



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE QUÍMICA

“CARACTERIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE HARINA  
DE SETAS (*Pleurotus Ostreatus*) EN LA FORMULACIÓN DE  
PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN”

TESIS

Que para obtener el título de:  
Licenciado de Química en Alimentos

PRESENTA:

Escalona Gómez Víctor Lael

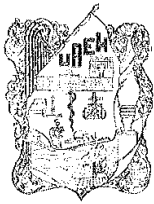
DIRECTORA:

Dra. Esmeralda Rangel Vargas

CO-DIRECTORA:

Dra. Iraís Sánchez Ortega

Mineral de la Reforma, Junio 2019



Mineral de la Reforma, Hgo., a 27 de mayo de 2019

Número de control: ICBI-D/645/2019  
 Asunto: Autorización de impresión.

**M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO**  
**DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

Por este medio le comunico que el Jurado asignado al Pasante de la Licenciatura en Química en Alimentos **Víctor Lael Escalona Gómez**, quien presenta la tesis "**Caracterización e implementación de harina de setas en la formulación de productos de panificación**" después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación firman de conformidad los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:	Dra. Eva María Santos López	
PRIMER VOCAL:	Dra. Esmeralda Rangel Vargas	
SEGUNDO VOCAL:	Dr. Javier Castro Rosas	
TERCER VOCAL:	Dr. Israel Oswaldo Ocampo Salinas	
SECRETARIO:	Dra. Iraís Sánchez Ortega	
PRIMER SUPLENTE:	Dra. Fabiola Araceli Guzmán Ortiz	
SEGUNDO SUPLENTE:	Dra. Reyna Nallely Falfán Cortés	

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente  
 "Amor, Orden y Progreso"  
  
 Dr. Óscar Rodolfo Suárez Castañeda  
 Director del ICBI



ORSC/SEPC



Ciudad del Conocimiento  
 Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5 Colonia Carboneras,  
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184  
 Teléfono: +52 (771) 71 720 00 ext. 2231 Fax 2109  
 direccion\_icbi@uaeh.edu.mx

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)



Este trabajo se realizó en el laboratorio de Microbiología de Alimentos, del edificio de Química en Alimentos del Área Académica de Química del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería.

*El hombre es malo por naturaleza, a menos que le precisen a ser bueno.*

*Maquiavelo, 1513*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por darme la oportunidad de tener y concluir una educación universitaria, sobre todo a mi mamá, ya que me apoyó de manera incondicional y siempre me impulsó a dar lo mejor de mí y a nunca tirar la toalla. También agradezco a mi papá por nunca rendirse y aguantarme aunque a veces no viera la luz al final del túnel, MUCHAS GRACIAS por todo a ambos.

A mis amigos y todas aquellas personas que conocí y conviví tanto en la universidad como en la preparatoria, gracias por su tiempo y amistad, algunos me han ofrecido su amistad y apoyo desde hace muchos años y otros por poco tiempo, sin embargo, espero sean mucho más; gracias a todos por igual.

A mis maestros, por siempre compartir su conocimiento y experiencias, durante toda esta travesía universitaria.

A la doctora Esmeralda por ofrecerme la oportunidad de realizar este proyecto y poder concluirlo.

## Índice

<b>1. RESUMEN</b>	8
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	11
<b>3.1 Productos de panificación y su relación con la salud humana</b>	11
3.1.1 Producción y consumo de productos de panificación en México	12
<b>3.2 Tendencia en el desarrollo de productos de panificación con carácter funcional</b>	13
<b>3.3 Generalidades de los hongos</b>	14
<b>3.4 Hongos comestibles</b>	15
<b>3.5 <i>Pleurotus ostreatus</i></b>	16
3.5.1 Clasificación y morfología	17
3.5.2 Historia de su cultivo	18
3.5.3 Composición nutricional	20
3.5.3.1 Fibra y $\beta$ -glucanos	22
3.5.3.2 Contenido y calidad de proteína	23
3.5.3.3 Contenido de minerales	23
3.5.4 Propiedades benéficas en la salud humana	24
<b>3.6 Fibra Dietética Soluble</b>	25
<b>4. JUSTIFICACIÓN</b>	26
<b>5. OBJETIVOS</b>	27
<b>5.1 Objetivo general</b>	27
<b>5.2 Objetivos específicos</b>	27
<b>6. METODOLOGÍA</b>	28
<b>6.1 Materiales</b>	28
<b>6.2 Análisis proximal de las harinas de setas y de las galletas</b>	28
6.2.1 Determinación de Humedad	28
6.2.2 Determinación de Cenizas	29
6.2.3 Determinación de Grasa cruda	29
6.2.4 Determinación de Proteína	30
6.2.5 Determinación de Fibra	31
<b>6.3 Elaboración de diferentes productos.</b>	32
6.3.1 Galleta tipo polvorón	33

6.3.2 Drop cookies	34
6.3.3 Barritas	35
<b>6.5 Evaluación de textura</b>	<b>36</b>
<b>6.6 Evaluación sensorial</b>	<b>37</b>
6.6.1 Selección de los jueces	37
6.6.2 Preparación de las muestras	37
6.6.3 Prueba de nivel de agrado	38
6.6.4 Análisis e interpretación estadística	38
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>39</b>
7.1 Caracterización bromatológica del hongo fresco (análisis proximal)	39
7.2 Evaluación de textura	43
7.3 Análisis sensorial de las galletas elaboradas con harina de setas	47
7.3.1 Galletas tipo polvorón, Drop cookies y barritas	49
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>52</b>
<b>9. PERSPECTIVAS</b>	<b>53</b>
<b>10. REFERENCIAS</b>	<b>54</b>

## 1. RESUMEN

*Pleurotus ostreatus* es un hongo con propiedades nutricionales y nutracéuticas de interés en la industria alimentaria, por lo que en las últimas décadas se ha trabajado en potencializar su uso y consumo con la finalidad de generar un valor agregado y dar a conocer los múltiples beneficios a la salud humana. Dado la caracterización proximal de este hongo y ante la necesidad de utilizarlo como aditivo o materia prima en un proceso de transformación, el interés de la presente investigación fue incorporar harina de setas en el proceso de elaboración de productos de panificación para aumentar su calidad nutricional.

Se realizaron tres diferentes formulaciones de galletas: drop cookies, barritas y polvorón las cuales se evaluaron fisicoquímicamente, considerando parámetros de textura, como la dureza y masticabilidad demostrando que la incorporación de la harina de setas en los productos disminuye la fuerza que se necesita para deglutir el producto de panificación. Simultáneamente se realizaron pruebas sensoriales de nivel de agrado donde se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, encontrando una aceptación por parte del consumidor en el caso de la formulación de drop cookies. Aunque las propiedades de textura se modificaron debido a la sustitución de la harina de setas con respecto a las galletas control, se observó que al menos la galleta tipo drop cookie mantenía características sensoriales aceptables por parte del panel durante la evaluación sensorial.

La incorporación de harina de setas en la elaboración de productos de panificación es posible, generando productos de calidad que cumplen y satisfacen las necesidades del consumidor, además de obtener un producto de alto valor nutritivo mejorando, mediante su adición, las características nutritivas de productos de panificación que suelen tener tanto exceso de carbohidratos como la deficiencia de fibra que es importante para mejorar la movilidad intestinal y el incremento en proteína de tipo vegetal que igualmente se ve incrementada al adicionar harina de seta.



## 2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, gran parte de la alimentación de los seres humanos se basa en el consumo de productos procesados, esto debido a que el ritmo de vida suele ser más de acelerado, lo que obliga al consumo de productos de rápida preparación. Estos productos en ocasiones satisfacen la necesidad de alimento pero no necesariamente cubren las necesidades nutrimentales del organismo y por el contrario, pueden presentar degradación de compuestos nutritivos debido a su procesamiento. Por otra parte, la sobreutilización de algunos componentes como carbohidratos, en general lleva al incremento en el consumo calórico, lo que puede repercutir en enfermedades crónico degenerativas como son la obesidad y la diabetes entre otras. Tomando en cuenta la necesidad creciente de alimentos listos para su consumo que sean más saludables y nutritivos, se han empezado a integrar distintos tipos de alimentos de fuentes vegetales que se consideran saludables y nutritivos para sustituir parcial o totalmente los compuestos como harinas de trigo refinado o el azúcar de caña, entre otros, intentando aprovechar las propiedades tecnológicas de los materiales para poderlos integrar a productos existentes o la elaboración de nuevos alimentos.

Se destacan las propiedades de algunos materiales que son utilizados en la industria alimentaria, como por ejemplo, el edulcorante natural obtenido de la planta de estevia, utilizado para sustituir el azúcar de caña; las proteínas de origen animal por proteínas de origen vegetal como el harina de soya en productos cárnicos, entre otros. Un material que ha repuntado en su utilización por sus propiedades nutrimentales es una seta de la especie *Pleurotus*, el cual es el género más grande de hongos comestibles y en específico *Pleurotus ostreatus*, que es uno de los más populares e importantes hongos comestibles, cultivados comercialmente en todo el mundo. Algunos estudios han demostrado que esta seta cuenta con una variada actividad biológica entre los que se encuentran una importante actividad antioxidante (Jayakumar *et al.*, 2006), hipercolesterolémicas (Tsai *et al.*, 1998), y anti-inflamatoria; (Rickman *et al.*, 2001) entre otras.

En diferentes investigaciones recientes se ha reportado que *Pleurotus ostreatus*, contiene flavonoides biológicamente activos, componentes fenólicos y carotenoides (Jayakumar *et al.*, 2006) así como una concentración relativamente alta (40 mg / 100 g) de crisina (5,7-dihidroxi-flavona), un flavonoide natural que también se encuentra en extractos de algunas plantas, en la miel y el propóleo (Williams y *et al.*, 1996), y que posee propiedades antioxidantes (Hecker *et al.*, 1997). Debido a los diferentes beneficios y el alto impacto en la salud humana que puede tener el consumo de *Pleurotus ostreatus*, el objetivo de la presente investigación es poder encontrar y proponer algunas formulaciones de productos de panificación, así como su caracterización fisicoquímica con la finalidad de proponer fuentes alternas de suministro y consumo aprovechando así sus beneficios y generando un valor agregado a partir de su procesamiento.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Productos de panificación y su relación con la salud humana**

La panificación tradicional es una de las industrias más importantes dentro de la industria alimentaria de acuerdo con el número de establecimientos y el personal ocupado con un consumo anual per capita de 33 Kg de acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Panificadora (CANAINPA), sólo después de la industria de la tortilla de maíz y molienda de nixtamal (Benjamin *et al.*, 2017).

La costumbre de comer pan es tradicional en México. Aunque su elaboración y origen es principalmente de descendencia española y francesa, su llegada a nuestro país lo transformó en uno de los convites más accesibles y de mayor variedad, lo que hace frecuente su consumo, De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Panificadora (CANAINPA), el consumo per cápita anual de pan es de 33.5 kg, de los cuales entre el 70% y 75% corresponde a pan blanco, y el restante 30% o 25%, respectivamente, a pan dulce, galletas y pasteles. En 2016, el valor de la producción de la panificación tradicional aumentó 0.8% con respecto al año anterior. El pan blanco, pan de caja y pan dulce forman parte de la canasta alimentaria, el pan blanco y pan de caja forman parte de la canasta básica según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2016). Siete entidades de la República concentran poco más de la mitad de las unidades económicas dedicadas a la industria panificadora: Estado de México, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Ciudad de México, Sonora y Michoacán (Benjamin *et al.*, 2017).

El consumo excesivo de harinas refinadas y pan en la dieta del mexicano promedio además de su poca actividad física ha ocasionado un aumento en enfermedades tales como la diabetes y obesidad, desde 1995 hasta la actualidad las personas que padecen diabetes se han triplicado con respecto al total de la población. México ocupa el quinto lugar mundial con mayor cantidad de personas diabéticas (Hernandez *et al.*, 2013).

