunto de procesos ordenados y sistemáticos para la obtención de un producto procesado a partir de una manera prima.	Conjunto de procesos ordenados para la obtención de harina de hongo ostra.	Diagrama de flujo de procesos. Tiempo de secado Contenido de humedad final
Rendimiento de la harina de hongo ostra.	Relación entre el resultado obtenido por la cantidad utilizada.	Relación entre la cantidad de harina obtenida por la cantidad de hongo utilizado.	Materia seca: $\text{Peso seco/peso inicial} * 100$

Continuación tabla I.

Composición nutricional de la harina de hongo ostra.	La composición nutricional de un alimento se refiere a su valor energético, macro y micronutrientes, asimismo los minerales y vitaminas.	Composición nutricional de la harina de hongo ostra a través de un análisis proximal.	En 100 gramos de harina de hongo ostra: % Fibra cruda % Grasa cruda % Proteína cruda % Cenizas % Carbohidratos
Parámetros microbiológicos de la harina de hongo ostra.	Determinaciones específicas para la cuantificación de microorganismos indicadores, microorganismos patógenos, u otros que causen infección y enfermedad.	Cuantificación o ausencia de microorganismos indicadores o microorganismos patógenos en la harina de hongo ostra a través de un análisis microbiológico.	Nivel máximo permitido en la harina de hongo ostra: Salmonella ausencia /25 g Mohos 104 UFC/g <i>Listeria monocytogenes</i> n=5 c=0 100 UFC/g.
Formulación de un producto alimenticio de panificación con harina de hongo ostra.	Sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo ostra.	Distintas formulaciones en porcentajes de harina de hongo ostra con harina de trigo para la elaboración de un alimento de panificación.	Tres sustituciones: 5% de harina de hongo y 95% de harina de trigo. 10% de harina de hongo y 90% de harina de trigo. 15% de harina de hongo y 85% de harina de trigo.
Aceptabilidad del producto de panificación a base de harina de hongo ostra.	Análisis sensorial del producto.	Aceptabilidad del pie de manzana	Me gusta mucho=1 Me gusta poco=2 Ni me gusta ni me disgusta = 3. Definitivamente no me gusta = 4.

Continuación tabla I.

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Indicador</b>
Determinación de los costos de la preparación alimenticia.	Gasto económico que representa la fabricación de un producto.	Gasto económico que representa la fabricación de los tres productos de panificación a base de harina de hongo.	Costo de la formulación Costo por 100 gramos

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.

### Fases del estudio

- Fase 1: revisión documental

Se recolectaron antecedentes de estudios similares al trabajo de investigación. Se investigó sobre la metodología utilizada en cada estudio y los resultados obtenidos, esto permitió definir parámetros y metodologías para cada objetivo evaluado.

- Fase 2: definición del proceso de la obtención de la harina de hongo

Se definió el proceso de obtención de la harina de hongo en base a los indicadores de evaluación como el método, equipo y tiempo de secado que determinaron las siguientes características: contenido nutricional, cuantificación de microorganismos patógenos, microorganismos indicadores y humedad final de la harina de trigo, datos que permitieron el cumplimiento del RTCA de los Criterios Microbiológicos. El proceso de obtención tuvo una duración de 10 días hábiles.



- Fase 3: cálculo del rendimiento de la harina

Se calculó el rendimiento de la harina de hongo y se utilizó la siguiente fórmula.

- Fórmula de rendimiento

$$\%MS = \text{peso seco} / \text{peso inicial} * 100$$

- Fase 4: determinación de la composición nutricional de la harina de hongo a través de un análisis proximal.

Se realizó un análisis proximal para determinar las características fisicoquímicas y macronutrientes de la harina de hongo. Este análisis se realizó en el laboratorio DSG con metodologías propias del laboratorio. Los resultados se entregaron 10 días hábiles después del ingreso de la muestra al laboratorio.

- Fase 5: evaluación del cumplimiento microbiológico de la harina de hongo mediante un análisis microbiológico.

Se envió una muestra de 250 gramos de la harina de hongo en el laboratorio DSG para el análisis microbiológico, se utilizaron metodologías propias del lugar, el proceso duró 10 días hábiles a partir del ingreso de la muestra en el laboratorio. El análisis microbiológico se realizó para cumplir con los criterios de inocuidad establecidos en el RTCA 67.04.50:08.

- Fase 6: formulación de una preparación alimentaria de panificación a base de harina de hongo.

Se formuló un producto de panificación con la sustitución de la harina hongo en diferentes porcentajes. Para esto se estableció una formulación de tres porcentajes de la harina de hongo siendo 5 %, 10 % y 15 % en el pie de manzana.

- Fase 7: evaluación de la aceptabilidad del producto de panificación elaborado a base de la harina de hongo.

Se evaluó la aceptabilidad del producto de panificación con consumidores locales, se utilizó la escala hedónica con una ponderación de 1 a 4 con: me gusta mucho, me gusta poco, ni me gusta ni me disgusta, definitivamente no me gusta. Se procedió a un análisis estadístico calculando la media y moda estadística de los resultados expresados por la población objetivo.

- Fase 8: determinación de costos de la formulación del producto de panificación.

Se registraron los gastos directos e indirectos del proceso para la elaboración del producto de panificación y determinar el costo final de la formulación y el costo por 100 gramos. Se utilizó el anexo 5 para la recolección de datos.

- Fase 9: análisis de datos e informe final.

Se analizaron los resultados para la elaboración del informe final y su presentación al director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este proceso duró 12 semanas.

## INTRODUCCIÓN

En Guatemala principalmente en la población rural existen altos índices de desnutrición y malnutrición, debido a la pobreza extrema y el manejo inadecuado de los alimentos nutritivos producidos localmente. El desarrollo de una harina a base de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) y su aplicabilidad en un producto de panificación y con demanda por el consumidor final, representa una alimentación nutritiva y saludable por ser un alimento que aporta proteínas, minerales y vitaminas en la dieta de la población sololteca, además representa la generación de valor agregado y la oportunidad para la diversificación de ingresos económicos.

La harina de hongo presenta valores nutricionales altos en proteína, fibra dietética, ceniza y bajos en grasa, carbohidratos y humedad comparado las particularidades de la harina de trigo. Además, posee características organolépticas aceptables por el consumidor como el sabor, color, textura y dureza de los tres productos. (Sánchez & Royse, 2001).

El presente trabajo de graduación contiene el desarrollo de una harina de hongo a base del hongo ostra donde se definió el proceso para la obtención de la harina, luego se determinó el rendimiento del producto, así mismo se realizó un análisis bromatológico evaluando proteína, grasa total, humedad, ceniza, fibra dietética y carbohidrato y se cuantificó la presencia de microorganismos indicadores y patógenos para el cumplimiento del RTCA 67.04.50:08 de Criterios Microbiológicos de los Alimentos. La harina obtenida y analizada bajo criterios de inocuidad se aplicó en un alimento de panificación para validar la aplicabilidad del producto, se realizaron tres sustituciones y tres pruebas hedónicas donde se

logró determinar la aceptabilidad del producto, por último, se determinó el costo del producto de panificación.

En el capítulo 1, se detallan los antecedentes afines al trabajo de investigación. El capítulo 2, presenta el marco teórico donde se definen las generalidades del hongo ostra y su importancia económica, la harina, su clasificación y método de extracción, proceso de deshidratación, clasificación de los alimentos, análisis proximal de un alimento, criterios microbiológicos de inocuidad, panificación e ingredientes más utilizados y sus funciones, método de evaluación sensorial y clasificación de métodos, contabilidad de costos entre estos, costos de adquisición y de transformación.

En el capítulo 3, se presentan los resultados del trabajo de graduación donde se detalla el resultado obtenido por cada objetivo propuesto. En el capítulo 4, se realiza la discusión de resultados en base al capítulo 3 y con el cumplimiento de cada objetivo.

En la fase final del trabajo de graduación se presenta una conclusión por un objetivo evaluado. Por último, se presentan las recomendaciones por algunos procedimientos que se deben mejorar.

El desarrollo y la evaluación de aceptabilidad del producto se realizó en el departamento de Sololá con el apoyo de mujeres para la degustación y evaluación sensorial del producto.

## 1. ANTECEDENTES

Diferentes estudios muestran la aplicabilidad de la harina del hongo ostra en productos de consumo diario como las pastas, galletas y tortillas de maíz logrando la aceptación y alta demanda de consumo por parte de la población. En Guatemala la materia prima se utiliza únicamente para conservas y embutidos, sin embargo, la población rural demanda gran cantidad de alimentos de panificación. A continuación, se presentan diferentes estudios donde se ha visualizado la mejora de productos de panificación mediante la utilización de la harina de hongo:

En el estudio de Adeoye (2019), *Quality Evaluation of Bread Enriched With Mushroom Powder*, se evaluó la calidad de pan enriquecido con polvo de hongo *Pleurotus ostreatus* con muestras de 5% y 10% del polvo de hongos por separado. Las muestras de pan se analizaron en busca de propiedades funcionales, composición de nutrientes y cualidades sensoriales. El contenido de proteína, ceniza, grasa, fibra cruda y humedad aumentó mientras que los carbohidratos disminuyeron. No hubo crecimiento bacteriano en las muestras. En cuanto a color, aroma y textura no fueron significativamente diferentes. Esto muestra que la adición del polvo de hongo al pan con fines de enriquecimiento y con calidad sensorial son aceptables y una vida útil significativa se logra a un nivel que no exceda el 10% de sustitución.

