

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Evaluación de la harina de *Pleurotus ostreatus* en la formulación de galletas funcionales a base de nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

Por:

DAVID ROBLERO BARTOLON

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Evaluación de la harina de *Pleurotus ostreatus* en la formulación de galletas funcionales a base de nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

Por:

DAVID ROBLERO BARTOLON

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Fue dirigida y aprobada por el siguiente comité Asesor:



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández

Director



Dra. María Elena Castelo Mejía

Asesor



Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda

Asesor



MC. Carolina Losoya Cifuentes



M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División de Ciencia y Tecnología de Alimentos



Saltillo, Coahuila, México

Junio 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Evaluación de la harina de *Pleurotus ostreatus* en la formulación de galletas funcionales a base de nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

Por:

DAVID ROBLERO BARTOLON

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

APROBADA



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Presidente



Dra. María Elena Castelo Mejía
Vocal



Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda
Vocal



MC. Carolina Losoya Cifuentes
Vocal

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2023

AGRADECIMEINTOS

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por permitirme culminar mi carrera profesional de manera satisfactoria, por nunca dejarme solo, por siempre cuidarme, por siempre protegerme en esta gran aventura, por darme esa fuerza y valentía que siempre necesite a la largo de toda esta travesía que hoy se culmina.

A mi ALMA TERRA MATER, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de formarme profesionalmente. A los docentes que en esta casa de estudios laboran y nos permiten alcanzar nuestros sueños.

Al Dr. Mario Alberto Cruz Hernández, por haberme dado la oportunidad de realizar un trabajo de investigación y por confiar en mí, por siempre brindarme su apoyo y su tiempo, por sus consejos, por todos sus conocimientos y enseñanzas y por motivarme a participar en la **Feria de Ciencias y Creatividad del COECYT** y en la **FEMECI** (Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías), fueron experiencias que no olvidare.

A la Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda, por haberme brindado la confianza al darme acceso al laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos, por los buenos momentos que convivimos en el laboratorio y sobre todo por brindarme parte de sus conocimientos, por toda la paciencia y dedicación con la que me guio cuando necesitaba ayuda y quien a base de su conocimiento siempre me apoyo.

A la M.C Carolina Losoya Cifuentes, por su colaboración y asesoría en el presente documento.

DEDICATORIA

A mi querida familia, pero en especial a mi padre Pompilio Roblero Roblero y a mi madre Catalina Bartolon Aguilar, por todo su amor incondicional y por confiar en mí, por siempre brindarme su apoyo, por no dejar que me rindiera en los momentos más difíciles, por haberme dado esta oportunidad de formarme como profesionista por estar conmigo en los buenos y malos momentos, mi hermano Rolfi. R, mis hermanas Nelly. R y Belinda. R. Familia los amo con todo mi corazón, gracias a ustedes soy la persona que soy hoy y gracias a ustedes se logra una meta más en vi vida y este logro es para ustedes.

A todas mis amistades que siempre me brindaron su apoyo incondicional, por los buenos momentos y en ocasiones malos ratos, agradezco su tiempo y consejos positivos que permitieron que esta aventura fuera mucho mejor.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "Evaluación de la harina de *Pleurotus ostreatus* en la formulación de galletas funcionales a base de nuez maya (*Brosimum alicastrum*)" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen y/o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este.

ATENTAMENTE



David Roblero Bartolón

RESUMEN

En la actualidad, existen diversas plantas, granos, semillas y hongos comestibles que, debido a su naturaleza, poseen una gran cantidad de compuestos bioactivos que contribuyen de manera significativa a la nutrición de la población. Sin embargo, lamentablemente, no se les está dando un uso industrial adecuado. La industria alimentaria podría aprovechar estas valiosas fuentes naturales para mejorar y desarrollar productos con una visión nutricional más amplia y beneficiosa. El objetivo del presente proyecto fue evaluar la composición química de la harina de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*), mediante el análisis químico proximal de cada una de ellas. Además, se realizaron mezclas y/o formulaciones de galletas con diferentes proporciones de harinas: 6%, 10%, 15%, 20% respectivamente. Se utilizó harina de trigo al 100% como formulación control, con una masa total de mezcla de 274.75 g, con el objetivo de producir galletas funcionales. Se llevaron a cabo análisis exhaustivos de caracterización nutricional, funcional y de calidad en el contexto de este proyecto. Aunque todas las formulaciones, presentaron niveles elevados en su composición química nutricional, la formulación que recibió una mayor aceptación en términos de características sensoriales fue la formulación 3.

El desarrollo de este trabajo tuvo lugar en los laboratorios de Investigación de Alimentos Funcionales y Nutrición en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC).

Palabras clave: Nuez maya, caracterización, hongo, funcional, fisiológicas

David Roblero Bartolón

Correo electrónico: robda00@gmail.com

ABSTRACT

Currently, there are various plants, grains, seeds, and edible fungi that, due to their nature, contain a significant amount of bioactive compounds that contribute significantly to the nutrition of the population. However, unfortunately, they are not being given adequate industrial use. The food industry could harness these valuable natural sources to improve and develop products with a broader and more beneficial nutritional vision.

The objective of this project was to evaluate the chemical composition of *Pleurotus ostreatus* flour and Maya nut (*Brosimum alicastrum*) through proximate chemical analysis of each of them. In addition, cookie mixtures or formulations were prepared with different proportions of flours: 6%, 10%, 15%, and 20% respectively. Wheat flour was used as the control formulation, constituting 100% of the total mixture mass of 274.75 g, with the aim of producing functional cookies. Comprehensive analyses of nutritional, functional, and quality characterization were conducted within the scope of this project. Although all formulations exhibited high levels of nutritional chemical composition, formulation 3 received the highest acceptance in terms of sensory characteristics.

The development of this work took place in the Research Laboratories of Functional Foods and Nutrition at the Faculty of Chemical Sciences of the Autonomous University of Coahuila (UAdeC).

Key words: Mayan nut, characterization, fungus, functional, physiological

David Roblero Bartolón

E-mail: robda00@gmail.com

Índice General

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
II. JUSTIFICACIÓN	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 Alimentos funcionales	5
3.1.1 Algunos ingredientes funcionales.....	7
3.1.2 Probióticos, prebióticos y simbióticos.....	7
3.2 Harinas funcionales	9
3.2.1 Harina de linaza.....	9
3.2.2 Harina de uva.....	10
3.3 Galletas funcionales.....	11
3.4 Nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>).....	12
3.4.1 Usos como alimento de rumiantes.....	13
3.4.2 Composición química <i>Brosimum alicastrum</i>	14
3.5 <i>Pleurotus Ostreatus</i>	14
3.5.1 Clasificación taxonómica	15
3.5.2 Características morfológicas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	16
3.5.3 Estructura química.....	16
3.5.4 Composición química.....	17
3.6 Antioxidantes.....	17
3.7 Polifenoles	18