Los alimentos con un alto índice glucémico (>70) como el pan, galletas y cereales para el desayuno se encuentran en la dieta básica del mexicano promedio, el consumo de estos alimentos aumenta el riesgo de contraer diabetes y obesidad (Atkinson *et al.*, 2008).

### **3.1.1 Producción y consumo de productos de panificación en México**

En México existen 45 mil 528 establecimientos dedicados a la elaboración de productos derivados de la panificación. De ellos, 44 mil 966 efectúan el proceso de manera tradicional, concentrando sus esfuerzos en la producción de pan blanco, pan dulce y pasteles, mientras que otros 562 elaboran pan de caja, pan dulce, pastelillos, galletas y pastas en forma industrial. En México por cada diez mil habitantes existen cuatro establecimientos de panificación (SIAP, 2019).

Entre los alimentos básicos en la dieta de los mexicanos, los elaborados a partir de trigo ocupan un lugar de privilegio: semanalmente se consume prácticamente un kilo de pan dulce, de pan blanco (SIAP, 2019). Por lo que encontrar otro tipo de ingredientes que puedan utilizarse durante el proceso de panificación es de interés científico con la finalidad de obtener un producto funcional que además de satisfacer la necesidad del consumidor garantice la salud del mismo.

### **3.2 Tendencia en el desarrollo de productos de panificación con carácter funcional**

La relación entre alimentación y salud tiene un impacto creciente en la innovación del sector alimentario debido a la popularidad adquirida por el concepto de alimento funcional (Balestra *et al.*, 2011). Actualmente la población busca consumir alimentos que sean orgánicos, artesanales y libres de gluten que se asocian a alimentos saludables, con la finalidad de prevenir enfermedades no transmisibles, razón por la que la industria panadera y los investigadores se han volcado en optimizar el proceso tecnológico de elaboración del pan y mejorar su variedad, calidad, sabor y disponibilidad (Hathorn *et al.*, 2008).

La aceptación por parte de los consumidores, tanto en referencia a aspectos visuales, de sabor y de textura, juega un papel importante en el desarrollo de productos de panadería funcionales (Siró *et al.*, 2008), motivo por el cual la mayoría de investigaciones incluyen estudios sensoriales a lo largo del desarrollo del nuevo producto (De Conto *et al.*, 2012; Holtekjølen *et al.*, 2008; Škrbić y Filipčev, 2007; De Aguiar *et al.*, 2011; Caponio *et al.*, 2011).

De entre los ingredientes que pueden incorporarse a la formulación del pan para convertirlo en un alimento funcional destacan aquellos que permiten el aumento de su contenido en antioxidantes naturales, como es el caso de los compuestos fenólicos (CF). Una de las vías más comunes para aumentar el contenido fenólico de los productos de panificación es a partir del uso de harinas integrales de cereales, ya que éstos son una buena fuente natural de antioxidantes (Manach *et al.*, 2004). Los antioxidantes en los cereales se pueden encontrar en forma de compuestos fácilmente extraíbles o libres y en formas menos extraíbles (ligadas), ya que se pueden unir covalentemente a otras moléculas como los arabinosilanos (Holtekjølen *et al.*, 2008).

También es posible la incorporación de ácidos grasos a la formulación de productos de panificación, ya sea de manera directa o a través de algún ingrediente que los contenga. Un ejemplo puede ser la incorporación de aceite de pescado, que contiene EPA y DHA, aunque en 2006 Ackman estableció que

es altamente inestable y susceptible a la oxidación en presencia de luz y oxígeno, perdiendo sus cualidades funcionales y sensoriales. Por este motivo, en 2012, De Conto *et al.* plantearon la posibilidad de incorporar ácidos omega-3 microencapsulados a la formulación del pan, protegiendo a los ÁGP de factores externos desencadenantes de procesos oxidativos. El resultado de la investigación mostró que la adición de omega-3 microencapsulado provoca efectos sobre varios parámetros del producto final como son el volumen específico, la firmeza, el color y algunas características sensoriales. No obstante, la microencapsulación protegió de la oxidación al omega-3 al ser sometido a temperaturas de horneado.

### **3.3 Generalidades de los hongos**

Los hongos son organismos unicelulares, pluricelulares o dismórficos que carecen de clorofila, por lo tanto, son heterótrofos, es decir, obtienen sus alimentos por absorción y el componente principal de su pared celular es la quitina. El talo o cuerpo vegetativo en los hongos filamentosos está constituido por filamentos delgados llamados hifas, las que presentan crecimiento apical y en conjunto integran el micelio (Saldarriaga *et al.*, 2001).

Los hongos se dividen en microscópicos y macroscópicos figura 1, en los hongos macroscópicos, el micelio está representado por la masa de apariencia algodonosa y por lo regular blanquecina que forman un cuerpo de reproducción. Dentro de los hongos macroscópicos se encuentran los *Ascomycetes* y *Basidiomycetes*, los cuales presentan una reproducción asexual y/o sexual. Los hongos macroscópicos son también llamados hongos *Macromycetes* y presentan distribución cosmopolita debido a que pueden desarrollarse en cualquier tipo de clima, existiendo una gran variedad de géneros que pueden crecer entre 4 y 60°C, desde el nivel del mar hasta altitudes por encima de los 4000 m.s.n.m. y en diferentes tipos de maderas (Stamets, 2013).



**Figura 1.** Ejemplos de tipos de hongos microscópicos y macroscópicos (*Saccharomyces*, *Penicillium*, *Morchella*). Fuente: (Graham, 2006).

### 3.4 Hongos comestibles

Los hongos comestibles resultan de gran importancia debido a su potencial como fuente de proteína que puede enriquecer la dieta humana. Se caracterizan por poseer cuerpos fructíferos que pueden ser cosechados fácilmente bajo condiciones específicas de cultivo dependiendo del tipo de especie.

El cultivo de hongos comestibles es una actividad productiva que no posee etapas o procesos que afecten al medio ambiente, por el contrario, en él se utilizan materiales de origen vegetal y animal, y se simula lo que ocurre en la naturaleza.

Los materiales que se utilizan en la preparación del sustrato para cultivar este tipo de hongos, consta comúnmente de residuos que se obtienen de la agroindustria como pajas de cereales, aserrín, papeles, cartones, etc. y de la crianza de animales como estiércol de caballos, pollos, conejos, entre otros. Para la descomposición de estas matrices de sustrato se ha demostrado que se requiere de igual manera suplementos nitrogenados como sulfato de amonio, superfosfato, urea, etc. (Regés, 1990).

### 3.5 *Pleurotus ostreatus*

*Pleurotus ostreatus* (Figura 2), es un hongo saprofita o parásito débil, descomponedor del grupo de la podredumbre blanca que crece de forma natural en árboles como aliso, balso y arce, principalmente en los valles de los ríos. La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estipe (pie que sustenta al píleo de un hongo) respecto al píleo (parte superior del cuerpo fructífero de un hongo). La palabra *ostratus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Stamets, 2000).



**Figura 2.** *Pleurotus ostreatus* Fuente: (Keizer, 1997)

Las setas constituyen una parte integral de la dieta humana, y dentro de ellas están incluidas muchas especies de las cuales el género *Pleurotus* comprende alrededor de 40 especies (Deepalakshmi k. *et al.*, 2014).

En condiciones silvestres el hongo crece en tocones y ramas de planifolios muertos o debilitados, en bosques de ribera, parques y jardines. Su desarrollo ocurre durante la estación otoñal e inicio de primavera, aunque en sitios húmedos también es posible encontrarlo en otras estaciones del año. Esta especie presenta gran versatilidad y adaptabilidad, ya que tolera un rango amplio de temperaturas; además, presenta resistencia a plagas y enfermedades, y se puede cultivar prácticamente sobre cualquier sustrato lignocelulósico como troncos, corteza o aserrín (Varnero M., Quiroz M., Alvarez C., 2010).



### 3.5.1 Clasificación y morfología

*Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible, no tóxico que se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera (Rajarithnam S., *et al.*, 2009):

REINO: Fungi

SUBREINO: Fungi Superior (Hongo macroscópico)

DIVISIÓN: *Basidiomycota*

SUBDIVISIÓN: *Basidiomycotina*

CLASE: *Himenomycetes*

FAMILIA: *Tricholomataceae*

GÉNERO: *Pleurotus*

ESPECIE: *ostreatus*

*Pleurotus ostreatus* es un típico hongo agarical, que a menudo se encuentra recubierto de una capa micelial en la base (Mendoza y Díaz, 1981) y presenta carne delgada y blanca. En la figura 3 se puede observar la estructura de un hongo. El píleo cuando madura adquiere forma de concha, las láminas son blancas o de color crema en las cuales se disponen los basidios de tabicados con cuatro basidiosporas blanquecinas elípticas de 8-11 mm x 3-4 mm.

El píleo es de superficie lisa, brillante y un poco viscosa en tiempo húmedo. El estipe es corto de 1-4 cm x 1-2 cm, las lámelas son blancas, decurrentes y ampliamente espaciadas y las esporas en masa son blanquecinas o de color gris-blanquecino (Cadavid y Cardona 1996).

*Pleurotus ostreatus* posee un píleo de 4 a 13 cm de diámetro, aunque ocasionalmente puede presentar tamaños mayores de acuerdo a las condiciones de fructificación. La superficie superior puede presentar colores variables según la intensidad de la luz, con tonos entre blanquecinos, grises o azulados. Su margen es suave, delgado, ondulado y ocasionalmente enrollado (Stamets, 2000).

### 3.5.2 Historia de su cultivo

No se conoce la fecha exacta de la implementación del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, sin embargo, se han reportado varias hipótesis al respecto.