En un estudio de Cornelia & Chandra (2019), acerca de *Utilization of White oyster mushroom powder (Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm.) in the making of biscuit as emergency food product*, se utilizó el hongo ostra en la fabricación de galletas, la harina se obtuvo secando el hongo fresco a través un secador de

armario, secado al sol y horno. El secador de armario fue elegido el mejor método de secado para producir harina de hongo en rendimiento y contenido nutricional. Los productos de galleta se formularon usando 25 %, 30 % y 35 % de la harina de hongo. Los resultados mostraron que la formulación al 35 %, la humedad, proteína, grasa, ceniza y dureza de la galleta aumentaron, pero la ligereza disminuye. La formulación elegida fue el 25 % ya que tenía 241,58 kcal con 10.86 % de energía proporcionada por proteínas, el 42,14 % de las grasas y el 47,00 % de carbohidratos. El análisis de comparación con un producto comercial mostró que la galleta elegida contenía más proteína y menos grasas y lograba satisfacer las necesidades nutricionales diarias.

Salehi (2019), en su estudio de *Characterization of different mushroom powders and its application in bakery products*, menciona que los productos alimenticios de panificación como pan, galletas y tortas se enriquecen mediante la incorporación de hongos en polvo que poseen un gran potencial. Esta caracterización muestra los diferentes efectos de los hongos en polvo sobre las características nutricionales, reológicas, fisicoquímicas, texturales y de calidad de los productos de panadería. La adición de polvo de hongos contribuye a aumentar el contenido vitaminas, minerales, polifenoles, fibra cruda y proteínas en los productos de panadería. El color de la miga, las propiedades fisicoquímicas y de textura del pan, las tortas y galletas se vieron afectadas por la sustitución de la harina de trigo por el polvo de hongos. El polvo de hongos al 10% en productos de panadería mostró mejores propiedades sensoriales.

Djamila, Iswahyono, & Bahariawan (2019) en su estudio *Physical and chemical characteristics of oyster mushrooms flour (Pleurotus ostreatus) using rotary vacuum dryer type batch*, muestran la comparación de las características fisicoquímicas de la harina de hongo ostra producida por una secadora rotatoria al vacío y secado al sol. El secado al vacío funciona a 60°C durante 8 horas,

mientras que el secado al sol requiere 6 horas durante 4 días. Los resultados muestran que todas las características químicas como contenido de humedad, proteínas, cenizas, fibra dietética producidas por el secador rotatorio al vacío no son significativamente diferentes del secado al sol. Las características físicas como el color y la actividad de agua no son significativamente diferentes pero la capacidad de conservación del agua y la densidad aparente si lo son.

En un estudio de *Quality Characterization of Mushroom-Acha Blend Flour and Biscuit* (JA, 2018) se evaluó la calidad de galletas elaboradas con mezclas de harina de hongo ostra. Las galletas se formularon con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de harina de hongo (*Pleurotus ostreatus*). El contenido de minerales y vitaminas indicó un nivel creciente de potasio, fósforo, magnesio, calcio, vitamina B3 y vitamina C, al aumentar el porcentaje de la harina de hongo. El análisis funcional indicó un nivel decreciente de densidad aparente, capacidad de absorción y capacidad de emulsión, mientras que la capacidad de absorción aumentó con la adición de más harina de hongo. En la evaluación sensorial, la galleta que contenía un 5 % de hongos tuvo las puntuaciones más altas en atributos sensoriales, excepto lo crujiente (JA, 2018).

Ishara, Sila, Kenji, & Buzera (2018) muestran en *Nutritional and Functional Properties of Mushroom (Agaricus bisporus & Pleurotus ostreatus) and Their Blends with Maize Flour*, que la harina de maíz se sustituye por harinas de hongos en diferentes porcentajes de 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 %. El contenido de proteínas de la harina de maíz aumentó con el aumento del contenido de harina de hongos del 6,9 % al 15,87 % (*A. bisporus*) hasta 19,32 % (*P. ostreatus*). Se observó un aumento significativo en fibra, ceniza y un descenso en grasa, humedad y carbohidratos. Se observó un efecto lineal en la capacidad de formación de espuma, capacidad de absorción de grasa, capacidad de retención de agua, índice de solubilidad y capacidad de hinchamiento y se encontró un

efecto lineal negativo sobre la densidad compacta y aparente y la sinéresis. Los resultados sugirieron que las harinas de hongos pueden servir como suplementos proteicos útiles.

Alemu, Zegeye, & Satheesh (2017) muestra en *Effect of mushroom flour on proximate composition and dough rheological properties of whole wheat flour bread*, se evaluó la sustitución proporcional de la harina de trigo integral por la harina de hongo en la composición proximal del pan y las propiedades reológicas de la masa, realizando sustituciones del 0 % a 25 % de harina de champiñones. Los resultados muestran que la proteína cruda, la grasa, fibra cruda y ceniza aumentaron significativamente, mientras que el contenido de humedad y los carbohidratos disminuyen. Obteniendo los panes compuestos por la harina de hongo nutricionalmente superiores al pan de harina de trigo integral.

Ibrahim & Hegazy (2014) evaluaron en *Effect of Replacement of Wheat Flour with Mushroom Powder and Sweet Potato Flour on Nutritional Composition and Sensory Characteristics of Biscuits*, el efecto del reemplazo parcial en diferentes niveles (10 %, 20 % y 30 %) de la harina de hongo y la harina de camote en tasas iguales sobre las características químicas y sensoriales de galletas. Estas galletas se evaluaron para determinar la composición de aminoácidos con la galleta de control que es 100 % de harina de trigo. En los resultados se obtuvo que la incorporación de harina de hongos con la harina de batata aumentó el contenido de proteína, fibra, ceniza, Fe, Ca, K, P y aminoácidos indispensables, al aumentar el porcentaje de la mezcla la composición de aminoácidos aumentó, a excepción de lisina y azufre. Estas galletas también constituyen buenas propiedades sensoriales y mayor aceptabilidad al 20 %.



Estos estudios permiten discutir la funcionalidad de este hongo en alimentos de panificación mediante su sustitución a diferentes niveles en la harina de trigo logrando verificar los cambios en las características fisicoquímicas, organolépticas, económicas y microbiológicas.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Hongos comestibles en Guatemala

Dentro de las tradiciones milenarias guatemaltecas está el consumo de hongos comestibles, como lo demuestran los pobladores de las áreas rurales indígenas de Guatemala, quienes poseen conocimientos empíricos, transmitidos a través de generaciones (Sommerkamp, 1990).

Existen gran cantidad de documentación acerca de hongos comestibles en el país desde el año 1948, cuando se observó la presencia de varias especies comestibles como la *Amanita caesereay*, *Cantharellus cibarius* (Morales, Bran, & Cáceres, 2010).

### 2.2. Hongo *Pleurotus ostreatus*

*Pleurotus ostreatus* es un hongo saprófito cultivado en todas partes por el sabor peculiar del basidiocarpo y la facilidad de acceso a las tecnologías para su manejo y producción. Posee enzimas lignocelulolíticas que funcionan para la biorremediación, sus características de sabor y extracción de pigmentos naturales lo categorizan como una especie prometedora de investigación. El hongo ostra es cultivado sobre sustratos agrícolas como el bagazo de caña de azúcar o soya, paja, olote de maíz, aunque, se obtienen mejor contenido nutricional en residuos con tratamientos industriales como bagazo de manzano, sustratos con mayor contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa como las hojas secas de álamo (Xocop, 2012).

### 2.2.1. Clasificación taxonómica

A continuación, se muestra la clasificación taxonómica del hongo de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla II. Clasificación taxonomía de *Pleurotus ostreatus*

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomicete
Clase	Agaricomycete
Familia	Pleurotaceae
Género	Pleurotus
Especie	<i>Pleurotus ostreatus</i>

Fuente: Rojas (2004). *Evaluación de paja de trigo Triticum sativum; broza de encino Quercus sp. y caña de milpa Zea mayz para el cultivo de hongo comestible Pleurotus ostreatus bajo condiciones artesanales en San Rafael La Independencia Huehuetenango.*

### 2.2.2. Características morfológicas

El hongo ostra presenta una masa algodonosa de color blanca, la cual se cultiva sobre un sustrato natural o industrial donde se desarrollará. El micelio está conformado por hifas (Xocop, 2012).

- Cuerpos fructíferos

Son los cuerpos reproductores o fructíferos, donde se forman las esporas y constituyen la semilla para la dispersión del hongo. Estos hongos producen millones de esporas, y se dispersan a través del aire para asegurar su multiplicación y perpetuidad (Xocop, 2012).

- Micelio

“Conjunto de hifas que constituyen un cuerpo o tallo de un hongo” (Xocop, 2012, p.13).

- Contexto

Es la carne del hongo, conocido técnicamente por contexto, constituido por hifas ubicadas en el centro del pie y en la superficie del sombrero (Xocop, 2012).