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1 Material.....	19
4.1.1 Obtención de <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
4.1.2 Obtención de nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>)	19
4.1.3 Proceso de obtención de las harinas	20
4.2 Análisis químico proximal de las harinas.....	20
4.2.1 Determinación de humedad.....	20
4.2.3 Determinación de grasa	21
4.2.4 Determinación de proteína	22
4.2.5 Determinación de fibra.....	24
4.2.6 Determinación del contenido de carbohidratos totales.....	24
4.3 Proceso de elaboración.....	25
4.3.1 Establecimiento de experimento.....	26
4.3.2 Evaluación sensorial.....	27
4.4 Análisis químico proximal de las galletas	27
4.5 Evaluación de la actividad antioxidante.....	28
4.5.1 Determinación de fenoles totales.....	28
4.5.2 Ensayo con DPPH	28
4.5.3 Actividad antioxidante por ABTS	29
4.6 Análisis de las características de calidad de la galleta	29
4.6.1 Determinación del perfil de textura.....	29
4.6.2 Color	30
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5.1 Análisis químico proximal de la harina de <i>Pleurotus ostreatus</i> y nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>).....	31

5.2 Evaluación sensorial de las galletas	32
5.2.1 Formulaciones de las galletas aceptadas	33
5.3 Análisis químico proximal de las galletas	34
5.3.1 Determinación de humedad	34
5.3.2 Determinación de ceniza	35
5.3.3 Determinación de grasa	36
5.3.4 Determinación de fibra	37
5.3.5 Determinación de proteína	38
5.3.6 Determinación del contenido de carbohidratos totales.....	39
5.4 Análisis funcional de las galletas (capacidad antioxidante)	40
5.4.1 Determinación de fenoles totales.....	40
5.4.2 Ensayo con DPPH	41
5.4.3 Actividad antioxidante por ABTS	42
5.5 Análisis de las características de calidad de la galleta	44
5.5.1 Determinación del perfil de textura.....	44
5.5.2 Color	45
VI. CONCLUSIONES.....	46
VII. LITERATURA CITADA.....	47

Índice de Tablas

Tabla 1.	Ingredientes utilizados en la elaboración de la galleta nutritiva.	25
Tabla 2.	Mezcla de harina de trigo con <i>Pleurotus ostreatus</i> y nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>).	26
Tabla 3.	Composición química de la harina de <i>Pleurotus ostreatus</i> y nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>).	31
Tabla 4	Formulaciones seleccionadas para el análisis químico proximal, funcional y análisis de las características de calidad.	33

Índice de figuras

Figura 1.	Diseño de alimentos funcionales.	6
Figura 2.	Relación de los alimentos funcionales con los probióticos y prebióticos.	8
Figura 3.	Influencias actuales y emergentes en los proeibióticos y prebióticos.	8
Figura 4.	Harina funcional de linaza.	10
Figura 5.	Harina funcional de uva.	11
Figura 6.	Galletas funcionales.	12
Figura 7.	Nuez maya (<i>Brosimun alicastrum</i>).	13
Figura 8.	Alimentación de rumiantes.	14
Figura 9.	<i>Pleurotus ostreatus</i> .	15
Figura 10.	Estructura química.	16
Figura 11.	Estructura química de los principales antioxidantes.	17
Figura 12.	Evaluación sensorial de las galletas.	32
Figura 13.	Galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya.	33
Figura 14.	Contenido de humedad en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimun alicastrum</i>).	34
Figura 15.	Contenido de ceniza en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimun alicastrum</i>).	35
Figura 16.	Contenido de grasa en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimun alicastrum</i>).	36
Figura 17.	Contenido de fibra en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimun alicastrum</i>).	38
Figura 18.	Contenido de proteína en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimun alicastrum</i>).	39
Figura 19.	Contenido de carbohidratos en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimun alicastrum</i>).	40

Figura 20.	Contenido de fenoles totales en galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>).	41
Figura 21.	Contenido de antioxidantes en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>).	42
Figura 22.	Contenido de antioxidantes en las galletas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y Nuez maya (<i>Brosimum alicastrum</i>).	43
Figura 23.	Perfil de textura.	44
Figura 24.	Color.	45

I. INTRODUCCIÓN

La industria de los alimentos funcionales experimenta un crecimiento significativo, con tasas anuales de crecimiento del 48%. Esto ha generado una mayor demanda de alimentos con efectos beneficiosos para la salud del consumidor, lo que a su vez ha aumentado la importancia del desarrollo de productos innovadores y altamente nutritivos. Debido a que los efectos beneficiosos de estos alimentos provienen de sus compuestos activos (componentes funcionales), su diseño y desarrollo requieren estrategias para definir y optimizar su contenido, ya sea aumentando la proporción de aquellos con efectos positivos o limitando la presencia de aquellos que pueden tener consecuencias negativas para la salud. Estos alimentos poseen una característica única, ya que sus componentes afectan de manera positiva las funciones del organismo, generando efectos fisiológicos o psicológicos más allá de su valor nutricional tradicional.

En la actualidad, la población demanda cada vez más alimentos que cumplan con requisitos funcionales, es decir, aquellos que contienen componentes biológicamente activos que aportan beneficios nutricionales o desempeñan diversas funciones en el organismo, mejorando la salud y reduciendo el riesgo de enfermedades. Estos alimentos, que van más allá de su contenido nutricional, pueden estar destinados tanto a la población en general como a grupos específicos, brindando beneficios fisiológicos adicionales que van más allá de satisfacer las necesidades nutricionales básicas. El mercado de alimentos funcionales se expande día a día y evoluciona como una estrategia potencial para la mejora de la salud y el bienestar.

Los hongos comestibles, como el *Pleurotus ostreatus* (también conocido como hongo ostra), son una fuente atractiva de proteínas y pueden ser una alternativa interesante como fuente proteica. Este hongo, que pertenece al grupo de los Basidiomycota, es un organismo pluricelular macroscópico de tamaño relativamente grande y comestible. Es el segundo hongo comestible más distribuido en todo el mundo y posee propiedades biotecnológicas, ambientales y un notable potencial para el cultivo. Debido a su alto valor nutricional, que incluye vitaminas y minerales esenciales para una óptima salud, así como su alto contenido proteico, bajo contenido de grasa y bajo aporte calórico, se considera un alimento destacado en la actualidad. Su valor nutricional lo ha llevado a ser catalogado como "carne vegetal" debido a su doble contenido proteico en

comparación con las verduras tradicionales. Por estas razones, se pretende utilizar este producto para abordar problemas mediante el desarrollo y mejora de los alimentos consumidos actualmente.

Por otro lado, la nuez maya (*Brosimum alicastrum*) es la semilla producida por un árbol perteneciente a la familia de los higos (Moráceas). Conocido como capomo, nogal maya, ojoche o ramón, este árbol es nativo del trópico mesoamericano y puede alcanzar una altura de 15 a 25 metros. Posee un tallo erecto, corteza áspera, ramas ascendentes, hojas simples y cabeza piramidal. Sus flores tienen forma de cabezuela y producen como fruto una drupa globular de color amarillo brillante al madurar. Tanto sus semillas como sus hojas son ricas en proteínas y se pueden utilizar como alimento, forraje y medicina.