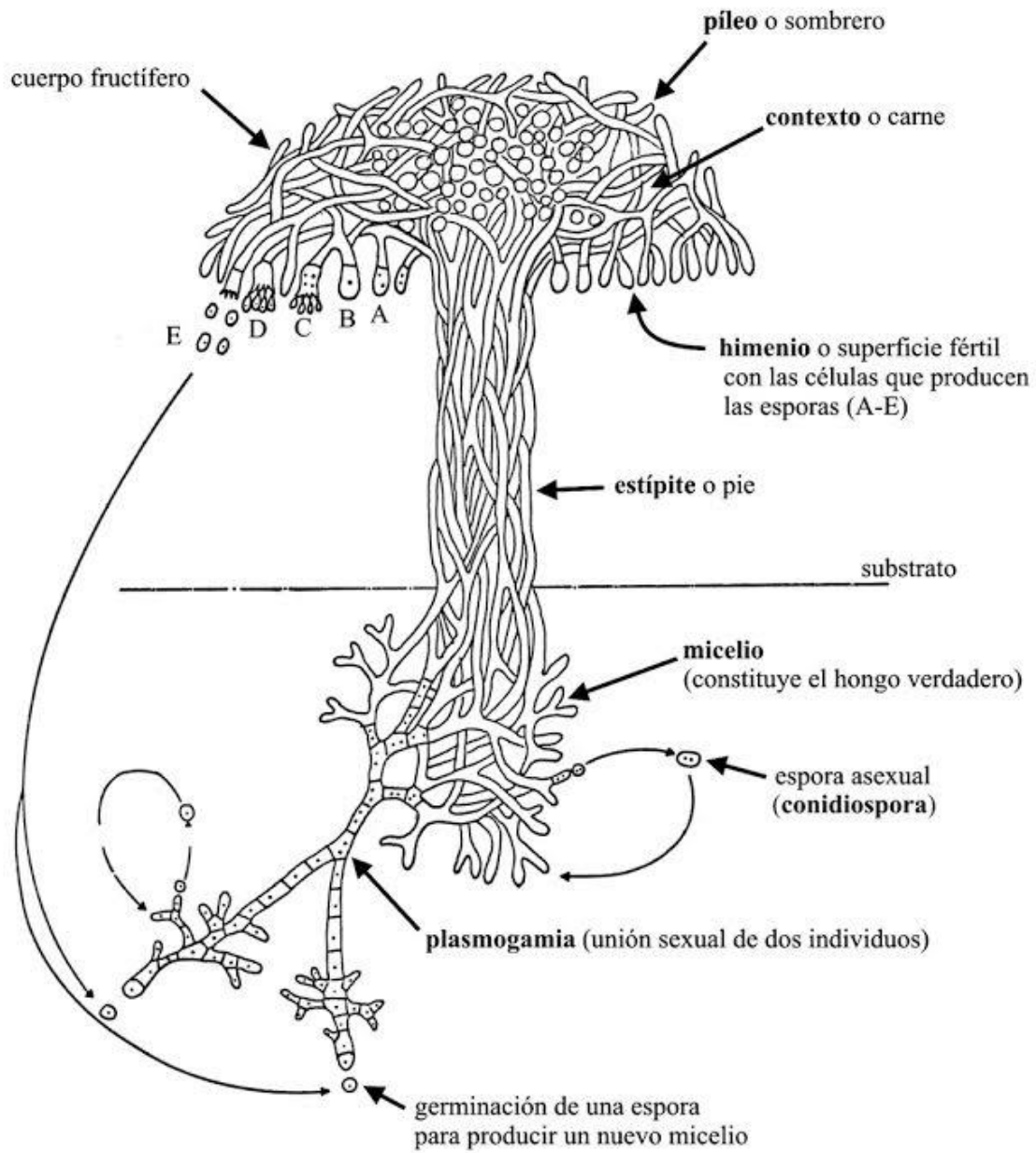
Según Sadrazil (1990), *Pleurotus ostreatus* se cultivó en varias partes de Europa desde 1978 haciendo parte de las seis setas cultivadas pertenecientes a los géneros *Agaricus*, *Lentinula*, *Auricularia*, *Volvariella*, *Flammulina* y *Pleurotus*.

Según lo publicado por García en 1991, *Pleurotus ostreatus* no se cultivó en Europa hasta después de 1960, aunque desde antes se cosechaba para consumo pues se recogían de los troncos de los árboles en descomposición que muchas veces se acercaban a las viviendas donde se les proporcionaba condiciones para la producción de carpóforos. Posteriormente, su cultivo se inició en Francia, Hungría, Italia y Checoslovaquia sobre troncos que se incubaban en zanjas y luego se sometían a riegos para obtener los cuerpos fructíferos.

A principios de los años 90, *Pleurotus ostreatus* ocupaba el segundo puesto entre los hongos más cultivables en el mundo; cinco años después, el 24% de la producción de hongos comestibles en el mundo correspondía a *P. ostreatus* (Matsumoto, 1996). Según Miles y Shang en 1997, la producción total de *P. ostratus* en la última década del siglo XX fue mayor a 250,000 toneladas.

Por otra parte, y con respecto al continente americano se sabe que, en Colombia, el cultivo de *Pleurotus ostreatus* fue iniciado hacia 1990 en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Antioquia, gracias al experto Fabio Pineda. Sin embargo, no fue sino hasta la última década del siglo XX que se conocieron los primeros cultivos rústicos en Antioquia, Caldas y Cundinamarca (Cabrera *et al.*, 1998).

# ESTRUCTURA DE UN HONGO



*Gastón Guzmán*

**Figura 3.** Estructura de un hongo Fuente: (Guzman, 1987)

### 3.5.3 Composición nutricional

*Pleurotus ostreatus* dentro de su composición nutrimental, presenta un alto valor nutritivo como se muestra en la tabla 1, observando un alto porcentaje en minerales, vitaminas y sobre todo en proteínas (Romero *et al.*, 2000). Igualmente presenta un sabor agradable que hace que sea apetecible en diferentes países del mundo. Por su alto contenido proteico, a este hongo se le conocen como “Bistec vegetal”, su proteína es altamente asimilable y además presenta buenas características organolépticas (Fennema, 2000).

**Tabla 1** Composición nutricional de *Pleurotus ostreatus*

Sustancia	%
Agua	92.20
Materia Seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína bruta	39.00
Fibra	7.50
Fibra Cruda	1.40
Nitrógeno total	2.40
Calcio	33 mg/100g
Fósforo	1.34 mg/100g
Potasio	37.93 mg/100g
Hierro	15.20 mg/100g
Ac. Ascórbico	90 – 144 mg/100g
Tiamina	1.16 – 4.80 mg/100g
Niacina	46 – 108.7 mg/100g
Ac. Fólico	65 mg/100g

Fuente: (Romero *et al.*, 2000)

Este hongo posee bajo contenido de sodio, unido al relativamente alto contenido de potasio, lo cual hace que tenga también importancia para padecimientos cardiovasculares y estados de hipertensión, así como para combatir la obesidad (Navarro, 2001). En él están presentes todos los aminoácidos esenciales, es una rica fuente de vitaminas y se han reportado altos contenidos de ácido ascórbico

en diferentes etapas de su crecimiento. Es rico también en ergosterol y vitamina D, así como en minerales como el fósforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre (Potter, 1995).

*Pleurotus* es un género de hongos comestibles ampliamente cultivados en todo el mundo; cuando tienen una variedad de sustratos y condiciones para su desarrollo expresan un gran contenido de macronutrientes y microquímicos. Es una excelente fuente de fibra cruda y  $\beta$ -glucanos (10.3% y 25.9%, respectivamente). Particularmente para *P. ostreatus*, se reporta que cumple con los requisitos nutricionales de todos los aminoácidos esenciales para adultos (López-Rodríguez *et al.*, 2008).

El uso de sustratos para su cultivo, que contienen compuestos bioactivos o complementados con minerales, así como los tratamientos poscosecha son algunas estrategias para aumentar el valor nutraceútico de las especies de *Pleurotus*. *P. ostreatus* contiene proteína de alta calidad y fibra (principalmente  $\beta$ -glucanos) que puede usarse como un ingrediente alimenticio funcional. La bioactividad de los polisacáridos y la funcionalidad depende del grado de polimerización, ramificación y esterificación con sulfatos y otros grupos de sustituyentes (del Pilar *et al.*, 2010).

El género *Pleurotus* posee un perfil químico único con antimicrobianos comprobados, antiviral, anticanceroso, antioxidante, hipolipemiante, hipocolesterolémico, antihiperglicémico y efectos inmunomoduladores (del Pilar *et al.*, 2010).

Se ha demostrado que la harina *Pleurotus* se puede incorporar en productos horneados y productos lácteos sin afectar significativamente sus propiedades funcionales o atributos sensoriales. La elaboración de alimentos procesados complementados con harina de *Pleurotus* es un área de estudio prometedora debido a la mejora en valores nutricionales y propiedades nutraceúticas gracias al alto contenido de fibra que este contiene (Chegwin *et al.*, 2013).

### 3.5.3.1 Fibra y $\beta$ -glucanos

Los hongos comestibles son una excelente fuente de fibra, particularmente los  $\beta$ -glucanos que han sido ampliamente asociados con efectos de salud prebióticos y positivos, como propiedades anti-colesterol, anti-cáncer e inmunomodulador, entre otros (Aida *et al.*, 2009; Zhu *et al.*, 2015). El género *Pleurotus* tiene un alto contenido de fibra bruta y  $\beta$ -glucanos (10.2% y 25.9%, respectivamente). Se ha reportado que las especies pertenecientes al mismo género *P. citrinopileatus* y *P. ostreatus* contienen las mayores cantidades de fibra cruda y  $\beta$ -glucanos (20.7 y 50%, respectivamente) (Pizarro *et al.*, 2014).

Los  $\beta$ -glucanos son polisacáridos compuestos por múltiples unidades de D-glucosa lineales y ramificadas unidas por  $\beta$ -1-3 y 1-6, enlaces. Modificaciones fisicoquímicas de polisacáridos, que realizan los *Pleurotus*, como el grado de ramificación y la adición de grupos sustituyentes (sulfatos, selenatos), influye enormemente en su bioactividad (Li *et al.*, 2015) además la sulfatación de los polisacáridos que realizan los *Pleurotus* ha demostrado aumentar la solubilidad y el efecto antiviral, anticancerígeno, actividades anticoagulantes y antioxidantes (AOX).

Además, ha sido demostrado que *P. ostreatus* pudo unir hasta 44% del selenio absorbido a la pared celular polisacáridos, por lo tanto, representan una importante fuente de selenio orgánico (Serafin-Muñoz *et al.*, 2006; Witkowska, 2015).

El uso de  $\beta$ -glucanos como espesantes, emulsionantes, agentes de retención de agua, aglutinantes de aceite o como fuente de fibra dietética y los prebióticos en la industria alimentaria aumentarán en los próximos años (Kagimura *et al.*, 2015). Sin embargo, los efectos durante el procesamiento de los alimentos deben evaluarse desde los puntos de vista de la química y la bioactividad, ya que dichos nutrientes pierden o modifican su funcionalidad durante el proceso de transformación de materia prima a producto final.

### 3.5.3.2 Contenido y calidad de proteína

Nutricionalmente, la calidad proteica de *P. ostreatus* es uno de sus principales beneficios porque tiene un alto contenido de todos los aminoácidos esenciales, además de su excelente digestibilidad de la proteína. Después de diversos análisis de aminoácidos los perfiles *P. ostreatus* reportados en la literatura, demuestran que este hongo cumple con los requisitos nutricionales de aminoácidos. También se ha comprobado que *P.ostreatus* cumple con los requisitos de treonina, fenilalanina, tirosina, triptófano y lisina debido al alto contenido y calidad de proteína que contiene (FAO, 2011). El aminoácido en menor proporción de *P.ostreatus* es leucina que no cumple con los requerimientos nutrimentales diarios; sin embargo, este aminoácido se puede adquirir fácilmente al suplementar la dieta con cereales (Día, 2013).

### 3.5.3.3 Contenido de minerales

*P. ostreatus* tiene la capacidad de acumular minerales en su interior. Los minerales más abundantes reportados en *P. ostreatus* fueron potasio, fósforo, magnesio, sodio, calcio, hierro, zinc, manganeso y cobre; con valores medios de 2222, 795, 166, 54, 47, 13, 5, 1.3 y 1.2 mg / 100 g, respectivamente (Javaid *et al.*, 2011; Fontes-Vieira *et al.*, 2013; Mallikarjuna *et al.*, 2013; Milovanović *et al.*, 2014). Por otra parte se ha demostrado que este hongo es rico en calcio y puede proporcionar el 33% del valor diario recomendado (1000 mg / 100 g), además son más altos que los valores de almendras (264 mg / 100 g) y col rizada (150 mg / 100 g) (USDA, 2015). El contenido medio de hierro se encuentra con el 71.1% del valor diario recomendado (USDA, 2015). Por otra parte, el mayor contenido de hierro de *P. ostreatus* registrado fue de (83.3 mg / 100 g), siendo 4,62 veces el valor diario recomendado (18 mg / 100 g) (Akyüz *et al.*, 2010). Curiosamente, esta cantidad de hierro es considerablemente más alta que el contenido de carne de cerdo y hígado de res que según el USDA (2015) contiene 23.3 y 4.9 mg Fe / 100 g, respectivamente.