### 2.2.3. Composición nutricional

El mayor constituyente en ellos es el agua, la cual es variable en cada especie, pero va del 70 al 95 %, dependiendo de su consistencia. El contenido de proteínas es menor que el de la carne, su contenido en carbohidratos y grasas es bajo; para el caso de las grasas éste va del 0.05 al 2 %; los carbohidratos del 43 al 78 %, por lo que es considerado un alimento con bajas calorías (Sánchez & Royse, 2001).

Los hongos son ricos en varias vitaminas tales como ácido ascórbico (C), ácido nicotínico y pantoténico, riboflavina (B2), el contenido de minerales es de 2.6 a 6.5 % constituido por calcio, fósforo, hierro, sodio y potasio. De éstos, el fósforo y el potasio están en mayor cantidad (Sánchez & Royse, 2001).

Tabla III. **Contenido nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*.**

Nutrimento	Contenido mg/100 g	Nutrimento	Contenido mg/100 g
Vitamina C	30 – 144	Niacina	109
Isoleucina	267	Ácido fólico	65

Continuación tabla III.

Leucina	610	Cistina	29
Lisina	287	Fenilamina	233
Metionina	97	Tirosina	189
Triptófano	87	Glicina	281
Valina	310	Prolina	287
Arginina	334	Serina	309
Histidina	107	Treonina	290
Potasio	306	Ácido aspártico	570
Acido Glutámico	1041	Alanina	402

Fuente: Sánchez & Royse (2001). *La Biología y el cultivo de Pleurotus spp.*

### **2.3. Harina**

“Harina es el polvo más o menos fino que se obtiene de la molienda de un cereal o leguminosa seca” (Dolores, Pereira, & Simón, 2018, p.3).

La harina de trigo es elaborada con los granos de trigo ramificado o común o la mezcla de ambas especies a través de la molienda, se clasifica el salvado del germen. El resto es molido de acuerdo con el grado de finura que se requiere. (Codex Alimentarius, 2007).

#### **2.3.1. Clasificación de harinas**

Para determinar la clasificación de la harina se realiza de acuerdo a la fuerza y la tasa de extracción, a continuación, se describen los distintos tipos de harina.

### **2.3.1.1. Según fuerza**

- Harina fuerte

Procedente de trigos duros, altos en gluten, alta capacidad de retención de agua formando masas elásticas y consistentes (Requena, 2013).

- Harina floja

El contenido de gluten es menor, es menos compacta que la harina fuerte, obteniendo una masa más floja y menos consistente (Requena, 2013).

- Harina de media fuerza

Es una harina intermedia entre la harina fuerte y la harina floja, se consigue mezclando partes iguales de ambas harinas (Requena, 2013).

### **2.3.1.2. Según tasa de extracción**

- Harina flor

Posee una tasa de extracción del 40 %, es decir, por cada 100 kg de grano se obtiene 40 de harina, siendo una harina fina (Requena, 2013).

- Harina blanca

Posee una tasa de extracción del 60 % al 70 %. Pasa por el proceso de molienda sin germen ni cubierta, únicamente la almendra harinosa (Requena, 2013).

- Harina integral

Posee una tasa de extracción arriba del 8 %, la moltura de grano es entero exceptuando la cascarilla (Requena, 2013).

- Sémola

La tasa de extracción llega casi al 100 % mediante la moltura del grano entero con un proceso más drástico que la harina integral (Requena, 2013).

### 2.3.2. Categorización

La clasificación de harinas se determina por el porcentaje final de ceniza, si el porcentaje de este elemento es menor representará una mejor calidad y pureza de la harina (Requena, 2013).

A continuación, se presentan las categorías de harina según el porcentaje de ceniza.

Tabla IV. **Categorías de harina según el porcentaje de ceniza**

<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje de ceniza</b>
Primera	Entre el 0.5% y el 0.65%
Segunda	Entre el 0.66% y el 0.65%
Tercera	Entre el 0.74% y el 0.8%
Cuarta	Entre el 0.74% y el 0.8%

Fuente: elaboración propia, adaptada de (Requena, 2013).



## **2.4. Deshidratado**

La deshidratación es la remoción o eliminación de la humedad o contenido de agua en un producto mediante procesos térmicos y tiene como objetivo impedir el desarrollo de microorganismos patógenos que ponen en riesgo la inocuidad y calidad del alimento (Rajchenberg, 2006).

### **2.4.1. Procesos básicos del secado**

- Actividad de agua (equilibrio sorcional)

La actividad de agua es uno de los parámetros fundamentales durante el secado de los alimentos ya que determina el factor de estabilidad del producto deshidratado (Rajchenberg, 2006).

#### **2.4.1.1. Velocidad y temperaturas de secado**

- Etapa de A-B

Es la etapa de transición del producto que empieza con la evaporación del agua cuando se incrementa la temperatura y por ende la velocidad de evaporación (Rajchenberg, 2006).

- Etapa de B-C

La temperatura y velocidad de secado es constante y elimina el contenido de agua restante (Rajchenberg, 2006).

- Etapa final

El proceso de secado alcanza una humedad crítica debido a los cambios repentinos en la velocidad de la curva de secado. Para un secado óptimo la temperatura no debe superar los 60°C porque se considera el comienzo de la cocción (Rajchenberg, 2006).

#### **2.4.1.2. Transferencia de calor y materia**

La transferencia de agua involucra varios mecanismos y cada uno posee ecuaciones de transferencia particulares. Por ello se resuelven ecuaciones de transferencia mediante balances macroscópicos y la complejidad se incluye dentro de los coeficientes de transferencia de calor y materia, que también son globales. (Rajchenberg, 2006, p.64)

Figura 1. **Proceso de obtención de harina de hongo**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de Rajchenberg (2006). *Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación.*

## 2.5. Análisis proximal

“Es un método general de análisis de los alimentos o análisis bromatológico, para analizar los componentes más abundantes en los alimentos: agua, grasas, proteínas, cenizas, fibra y carbohidratos” (López, 2008, p.1).

### 2.5.1. Cenizas totales

Son un residuo inorgánico de la muestra incinerada, sin valor energético y que son un índice de pureza y calidad del producto (López, 2008).

### 2.5.2. Grasa total

“Se denomina Grasa Bruta o cruda o extracto etéreo y se refiere al conjunto de ésteres de ácidos grasos como el glicerol, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres, carotenoides” (López, 2008, p.19).

### 2.5.3. Fibra cruda

La fibra cruda está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa, lignina y pentosanos con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas de las estructuras de las células vegetales (López, 2008).

### 2.5.4. Proteína total

Incluye únicamente la proteína o el núcleo proteico. Las proteínas son solubles en sales metabólicas como las sales de cobre en solución alcalina (López, 2008).

Tabla V. **Análisis proximal de harina de *P. ostreatus* en porcentaje del peso seco**

Carbohidratos totales	33.34
Proteína total	33,33
Grasas totales	8,33
Fibra cruda	16,7
Ceniza	7.64

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de Rajchenberg (2006). *Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación.*

## 2.6. Criterios microbiológicos de inocuidad

“Es la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basado en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, por unidad o unidades de volumen, superficie, masa o lote es aplicable a productos comercializados” (Reglamento técnico centroamericano, 2009).

### 2.6.1. Grupo de alimentos: frutas y hortalizas (04)

“Esta categoría principal se divide en dos categorías: frutas y hortalizas frescas y frutas y hortalizas procesadas (incluidos raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas y aloe vera), hongos comestibles y setas, algas marinas” (Food and Agriculture Organization, 2003).

- Subgrupo del alimento: frutas y hortalizas procesadas (04.2)

Tabla VI. Criterios microbiológicos de hongos comestibles

Frutas y hortalizas desecadas o deshidratadas			
Parámetros	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	5	C	< 3 NMP/g
<i>Salmonella ssp/25 g</i>	10		Ausencia

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de RTCA (2009). Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:08. *Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos.*

## **2.7. Panificación**

Es el proceso de transformación de la masa para obtener el pan, consiste en realizar la mezcla de los ingredientes para la elaboración de este, luego se somete al proceso de amasado, división, pesado, heñido o boleado, reposo, formado, corte y cocción.

### **2.7.1. Ingredientes usados en productos de panificación**

Durante el proceso de panificación se utilizan diferentes ingredientes para brindarle textura, sabor, tamaño y color al producto.

#### **2.7.1.1. Harina**

La harina hace referencia al producto obtenido mediante el proceso de molienda del endospermo de la semilla o grano de trigo. También existen otros tipos de granos de cereales o leguminosas como la harina de maíz, harina de cebada.

Además, se le llama harina integral a la molienda del endospermo y los elementos que contiene la semilla (Mesas & Alegre, 2002).

#### **2.7.1.2. Agua**

El agua posibilita la hidratación y el amasado de la harina, agilizando la formación del gluten y las características plásticas de la masa como la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la firmeza. Además, el agua es un elemento fundamental para el desarrollo de levaduras durante el proceso de fermentación del pan (Mesas & Alegre, 2002).