Existen diversas harinas que satisfacen las necesidades específicas de los consumidores. En este proyecto, se utilizó harina de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya para reemplazar parcialmente la harina de trigo, que ha sido ampliamente utilizada durante años y tiene un alto contenido de gluten. Estas harinas evaluadas y utilizadas en el desarrollo de las galletas son una excelente opción para crear alimentos funcionales con beneficios para la salud. Uno de los enfoques más utilizados para lograr una buena alimentación es equilibrar los alimentos consumidos. En este sentido, los alimentos funcionales desempeñan un papel importante, ya que, además de cumplir con los requisitos nutricionales, también ayudan a saciar el hambre de los individuos. Estos alimentos se caracterizan por su alto contenido nutricional, sus beneficios para la salud y su capacidad para prevenir enfermedades.

Por tanto, el objetivo de este proyecto es analizar las harinas de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*) para desarrollar galletas con características funcionales y beneficiosas para la salud, mediante la sustitución parcial de la harina de trigo. Se evaluó la composición nutricional, el perfil fenólico, las propiedades antioxidantes y los atributos fisicoquímicos y sensoriales de estas harinas, con el fin de ofrecer a los consumidores productos que aporten nutrientes necesarios para las actividades físicas diarias y cubran sus necesidades alimentarias diarias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar las harinas de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya en términos de su contenido proteico y fibroso, con el propósito de determinar su idoneidad para su incorporación en la formulación de una galleta funcional.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis y caracterización nutricional de *Pleurotus Ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*) con el propósito de elaborar harinas funcionales de alta calidad nutricional.
- Formular y evaluar las características sensoriales de las galletas desarrolladas utilizando las harinas mencionadas anteriormente.
- Evaluar las propiedades nutrimentales y funcionales de las galletas desarrolladas, seleccionando aquellas que presenten las mejores propiedades de aceptación.
- Realizar un análisis exhaustivo de las características de calidad de las galletas funcionales, considerando aspectos físicos, sensoriales y organolépticos para garantizar un producto final de alta calidad.

II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el mercado ofrece una amplia variedad de productos que se promocionan como nutritivos, pero que en realidad contienen altas cantidades de azúcares, grasas trans y aditivos perjudiciales para la salud. Estos productos suelen ser desarrollados mediante métodos de procesamiento, como la hidrogenación, hidrólisis y moldeado, que los transforman en alimentos aparentes pero distantes de los productos que se promocionan. Como resultado, nos encontramos con alimentos desequilibrados desde el punto de vista nutricional.

Adicionalmente, muchas personas sufren de enfermedades crónico-degenerativas debido a una mala alimentación o a una ingesta limitada de nutrientes necesarios para su organismo. Ante esta problemática, surge la necesidad y responsabilidad de la industria alimentaria de ofrecer productos que sean realmente beneficiosos para la salud de la población en general. Es fundamental diseñar alimentos que contengan propiedades nutritivas y que satisfagan las necesidades nutricionales, especialmente en términos de contenido de fibra y proteína, de manera fácilmente asimilable.

Lamentablemente, muchas empresas se centran en obtener ganancias y reducir costos, lo que resulta en productos de baja calidad desde el punto de vista nutricional. Ante este panorama, es importante proponer alternativas viables que utilicen productos naturales, como la nuez maya (*Brosimum alicastrum*), que tiene el potencial de reemplazar harinas poco saludables debido a su ausencia de gluten y su alto contenido de agentes antioxidantes. Por su parte, la harina de *Pleurotus ostreatus*, ampliamente investigada por sus propiedades funcionales, ofrece una opción valiosa, ya que se cultiva y consume de forma silvestre.

En este contexto, el desarrollo de una galleta funcional utilizando harina de nuez maya (*Brosimum alicastrum*) y *Pleurotus ostreatus* se presenta como una alternativa prometedora para los consumidores. Esta combinación ofrece la posibilidad de crear nuevos productos con propiedades beneficiosas para la salud humana, proporcionando una opción más saludable y nutritiva en el mercado.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Alimentos funcionales

El término “alimento funcional” apareció por primera vez en Japón en 1984. El gobierno japonés definió una nueva categoría de productos. Alimentos para usos específicos de salud (FOSHU), como “Alimentos que contienen ingrediente con funciones para la salud y aprobados oficialmente para reclamar sus efectos fisiológicos en el cuerpo humano” y produjo un marco legislativo dedicado (Alongi & Anese, 2021).

Los alimentos funcionales son ingredientes que ofrecen beneficios a la salud que se extienden más allá de su valor nutricional. Algunos tipos contienen suplementos u otros ingredientes diseñados para mejorar la salud. FNFC (Food with Nutrient Function Claims). Estos alimentos pueden ser libremente fabricados y distribuidos sin ningún permiso o notificación al gobierno nacional. FOSHU (Food for Specified Health Uses): alimentos que están aprobados oficialmente y tiene un efecto fisiológico positivo en el cuerpo humano, a veces se denomina alimento bioactivo. Estos alimentos contienen ingredientes con propiedades promotoras de la salud, se refiere a los alimentos que contienen ingredientes con funciones para la salud y aprobados oficialmente para reclamar sus efectos fisiológicos en el cuerpo humano (Grochowicz et al., 2021). Los alimentos funcionales abarcan alimentos naturales como alimentos procesados industrialmente, que cuando estos se consumen regularmente dentro de una dieta diversa en niveles eficaces tiene efectos positivos hacia la salud más allá de la nutrición básica (Granato et al., 2020).

A medida que los alimentos se reconocen cada vez más como un componente integral de la atención médica preventiva y restaurativa, los alimentos funcionales han ido ganando atención esto debido a que existe una creciente demanda por parte de los consumidores junto con el interés de la industria indican que todavía hay un potencial sin explorar para los alimentos funcionales en el mercado. De esta forma, la tendencia principal es hacia la producción de variedad de alimentos que poseen propiedades promotoras de la salud (X. Yang et al., 2023). Las galletas son uno de los productos horneados más consumidos, principalmente debido a su naturaleza lista para comer, diversos tipos y costo relativamente bajo. Los ingredientes comunes para una galleta son harina, grasa, azúcar y sal. En las sociedades occidentales, el trigo es la principal fuente de harina para las galletas y, como tal, la mayoría de las galletas en las sociedades no están libres de gluten (Myers et al., 2023).