### 3.5.4 Propiedades benéficas en la salud humana

Diferentes beneficios para la salud se han atribuido al consumo de *P. ostreatus* en las últimas décadas. Este tipo de hongos son una fuente importante de compuestos bioactivos que tienen efectos benéficos para la salud humana, entre las que destacan las principales propiedades, anticancerígenas, antihipertensivas, antiinflamatorias, antimicrobianas, antinociceptivas, efectos antioxidantes, antivirales, hipolipidémicos, inmunomoduladores, citoprotectores, antiinflamatorias. Entre los compuestos micoquímicos relacionados con estas bioactividades están polisacáridos, péptidos, proteínas, triterpenos, policétidos, nucleótidos. (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014).

Por otro lado, la incorporación de *P. ostreatus* en polvo en la formulación de alimentos para animales se han utilizado en estudios para demostrar su potencial efecto para reducir la glucosa sérica, la hemoglobina glucosilada total, contenido de colesterol y triglicéridos en un modelo de ratones con deficiencia de receptor de leptina, mientras que aumenta el colesterol HDL (Kim *et al.*, 2010); se observaron reducciones comparables en el perfil lipídico debido a una mayor excreción de colesterol y lípidos en ratas alimentadas con dietas ricas en colesterol (Mircea *et al.*, 2013; Alam *et al.*, 2011). En adición, en una prueba en humanos, se demostró que la ingesta de sopa de tomate con 30 g de *P. ostreatus* seco durante tres semanas redujo significativamente los triglicéridos séricos y los niveles de lipoproteínas de baja densidad oxidadas, en comparación con las contrapartes que solo consumía sopa de tomate (Schneider *et al.*, 2011).

El extracto etanólico enriquecido con compuestos bioactivos de *Pleurotus ostreatus* se ha utilizado con éxito para validar su potencial efecto para reducir niveles de azúcar en la sangre, colesterol, así como marcadores de daño hepático (SGOT y SGPT) y daño renal (Ravi *et al.*, 2013). Además, el extracto de *P. ostreatus* en combinación con crisina (flavonoide) disminuyó los niveles de glucosa en sangre, lípidos, marcadores hepáticos y aumento de los parámetros de actividad antioxidante de ratas hipercolesterolémicas (Anandhi *et al.*, 2013).



Se han reportado estudios de un extracto de un polisacárido hidrosoluble de *Pleurotus ostreatus* tiene efectos sobre las células de cáncer. El extracto se obtuvo de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* por extracción con agua caliente, la precipitación con etanol y el fraccionamiento por DEAE-celulosa de intercambio iónico y CL-6B cromatografía de filtración en gel de Sepharose. Ensayos de citotoxicidad mostró que presenta actividad antitumoral contra las células tumorales (Patel & Goyal, 2012).

### **3.6 Fibra Dietética Soluble**

La fibra soluble en contacto con agua forma un retículo donde ésta queda atrapada, dando lugar a soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte de su potencial anticarcinogénico. Dada la capacidad de la FDS de formar geles, tiene la propiedad de retardar la evacuación gástrica, lo que a su vez hace más eficiente la digestión y absorción de los alimentos, generando una mayor sensación de saciedad (Tiwari *et al.*, 1997). Dentro de este grupo se encuentran gomas, mucílagos, algunas pectinas, ciertos tipos de hemicelulosas y polisacáridos solubles.

## 4. JUSTIFICACIÓN

El consumo excesivo de productos procesados con contenido calórico elevado como son los productos de panificación han provocado la incidencia de algunas enfermedades de tipo crónico, como son la diabetes, obesidad e hipertensión, debido a su alto contenido de carbohidratos y de grasa, a su vez que presentan un contenido de fibra pobre lo que agrava aún más los problemas antes mencionados, además del uso de harinas refinadas las cuales son deficientes en el contenido de algunos amino ácidos esenciales, lo que los hace un alimento con bajo valor nutricional. Por otro lado la utilización de materias vegetales como los hongos setas son una opción importante que pueden ser agregados a productos como los de panificación que ayuden a mejorar la calidad nutrimental de dichos productos incrementando los niveles de fibra y proteína, lo cual puede llevar a la disminución de presencia de estas enfermedades en las personas.

A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que la mayoría de los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales. Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados) y bajo contenido de calorías y carbohidratos. También se caracterizan por tener propiedades medicinales conocidas como generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Romero *et al.*, 2000).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Elaborar diferentes productos de panificación, adicionando a la formulación harina de setas (*Pleurotus ostreatus*) para contribuir a la mejora de sus propiedades nutrimentales.

### **5.2 Objetivos específicos**

1. Obtener y caracterizar bromatológicamente la harina de setas.
2. Elaborar 3 diferentes productos de panificación, incorporando la harina de setas.
3. Evaluar la textura de los distintos productos.
4. Caracterizar bromatológicamente los 3 productos propuestos.
5. Evaluar la aceptabilidad de los 3 productos propuestos mediante un análisis sensorial.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 Materiales**

Las harinas de setas del genero *Pleurotus ostreatus* fueron donadas por el productor de Setas Monarca ubicado en la Ciudad de Tulancingo, Hidalgo. Una vez en el laboratorio las harinas fueron molidas en un molino para café y pasadas por tamices de malla cieff hasta obtener un tamaño de partícula de 120 µm. Posteriormente fueron almacenadas en bolsas de polietileno con cierre hermético (Ziploc®) y almacenadas en oscuridad y en un lugar fresco y seco hasta su uso.

Los materiales como azúcar, harina de trigo San Blas®, huevo San Juan®, mantequilla Iberia®, leche en polvo Alpura®, esencia de vainilla Duche® y polvo para hornear Royal®, fueron adquiridos en un mercado local y almacenados en las mismas condiciones que las harinas de seta.

Como galletas control se realizaron las formulaciones de cada uno de los productos pero sin la harina de setas, bajo las mismas condiciones de horneado que contenian harina de setas.

### **6.2 Análisis proximal de las harinas de setas y de las galletas**

Se realizaron los análisis bromatológicos para la harina de setas y los productos elaborados a partir de la misma.

#### **6.2.1 Determinación de Humedad**

Se determinó el contenido de humedad en las muestras, por el método 925.10 de la AOAC (2006). Se colocaron 3 g de muestra en una charola de aluminio y se introdujeron en una estufa a 105 °C por 4 h. Luego se dejaron en un

deseCADador para alcanzar una temperatura ambiente, por último, se procedió a pesar la muestra. El análisis se realizó por triplicado. El cálculo del porcentaje de humedad se determinó con la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{P_o - P_f}{m} \times 100$$

Dónde:  $P_o$ =Peso de la muestra inicial (g);  $P_f$ = peso final muestra seca (g);  $m$ = peso de la muestra fresca (g).

### 6.2.2 Determinación de Cenizas

Para la determinación de cenizas, se utilizó el método 942.05 de la AOAC, basado en la calcinación de la muestra en mufla a 550 °C/4h (AOAC, 2006).

Previo a la calcinación se hace un proceso de pre-calcinado en los crisoles con las muestras pesadas en una placa de calentamiento, esto es con el fin de retirar la mayoría de los agentes volátiles. Posteriormente se pasó a la mufla a las condiciones dadas. Pasado el tiempo, se retiran los crisoles de la mufla y se ingresaron al desecador para finalmente calcular gravimétricamente este parámetro.

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

Dónde:  $P_f$ = peso del crisol con la muestra después de incinerada (g);  $P_o$ =Peso del crisol a peso constante (g);  $m$ = peso de la muestra fresca (g).

### 6.2.3 Determinación de Grasa cruda

La determinación de grasa se realizó por el método de la AOAC 963.39B (2006), basado en un método gravimétrico. Se ingresó la muestra seca al equipo Soxhlet, junto con 150 mL de éter de petróleo, el cual al ser calentado a 65 °C

provocó su evaporación seguida de una condensación para arrastrar la grasa de la muestra hacia el matraz. El proceso de extracción tuvo una duración de 5 h, pasado el tiempo se evaporó el solvente y se pesó el matraz para el cálculo de la grasa del producto. El porcentaje se calculó con la siguiente ecuación:

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

Dónde: P<sub>f</sub>: peso del matraz con grasa; P<sub>o</sub>: peso del matraz vacío; m: peso de la muestra seca.

#### **6.2.4 Determinación de Proteína**

##### ***Digestión***

En un tubo de digestión Kjeldahl se colocaron 70 mg de muestra previamente desgrasada, 0.5 g de sulfato de potasio (para aumentar el punto de ebullición del ácido sulfúrico) y 3 mL de mezcla digestiva. El tubo se colocó en el digestor durante 15 min a 370°C. Posteriormente, se enfrió y se le adicionaron 1.5 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%, se volvió a colocar en el digestor a 370°C y se mantuvo así hasta el final de la digestión (el contenido se observa completamente translúcido, sin partículas negras en suspensión, que indican materia orgánica no digerida), la solución se torna de color azul verdoso. A la par, se analizó un blanco preparado de la misma forma, pero sustituyendo la muestra por sacarosa.

##### ***Destilación***

La muestra digerida se somete a destilación. El destilador automático se programó para adicionar al contenido del tubo 5 mL de NaOH al 50%, con un tiempo de destilación de 5 minutos al 60% de potencia de vapor. El destilado se recolectó en un matraz Erlenmeyer que contenía 50 mL de solución indicadora.

##### ***Valoración***

El contenido del matraz de recolección se valoró con HCl 0.01 N hasta el vire de verde esmeralda a café rojizo.

El porcentaje de proteína se calcula mediante las fórmulas siguientes:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times meq \times 100}{m}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times F$$

Dónde: P =Volumen gastado en la valoración de la muestra (mL); B=Volumen gastado en la valoración del blanco (mL); N=Normalidad del HCl; meq =mili equivalente de nitrógeno (0.014); m=Peso de la muestra (g); F=Factor de conversión.

#### **6.2.5 Determinación de Fibra**

##### ***Digestión ácida***

Por triplicado se pesaron 2 g de muestra (W), con un contenido de grasa menor al 10%, se transfirieron a un vaso de Berzelius de 600 mL. Se adicionaron 200 mL de una solución caliente de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1.25 % y una gota de antiespumante. Se colocó el vaso en el aparato de digestión con refrigerante y se mantiene en reflujo durante 30 minutos, rotando el vaso periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes. Se removió el vaso de Berzelius del equipo y el contenido se filtra en un embudo Buchner sobre tela de lino, enjuagando el vaso con 50 mL de agua caliente. Se lavó el material insoluble con 3 porciones de 50 mL de agua caliente, usando succión ligera. El exceso de agua se eliminó por succión.

##### **Digestión básica**

El material del embudo se recuperó cuantitativamente y se colocó de nuevo en el mismo vaso de Berzelius. Se adicionaron 200 mL de solución caliente de NaOH al 1.25% y una gota de antiespumante y se colocó en el aparato de digestión con refrigerante. Se llevó a reflujo durante 30 minutos.

Se removió el vaso de Berzelius del digestor. Se filtró el contenido en un embudo Buchner, utilizando la misma tela del apartado anterior. Se lavó el residuo con 25 mL de solución caliente de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1.25% y con 3 porciones de 50 mL de agua destilada. El residuo se deshidrató parcialmente con 25 mL de etanol al 95%.

Se transfirió la muestra, junto con la tela de lino, a un crisol a peso constante y se introdujo a una estufa de secado a temperatura de 105°C durante 1 hora. Se atempera el crisol en un desecador por 20 minutos y una vez obtenido el peso constante, se registra (P1).

El contenido del crisol se incineró en una parrilla de calentamiento hasta que la muestra ya no desprendiera más humo. Posteriormente, se colocó en una mufla a 550°C hasta obtener un color homogéneo de las cenizas y un peso constante del crisol (P2). El tiempo de calentamiento a 550°C es de aproximadamente 6 h. Se realiza el procedimiento para una muestra blanco, la cual sólo consistirá en un filtro de tela de lino del mismo tamaño que se usó anteriormente.