### **2.7.1.3. Sal**

La sal cumple la función de proporcionar sabor al producto de panificación, tenacidad en la masa, regula la fermentación, beneficia la coloración de la corteza de la masa en el proceso de cocción y aumenta la capacidad de retención del agua en el producto panificable (Mesas & Alegre, 2002).

### **2.7.1.4. Levadura**

Es el ingrediente microbiano que durante la fermentación produce etanol y CO<sub>2</sub>, este último queda atrapado en la masa proveyendo esponjosidad y aumento de volumen (Mesas & Alegre, 2002).

Los microorganismos presentes en la levadura son las encargadas de la fermentación alcohólica, además existen otras bacterias que intervienen para proveer características organolépticas, en definitiva, una cierta acidez (Mesas & Alegre, 2002).

## **2.7.2. Proceso de elaboración**

El proceso de elaboración de un producto de panificación consta de ocho procesos principales, a continuación, se describen los procesos.

### **2.7.2.1. Amasado**

Durante este proceso se mezclan los diferentes elementos para conseguir las características plásticas de la masa y la adecuada oxigenación. El amasado se efectúa mediante máquinas llamadas amasadoras donde se colocan los

ingredientes y un elemento amasador que determina los distintos tipos de (Mesas & Alegre, 2002).

#### **2.7.2.2. División y pesado**

Tiene como fin proveer a las piezas el peso adecuado, por ejemplo, las piezas grandes se pesan a mano, las piezas pequeñas se pesan con una divisora hidráulica. En las grandes industrias panificadoras, las piezas se pesan en divisora volumétricas continuas (Anticono, 2017).

#### **2.7.2.3. Heñido o boleado**

El objetivo es proveer la forma de una bola al pedazo de masa para reconstruir la estructura de la masa después de la división. Se realiza a mano si la producción es baja o de forma mecánica mediante boleadoras formadas por un cono truncado giratorio (Mesas & Alegre, 2002).

#### **2.7.2.4. Reposo**

Proceso mediante el cual se deja reposar la masa después de la gasificación generada durante el boleado y la división. Se puede manejar a temperatura ambiente en el obrador o en las cámaras de bolsas, en las últimas se controlan el tiempo y la temperatura de permanencia en la misma (Mesas & Alegre, 2002).

#### **2.7.2.5. Formado**

Es el proceso para asignar forma al pan. Si la pieza es redonda el resultado tendrá dicha forma. Si la pieza es grande o posee algún formato en especial, esta



se realiza a mano. Si son barras se realiza mediante máquinas formadoras de barras donde los rodillos giran en sentido contrario para aplastar la masa y enrollarlos, después con una tela fija u otra móvil (Mesas & Alegre, 2002).

#### **2.7.2.6. Corte**

Operación intermedia después de la fermentación, momento donde el pan es introducido al horno. Se efectúan pequeñas incisiones en la superficie de las piezas, esto permite el desarrollo adecuado del pan durante el proceso de cocción (Mesas & Alegre, 2002).

#### **2.7.2.7. Fermentación**

Es una fermentación alcohólica donde las levaduras transforman los azúcares fermentables en etanol, CO<sub>2</sub>. El objetivo de la fermentación es la producción de CO<sub>2</sub> que provee esponjosidad y mejora el sabor del pan (Mesas & Alegre, 2009).

#### **2.7.2.8. Cocción**

Proceso que consiste en la transformación de la masa fermentada en pan mediante las siguientes etapas: evaporación total del etanol generado a partir de la fermentación, evaporación de un cierto porcentaje de agua contenida en el pan, precipitación de la proteína, transformación del almidón en azúcares menores, dextrinas y pardeamiento de la corteza (Anticono, 2017).

### **2.7.3. Sistema de clasificación de los alimentos (SCA)**

El sistema de clasificación de los alimentos se realiza de acuerdo con el RTCA de alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios.

### **2.7.3.1. Descriptores de las categorías de alimentos**

- Grupo de alimento (07)

Productos de panadería: incluye las categorías relativas al pan y los productos de panadería ordinaria (07.1) y productos de panadería fina, dulces, salados y aromatizados (FAO, 2003).

- Subgrupo de alimento (07.1)

Pan y producto de panadería ordinaria: incluyen todos los tipos de productos de panadería que no son dulces y productos derivados del pan (FAO, 2003).

- Mezclas para pan y productos de panadería ordinaria

Incluyen todas las mezclas que contiene los ingredientes secos a los que se añaden ingredientes húmedos, por ejemplo, leche, agua, aceite, huevos para preparar las masas de productos de panadería comprendidos en las categorías de alimentos (07.1.1 a 07.1.5). Por ejemplo, las mezclas para pan francés, panettone o ciabatta, entre otras. (FAO, 2003, p. 29).

## **2.8. Análisis sensorial**

“Disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones hacia las características de los alimentos y materiales” (Domínguez, 2007, p.4).

## **2.8.1. Métodos de evaluación sensorial**

Las pruebas más utilizadas se clasifican en dos:

- Pruebas analíticas
- Pruebas afectivas (Manfugás, 2007)

### **2.8.1.1. Prueba afectiva**

Esta prueba se efectúa con personas que no son entrenadas ni seleccionadas denominadas jueces afectivos, estos se escogen como consumidores finales del producto evaluado. Se lleva a cabo en condiciones relacionadas al consumidor como los supermercados, mercados locales y tiendas de consumo básico (Manfugás, 2007).

### **2.8.1.2. Prueba escalar**

“Las pruebas escalares de tipo afectiva son las que se utilizan con el propósito de conocer el nivel de agrado o desagrado de un producto” (Manfugás, 2007, p.83).

### **2.8.1.3. Escala hedónica**

La escala hedónica muestra una lista de descripciones relacionadas al gusto del consumidor respecto al producto en evaluación. Mayormente son cinco a once descripciones, desde el nivel máximo de gusto hasta el nivel máximo de disgusto (Manfugás, 2007).

#### **2.8.1.4. Análisis estadístico de datos**

En el análisis de la información recolectada de esta prueba se convierten los resultados de la escala verbal a un resultado numérico, asignando un valor consecutivo a cada una de las descripciones y posteriormente se realiza el análisis estadístico mediante el cálculo de la media aritmética por cada respuesta obtenida de los jueces afectivos por cada muestra (Manfugás, 2007).

### **2.9. Contabilidad de costos**

Es un sistema contable con el fin de proveer los elementos indispensables para el control, cálculo y análisis de los costos de producción ya sea de un bien o un servicio. Esto permite fijar los precios de venta y el manejo de todo el proceso productivo (Vallejo & Chilinguina, 2017).

#### **2.9.1. Costos de adquisición**

Entre los costos de adquisición está el precio de compra, los aranceles de importación, el transporte y los costos en los que se incurre durante la adquisición de mercaderías, materiales o servicios (Vallejo & Chilinguina, 2017).

#### **2.9.2. Costos de transformación**

Entre los costos de transformación están las unidades de producción como la mano de obra directa también incluyen los costos indirectos de producción variables durante la transformación de la materia prima y los costos indirectos de producción constantes. (Vallejo & Chilinguina, 2017).

“Costos de transformación = costos directos + costos indirectos.

Costos indirectos de producción distribuidos= costos indirectos fijos + costos indirectos variables de producción” (Vallejo & Chiliquinga, 2017, p.64).

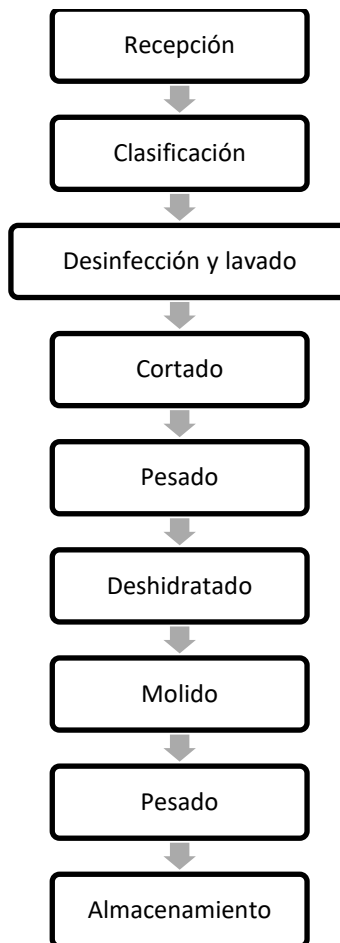


### 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Definición del proceso de obtención de la harina de hongo

La definición del proceso para la obtención de la harina de hongo representa un elemento fundamental para el desarrollo de la investigación, a continuación, se presenta el diagrama de procesos:

Figura 2. Diagrama de proceso de obtención de harina de hongo



Fuente: elaboración propia, realizado con Lucidchart.

El hongo ostra es un producto con el 90 % de contenido de agua, esto exige inocuidad para el proceso de deshidratación, evitando contaminación directa o cruzada. A continuación, se describe el proceso para la obtención de la harina de hongo.

- **Recepción**

Durante la recepción se verifica la calidad del producto mediante el cumplimiento de las especificaciones de calidad: setas limpias, blancas, libre de hongos, insectos, manchas y daños mecánicos. El producto se recibió de un proveedor que cultiva el hongo bajo condiciones protegidas (invernadero) que garantiza la inocuidad del producto.