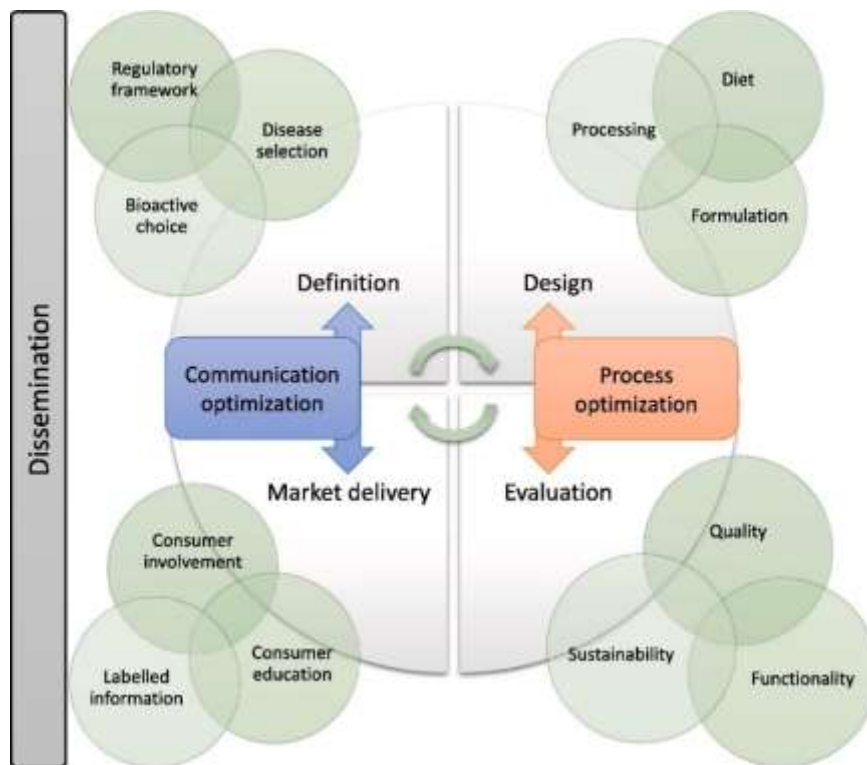


Figura 1. Diseño de alimentos funcionales

Los alimentos funcionales ofrecen una oportunidad potencial para satisfacer plenamente las necesidades alimentarias (Ahmed et al., 2022). Cada vez más productos alimenticios creados en el mercado están destinados a diversos grupos de alimentos. Los malos hábitos alimenticios incorrectos y la falta de actividad física pueden causar el desarrollo de muchas enfermedades, como osteoporosis, aterosclerosis u otras enfermedades relacionadas con la dieta. Al mismo tiempo, ha aumentado una mayor conciencia de la influencia de la dieta en la salud. La disponibilidad de información al respecto ha dado lugar a una nueva demanda de este tipo de alimentos y ha acelerado el desarrollo de este grupo de productos. Como resultado, hay una búsqueda constante de nuevos productos que tienen una influencia positiva adicional en el cuerpo humano. En efecto, hay diferentes términos nuevos utilizados para describir nuevos tipos de tales productos, por ejemplo, alimentos saludables, alimentos ecológicos, alimentos diseñados, alimentos a medida, alimentos funcionales y nutraceuticos (Grochowicz et al., 2021). Las fuentes alternativas de proteínas también forman parte de los alimentos funcionales.

3.1.1 Algunos ingredientes funcionales

La creciente preocupación por la salud y el bienestar ha aumentado la inclusión de ingredientes funcionales en suplementos alimenticios dietéticos, nutraceuticos y productos de salud. Los carotenoides y los ácidos grasos son ejemplos de compuestos de alto valor complementados en muchos productos y además se ha demostrado que los carotenoides naturales producidos por plantas, algas y algunas bacterias, tiene actividades de provitamina A y un fuerte potencial antioxidante, lo que le permite combatir el cáncer, la degradación macular relacionada con la edad, el daño foto-oxidativo y aumentar la respuesta inmunológica (Saejung et al., 2023).

Hoy en día existe una gran variedad de compuestos bioactivos que se investigan y son empleados para la creación de nuevos alimentos funcionales; a continuación, se mencionan algunos.

3.1.2 Probióticos, prebióticos y simbióticos

La definición de “probióticos” de la OMS se refiere a microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, tienen un efecto beneficioso sobre la salud del huésped (Guarner et al., 2017). Los probióticos son microorganismos no patógenos que al ser digeridos en cantidades adecuadas influyen de manera positiva en la microbiota, estimulan el sistema inmunológico y facilitan la digestión al acidificar el tubo digestivo mediante la producción de ácido láctico, además son conocidos por aumentar la inmunidad de los seres humanos al proteger contra patógenos gastrointestinales (Ashaolu, 2020).

Por su parte el prebiótico es un ingrediente alimentario que estimula el crecimiento y actividad de un número limitado y selectivo de probióticos en el colon. Los prebióticos también son conocidos como componentes alimentarios no digeridos para el estímulo de la actividad de las bacterias intestinales beneficiosas y su crecimiento como bacterias probióticas en el huésped, mejorando así la salud del huésped (Ghaly et al., 2023).

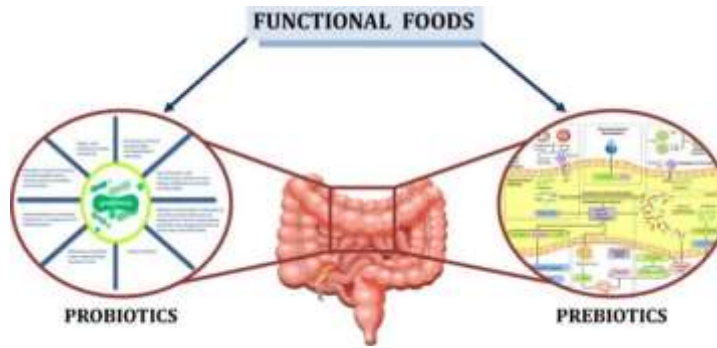


Figura 2. Relación de los alimentos funcionales con los prebióticos y probióticos.

La combinación de prebióticos y probióticos en forma sinergia para mejorar los efectos beneficiosos de los probióticos se puede definir como simbióticos en el que cumplan con su objetivo. Estos prometen mejorar varios beneficios a la salud, como la resistencia a la infección bacteriana en el intestino, el efecto antibacteriano y las actividades inmunomoduladoras (Ghaly et al., 2023). Estudios recientes sobre los simbióticos infieren una mayor digestión enzimática del huésped, la producción de ácidos acético, láctico y butírico (Productos de fermentación de prebióticos por bacterias probióticas) así como también la activación del sistema inmune innato (Cavalcante et al., 2020).

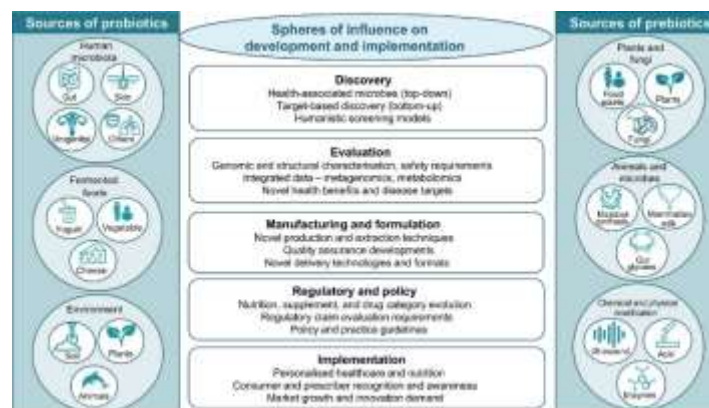


Figura 3. Influencias actuales y emergentes en los probióticos y prebióticos.