El porcentaje de fibra se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Fibra bruta} = \frac{P_1 - P_2}{W} \times 100$$

Dónde: P1=peso del crisol antes de la incineración (g); P2=peso del crisol después de la incineración (g); W=peso inicial de la muestra (g).

### **6.3 Elaboración de diferentes productos.**

Se propusieron y elaboraron tres formulaciones diferentes de productos de panificación, (polvorón, Drop cookies y barritas), esto con la finalidad de diversificar los productos y encontrar el producto que diera una mejor calidad en cuanto a parámetros sensoriales se refiere y conseguir de esta manera un mayor nivel de agrado y posible aceptación por parte del consumidor.



Para fijar el porcentaje de harina de seta se utilizó un porcentaje sustitución de la harina de trigo del 30% por harina de setas ya que en estudios previos en el laboratorio se observó que a partir de dicho porcentaje, el sabor de la harina de setas era menos perceptible y por lo tanto era el adecuado para realizar los productos.

### 6.3.1 Galleta tipo polvorón

En la tabla 2 se muestran los ingredientes utilizados. Una vez pesados, se mezclaron los ingredientes secos, excepto el azúcar como se describe a continuación.

En un recipiente diferente se colocó, la manteca vegetal (a temperatura ambiente) se puso a acremar durante 2 minutos en una batidora manual (American, modelo 9975) en la cuarta velocidad. Una vez que la manteca este acremada se mezcla poco a poco el azúcar, se agregó la clara del huevo hasta que la masa sea homogénea y todo este mezclado, finalmente se agregó el saborizante líquido.

**Tabla 2.** Ingredientes para la formulación de galleta tipo polvorón

INGREDIENTES	g o mL	% base húmeda
Harina de trigo	1000	25
Harina de seta	440	11
Manteca vegetal	680	17
Azúcar	520	13
Saborizante	40	1
Clara de huevo	1 pieza	15
Polvo para hornear	40	1
Nuez	440	11
Canela	40	1
Agua	200	5

Finalmente se agregaron los demás ingredientes secos poco a poco mezclando con un batidor de palas hasta que se obtuvo una masa no pegajosa ni muy seca. Posteriormente, se dejó enfriar la masa unos 5 minutos y se dejó media hora en refrigeración. Una vez fría se procedió a extender la masa hasta aproximadamente 2 cm de grosor, se cortó con un cortador de galleta, se colocó en una charola previamente engrasada y se horneó en un horno (LOBOMX institucional chefcito modelo LI4QHPG) de 10 a 15 minutos a 180 °C o hasta que la parte posterior de las galletas se vean ligeramente doradas.

### **6.3.2 Drop cookies**

Se midieron y pesaron los ingredientes que se muestran en la tabla 3, posteriormente se mezclaron los ingredientes secos, excepto el azúcar tal como se describe a continuación.

La manteca vegetal (a temperatura ambiente) se puso a acremar durante 2 minutos en una batidora manual (American modelo 9975) en la cuarta velocidad. Una vez que la manteca estuvo bien cremada se mezcló poco a poco el azúcar hasta asegurarse de que estuvo completamente bien mezclada y la masa no quedara grumosa, se mezcló y agregó la miel. Posteriormente se agregó la clara de un huevo hasta que la masa fuera homogénea y todo estuviera bien mezclado. Se realizó con un batidor de globo.

Se agregaron los demás ingredientes secos de uno en uno mezclando con un batidor de palas hasta tener una masa no pegajosa ni muy seca. Con una cucharilla medidora redonda se midieron pequeñas cantidades de masa y se vertieron sobre una charola previamente engrasada y se puso a hornear en un horno (LOBOMX institucional chefcito modelo LI4QHPG) de 10 a 15 minutos a 180 °C o hasta que la parte posterior de las galletas se viera ligeramente doradas.

**Tabla 3.** Ingredientes para la formulación de drop cookies

INGREDIENTES	g o ml	% base húmeda
Harina de trigo	960	24
Harina de seta	400	10
Manteca vegetal	640	16
Azúcar	720	18
Huevo entero	800	20
Polvo para hornear	40	1
Saborizante	40	1
Miel	400	10

### 6.3.3 Barritas

Se midieron y pesaron los ingredientes que se muestran en la Tabla 4, posteriormente se mezclaron los ingredientes secos, excepto el azúcar como se describe a continuación.

La manteca vegetal (a temperatura ambiente) se puso a acremar durante 2 minutos en una batidora manual (American modelo 9975) en la cuarta velocidad. Una vez que la manteca estuvo bien acremada se mezcló poco a poco el azúcar hasta asegurarse de que estuvo completamente bien mezclada y la masa no quedara grumosa, se mezcló y agregó la miel. Posteriormente se agregó la clara de un huevo hasta que la masa fuera homogénea y todo estuviera bien mezclado. Se realizó con un batidor de globo.

Se agregaron los demás ingredientes secos de uno en uno mezclando con un batidor de palas hasta tener una masa no pegajosa ni muy seca. Se dejaron pasar 5 minutos para que se enfrié la masa o media hora en refrigeración la extendemos aproximadamente 2 cm de grosor se cortó con un cortador de galleta y la colocamos en una charola previamente engrasada la ponemos a pre-hornear de 8-10 minutos a 180 °C. Una vez pre-horneada la barrita se saca del horno en un horno (LOBOMX institucional chefcito modelo LI4QHPG) y se dejó enfriar por aproximadamente una hora y se colocó encima la cobertura de

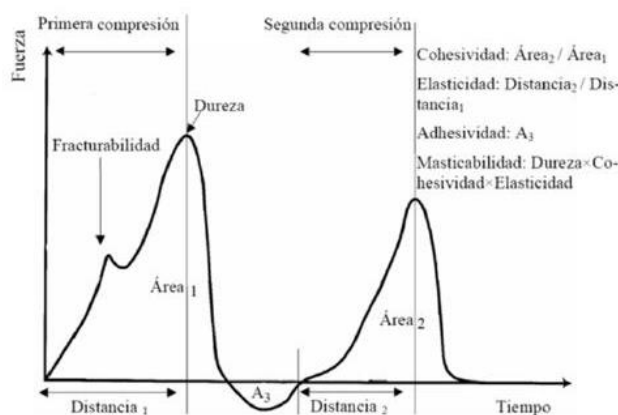
manera uniforme, posteriormente se regresaron a hornear por otros 5 minutos o hasta que la cobertura se viera ligeramente seca.

**Tabla 4** Ingredientes para la formulación de barras

INGREDIENTES	g o ml	% base húmeda
Harina de trigo	1280	32
Harina de Seta	560	14
Manteca vegetal	760	19
Azúcar	520	13
Leche en polvo	160	4
Polvo para hornear	40	1
Clara de huevo	600	15
Canela en polvo	40	1
Saborizante	40	1

## 6.5 Evaluación de textura

Se realizó un perfil de textura (TPA) a cada muestra por triplicado, usando un texturómetro TA-xt Plus (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido), con una sonda para medir masticabilidad (Light Knife Blade; Code: A/LKB), velocidad de penetración 10 mm/s, y 50 % de compresión, por triplicado con el objetivo de determinar el efecto de la sustitución de la harina de trigo en cada uno de los productos elaborados con respecto a su control. En la figura 4 se muestra la gráfica general del análisis del perfil de textura (Hleap et al., 2010).



**Figura 4.** Gráfica general de perfil de textura (Hleap et al., 2010)

## **6.6 Evaluación sensorial**

Se realizaron pruebas sensoriales, con la finalidad de poder predecir la posible aceptación, de las diferentes formulaciones propuestas por parte del consumidor. Dichas pruebas fueron de nivel de agrado, que es una prueba orientada al consumidor pues este tipo de pruebas generalmente indican el posicionamiento de nuevos productos que se desean posicionar en el mercado (compra y consumo) (Watts, *et al.*, 1995).

### **6.6.1 Selección de los jueces**

Para la prueba se utilizó un panel conformado por 20 jueces no entrenados, hombres y mujeres, consumidores habituales de galletas, de edad comprendida entre 18 y 25 años siguiendo la metodología establecida por Anzaldúa-Morales (1994).

### **6.6.2 Preparación de las muestras**

Cada formulación fue evaluada simultáneamente mediante una prueba hedónica de nueve puntos; todas las muestras analizadas se codificaron con números de tres dígitos elegidos al azar y se colocaron en material desechable, manteniéndolas en un lugar libre de humedad. Las pruebas se realizaron 24 horas después de la elaboración de los productos las cuales se almacenaron en bolsas plásticas de sello hermético tipo Ziploc en un lugar seco y fresco.

### 6.6.3 Prueba de nivel de agrado

Esta prueba sensorial afectiva es una de las más usadas para la medición de la posible aceptación de un producto en el mercado y se aplicó utilizando una escala hedónica verbal numérica de nueve puntos donde se le preguntó a cada juez el grado de satisfacción que la galleta le producía (Watts *et al.*, 1992; Anzaldúa-Morales, 1994). La ficha de cata utilizada se muestra en la Figura 5.

Ficha de cata	Fecha: _____							
Edad: _____								
Género: _____								
En frente de usted se encuentran 3 muestras de galletas, pruebe empezando de izquierda a derecha e indique el nivel de agrado que cada una le origina, poniendo el código en el número correspondiente siendo 9 (“me gusta bastante”); 8 (“me gusta mucho”); 7 (me gusta moderadamente”); 6 (“me gusta poco”); 5 (“no me gusta ni me disgusta”); 4 (“me disgusta un poco”); 3(“me disgusta moderadamente”) 2 (“me disgusta mucho”) y 1 (“Me desagrada bastante”).								
9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Figura 5** Ficha de cata para una prueba sensorial hedónica de 9 puntos

### 6.6.4 Análisis e interpretación estadística

El análisis estadístico de los datos obtenidos en esta prueba se efectuó a través de un ANOVA y una prueba de Tukey (con una confiabilidad del 95%), utilizando el software Minitab versión 17.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Caracterización bromatológica del hongo fresco (análisis proximal)

En la tabla 5 se muestran los resultados del análisis proximal realizado a las muestras de hongo fresco *Pleurotus ostreatus* y deshidratado, Se puede observar que la muestra analizada de *Pleurotus ostreatus* fresco contiene un porcentaje similar de humedad, y proteína (89.2%, 27.66%) en comparación a lo reportado por Romero *et al.*, 2000 (90.8%, 30.4%); sin embargo, se encontró que el porcentaje de fibra fue ligeramente mayor (11.03%) en comparación con lo reportado por Romero, *et al.*, 2000 (8.7%). Esto puede deberse a las condiciones de cultivo, ya que las condiciones varían desde el ambiente como tal hasta los nutrientes donde se cultiva, tal cual lo mencionan Atlas y Bartha (2002) que los nutrientes y sustratos disponibles durante las etapas de crecimiento y desarrollo del hongo son importantes para cultivar y cosechar *Pleurotus ostreatus* con un valor nutricional alto ya que debe contener durante su crecimiento y desarrollo una matriz de residuos agrícolas rica en sustratos constituidos principalmente de compuestos lignocelulósicos., debido a que durante su crecimiento y desarrollo el hongo dentro de su metabolismo cuenta con enzimas lignocelulósicas capaces de degradar la lignocelulosa de los residuos agrícolas para obtener glucosa como fuente de carbono.