**Figura 3. Recepción de hongos ostra**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.



- Clasificación

La clasificación se realiza de forma manual, eliminando las setas que presentan plagas, insectos, manchas y daños mecánicos. Se dejan únicamente los hongos que cumplen con los estándares de calidad.

- Desinfección y lavado

Los hongos son lavados con agua utilizando tres gotas/litro de hipoclorito de sodio durante cinco minutos para eliminar cualquier microorganismo patógeno. El lavado se realiza de forma manual con el uso de guantes y recipientes de grado alimenticio que garantizan la inocuidad del producto.

- Cortado

Los hongos son cortados en piezas delgadas y pequeñas, principalmente los tallos. El proceso de cortado se realiza para reducir el tiempo de secado el hongo.

- Pesado

El pesado del hongo se realiza con una balanza analítica para registrar los gramos del peso inicial, esto sirve para calcular el rendimiento final de la harina de hongo.

- Deshidratado

El deshidratado se realiza de forma artesanal, para este proceso se requiere del uso de una secadora solar, construido con materiales convencionales que

cuenta con 5 bandejas de secado, una cámara de captación de energía solar y un sistema de ventilación.

Los hongos o las piezas de hongos son colocados encima de las bandejas, estas se colocan dentro de la secadora solar y se cierran para evitar la entrada de cualquier insecto, polvo o material contaminante. Todos los días se voltean los hongos para acelerar el proceso de secado. Los días de secado dependen principalmente de las condiciones climáticas del lugar, para este estudio el proceso tardó 15 días.

Figura 4. **Deshidratación de hongo ostra**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.

- **Molido**

Después de la deshidratación del hongo, se recogen las setas deshidratadas de las bandejas y se colocan en recipientes inocuos, luego se transportan al molino y se muelen hasta obtener una harina de textura fina.

Figura 5. **Molido de hongo ostra deshidratado**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.

- **Pesado**

El hongo ya molido se coloca sobre una balanza analítica y se toma el dato final del peso de la harina en kilogramos para calcular el rendimiento total del producto.

Figura 6. **Pesado de hongo ostra deshidratado**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.

- Almacenamiento

La harina de hongo se coloca en un recipiente hermético para evitar la entrada de humedad. Se coloca en un lugar seco a temperatura no menor a 18°C.

### **3.2. Rendimiento de la harina**

La determinación del rendimiento de la harina de hongo necesita de dos datos principales, el peso inicial del hongo en gramos y el peso final del hongo en gramos. Los datos registrados fueron, peso inicial de 11,339.9 gramos y peso final de 700 gramos. Para calcular el rendimiento se utilizó la siguiente fórmula:

- Fórmula rendimiento %:  $\text{peso seco/peso inicial} * 100$

Fórmula rendimiento %:  $700 \text{ gramos} / 11,339.8 \text{ gramos} * 100$

Rendimiento %: 6.17%

### **3.3. Contenido nutricional de la harina de hongo**

El contenido nutricional de la harina de hongo se obtuvo mediante un análisis proximal realizado por el Laboratorio de Desarrollo de Soluciones Globales, utilizando 100 gramos de muestra de acuerdo con los siguientes métodos:

Tabla VII. **Metodología utilizada en análisis proximal**

Análisis	Metodología
Carbohidratos solubles	Por formula
Ceniza	Gravimetría
Energía	Por formula
Fibra cruda	A0ACA 962.09
Grasa	Extracción de Soxhlet
Humedad	Perdida por secado en la estufa
Proteína	A0AC 976.05

Fuente: Laboratorio de Desarrollo de Soluciones Globales, 2021.

El análisis proximal presenta el valor nutricional de la harina de hongo, determinando valores porcentuales en carbohidratos solubles, ceniza, energía, fibra cruda, grasa, humedad y proteína. En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos en 100 gramos de harina de hongo ostra.

Tabla VIII. **Valor nutricional de la harina de hongo**

Análisis	Resultado
Carbohidratos	33.40 %
Cenizas	10.15%
Fibra cruda	27.16%
Grasa	0.82 %
Humedad	8.06%
<b>Proteína</b>	<b>20.41%</b>
Energía	241.43 Kcal

Fuente: Laboratorio de Desarrollo de Soluciones Globales, 2021.

### 3.4. **Cumplimiento de análisis microbiológico de la harina de hongo**

El análisis microbiológico fue realizado por métodos propios del laboratorio, utilizando 100 gramos de muestra de acuerdo con los siguientes métodos:

**Tabla IX. Metodología utilizada en análisis microbiológico**

<b>Análisis</b>	<b>Metodología</b>
<i>Listeria Monocytogenes</i>	AOAC Performance Test Method No. 060501
Mohos	AOAC 997.02
<i>Salmonella spp.</i> (+)	ISO 6579:2017

Fuente: Laboratorio de Desarrollo de Soluciones Globales, 2021.

El análisis microbiológico realizado en la harina de hongo cuantifica la presencia de microorganismos patógenos o microorganismos indicadores como, *Listeria monocytogenes*, *salmonella spp* o moho. El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos en 100 gramos de harina de hongo ostra.

**Tabla X. Análisis microbiológico en la harina de hongo**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia.
Mohos	1100000 UFC/g “estimado”
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia.

Fuente: Laboratorio de Desarrollo de Soluciones Globales, 2021.

### **3.5. Formulación de un producto alimenticio con harina de hongo ostra**

La formulación del producto alimenticio de panificación en pie de manzana se centra en la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de hongo ostra, para esto se definieron tres porcentajes de sustitución, 5 % de harina de hongo y 95 % de harina de trigo, 10 % de harina de hongo y 90 % de harina de trigo y 15 % de harina de hongo y 85 % de harina de trigo.

Para la formulación del pie de manzana se utilizaron los siguientes ingredientes:

- Masa del pie de manzana.
  - Harina de trigo
  - Harina de hongo
  - Azúcar
  - Mantequilla
  - Huevo
  - Agua
  
- Relleno del pie de manzana
  - Manzanas
  - Azúcar
  - Mantequilla
  - Harina
  - Nuez moscada
  - Canela
  - Sal
  - Cáscara de limón

Los ingredientes utilizados en las formulaciones fueron pesados en una balanza analítica para estandarizar la medida en gramos ya que la receta inicial para la elaboración del pie de manzana presentaba medidas no estandarizadas.

En el siguiente cuadro se presenta la formulación de los tres porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de hongo en un pie de manzana expresados en gramos.

Tabla XI. **Formulación de un producto de panificación**

<b>Uso</b>	<b>Ingrediente</b>	<b>15%</b>	<b>10%</b>	<b>5%</b>
Masa de pie de manzana	Harina de trigo	360 g	360 g	360 g
	<b>Harina de hongo</b>	<b>54 g</b>	<b>36 g</b>	<b>18 g</b>
	Azúcar	30 g	28 g	27 g
	Mantequilla	225 g	215 g	205 g
	Huevo	50 g	50 g	50 g
	Agua	10 g	9 g	9 g
Relleno de pie de manzana	Manzanas	180 g	180 g	180 g
	Azúcar	112 g	107 g	75 g
	Mantequilla	50 g	47 g	45 g
	Harina de trigo	8 g	7 g	7 g
	Nuez moscada	1 g	0.5 g	0.5 g
	Canela	6 g	5 g	5 g
	Sal	2 g	2 g	1.5 g
	Cáscara de limón	2 g	2 g	1.5 g
	Total	1, 090 g	1048.5 g	984.5 g

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.

### **3.6. Aceptabilidad de la preparación alimentaria de panificación**

La evaluación sensorial fue participativa, integrando a las mujeres en la aplicación de la harina de hongo en el pie de manzana. La preparación del producto de panificación consistió en el lavado y pesado de los ingredientes de acuerdo con la tabla XI.

Para la preparación de la masa se usa un bowl grande para mezclar la harina, el azúcar y la sal, se añade por trozos la mantequilla y se mezclan estos ingredientes. Se añade el huevo. Si la masa queda seca se añade agua fría mientras se va mezclando. Después, se divide la masa en dos, se envuelve en plástico y se introduce al refrigerador por 30 a 45 minutos.

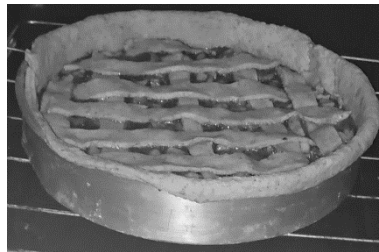
Para la preparación de la mezcla se elimina la cascara de las manzanas y se cortan en pedacitos. A los trozos de la manzana se le agrega el azúcar, sal,



canela y la cascara del limón y se mezclan. Dentro de una sartén a fuego medio se coloca otro recipiente utilizando la técnica baño de maría para derretir la mantequilla con la harina, luego se agregan los trozos de manzana y se mezclan hasta que el azúcar se absorba. Se deja la mezcla durante 7 minutos a fuego lento para conseguir el ablandamiento de las manzanas y se retira del fuego.