En la figura 3 se muestran las influencias actuales y emergentes en los probióticos y prebióticos, incluidos las fuentes novedosas, las nuevas técnicas de descubrimiento y evaluación, los avances en la fabricación y formulación, los cambios regulatorios y de políticas, y las influencias en la implementación en nutrición y atención médica (Cunningham et al., 2021).

3.2 Harinas funcionales

La organización mundial de la salud recomienda el consumo de alimentos complementarios ricos en compuestos bioactivos y antioxidantes con las propiedades funcionales deseadas, además la organización sugirió que se desarrollaran dichos alimentos para el manejo comunitario de tipos no complicados de desnutrición aguda grave y para mantener una buena salud para los grupos vulnerables (bebés, niños, mujeres embarazadas y lactantes y ancianos) (Keyata et al., 2023).

Las harinas convencionales que contienen gluten de forma natural (por ejemplo, trigo, cebada, y centeno) pueden ser desglutinadas utilizando tecnologías de bioprocesos, por ejemplo la adición de masa madre seleccionada es capaz de desintoxicar los péptidos inmunogenicos por la acción de las enzimas secretadas por los lactobacilos. Sin embargo, estas formulaciones carecen de fibra dietética y compuestos bioactivos que justifican la necesidad de su fortificación con harinas de subproductos alimenticios (por ejemplo, semillas, cascara, pepitas, pieles, tallos y núcleos de frutas y verduras) que pueden agregar valor nutritivo al producto (Arora et al., 2023).

En los últimos años, varios estudios se han centrado en el efecto de sustituir el trigo con harinas funcionales en las propiedades nutricionales, físicas, químicas y sensoriales de las galletas (Giannoutsos et al., 2023). Como alternativa las harinas no convencionales se introducen en las preparaciones como una fuente relativamente barata y rica de carbohidratos, proteínas y compuestos bioactivos no digeribles.

3.2.1 Harina de linaza

La linaza es un cultivo oleaginoso que contiene un nivel considerables de proteína (25-30%) y produce harina de linaza como subproducto después de la extracción del aceite (Saleh et al., 2022). Recientemente, los subproductos de las semillas de lino han atraído una atención considerable debido a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados compuestos bioactivos como el ácido graso omega-3 y el ácido linolenico conjugado. Además, la linaza contienen todos los aminoácidos esenciales de la proteína. Las proteínas de linaza además de sus beneficios a la salud, también tienen propiedades tecnológicas interesantes, como una mayor capacidad de absorber agua y aceite en comparación con el aislado de la proteína de la soja. Las proteínas de linaza consisten en dos

fracciones principales, una soluble en sal con alto peso molecular (11-12S) y otra soluble en agua con bajo peso molecular. Las propiedades hidrofílicas de las proteínas de linaza están influenciadas por la presencia hidrofílicas de las proteínas de linaza están influenciadas por la presencia de gomas polisacáridos y que también pueden interferir con el asentamiento y aislamiento de la proteína (Kuhn et al., 2014). Es una excelente fuente de fibra, lectina, vitaminas y minerales. Además, la linaza es de importancia fastidiosa por su papel en la reducción de riesgo de cáncer de mama y colon e humanos (Tamasgen et al., 2021).



Figura 4. Harina funcional de linaza.

3.2.2 Harina de uva

Un ingrediente alternativo, la harina se obtiene luego del proceso de la producción del vino. La piel de uva se ha propuesto recientemente como ingrediente alimentario debido a su valor nutricional y propiedades funcionales debido a la presencia de altos niveles de fibra dietética, fenoles, flavonoides y otras sustancias antioxidantes. Desde el punto de vista nutricional, este subproducto es valioso debido a la presencia de compuestos antioxidantes, tocoferol, vitamina E, fibra dietética y proteínas (Difonzo et al., 2023).

Los principales macronutrientes son proteínas, lípidos y carbohidratos, además de los macronutrientes, vitaminas y compuestos fenólicos, que tienen actividad antioxidante contra las especies reactivas de oxígeno. Además se reconoce que los antioxidantes tienen una relación directa con los efectos antitumorales, antienvjecimiento, antimicrobianos y antiinflamatorios, lo que hace que el subproducto derivado sea una adición atractiva a la dieta humana (Monteiro et al., 2021).



Figura 5. Harina funcional de uva.

3.3 Galletas funcionales

En los últimos años ha habido una tendencia creciente dirigida a las dietas de promoción a la salud mediante la disminución del índice glucémico (IG) de los alimentos, en particular los productos altos en almidón que contiene azúcar, por ejemplo, las galletas. Este tipo de productos horneados duros, crujientes y delgados, son productos químicamente fermentados elaborados con harina de trigo y altas cantidades de azúcar, manteca y bajos niveles de agua añadida. Aunque la estrategia es más común y simple para lograr un objetivo como la reducción del IG era reemplazar la sacarosa de estos productos con varios edulcorantes, también se ha explorado otro enfoque importante en esta dirección al aumentar el contenido de fibras dietéticas en la fórmula del producto. De esta manera se aumenta el consumo de fibras dietéticas debido a que relaciona con las propuestas fisiológicas y beneficios a la salud, incluida la regulación del colesterol de lipoproteínas de baja densidad.(Lazaridou et al., 2022).

Los alimentos funcionales abarcan un tema de investigación candente con el objetivo de satisfacer las necesidades nutricionales y ofrecer compuestos bioactivos valiosos efectivos para la prevención de enfermedades crónicas. Como un bocadillo de la panadería altamente consumido, las galletas se han explorado como vehículos prominentes para la entrega de polifenoles, vitaminas y pigmentos, adoptando un producto de primera categoría en el sector de la ingeniería alimentaria (Pinto et al., 2023). Las galletas son alimentos populares, que como materia principal utilizan harina de trigo, que puede manipularse y almacenarse fácilmente. Además se encuentra entre los productos de panadería populares debido a su naturaleza lista para comer, facilidad de

almacenamiento asequibilidad y vida útil relativamente más larga. Estos son consumidos por diferentes grupos socioeconómicos ya que son ricos nutricionalmente (Jose et al., 2022). Las galletas son productos de alta demanda, son snacks obtenidos de una pasta única o bien sea compuesta, sometidos a cocción al horno y su preparación generalmente se realiza con harina de trigo y actualmente sustituida parcialmente con harinas no convencionales (Espinosa-Páez et al., 2021).



Figura 6. Galletas funcionales.

3.4 Nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

Es una especie perteneciente a la familia Moráceas que se distribuye por México y parte de Centroamérica. Los frutos, hojas, látex y corteza de este árbol son ampliamente utilizados en la medicina tradicional mexicana. Es conocido por muchos nombres, más de 50 solo en México. Con un potencial crecimiento de hasta 40 metros de altura y 1,5 metros de diámetro *Brosimum alicastrum*, una especie de sucesión tardía tolerante a la sombra, suele ser una especie dominante en el bosque. Es principalmente un componente de los bosques húmedos tropicales en altitudes inferiores a 1000 m, pero se puede encontrar en regiones más secas.