Así mismo, en la tabla 5 se puede observar los análisis realizados a la harina de setas y a las setas frescas, observando una menor cantidad de proteínas, grasa, fibra y cenizas ( $19.8 \pm 0.78$ ,  $1.98 \pm 0.12$ ,  $7.4 \pm 0.55$  y  $7.73 \pm 0.05$  respectivamente) en el producto deshidratado con respecto a la muestra fresca que se analizó ( $27.66 \pm 1.92$ ,  $3 \pm 0.62$ ,  $11.03 \pm 2.43$  y  $10.4 \pm 0.09$ ) este comportamiento puede deberse a que muy posiblemente y dado a que son dos lotes diferentes de setas y que el proceso de deshidratación de la muestra proporcionada pudiera haberse llevado a cabo a condiciones de temperatura no controlada lo que podría haber provocado la pérdida o degradación de algunos componentes en especial de proteína (Siwulzki, *et al.*, 2013). Sin embargo sigue siendo lo suficientemente alta como para que represente un fuente importante de proteína vegetal y fibra en

contraste con productos vegetales con cantidades reducidas de los mismos

**Tabla 5.** Composición proximal de *Pleurotus ostreatus* (Fresco y deshidratado)

Parámetro determinado	Fresco	Deshidratado
	%BH	%BH
Humedad	89.20±0.4	12.22
Cenizas	1.06±0.01	6.78±0.04
Grasa	0.32±0.06	1.73±0.10
Proteína	2.93±0.20	17.78±0.69
Fibra cruda	1.16±0.25	6.36±0.47
Carbohidratos	5.01	53.9
Azúcares	1.05±0.03	8.33±0.79
Contenido energético (Kcal)	34.64	258.85

Dónde:

%BH= Porcentaje en base húmeda

## 7.2 Caracterización bromatológica de los Productos (análisis proximal)

Después de realizar la formulación de los productos se cuantificaron sus componentes nutricionales obteniendo los resultados de la Tabla 6, en esta se observa que la composición nutricional y aporte calórico (473.54 Kcal, 318.73 Kcal, 368.6 Kcal) de las formulaciones propuestas, es diferente, debido a la gran diversidad y mezcla de ingredientes utilizados para el desarrollo de cada una de ellas; sin embargo, el contenido proteico de todas las propuestas desarrolladas por tipo de galleta (8.17, 12.25, 12.27) es significativamente mayor al de productos de la misma clase que se encuentran en el mercado según lo reportan Kolawole, *et al.* (2018) y Parvinder, *et al.* (2017) donde los valores de las galletas de harina de trigo comercial van desde 4.08% a 5.66%, y dentro de las mismas formulaciones las que mostraron un mayor contenido de proteína fueron las drop cookies y las barritas (12.25% y 12.27%, respectivamente) que aunque en porcentaje la adición de harina de setas es similar (30%), según se observa en las tablas de las distintas formulaciones, durante el horneado de estas últimas la pérdida de humedad es la principal razón por la cual la concentración de las proteínas es mayor en estos dos productos. De esta manera el incremento en el



contenido de proteína se debe al enriquecimiento del producto con harina de *Pleurotus ostreatus*, como a su vez lo reportan Kolawole, *et al.* (2018) al utilizar harina de *Pleurotus tuberregium* y reportar contenidos de proteína de 9.53% a 11.02% en porcentajes de 20% y 30% de sustitución de harina y por lo tanto un aumento en los requerimientos nutricionales el cual se ve reflejado principalmente en proteína bruta, mientras que al enriquecer nuestros productos con el 30% de harina de *Pleurotus ostreatus* alcanzaron valores desde 8.17% a 12.27% de proteína en los mismos observándose entonces que los productos agregados con *Pleurotus ostreatus* pueden ser competitivos en cuanto al contenido de proteína se refiere en comparación con otros hongos como el reportado por estos autores.

En lo que respecta al contenido de grasa, el polvorón fue el que mostró un mayor contenido final con alrededor de 40% mientras que para las drop cookies este valor fue de 31% y de 28% para las barritas respectivamente, por su parte Kolawole, *et al.* (2018) realizaron galletas con *Pleurotus tuberregium* reportando un porcentaje de grasa de 10.44%, lo cual es mucho menor a la formulación propuesta en este trabajo (28.60-40%). Esto se debe a dos principales factores: mayor cantidad de harina de setas (30%) y a que en nuestra propuesta se ocupan ingredientes que pueden aumentar la cantidad de grasa, tales como: nuez, manteca vegetal y mantequilla.

Según Huang, *et al.* (2014) el hongo del género *Pleurotus* es una importante fuente de fibra por si sola al contener hasta 16.7%. Las galletas convencionales contiene cantidades de fibra aproximadamente del 1.01%, al ser adicionado el hongo en la fórmula se obtiene un aumento en la cantidad de fibra en las galletas que va desde 1.27- 2.72%, como se puede observar en la tabla 6, la formulación con mayor cantidad de fibra son las drop cookies alcanzando un 2.72% de fibra cruda debido el porcentaje de sustitución de harina utilizado.

**Tabla 6.** Composición proximal de los distintos productos

Parámetro determinado (%)	Drop Cookies	Polvorón	Barritas
	%BH	%BH	%BH
Humedad	2.48	19.86	19.60
Cenizas	2.99 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.98 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.98 ± 0.008 <sup>a</sup>
Grasa	39.02 ± 0.78 <sup>a</sup>	25.01 ± 0.48 <sup>b</sup>	23.00 ± 1.93 <sup>c</sup>
Proteína	7.97 ± 1.85 <sup>b</sup>	9.82 ± 0.25 <sup>a</sup>	9.87 ± 1.52 <sup>a</sup>
Fibra cruda	1.24 ± 0.48 <sup>a</sup>	1.49 ± 0.18 <sup>b</sup>	1.21 ± 0.22 <sup>c</sup>
Carbohidratos	45.7	39.99	41.07
Azúcares	11.7 ± 0.47 <sup>a</sup>	11.84 ± 0.51 <sup>b</sup>	8.20 ± 0.28 <sup>c</sup>
Contenido energético (Kcal)	473.54	318.73	368.6

Los valores que no comparten una letra en la misma fila son significativamente diferentes.

Dónde:

%BH= Porcentaje en base húmeda

En comparación con los niveles de fibra cruda reportado por Kolawole, *et al.* (2018) las formulaciones aquí ensayadas obtuvieron valores menores principalmente para las barras y los polvorones (1.27% y 2.20% respectivamente). Posiblemente dicho comportamiento se debe a la variedad del hongo utilizado (*Pleurotus tuberregium* 13%, *Pleurotus ostreatus* 20%).

Según lo reportado por Kolawole, *et al.* (2018) una galleta de harina de trigo contiene un 62% de carbohidratos. Al integrar la harina de setas en la formulación se obtiene una disminución en los carbohidratos de hasta 15.14%, siendo la formulación del polvorón la que obtuvo una menor cantidad de los mismos (46.86%), esto debido a la integración de otros ingredientes en su formulación. Fetuga *et al.* (2014) reportaron que uno de los azúcares más abundantes en las galletas es la sacarosa, pero al sustituir la harina de trigo por la harina de setas este azúcar se ve disminuido, aunque el mismo resulta ser importante para las características organolépticas de las galletas, al ser las que propician la aparición de colores característicos y deseables de las mismas y que lo hacen sensorialmente atractivas.

## **7.2 Evaluación de textura**

En la tabla 7 se pueden observar los resultados de la prueba de masticabilidad que se realizó a las galletas tipo polvorón sustituidas con harina de seta y a las galletas con formulación original con harina de trigo que son nuestro blanco, donde se observó que hay una diferencia significativa entre lo que es el control y la galleta con *Pleurotus ostreatus* (2.09E-03, 3.69E-03 respectivamente) lo que nos muestra que en esta formulación la sustitución de la harina de trigo por la de setas parece afectar significativamente este parámetro dando como resultado que muy posiblemente y aunque los niveles de proteína y fibra se pueden ver beneficiados, si afecta de manera importante la textura que está relacionada con un polvorón.

Esto también nos indica que la galleta tipo polvorón tendría que reformularse en cuanto al contenido de harina sustituido con la finalidad de conseguir una textura más crujiente y por lo tanto más parecida a un polvorón normal o comercial.

Para el producto tipo drop cookies se puede observar que la fuerza en Newtons es similar para ambas muestras lo que indica que no hay una diferencia significativa ( $1.04E-03 \pm 4E-5$ ,  $1.20E-03 \pm 2E-4$ ) entre ambas en cuanto a pruebas de masticabilidad lo que nos indica que en esta formulación no se ven afectadas de manera importante las propiedades de textura por la adición de harina de setas en el producto y que por lo tanto el porcentaje de harina de setas manejado para este tipo de galletas es adecuado para conseguir equipararse en cuanto a la textura a la de una galleta de harina de trigo. Adicionalmente al porcentaje de harina de setas sustituido la galleta tiene dentro de su formulación huevo, lo cual puede haber facilitado la sustitución de las harinas sirviendo como un amortiguador de humedad en el sistema, permitiendo que la textura no se viera significativamente afectada.

En el caso de las barritas existe una diferencia significativa entre las 2 formulaciones de galletas ya que la formulación con setas fue necesaria una menor cantidad de fuerza con el texturómetro ( $4.97E-05 \pm 1E-06$ ;  $1.61E-04 \pm 7E-06$ ), lo que indica que la textura de la barrita sustituida con harina de setas tiene una textura más blanda tal vez no tan característica a una barrita, pero si más cercana a una especie de panecillo, esto pudo deberse a que la cantidad de manteca vegetal y azúcar es significativamente mayor que en las demás formulaciones de las galletas, lo que produciría una galleta mucho más suave que lo deseado en un barrita elaborada con harina de trigo.

Tabla 7. Análisis de textura para los 3 productos

Fuerza necesaria (N)		
Producto	Harina de setas	Control
Polvorón	2.09E-03 ± 9E-5 <sup>a</sup>	3.69E-03 ± 1.9E-4 <sup>b</sup>
Drop cookies	1.04E-03 ± 4E-5 <sup>c</sup>	1.20E-03 ± 2E-4 <sup>c</sup>
Barritas	4.97E-05 ± 1E-06 <sup>d</sup>	1.61E-04 ± 7E-06 <sup>e</sup>

Los valores que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Un factor importante en la caracterización de textura en galleta es el contenido de humedad ya que si tienen menor contenido de humedad resultan más duras y por lo tanto se necesita más fuerza para lograr una fracturación (De simas *et al.*, 2009). Por lo tanto, para que se pueda producir una galleta con un adecuado nivel de dureza, la adición de ingredientes que logren atrapar el agua dentro de su estructura, tales como proteínas y fibra contribuyen a disminuir la fracturación y la firmeza de la galleta, por lo que la adición y proporción de estos ingredientes va a depender del tipo de galleta que se esté elaborando (Parvinder, *et al.*, 2017) tal cual se observó en la obtención de cada una de las formulaciones, donde la galleta tipo polvorón sustituida con harina de setas aunque tenía una humedad muy baja (2.48%) no fue suficiente para producir la misma textura que la galleta de trigo.

Por otro lado, según lo reportado por Yilmaz *et al.*, (2015) el aire que se pueda encontrar dentro de las galletas puede llegar a distorsionar la lectura instrumental de textura ya que el aire ejerce una fuerza que se opone y logra producir un error en los datos en la pendiente ascendente de la curva, por lo que la calidad en las mediciones se pueden ver afectadas aun en una misma formulación. Las distintas formulaciones o productos obtenidos también pueden presentar estas variaciones ya que son muy diferentes unas de otras tal como ya se observó en la composición nutrimental y contenido calórico (tabla 6) además de que el proceso de obtención también varía por lo que se puede llegar a incorporar más aire en una galleta tipo drop cookies por ejemplo que los otros dos productos elaborados tal cual se observa en la tabla 7.

Sin embargo y a pesar de la variabilidad se observó una tendencia consistente en cada uno de los productos elaborados.