Se saca una de las dos partes de la masa de la refrigeradora y se estira en el molde para la base del pie de manzana. Se coloca el relleno y se cubre con el resto de la masa. Luego se realizan cortes en forma de X sobre la masa superior para darle la forma al pie de manzana. Por último, se introduce el pie dentro del horno precalentado a 230°C durante 40 minutos.

Figura 7. **Producto de panificación**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.

Se realiza el mismo procedimiento para las tres formulaciones, se hornean los tres pies de manzana con diferente porcentaje de sustitución de harina de hongo.

La aceptabilidad del producto se evalúa con un análisis sensorial de un pedazo de pie de manzana de cada una de las tres formulaciones.

Las mujeres del departamento de Sololá analizaron sensorialmente el producto sin previo entrenamiento, únicamente se explicó que el método de puntuación es, me gusta mucho (1), me gusta poco (2), ni me gusta ni me disgusta (3) y definitivamente no me gusta (4). Se entregó la boleta de aceptabilidad para consumidor, ver anexo 4 para validar el análisis sensorial de cada participante.

Figura 8. **Análisis sensorial con grupo de mujeres**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.

Los resultados de la aceptabilidad del producto se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XII. **Análisis sensorial de las tres formulaciones**

Evaluador	Resultado		
	5%	10%	15%
1	1	1	2
2	1	1	1
3	1	1	1
4	2	2	2
5	1	1	1
6	2	2	2

Continuación tabla XII.

7	1	1	1
X	1.28	1.28	1.42
Mo	1	1	1

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.

La aceptabilidad del producto se verifica a través de la media y moda aritmética para ver cuantas mujeres repitieron la misma respuesta y el promedio de los valores.

Media aritmética

$X: N_x/n$

Sumatoria: suma de conjunto de valores desde el primero, hasta el N

N: representa el número total de observaciones

X: la variable X es sobre la que calculamos la media aritmética

Al sustituir la formula, se obtiene el siguiente resultado:

$X_{5\%}: 9/7 = 1.28$

$X_{10\%}: 9/7 = 1.28$

$X_{15\%}: 10/7 = 1.42$

Moda aritmética

$Mo(x)$ : es el valor que más se repite

$Mo_{5\%(X)}$ : 1

$Mo_{10\%(X)}$ : 1

Mo<sub>15%</sub>(X): 1

### 3.7. Costos de la preparación alimentaria de panificación

A continuación, se presenta el costo total por formulación del pie de manzana y el costo por 100 gramos.

Tabla XIII. Costo de producción por formulación y por 100 gramos

Costos	Cantidad	Medida	Descripción	Costo total
Directos	368	Gramos	Harina de trigo	Q12.00
	54	Gramos	Harina de hongo	Q108.00
	142	Gramos	Azúcar	Q1.25
	275	Gramos	Mantequilla	Q17.10
	50	Gramos	Huevo	Q1.00
	10	Gramos	Agua	Q0.02
	180	Gramos	Manzanas	Q30.00
	1	Gramos	Nuez moscada	Q1.00
	6	Gramos	Canela	Q1.00
	2	Gramos	Sal	Q0.01
	2	Gramos	Cascara de limón	Q0.50
Indirectos	0.5	Jornal	Mano de obra	Q25.00
	1	Unidad	Balanza analítica	Q0.01
	1	Unidad	Horno	Q0.03
	1	Unidad	Moldes	Q0.01
	1	Unidad	Bowl	Q0.01
	1	Unidad	Secadora	Q0.03
Total, por formulación				Q196.97
Total, por 100 gramos				Q18.07

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Análisis de la definición de proceso para la obtención de harina de hongo

El proceso de obtención de un producto alimenticio es sumamente importante ya que se debe garantizar la funcionalidad, calidad e inocuidad del alimento, actualmente existen diferentes estudios que hacen referencia acerca del procedimiento para la obtención de la harina de hongo, sin embargo, las condiciones no son las mismas, siendo necesario modificar y validar algunos de estos procedimientos.

Actualmente los procesos artesanales para el desarrollo de un producto significan retos porque las condiciones no son controlables y se carece de equipo y materiales para su desarrollo.

La transformación del hongo ostra a harina requiere de un proceso muy estricto por ser un alimento con el 90 % de contenido de agua, reducir esta cantidad de agua mediante la deshidratación solar representa el aumento de la vida de anaquel del producto, preservando su contenido nutricional.

De acuerdo con el estudio realizado, se define el proceso para la transformación del hongo *Pleurotus ostreatus* a harina de hongo, evaluando su funcionalidad y aceptabilidad en un producto de panificación.

La recepción del hongo ostra requiere de criterios definidos para verificar la calidad e inocuidad del producto mediante una lista de comprobación durante la entrega y recepción del producto, además se necesita evaluar que el proveedor

sea certificado que garantice esta calidad, o bien si el hongo es producido dentro del área de transformación también necesita cumplir con requerimientos de inocuidad de acuerdo con el RTCA 67.06.55:09 de buenas prácticas de higiene para alimentos procesados.

La clasificación de los carpóforos de cada hongo requiere de una lista de comprobación que garantice la eliminación de cualquier aspecto físico alterado, daño mecánico o alguna contaminación que limita la buena calidad del producto final, ya que si no se realiza la clasificación puede ser un punto crítico de control dentro del proceso de transformación del producto.

En el proceso de lavado se debe utilizar como límite máximo 5 gotas/ litro de agua de hipoclorito de sodio para evitar alguna sobredosificación del producto e incurrir en algún peligro químico para el consumidor final o alterar la composición química del hongo por su alto contenido en agua.

El cortado es un proceso fundamental ya que esto disminuye el tiempo de deshidratación de los carpóforos, mientras sean más pequeños y delgados se reduce el tiempo de deshidratación y se limita el desarrollo de microorganismos indicadores y patógenos.

El pesado del producto debe ser exacto ya que es el indicador de rendimiento, productividad y rentabilidad de un producto. El peso es un indicador de calidad de la materia prima del proveedor.

El deshidratado es un punto crítico debido a las condiciones y métodos que se utilizan para este proceso, en este estudio se utilizó un deshidratador solar artesanal, donde el deshidratado tardó 15 días, sin embargo, este tiempo pudo reducirse a un 7 día si las condiciones climáticas fuesen optimas. El deshidratado

está estrechamente relacionado con el clima y la estructura del equipo, principalmente si el equipo tiene una fuente de captación de energía y un espacio de 30 cm entre las bandejas para facilitar el acceso de la luz solar y acelerar el proceso de deshidratación.

En algunos estudios de deshidratación del hongo por medio de una secadora al vacío tipo rotativo indica que el proceso tardó 8 horas a 60°C, sin embargo, se redujeron algunas propiedades nutritivas del hongo y la harina presentó un color más oscuro que la harina deshidratada de forma artesanal, según lo refiere (Djamila, Iswahyono, & Bahariawan, 2019).

El proceso de deshidratado determina la humedad, blancura de la harina de hongo y el contenido nutricional del hongo, por eso es importante definir parámetros como tiempo y temperatura de secado para garantizar la calidad fisicoquímica del producto.

La molienda define la textura de la harina, en un estudio de indicadores de calidad de la harina de trigo refiere que la textura se define para los diferentes usos de la harina (M.L., E, P.D., & A.E., 2012).

En este trabajo se obtuvo una textura muy fina, adecuada para su incorporación en una formulación con harina de trigo, revisando que las texturas de las dos harinas sean similares y evitar una alteración física y organoléptica en el producto de panificación.

El almacenamiento del producto es fundamental para mejorar la vida de anaquel del producto, colocándolo en un lugar seco para evitar la entrada de humedad y la proliferación de microorganismos.

- Análisis del rendimiento de la harina

El rendimiento de la harina de hongo fue de 6.17 % después de la molienda, este resultado se debe a que el contenido de agua del hongo ostra es del 90 %. Este rendimiento es inferior con relación a la harina de trigo según un estudio realizado de indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos refiere que el rendimiento de las siete muestras de harinas evaluadas fue superior al 65.5 % y el resultado se asocia con los diferentes procesos de molienda (M.L., E, P.D., & A.E., 2012).

Cuando el rendimiento de un producto es bajo, se sitúa en riesgo la productividad y rentabilidad del proceso, sin embargo, es importante analizar los diferentes usos que se provee a la harina para garantizar el retorno de inversión.

- Análisis del contenido nutricional de la harina

La deficiencia nutricional de alimentos consumidos principalmente en las comunidades rurales de Guatemala no garantiza la seguridad alimentaria nutricional y existe mucha demanda para el consumo de alimentos nutritivos que suplan los requerimientos nutricionales de la población vulnerable.

Se recomienda una alimentación basada en alimentos ricos en nutrientes y que estén disponibles localmente en fortificación o sustitución parcial o total de algunas de algunos cereales como el maíz y trigo, principales fuentes de carbohidrato y utilizados en alimentos como la tortilla o pan que tienen una alta demanda en las comunidades rurales.

En Guatemala por su ubicación geográfica y condiciones climáticas se cultivan diferentes especies de hongos comestibles, el hongo ostra, es un



producto de fácil reproducción y producción que facilita el acceso en diferentes áreas y es muy codiciado por su propiedades físicas y características organolépticas, sin embargo, muchos consumidores desconocen su alto contenido nutricional y las distintas formas de aplicabilidad, en este estudio se presenta su uso en un producto de panificación.