La madera de esta especie es densa, con una gravedad específica de 0.9-1.05, *Brosimum alicastrum* florece en marzo y julio, y produce una semilla solo esporádicamente (Morikawa et al., 1995).



Figura 7. Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

Esta especie se encuentra entre las más valiosas económica y ecológicamente para los mayas modernos. Toma su nombre científico del griego “*brosimos*”, que significa “comestible”. En México y Guatemala, generalmente se conoce como el Ramón, y este nombre, que deriva del verbo español *ramonear* (navegar), se refiere al hecho de que el ganado y otros animales domésticos consumen las semillas y hojas (Ortiz-Fernández et al., 2017).

Los estudios históricos han demostrado que la nuez maya fue uno de los principales alimentos básicos para los antiguos mayas y otros precolombinos neotropicales. Aunque también se utilizó como alimento alternativo cuando la producción de cultivos tradicionales disminuyó. Aunque en la actualidad su uso es muy limitado, las semillas pueden secarse, tostarse y molerse en polvo, pueden utilizarse para hornear, preparar bebidas frías y calientes, y en salsas. También las semillas pueden utilizarse como forraje y crear varios medicamentos, puesto que es rico en proteínas, ácido fólico, calcio, potasio, magnesio, fósforo, fibra y vitaminas A y C (Ozer, 2017).

3.4.1 Usos como alimento de rumiantes

Como alternativa al uso de plantas importadas, generalmente costosas, alimentos concentrados. La implementación con niveles crecientes de follaje de *Brosimum Alicastrum* incrementando el consumo total de MS ya sea mejorando la digestión de la ración basal en el rumen o aumentando la tasa de paso de la digesta a través del retículo-rumen o mediante una combinación de ambos mecanismos, las MTP pueden suministrar el número requerido por los microbios del rumen para su mantenimiento, actividades sintéticas y aumentar el consumo total de MS de la ración. Además

han demostrado recientemente la alta degradable ruminal de la PC de *Glincidio sepium*, un arbusto comúnmente utilizado como suplemento para el ganado rumiante durante la estación seca de las zonas tropicales de México. También ha demostrado una alta tasa de extensión de la digestión ruminal contenida en el follaje de *Brosimun alicastrum*, que es comúnmente utilizado por los pequeños productores lecheros en la Península de Yucatán en México (Ramírez-Cancino et al., 2000). Además las hojas contienen porcentaje de proteína cruda alrededor del 10%.



Figura 8. Alimentación de rumiantes con hojas verdes de *Brosimun alicastrum*.

3.4.2 Composición química *Brosimun alicastrum*

Las semillas de nuez maya contienen propiedades nutrimentales, a continuación se mencionan los compuestos presentes en la harina de nuez maya. En agua 9.91%, proteína, 11.5%, lípidos 0.69%, cenizas 3.4%, fibra dietética, es la porción indigerible de los alimentos vegetales. La fibra proporciona numerosas ventajas para la salud, incluida la reducción del riesgo de enfermedad cardíaca tipo 2 (Kainat et al., 2022)1.3% y carbohidratos 61.5%. Además las semillas contienen compuestos fenólicos y compuestos minerales que benefician a la salud (Gonzalez-Gonzalez, 2020).

3.5 *Pleurotus Ostreatus*

Seta de ostra, Orellana, oreja blanca, girgola, champiñón ostra y otros nombres como se conoce al *Pluerotus ostreatus*, se trata de un hongo lignícola saprofito (crecimiento en materia orgánica muerta) pluricelular, macroscópico, considerado como carne vegetal por su aporte de proteínas,

sabor y olor fúngico-agradable. Además de tener buenos rendimientos y ser u cultivo de impacto ecológico por el uso de residuos agroindustriales. Es un hongo comestible que es rico en ingredientes de fibra y celulosa. El *Pleurotus* se encuentra en algunas partes de África y principalmente en la fabricación de sopa de melón en Nigeria. La aplicación de *Pleurotus ostreatus* como sabor, aroma y conservantes se está volviendo cada vez más innovadora. Es un basidiomiceto de podredumbre blanca es uno de los hongos más cultivados debido a sus atributos versátiles (Zhang et al., 2019)



Figura 9. *Pleurotus ostreatus*.

3.5.1 Clasificación taxonómica

Reino: Fungí

Subdivisión: Eumicotina

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Homobasidiomycetidae

Orden: Agaricales

Familia: Agaricaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *Ostreatus*

Nombre científico: *Pleurotus ostreatus* (Menolli et al., 2014).

3.5.2 Características morfológicas de *Pleurotus ostreatus*

Los asiáticos han consumido popularmente *Pleurotus ostreatus*, la demanda de este aumenta cada año. En Corea, el *Pleurotus ostreatus* se ha cultivado durante muchos años desde que se desarrollaron los métodos de cultivo artificial en la década de 1980. Su productividad es de casi un 51% en Corea y un 21,5% en el mundo y tiene tendencias de aumentar hasta las 72.348 toneladas métricas en el área de 7.085.615 metros en Corea (Jang et al., 2003).

Sus características; tiene sombrero o epitelio y su forma depende de la salud y las condiciones en las que este se desarrolla, va de los 5 a los 20 cm de diámetro, en un principio tiene forma abombada y redonda, a medida en el que crece se va ensanchando hasta tener una forma de ostra, con textura lisa por la parte superior y laminillas en la parte interior, en cuanto a su color este varía de blanco, gris claro u oscuro y azulado (este color se presenta en condiciones altas de humedad y pálido en ambiente seco) y amarillentos en etapas más avanzadas de edad. Sus bordes son ondulados, delgados y en ocasiones enrollados (Valencia- del Toro & Garín-Aguilar, 2012).

3.5.3 Estructura química

Las composiciones elementales como los iones de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno están químicamente unidas entre sí teniendo diferentes sitios o puntos de unión. Los sitios son los puntos de unión. El tipo de vínculo que posee la estructura depende del número de puntos de unión. La estructura está unida covalentemente teniendo un total de 4 dobles enlaces: 3 en el primer anillo y 1 en el segundo anillo (Armas-Tizapantzi et al., 2019).