Por otra parte, según Khilberg *et al*; 2004 los factores determinantes para obtener un producto de panificación con una textura idónea son la cantidad y calidad de proteína que se encuentra en el sistema alimentario por lo que al enriquecer nuestro producto con una fuente extra rica en proteína se mejora también la calidad del mismo generando una estabilidad en el sistema alimentario.

Otros ingredientes dentro de los productos de panificación que contribuyen a mejorar parámetros de textura son el huevo el cual contribuye con lípidos polares los cuales mejoran el volumen de la masa para así también mejorar la textura del producto final gracias a sus propiedades, emulsificantes, gelificantes y coagulantes (Hoseney, 1983), tal cual se observó en el caso de las galletas drop cookies con harina de seta donde fue evidente que la presencia del huevo completo contribuyo de manera importante a obtener una textura muy similar a la galleta realizada con harina de trigo.

La cantidad de proteína (gluten) disponible en la harina de trigo para ligar agua en la mezcla de la galleta tiene una influencia muy importante en la textura de la galleta (Mudgil, 2016).

Al igual el tiempo de horneado es un factor importante en la textura de las galletas, ya que un horneado prolongado provoca la pérdida de humedad en la galleta lo que hace que la misma tenga una textura crujiente, además la relación directa de las proteínas no desnaturalizadas en la retención del agua en la masa (Deepak, *et al.*, 2016), por lo tanto sería recomendable para el caso de las barritas que observaron una textura más suave el incremento o el manejo en los parámetros de horneado pueden mejorar este parámetro de dureza.

### 7.3 Análisis sensorial de las galletas elaboradas con harina de setas

Los resultados obtenidos para cada propuesta de formulación fueron tabulados de tal manera que permitieran ser analizados mediante un ANOVA, generando los resultados que se muestran en las Tablas 8 y 9 los cuales se trataron mediante la metodología descrita por Watts *et al.*, (1995). En la Tabla 8 se observan los resultados por tipo de producto y su clasificación según la escala hedónica propuesta por la metodología de Watts *et al.* (1995) (9=Me gusta bastante; 1=me desagrada bastante). En esta tabla se puede observar de forma general que las galletas tipo drop cookies fueron las que obtuvieron puntuaciones más altas en sus atributos sensoriales con calificaciones de 9 (Me agrada bastante) en su mayoría mientras que las que menor puntuación obtuvieron fueron las barritas con puntuaciones de hasta 1 (Me desagrada bastante).

Tabla 8. Escala hedónica de nueve puntos de las propuestas desarrolladas

Escala	Drop cookies	Cookies	Barritas
9	6	1	0
8	5	2	0
7	4	5	5
6	5	1	7
5	0	3	3
4	0	4	4
3	0	3	0
2	0	1	0
1	0	0	1
Total	20	20	20

Por otro lado en la tabla 9 se observan los resultados obtenidos por cada panelista y la tabulación de su medias para realizar el análisis estadístico pertinente. Las pruebas realizadas se llevaron a cabo con la finalidad de poder conocer la aceptación de dichos productos por parte del consumidor, dichas pruebas se realizan cuando se pretende desarrollar un producto nuevo o bien cuando se modifica la composición en una formulación (Watts *et al.*, 1995).

Las diferentes formulaciones obtenidas mediante la adición de *Pleurotus ostreatus* resultaron de interés por parte del consumidor, pues en las últimas décadas se ha intentado consumir productos innovadores que además de satisfacer las necesidades del consumidor, sean de un aporte nutricional que beneficie la salud del consumidor.

Tabla 9. Resultados tabulados del análisis sensorial de las muestras analizadas

Panelistas	Drop Cookies	Cookies	Barritas	Total de panelistas	Media de los panelistas
1	7	6	5	18	6.00
2	6	6	4	16	5.33
3	8	2	4	14	4.67
4	9	7	4	20	6.67
5	9	9	5	23	7.67
6	8	7	6	21	7.00
7	8	3	5	16	5.33
8	9	5	7	21	7.00
9	9	8	7	24	8.00
10	9	7	6	22	7.33
11	6	4	7	17	5.67
12	8	7	7	22	7.33
13	6	8	7	21	7.00
14	8	4	6	18	6.00
15	7	4	6	17	5.67
16	7	6	5	18	6.00
17	7	7	6	20	6.67
18	8	4	5	17	5.67
19	6	3	4	13	4.33
20	6	3	1	10	3.33
Total de tratamientos	151	110	107		
Media de los tratamientos	7.55	5.5	5.35		
			Gran total	368	



La utilización de *Pleurotus ostreatus* durante el proceso de elaboración de productos de panificación no modificó de manera negativa las características organolépticas y sensoriales de los productos obtenidos, sin embargo cada cualidad tanto de textura como olor, color y sabor dependerá directamente tanto de la concentración de harina utilizada como de la gran diversidad de otros ingredientes utilizados, los cuales proporcionan características fisicoquímicas diferentes gracias a su funcionalidad dentro del sistema alimentario.

El análisis sensorial realizado permitió determinar que el uso de *Pleurotus ostreatus* como materia prima dentro de la industria de panificación puede permitir la diversificación en la gama de productos y a su vez potencializar el consumo de nuevos productos con carácter funcional y menor aporte calórico. De manera indirecta se potencializa, la adición y/o sustitución de diversos ingredientes dentro de una formulación, la posibilidad de generar un valor agregado, tanto a la producción de materia prima utilizada como a la generación de un producto con cualidades nutritivas mejoradas en diversos parámetros que tengan un impacto positivo en la salud de los consumidores.

### **7.3.1 Galletas tipo polvorón, Drop cookies y barritas**

Como se visualiza en la tabla 10 en las comparaciones en parejas de Tukey, el nivel de agrado para las galletas tipo polvorones y barritas fue el mismo (Letra b), resultado equivalente a "no me gusta ni me disgusta" en la escala hedónica de nueve puntos; sin embargo el producto tipo drop cookies fue la que se vio favorecida y preferida por parte de los jueces (Letra a), como se observa en el Figura 6 con un valor numérico de ocho el equivalente a "me gusta moderadamente" en la escala hedónica de nueve puntos.

Estos resultados nos permiten mencionar que las drop cookies fue la preferida por parte de los jueces encuestados. Demostrando así que se encontró una formulación de un producto de panificación enriquecido con *Pleurotus ostreatus*, óptimo con un valor nutricional alto y que es del agrado del consumidor, además de verse favorecida por el nulo cambio en la textura entre la formulación que estaba sustituida con harina de setas y la que no, lo que permitiría su posible comercialización y consumo.

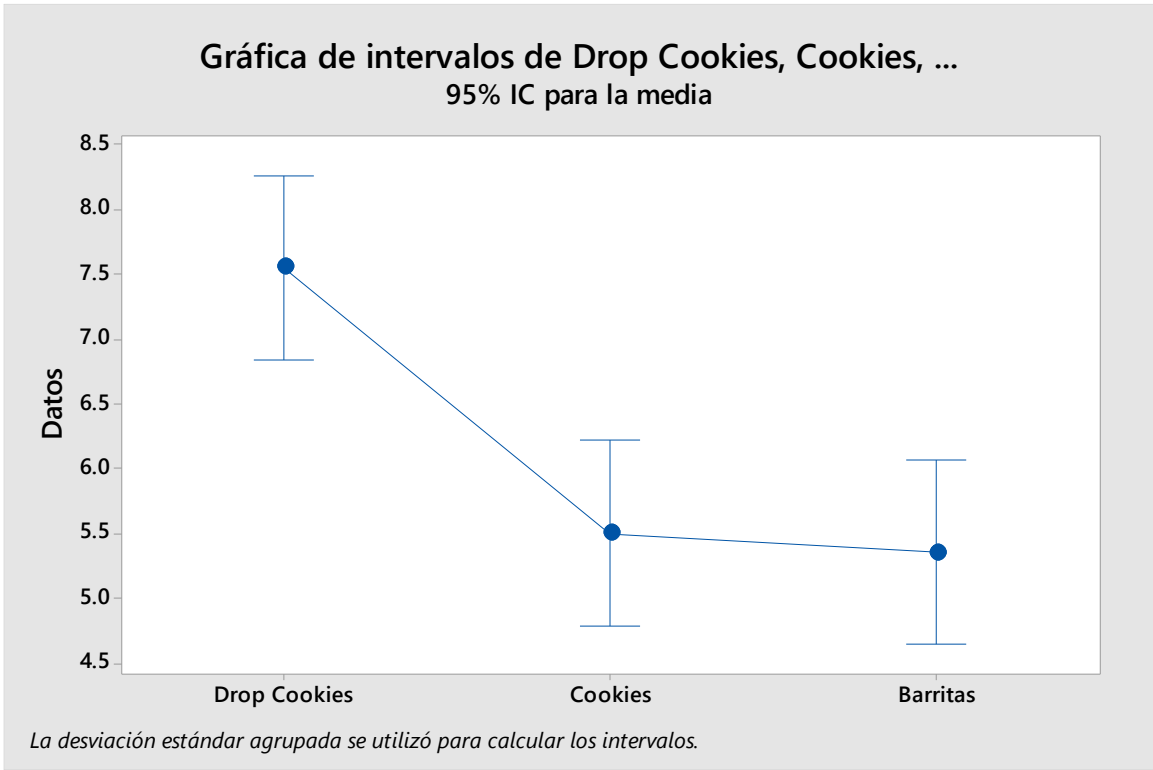
Tabla 10. Agrupamiento de información utilizando el método de Tukey y un nivel de confianza de 95%

Factor	N	Media
Drop Cookies	20	7.550 <sup>a</sup>
Polvorones	20	5.500 <sup>b</sup>
Barritas	20	5.350 <sup>b</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

N= número de jueces

Las drop cookies son una propuesta de producto de panificación de alto valor nutricional, principalmente con un alto aporte proteico lo que le permite tener ciertas ventajas para su comercialización. Además la aceptación por parte del consumidor resultó ser alta, logrando así la obtención de un producto de calidad que satisfaga las necesidades del consumidor para su posible comercialización.



**Figura 6** Resultados de prueba de nivel de agrado

## 8. CONCLUSIONES

1. La harina de setas caracterizada mostró un alto contenido de proteína y de fibra cruda lo que la hace adecuada para agregar a productos de panificación con el fin de incrementar dichos parámetros.
2. Se consiguió incrementar y mejorar los parámetros proteína y fibra bruta de los tres productos elaborados con harina de setas (polvorón, barrita, drop cookie).
3. La sustitución parcial de la harina de trigo por harina de setas, afectó de manera importante los atributos sensoriales que tradicionalmente se asocian con lo deseable en una galleta, como son el color y la dureza.
4. La galleta drop cookie fue el producto que, sensorialmente hablando, es el mejor de los tres propuestos con un porcentaje de sustitución de harina de trigo del 30% y el que mostró una mayor aceptabilidad en las pruebas sensoriales.

## 9. PERSPECTIVAS

- Realizar análisis de mercado, para poder desarrollar con eficiencia la comercialización del producto.
- Realizar análisis microbiológicos al producto terminado con la finalidad de ofrecer un producto inocuo al consumidor, así como pruebas fisicoquímicas que permitan determinar la vida de anaquel del producto propuesto.
- Diversificar las variedades y formulación de productos de panificación suplementados con harina de setas, encontrando así fuentes alternas del consumo de *Pleurotus ostreatus*.