A continuación, se presenta una tabla comparativa del contenido nutricional de la harina de trigo con relación a la harina de hongo, siendo el primero, el grano más utilizado en los productos de panificación debido a sus propiedades fisicoquímicas y reológicas.

Tabla XIV. **Contenido nutricional de harina de trigo y harina de hongo**

<b>Análisis</b>	<b>Harina de trigo</b>	<b>Harina de hongo</b>
Humedad	11.92	8.06
Energía	364 kcal	241.43 kcal
Proteína	10.33	20.41
Grasa total	0.98	0.82
Carbohidratos	76.31	33.40
Fibra dietética	2.70	27.16
Ceniza	0.47	10.15

Fuente: elaboración propia, adaptado del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2012.

De acuerdo con este análisis bromatológico se determina que la humedad en la harina de trigo es mayor que la humedad en la harina de hongo, esto se debe principalmente al proceso de transformación que sufre el trigo y este límite permitido se relaciona con la conservación de propiedades fisicoquímicas para su funcionalidad dentro del alimento. En el caso de hongo ostra, su bajo contenido de humedad se debe al método artesanal y el tiempo de deshidratación, donde se eliminó el 92 % de agua contenido en del hongo. El 8%

de humedad garantiza un mayor tiempo de vida de anaquel del producto, aumentando de 2 días a 3 meses. Además, este valor significa la baja probabilidad de desarrollo de microorganismos patógenos o microorganismos indicadores que pueden deteriorar el producto siempre y cuando se le provea un adecuado método de almacenamiento.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud se recomienda 2,000 calorías al día, dependiendo de la actividad física de la persona.

La energía contenida en la harina de trigo es de 364 Kcal mayor que la harina de hongo, 241.43 Kcal en 100 gramos, siendo este último un alimento saludable porque se puede consumir más de este alimento sin afectar el peso corporal de la persona.

La proteína es un macroelemento fundamental dentro de la dieta alimenticia y la mayoría de los alimentos fuentes de proteína tienen origen animal principalmente la carne y el huevo, ya que contienen los 20 aminoácidos según (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2012).

Muchos de los granos básicos como el maíz y trigo carecen de lisina, un aminoácido esencial limitante. De acuerdo con el análisis bromatológico muestra que el contenido proteico de la harina de hongo es de 20.41 y es mayor que la harina de trigo de 10.33. La primera puede servir como fuente de alimento enriquecido para abordar el problema de desnutrición proteico energético.

La grasa de un alimento se asocia a sobrepeso en muchas personas, inclinándose al consumo de productos bajos en grasa, sin embargo, por tendencia de consumo saludable, se promueve la dieta cetogénica combinada

donde se recomienda el consumo el 41 % de grasa de origen natural según (Giner, 2016).

El contenido de grasa en la harina de hongo es de 0.82 menor a la harina de trigo de 0.98 que representa un alimento bajo en grasa y saludable para la población con hábitos alimenticios saludables o con problemas de obesidad.

La mayoría de los granos, cereales y leguminosas son fuente de carbohidratos principalmente el maíz y el trigo, siendo los granos más consumidos a nivel mundial, sin embargo, no garantizan la seguridad nutricional de la población ya que su consumo presenta problemas de malnutrición. De acuerdo con los resultados, la harina de hongo presenta porcentajes de 33.40 % menor que la harina de trigo en 76.31 % con diferencia significativa.

La ceniza está constituida por el potasio, sodio, calcio y sales minerales presentes en bajas cantidades en los productos, pero fundamentales en el organismo, entre mayor es el contenido de ceniza, mayor es la pureza de la harina, por ejemplo, la harina integral posee mayor contenido de ceniza. El contenido de ceniza en la harina de hongo fue de 10.15 % mayor que la harina de trigo de 0.47 %, esto se debe principalmente al tipo de molienda de trigo.

Alimentos altos en fibra dietética son tendencia en consumo saludable debido a su efecto de saciedad y absorción paulatina en el organismo. El contenido de fibra en la harina de trigo es de 27.16% mayor a la harina de trigo 2.70 %

- Análisis de la cuantificación de microorganismos microbiológicos en la harina de hongo

Determinar la cuantificación del desarrollo de un microorganismo patógeno y un microorganismo indicador en un alimento muestra las condiciones del lugar de procesamiento y presenta un peligro microbiológico en el producto. Los parámetros establecidos en el RTCA 67.04.50:08 de criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos establece los parámetros microbiológicos de la inocuidad de un alimento y los límites de aceptación para la comercialización y el consumidor.

Garantizar la inocuidad de un alimento se deriva de la implementación adecuada de los POES, sin embargo, por ser un proceso artesanal muchos factores no se encuentran dentro del control interno.

En los resultados se muestra la presencia de mohos de 1100000 UFC/g debido al lugar de procesamiento en condiciones climáticas con alta precipitación pluvial que genero alta humedad relativa y la falta de ventilación de la secadora, siendo estos los factores fundamentales para el desarrollo de los microorganismos.

De acuerdo con el RTCA 67.04.50:08 se delimita que la presencia de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella spp* en alimentos deshidratados debe ser ausente como lo muestra el análisis microbiológico realizado en la harina de hongo, esto indica el cumplimiento de los criterios de inocuidad del RTCA.

- Análisis de la formulación del producto de panificación a base de la harina de hongo

Los porcentajes de harina de hongo utilizados en el pie de manzana fueron de 5 %, 10 % y 15 % en relación con el 100 % de la harina de trigo. Dentro de la

formulación se incluyeron diferentes ingredientes para evaluar la aplicabilidad de la harina de hongo ostra dentro de este producto.

El pie de manzana no requiere del desarrollo adecuado de la masa para la base ya que es un producto crujiente con una textura semidura con capacidad de retener el relleno de manzana, esto favorece la sustitución de los diferentes porcentajes de harina de hongo sin perder su funcionalidad en el alimento.

Sin embargo, con la formulación al 15 % la base del pie de manzana presentó rompimiento en la estructura de la masa por lo que necesita de la adición de margarina (21 %) para mantener la estructura del pie.

En productos de panificación que necesitan de un buen desarrollo y crecimiento de la masa, no es funcional la adición arriba del 15 % de harina de hongo por el bajo desarrollo del gluten, contenido en harina de trigo, utilizado en la mayoría de los productos de panificación.

- Análisis de aceptabilidad del producto de panificación a base de harina de hongo ostra

La evaluación sensorial realizada con un grupo de mujeres del departamento de Sololá fue mediante la escala hedónica con me gusta mucho (1), me gusta poco (2), ni me gusta ni me disgusta (3) y definitivamente no me gusta (4).

La evaluación a través de la escala hedónica es una técnica muy precisa que permite objetividad en el criterio de la puntuación y elección del producto. El resultado de las tres sustituciones la mayoría de las mujeres expresan: me gusta mucho sin diferencia significativa en las tres formulaciones.

El producto fue aceptado por el grupo evaluador. No obstante, para mejorar el producto se requiere la inclusión de otros criterios en la evaluación sensorial, por ejemplo, la determinación de aceptabilidad del color, olor, sabor, tamaño y blancura de la harina de hongo.

Además, la preparación técnica y previa del grupo evaluador es fundamental para obtener resultados confiables.

- Análisis del costo de producción del producto de panificación

Los productos de panificación como el pie de manzana, pasteles, pizzas, galletas tienen un diferencial de valor que el resto de los productos, esto se debe al proceso de transformación, la innovación constante y el valor agregado. En su mayoría estos productos requieren otro tipo de utensilios y equipo para el procesamiento y esto eleva los costos y amplía el tiempo de retorno de inversión.

Si se considera que la harina de hongo sea aplicada en estos productos garantiza el retorno de la inversión y ganancias paulatinas, siempre que su uso sea parcial y en productos de un valor adquisitivo alto.

De acuerdo con el cálculo de costos de producción se determina que por formulación el costo es de Q 196.97 y por 100 gramos es de Q 18.07. Es un costo muy alto en referencia a un pie de una panadería local que cuesta entre Q 5.00 a Q 7.00 y en una panadería industrial cuesta comúnmente Q 15.00.

Si el producto es comercializado a nivel local en una panadería artesanal con un costo de Q 18.07 no tendría demanda debido a las condiciones económicas de los lugares y la comparación de precios con otras panaderías, ahora bien, si el producto de panificación se vende en panaderías industrial con

valor agregado se garantizaría el retorno de la inversión y la tendencia a alimentos saludables aumenta la demanda del producto.

El costo de producción se reduce si se reducen o se sustituye algunos ingredientes dentro de la formulación o se aplica en otro producto que genere rentabilidad y sostenibilidad en el proceso.