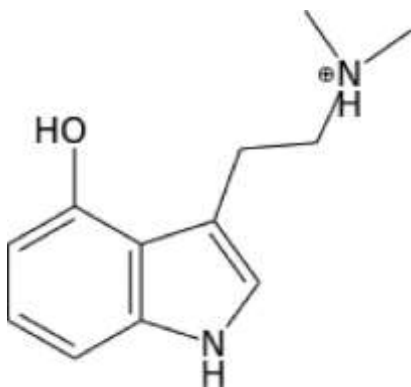


Figura 10. Estructura química

3.5.4 Composición química

La quitina, los glucanos y las glicoproteínas son los componentes clave de la pared celular de la especie de hongo *Pleurotus*. La quitina se encuentra más cerca de la pared de *Pleurotus* en la membrana plasmática como componente estructural. La composición de la copa externa según la especie de *Pleurotus*, el morfotipo y la etapa de crecimiento. Son parte de las especies de hongos que producen esporas que son unidades básicas de reproducción. Hasta que se desarrolle más de un cuerpo fructífero, el emicelio permanece latente. Son plantas no vasculares donde faltan mecanismos para el transporte de agua y alimentos a grandes distancias, y también poseen rizoides en lugar de raíces que tienen pelos diminutos que encajan en el sustrato para mantener la planta en su lugar. Además son organismos eucariotas que poseen un núcleo que está encerrado en membranas, por lo tanto, carecen de clorofila y no pueden someterse a la fotosíntesis como lo hacen las plantas (Igwilo et al., 2023).

3.6 Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias vitales que protegen al cuerpo humano de los daños causados por el estrés oxidativo inducidos por los radicales libres. Muchas plantas medicinales son ricas en componentes antioxidantes con alta actividad y bajos efectos secundarios. Compuestos antioxidantes fenólicos, carotenoides, flavonoides, ácidos cinámicos, benzoicos, ácido fólico y ascórbico son algunos de los antioxidantes producidos por las plantas para su sustento. Los antioxidantes de los alimentos previenen la inflamación y el estrés oxidativo (Hussain et al., 2022).

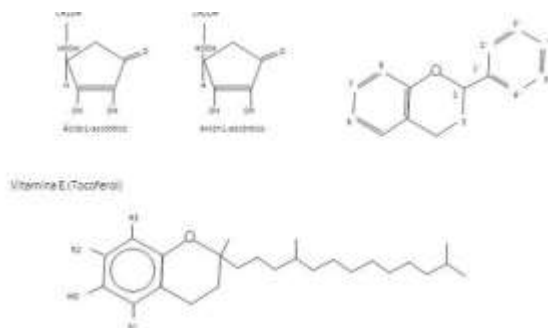


Figura 11. Estructura química de los principales antioxidantes.

3.7 Polifenoles

Los polifenoles pertenecen a una clase de químicos orgánicos con alta actividad antioxidante, que pueden ser utilizados para prevenir el deterioro de los alimentos de la oxidación. Estos compuestos están abundantemente presentes en frutas, nueces, raíces, verduras, hierbas y especias. Además tienen propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias, antidiabéticas, antilipídicas y antidepresivas. Son compuestos bioactivos presentes en una variedad de plantas medicinales. Los beneficios están determinados por la cantidad consumida, así como su biodisponibilidad (Usman et al., 2022).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

ETAPA 1. Análisis y caracterización nutricional del *Pleurotus ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

4.1 Material

Para este trabajo se utilizaron harinas de *Pleurotus Ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

4.1.1 Obtención de *Pleurotus ostreatus*

El cultivo del hongo y el desarrollo de harina de hongo *Pleurotus ostreatus* (HPO) se llevó a cabo y se proporcionó por el Departamento de fitomejoramiento y del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (*Po*) se llevó a cabo siguiendo las metodologías de Bonatti-Chves et al (2004) con modificaciones. El desarrollo del *Po* se llevó a cabo en paja de trigo y sorgo el cual se esterilizó para evitar contaminación, y se controló las condiciones de humedad relativa (entre 80 y 90%). Posteriormente, se sembró el sustrato con semilla de sorgo (15% p/p) inoculada con micelio del hongo *Po* (conservado a -4°), el cual fue proporcionado por el departamento de fitomejoramiento de la UAAAN, este procedimiento se llevó a cabo en bolsas de plástico, las cuales se identificaron y se mantuvieron en condiciones de oscuridad y de temperatura controlada (28°C). Los hongos maduros (cuerpo fructífero) de *Po* se cosecharon manualmente después un periodo de 40 días.

4.1.2 Obtención de nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

El fruto se recolecto en la comunidad de nuevo Antonio, municipio de Venustiano Carranza del estado de Chiapas. Para eliminar la humedad contenida, las semillas fueron expuestas a los rayos del por un periodo de 365 días. Una vez seco se seleccionaron los mejores granos y se almacenaron las bolsas de polietileno hermético hasta su posterior análisis

4.1.3 Proceso de obtención de las harinas

Recepción de materia prima de *Pleurotus ostreatus* (conocida comúnmente como hongo ostra) y *Brosimum alicastrum* (conocido como nuez de ramón). Con la finalidad de eliminar impurezas se lavaron, desinfectaron y seleccionaron ambas materias esto para descartar que no tengan algún defecto por contaminación externa. El secado (deshidratado) de la materia prima se realizó utilizando un deshidratador marca Colzer a una temperatura de 47°C por 48 horas. Se molieron las materias primas en un molino de granos marca CGoldenWall y se homogenizaron ambas muestras mediante un tamizador Tyler Ro Tav RX-29 hasta obtener un tamaño de partícula de 150 µm de cada una de las materias primas. Se realizó el análisis químico proximal nutrimental de las harinas de *Pleurotus ostreatus* y *Brosimum alicastrum* por las técnicas de la AOAC.

4.2 Análisis químico proximal de las harinas

Se determinó humedad por el método 920.151, cenizas por el método 940.26, lípidos por el método 930.09 y proteínas por el método 920.152. Los análisis se realizaron de acuerdo con los métodos de la Asociación de Químicas Agrícolas Oficiales (AOAC, 2012). Se determinó fibra cruda basada con la Norma Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978.

4.2.1 Determinación de humedad

Para la determinación de humedad se utilizaron crisoles de porcelana, estos se colocaron en la estufa previamente calibrada a una temperatura de 100° C por un periodo de 12 horas para ponerlos a peso constante, transcurrido el tiempo los crisoles se retiraron de la estufa sujetándolos con una pinza para evitar el contacto y se colocaron en un desecador de 20 a 25 minutos para enfriarlos, completado ese lapso de tiempo se pesaron en la balanza analítica y se registraron los pesos. Se pesaron 2 g de muestra por separado y se colocaron respectivamente en cada crisol, se coloraron en la estufa durante 24 horas, transcurrido ese periodo de tiempo se retiraron los crisoles con la muestra seca de la estufa, se colocaron en un desecador y se dejaron enfriar de 20 a 25 minutos, se procedió a pesar y anotar los datos obtenidos.

Los resultados se determinaron mediante la siguiente fórmula:

$$\%MTS = \frac{\text{peso del crisol con muestra} - \text{peso de crisol solo}}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

$$\%Humedad = 100 - \%MTS$$

4.2.2 Determinación de ceniza

La muestra que fue utilizada en la determinación de humedad, se pre-incinero en una parrilla eléctrica, a temperatura alta, hasta el punto en que deje de producir humo. El crisol con la muestra pre-incinerada se pasa a la mufla marca (Felisa-340P), a una temperatura de 600 °C por un periodo de tiempo de 2 horas, transcurrido el tiempo se sacan de la mufla, se enfrían de 20 a 25 minutos en un desecador y se procede a pesa y anotar el peso exacto.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{\text{eso del crisol con ceniza} - \text{peso del crisol solo}}{g \text{ de la muestra}} \times 100$$

4.2.3 Determinación de grasa

La determinación se grasa se llevó a cabo por el meto de Soxhlet, este método consiste en la extracción directa con disolventes de compuestos no polares. Consiste en someter la muestra exenta de humedad a un proceso de extracción continua con disolvente (hexano) en un equipo Soxhlet, donde una cantidad del disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición. El líquido condensado llega a cierto nivel dentro del Soxhlet y el líquido es sifonado de regreso al matraz de ebullición.