## 10. REFERENCIAS

- Aida, F. M. N. A., Shuhaimi, M., Yazid, M., & Maaruf, A. G. (2009). Mushroom as a potential source of prebiotics: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 20, 567-575.
- Akyüz, M., & Kirbağ, S. (2010). Nutritive value of wild edible and cultured mushrooms. *Turkish Journal of Biology*, 34, 97-102.
- Alam, N., Yoon, K. N., Lee, J. S., Cho, H. J., Shim, M. J., & Lee, T. S. (2011). Dietary effect of *Pleurotus eryngii* on biochemical function and histology in hypercholesterolemic rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18, 403-409.
- Anzaldúa Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en teoría y la práctica*.
- Anandhi, R., Annadurai, T., Anitha, T. S., Muralidharan, A. R., Najmunnisha, K., Nachiappan, V., Thomas, P. A., & Geraldine, P. (2013). Antihypercholesterolemic and antioxidative effects of an extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, and its major constituent, chrysin, in Triton WR-1339-induced hypercholesterolemic rats. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 69, 313-323.
- AOAC. (2006). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Published by AOAC. Inc Helrich K (editor), 15th Edition, Arlington.
- Atkinson, F. S. et al. (2008), "International tables of glycemic index and glycemic load values", *Diab Care*, 31:2281-2283.
- Atlas, R., Bartha, R. (2002) *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Cuarta Edición. Editorial Adisson Wesley. Madrid, España. 677 págs.
- Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G, Romani, S. 2011. Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *Food Science and Technology*, 44, pp. 700-705.
- Benjamin, E. J., Blaha, M. J., Chiuve, S. E., Cushman, M., Das, S. R., Deo,

- R., ... & Jiménez, M. C. (2017). Heart disease and stroke statistics-2017 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 135(10), e146-e603.
- Cabrera, T., Casas, J., Rojas, F. y Viveros, C. (1998). Alimentos en la naturaleza. Algunas plantas comestibles, silvestres arvenses y ruderales. SEMARNAP. Mexico, D.F, 245 págs.
  - Caponio, F., Giarnetti, M., Summo, C., Gomes, T. 2011. Influence of the Different Oils Used in Dough Formulation on the Lipid Fraction of Taralli. *Journal of Food Science*, 76 (4), pp. C549-C554.
  - Chegwin, A., Nieto, R., & Ivonne, J. (2013). Influencia del medio de cultivo en la producción de metabolitos secundarios del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado por fermentación en estado líquido empleando harinas de cereales como fuente de carbono. *Revista mexicana de micología*, 37, 01-09.
  - De Aguiar, A.C., Boroski, M., Giriboni Monteiro, A.R., De Souza, N.E., Visentainer, J.V. 2011. Enrichment of whole wheat flaxseed bread with flaxseed oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, pp. 605-609.
  - De Conto, L.C., Porto Oliveira, R.S., Pereira Martin, L.G., Kill Chang, Y.; Joy Steel, C. (2012). Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread. *Food Science and Technology*, 45, pp. 103-109.
  - De simas K.N. et al. (2009). Effect of King Palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 44, 1: 531-538
  - del Pilar Rios, M., Hoyos, J. L., & Sanchez, S. A. M. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo., 8(2), 86-94.
  - Deepak Mudgil, Sheweta Barak, B.S. Khatkar. (2016). Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different wáter levels. *Food Science and*

Technology, 537-542.

- Deepalakshmi k., Mirunalini S. (2014). Pleurotus ostreatus: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties.
- FAO. (2011). Dietary protein quality evaluation in human nutrition.
- Fennema, O. (2000). Química de alimentos. Segunda Edición. Editorial Acríbia S.A. Zaragoza, España. 1258 págs.
- Fontes-Vieira, P. A., Gontijo, D. C., Vieira, B. C., Fontes, E. A. F., De Assunção, L. S., Leite, J. P. V., Oliveira, M. G. A., & Kasuya, M. C. M. (2013). Antioxidant activities, total phenolics and metal contents in Pleurotus ostreatus mushrooms enriched with iron, zinc or lithium. LWT-Food Science and Technology, 54, 421-425.
- García, M., Rollan, M. (1991). Cultivo de setas y trufas. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 239 págs.
- Graham, L., Graham, J. M., Wilcox, L. W., (2006), Plant Biology. Fungi and Lichens.
- Guzmán G. 1987. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Mexico: Limusa.
- Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N., Bovell-Benjamin, A.C. (2008). Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers, LWT - Food Science and Technology, 41 (5), pp.803-815.
- Hecker, M., Cattaruzza, M., & Wagner, A. H. (1999). Regulation of inducible nitric oxide synthase gene expression in vascular smooth muscle cells. General Pharmacology: The Vascular System, 32(1), 9-16.
- Hernández-Ávila, M., J. P. Gutiérrez y N. Reynoso-Noverón (2013), "Diabetes mellitus en México. El estado de la epidemia", Salud Pub Mex, 55:129-136.
- Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE TEXTURA DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE SALCHICHAS ELABORADAS A PARTIR DE TILAPIA ROJA (Oreochromis sp.) / ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF TEXTURE DURING THE



STORAGE OF SAUSAGE MADE FROM RED TILAPIA (*Oreochromis* sp.)  
/ ANALISE DA. Rev.Bio.Agro, 8(2), 46–56. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00296-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00296-5)

- Holtekjølen, A.K., Bævre, A.B., Rødbotten, M., Berg, H., Knuten, S.H. (2008). Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour. *Food Chemistry*, 110, pp. 414-421.
- Hosene, R.C.D.R. "Role of starch in baked foods. 1983.
- Huang, H.-Y., Korivi, M., Yang, H.-T., Huang, C.-C., Chaing, Y.-Y., Tsai, Y.-C., 2014. Effect of *Pleurotus tuber-regium* polysaccharides supplementation on the progression of diabetes complications in obese-diabetic rats. *Chin. J. Physiol.* 57, 198–208.
- Jayakumar, T., Ramesh, E., & Geraldine, P. (2006). Antioxidant activity of the oyster mushroom, *pleurotus ostreatus*, on CCl<sub>4</sub>-induced liver injury in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 1989-1996.
- Javaid, A., Bajwa, R., Shafique, U., & Anwar, J. (2011). Removal of heavy metals by adsorption on *Pleurotus ostreatus*. *Biomass and Bioenergy*, 35, 1675-1682.
- Kagimura, F. Y., Cunha, M. A., Barbosa, A. M., Dekker, R. F. H., Malfatti, R. C. M. (2015). Biological activities of derivatized D-glucans: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 588-598.
- Khilberg, I, Johanson L. Kobler A. and Risvik, E." Sensory qualities of whole wheat pan bread influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of cereal science*.2004.
- Kim, J. I., Kang, M. J., Im, J., Seo, Y. J., Lee, Y. M., Song, J. H., Lee, J. H., & Kim, M. E. (2010). Effect of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on insulin resistance and dyslipidemia in db/db mice. *Food Science and Biotechnology*, 19, 239-242.
- Kolawole, F.L., et al. (2018). Physicochemical properties of novel cookies produced from orange-fleshed sweet potato cookies enriched with sclerotium of edible mushroom (*Pleurotus tuberregium*). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C., &

- Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, 13(2).
- Mallikarjuna, S. E., Ranjini, A., Haware, D. J., Vijayalakshmi, M. R., Shashirekha, M. N., & Rajarathnam, S. (2013). Mineral composition of four edible mushrooms. *Journal of Chemistry*, 2013, 1-5.
  - Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79 (5), pp. 727-747.
  - Miles, P., Chang, S. (1997). *Mushroom biology, Concise Basics and current development*. First Edition. Ed. World scientific. Singapore.
  - Milovanović, I., Brčeski, I., Stajić, M., Korać, A., Vukojević, J., & Knežević, A. (2014). Potential of *Pleurotus ostreatus* mycelium for selenium absorption. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-8.
  - Mircea, C., Bild, V., & Zavastin, D. (2013). The protective effect of mushroom in experimentally induced diabetes in mice. *Farmacologia*, 61, 268-275.
  - Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2016). Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels
  - Parvinder, K., Poorva, S., Vikas, K., Anil, P., Jasleen, K., Yogesh, G., (2017). Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and textural properties of cookies, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
  - Patel, S. & Goyal, A., 2012. Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics. *3 Biotech*, Volumen 2, pp. 2-15.
  - Pizarro C., S., Ronco M., A., & Gotteland R., M. (2014).  $\beta$ -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? *Chil Nutrición*.
  - Potter, N. (1995). *Ciencia de los alimentos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 667 págs.
  - Rajarathnam, S., Zakia, B., Philip G., M., (2009) *Pleurotus* mushrooms.

Part I A. morphology, life cycle, taxonomy, breeding, and cultivation, 157-223

- Ravi, B., Renitta, R. E., Prabha, M. L., Issac, R., & Naidu, S. (2013). Evaluation of antidiabetic potential of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in alloxan-induced diabetic mice. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 35, 101-109.
- Rickman, D. S., Bobek, M. P., Misek, D. E., Kuick, R., Blaivas, M., Kurnit, D. M., ... & Hanash, S. M. (2001). Distinctive molecular profiles of high-grade and low-grade gliomas based on oligonucleotide microarray analysis. *Cancer research*, 61(18), 6885-6891.
- Romero, J., Rodriguez, M., Perez, R. (2000). *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cuatro caminos, Ciudad cienfuegos. 155 págs.
- Saldarriaga Osorio, Y., & Pineda Gutiérrez, F. (2001). Manual de micología aplicada (No. 589.2 Sa319m Ej. 1 019678). EDITORIAL UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.
- Schneider, I., Kressel, G., Meyer, A., Krings, U., Berger, R. G., & Hahn, A. (2011). Lipid lowering effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in humans. *Journal of Functional Foods*, 3, 17-24.
- Serafin-Muñoz, A. H., Kubachka, K., Wrobel, K., Gutierrez-Corona, J. F., Yathavakilla, S. K., Caruso, J. A., & Wrobel, K. (2006). Se-enriched mycelia of *Pleurotus ostreatus*: distribution of selenium in cell walls and cell membranes/cytosol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 3440-3444.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., Lugasi, A. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance- a review. *Appetite*, 51 (3), 456-467.
- Siwulski, M., Mleczek, M., Rzymiski, P., Budka, A., Jasińska, A., Niedzielski, P., ... & Mikołajczak, P. (2017). Screening the multi-element content of *Pleurotus* mushroom species using inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES). *Food Analytical Methods*, 10(2), 487-496.

- SIAP. “Consumo semanal promedio de productos de la panificación gramos”. [En línea]. Consultado el 20 de enero del 2019. Disponible en [<http://www.siap.gob.mx/opt/123/75/74.html>].
- Škrbić, B., Filipčev, B. 2008. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chemistry*, 108, pp. 119- 129.
- Stamets, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Third Edition. Ten Speed Press. Berkeley, Toronto.
- Stamets, P. (2013). *Mycomedicinal: and information booklet on medicinal mushroom*. Editorial Olympia.
- Tiwari, K. R., Penner, G. A., Warkentin, T. D., & Rashid, K. Y. (1997). Pathogenic variation in *Erysiphe pisi*, the causal organism of powdery mildew of pea. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 19(3), 267-271.
- Tsai, H., & Bobek, L. A. (1998). Human salivary histatins: promising anti-fungal therapeutic agents. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 9(4), 480-497.
- USDA. (2015). United States Department of Agriculture Agricultural Research Service (USDA).
- Varnero M., Quiroz M. y Álvarez C, (2010). Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*).
- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., Elías, L., 1995. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos.
- Williams CA, Harborne JB, Newman M, Greenham J, Eagles J (1997). *Phytochemistry*.
- Witkowska, A. M. (2014). Selenium-fortified mushrooms - candidates for nutraceuticals? *Austin Therapeutics*, 1, 1-4.
- Yılmaz E., Öğütçü M. (2015). The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food & function*, 6, 4: 1194-1204.
- Zhu, F., Du, B., Bian, Z., & Xu, B. (2015).  $\beta$ -Glucans from edible and medicinal mushrooms: Characteristics, physicochemical and biological activities. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 165-173.