## CONCLUSIONES

1. Se desarrolló una harina de hongo a base del hongo *Pleurotus ostreatus* de forma artesanal validando su funcionalidad y aceptabilidad en un producto de panificación.
2. Se definió el proceso para la obtención de la harina de hongo, iniciando con la recepción del producto con el cumplimiento de inocuidad, la clasificación bajo criterios de calidad, la desinfección y lavado que garantiza la inocuidad del alimento, cortado que redujo el tiempo de secado, el pesado para determinar el rendimiento del producto, el deshidrato como el proceso crítico debido a su proceso artesanal y las condiciones climáticas del lugar, molido que requiere ajustes del equipo para obtener la textura adecuada y el método de almacenamiento para evitar la contaminación y proliferación de microorganismos indicadores o patógenos.
3. Se obtuvo un rendimiento del 6.17 % debido al contenido del 90 % de agua del hongo, un rendimiento bajo que puede significar baja productividad.
4. Se determinó el contenido nutricional, obteniendo resultados altos en de proteína 20.41, fibra cruda 27.16, ceniza 10.15 y bajo en carbohidratos 33.40, grasa 0.8, humedad 8.06 y energía 241.43, esto significa que es un alimento nutritivo y saludable para su incorporación en productos de panificación.

5. Se realizó un análisis microbiológico del alimento donde se determina el de moho en la harina debido a las condiciones climáticas del lugar, se cuantifican 110000 UFC/g en 100 gramos, sin embargo, no se identifica la presencia de listeria monocytogenes y salmonella spp, cumpliendo con los criterios microbiológicos del “RTCA 67.04.50:08 de CRITERIOS MICROBIOLOGICOS PARA LA INOCUIDAD DE ALIMENTOS”.
6. Se realizaron tres formulaciones de 5 %, 10 % y 15 %, sustituyendo la harina de trigo por la harina de hongo en un producto de panificación. No se sustituye arriba del 15 % ya que la harina de hongo pierde su funcionalidad.
7. Se obtuvo una aceptabilidad del 1.28 (5 %), 1.28 (10 %) y 1.42 (15 %) entre los valores de evaluación: me gusta mucho (1), me gusta poco (2), ni me gusta ni me disgusta (3) y definitivamente no me gusta (4). El resultado obtenido se acerca a “Me gusta mucho” y no se presenta diferencia significativa entre los tres porcentajes de sustitución.
8. Se define el costo de producción de la formulación, obteniendo un costo alto de Q 18.07 por 100 gramos, debido a los costos de la materia prima y el bajo rendimiento de esta.

## RECOMENDACIONES

1. Para la prueba sensorial del producto se recomienda la preparación previa del grupo evaluador, principalmente sin son personas que no están relacionadas con el estudio, además se debe de mejorar la metodología de evaluación mediante la ampliación de varios criterios de evaluación, como el color, textura, sabor y olor del alimento, para realizar mejorar en el producto de panificación.
2. Deshidratar del producto en la época de verano o época seca entre los meses de noviembre a abril para evitar la contaminación del producto con mohos, según resultados microbiológicos.
3. Aumentar el porcentaje de sustitución de la harina de hongo para visualizar si la aceptabilidad y funcionalidad del producto presenta alguna diferencia significativa.
4. Realizar pruebas de aplicabilidad y aceptabilidad de la harina de hongo en alimentos de panificación salado, debido a las características organolépticas del producto.
5. Utilizar un deshidratador hibrido para reducir el tiempo de deshidratación del hongo y garantizar la inocuidad de este.
6. Determinar la vida anaquel de la harina de hongo.



## REFERENCIAS

1. Adeoye, B. (2019). *Quality Evaluation of Bread Enriched With Mushroom Powder*. Nigeria: Revista IOSR de Ciencias Ambientales, Toxicología y Tecnología de Alimentos.
2. Alemu, G., Zegeye, A., & Satheesh, N. (2017). Effect of mushroom flour on proximate composition and dough rheological properties of whole wheat flour bread. Etiopía.
3. Anticona, A. L. (2017). Comparación fisicoquímica y reológica de harinas: trigo (*Triticum aestivum*), centeno (*Secale cereale*) y triticale (x *Triticosecale*) en elaboración de pan. Perú.
4. Ardon, L. (2007). Producción de hongo comestible. informe investigación, maestría docencia universitaria con especialidad en evaluación educativa. Facultad de humanidades, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
5. Argueta, J. (1983). *Estudio de los macromicetos*. Tesis de Graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencia Química y Farmacia, Mixco y San Juan Sacatepéquez, Guatemala.
6. Chang, S., & Miles, P. (2004). Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. Florida (US).

7. Codex Alimentarius. (2007). *Cereales, legumbres, leguminosas, y productos proteínicos vegetales*. Roma.
8. Cornelia, M., & Chandra, J. (2019). *Utilization of white oyster mushroom powder (Pleurotus ostreatus (JAcq.) p. Kumm) in the making of biscuits as emergency food products*. Indonesia.
9. Djamila, S., Iswahyono, & Bahariawan, A. (2019). *Physical and chemical characteristics of oyster mushrooms*. Indonesia.
10. Dolores, M., Pereira, M., & Simón, D. (2018). *La harina*.
11. Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la evaluación sensorial*. Lima.
12. Food and Agriculture Organization. (2003). *Informe de la 35a reunión del comité del codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos*. Italia.
13. Genenu Alemu, A. Z. (2017). Efecto de la harina de setas en la composición proximal y propiedades reológicas. 12.
14. Giner, C. P. (2016). *Manual para la práctica de la dieta cetogénica*. Madrid, España.
15. Ibrahim, M., & Hegazy, A. (2014). *Effect of Replacement of Wheat Flour with Mushroom Powder and Sweet Potato Flour on Nutritional Composition and Sensory Characteristics of Biscuits*. Etiopía.

16. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Guatemala: Segunda.
17. Ishara, J., Sila, D., Kenji, G., & Buzera, A. (2018). *Nutritional and Functional Properties of Mushroom (Agaricus bisporus & Pleurotus ostreatus) and Their Blends with Maize Flour*. República Democrática del Congo.
18. JA, A. (2018). *Quality Characterization of Acha-Mushroom Blend Flour and Biscuit*. Nigeria.
19. Jamangapé, R. (2018). *Cultivo y elaboración de productos a base de setas*. Chiapas, México.
20. López, G. R. (2008). *Expresión analítica de los componentes de los alimentos*. Antioquia.
21. Lowy B. (1974). *Amanita muscaria and the thunderbird legend in Guatemala*. Mycologia, Guatemala.
22. Manfugás, J. E. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria.
23. Mesas, J., & Alegre, M. (2002). *El pan y su proceso de elaboración*. España.
24. M.L., S., E, M., P.D., R., & A.E., L. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación son ensayos predictivos.

25. Morales, O., Bran, M., & Cáceres, R. (2010). *Los hongos comestibles de uso tradicional en Guatemala*. Guatemala.
26. Orozco, C. d. (1994). *Incorporación de harina del hongo comestible (Pleurotus ostreatus) a pastas para la elaboración de sopa*. Guadalajara, México.
27. Rajchenberg, A. D. (2006). *Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación*. Bariloche.
28. Reglamento Técnico Centroamericano. (2009). *Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos*.
29. Reglamento técnico centroamericano. (2012). *Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios*. Guatemala.
30. Requena, J. M. (2013). *Harinas y derivados, féculas y almidones*. Málaga.
31. Rojas, E. (2004). *Evaluación de paja de trigo *Triticum sativum*; broza de encino *Quercus sp.* y caña de milpa *Zea mayz*; para el cultivo de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael La Independencia Huehuetenango*. Tesis Ing. Agr. USAC, Huehuetenango, Guatemala.
32. Salehi, F. (2019). Characterization of different mushrooms powder. *International Journal of Food Properties*, 12.



33. Sánchez, J. E., & Royse, D. (2001). *La Biología y el cultivo de Pleurotus spp.* México: 1a. ED. México: Edit. Noriega Editores.
34. Sharp, A. (19948). *Some fungi common to the highlands of Mexico and Guatemala, United States*, Mycologia, Guatemala.
35. Sommerkamp, Y. (1990). *Hongos comestibles en los mercados de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.
36. Vallejo, H., & Chilibingua, M. (2017). *Costos modalidad órdenes de producción*. Ecuador: Editora UTN.
37. Xocop, E. J. (2012). *Efecto de cuatro tipos de sustratos de origen orgánico sobre la eficiencia biológica del hongo ostra (Pleurotus ostreatus), en Patzún, Chimaltenango*. Guatemala.
38. Zidon, S. V. (2008). *Elaboración de productos alimenticios derivados de setas (Pleurotus sp)*. Durango, Mexico.



## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Deshidratador solar**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.


## Apéndice 2. **Bandejas de deshidratación solar**



Fuente: [Fotografía de Xojlín Con]. (Quetzaltenango. 2021). Colección particular. Archivo en carpeta fotos tesis y computadora personal.


## ANEXOS

### Anexo 1. Registro de formulaciones

	
<b>No. De formulación</b>	<b>Fecha y lugar</b>
<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje</b>

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.

### Anexo 2. Boleta de aceptabilidad para consumidor

	<b>Ficha de recolección de información</b>
Código de la muestra	
Lugar y fecha	
Para las muestras recibidas coloque de 1 a 4 según su gusto o aceptación.	
Me gusta mucho	

Continuación anexo 2.

Me gusta poco	
Ni me gusta ni me disgusta	
Definitivamente no me gusta	
Observaciones o recomendaciones:	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.