Para la determinación de grasa se colocaron en una estufa los matraces bola de vidrio por 12 horas. Previamente los matraces bola de fondo plano que se habían colocado a peso constante en la estufa se retiraron y se dejaron enfriar en un desecador por 25 minutos y luego se anotaron los pesos obtenidos en la balanza analítica. Posteriormente se pesaron 5 gramos de muestra seca (harina), se colocó dentro de papel filtro formando un cartucho para evitar que la pérdida de muestra y que esta misma se deposite en el fondo del sifón, a los matraces bola se le adicionaron 250 ml de hexano y se conectó al equipo Soxhlet cerrando la parte de arriba con el refrigerante.

El proceso de desgrasado se realizó por un lapso de 6 horas, en una parrilla eléctrica a una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por segundo, contando el tiempo a partir de cuándo empieza la ebullición, al finalizar se retiró la muestra y se recuperó el solvente excedente. Los matraces con el extracto se llevaron a la estufa a una temperatura de 100°C para ponerlos a peso contante, transcurrido ese tiempo se retiraron de la estufa y se dejaron enfriar en el desecador, se pesaron y se anotaron los pesos para realizar los cálculos correspondientes.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\%G = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso de matraz solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

4.2.4 Determinación de proteína

Se determinó la proteína de *Micro-Kjeldhal*

4.2.4.1 Digestión

Se pesaron 15 mg de muestra seca previamente desgrasada, se colocaron en tubos de rosca que se ajusten al condensador del equipo, se le agregaron de 300 a 400 mg de mezcla reactiva de selenio (catalizador) y se le adicionaron 2.5 ml de ácido sulfúrico concentrado, se conectó al aparato Kjeldhal con un condensador de vapores conectado a la bomba de vacío para vapores ácidos, en la sección de digestión, hasta que la muestra cambio de una solución color café oscuro a una solución verde clara transparente o azul clara, una vez ya digerida la muestra retiramos los tubos de rosca, los tapamos y dejamos enfriar a temperatura ambiente.

4.2.4.2 Destilación

Se colocó el residuo blanquecino en un tubo de destilación, se agregaron 5 ml de agua en dos partes para disolver el residuo blanquecino, también se agregaron 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 60% lentamente, en un matraz Erlenmeyer se colocaron 5 ml de ácido bórico al 5% adicionando y se adicionaron 2 gotas de mezcla de indicadores, posteriormente el matraz se colocó en baño con hielo, se destiló la muestra en el equipo kjeldhal hasta obtener 70- 100 ml de muestra, el matraz con ácido bórico y el indicador poseen un color violeta el cual cambiaron a verde cuando se recolectó el destilado.

4.2.4.3 Titulación

Por último lo recuperado se tituló con HCL al 0.01N, hasta permutar a color rosa pálido. Realizar los cálculos con los ml de ácido clorhídrico gastados.

Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(v2 - v1) * Eq * N * N}{W} \times 100$$

Donde:

%N= Porcentaje de nitrógeno total

V2= Volumen de HCL gastado para titular la muestra (ml)

V1= Volumen gastado para titular el blanco (ml)

N= Normalidad de HCL 0.01N

EqN= 14.007

W= Peso de la muestra en gramos (previamente desengrasada)

VN= Porcentaje de nitrógeno

F= Factor de conversión (4.386,25)

4.2.5 Determinación de fibra

Se pesaron 2 gramos de la muestra desengrasada, la muestra se colocó en un vaso Berzelius y se agregaron 100 ml de ácido sulfúrico al 0.225 N. se conectó el aparato de reflujo por 30 minutos (se comenzó a contar a partir de que empieza a hervir, al hervir se baja la flama para que se mantenga a ebullición suave), transcurrido ese tiempo se retira y se filtró el residuo resultante con una tela de lino, se lavó con 100 ml de agua destilada caliente.

El residuo obtenido de la fibra se pasó nuevamente al bazo Berzelius agregando 100 ml de solución de hidróxido de sodio 0.313 N y se conectó al aparato de reflujo por 30 minutos, pasado el tiempo indicado se retira y filtro a través de la tela de lino y se lavó con 100 ml de agua destilada caliente, se escurrió el exceso de agua presionando la tela.

Sacamos la tela de lino del embudo se extendió y retiro la fibra con una espátula y se depositó en un crisol (peso constante). Los crisoles con la fibra se colocaron en la estufa a 100 °C durante 12 horas, se retiraron de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador por 30 min, una vez transcurrió ese tiempo se pesó y se anotaron los pesos. Los crisoles previamente pesados. Se pre-incineraron las muestras en la parrilla y se colocaron en la mufla (Felisa-340P) a 600°C para calcinarse durante 2 horas, después de este tiempo se apagó la mufla (Felisa-340P) y se dejó enfriar por 2 horas, los crisoles se sacaron la mufla, se dejaron enfriar en un desecador, se pesaron y anotamos los pesos exactos para realizar los cálculos correspondientes.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\%F = \frac{\text{peso de crisol con fibra seca} - \text{peso de crisol fibra cenizas}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

4.2.6 Determinación del contenido de carbohidratos totales

Se determinan a través de una diferencia, esta diferencia es la que existe entre el peso original de la muestra y la suma de humedad, ceniza, grasa, fibra cruda y proteína.

%Carbohidratos totales

$$= 100 - (\%humedad + \%ceniza + \%grasa + \%fibra\ cruda + \%proteina)$$

ETAPA 2. Formular y evaluar las características sensoriales de las galletas desarrolladas utilizando las harinas para su elaboración.

4.3 Proceso de elaboración

En la tabla 1. Se presentan los ingredientes utilizados para formulación de las galletas funcionales a base de *Pleurotus Ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

Tabla 1. Ingredientes utilizados en la elaboración de la galleta nutritiva.

Ingrediente	Cantidad (g)
Harina	125
Materia grasa (Margarina)	50
Clara de huevo	25
Azúcar	30
Miel	42
Polvo para hornear (rexal)	2.75

Cada uno de los ingredientes se depositó en recipientes los cuales se incorporaron uno a uno en la batidora. Previo al amasado la materia grasa (margarina) se derritió en la estufa para una mejor manipulación y incorporación. Los ingredientes se mezclaron a velocidad 1 por un tiempo de 2 minutos y después a la velocidad 3 hasta que los ingredientes se mezclaron bien y quedaran libre de grumos de haría o azúcar (el amasado se lleva aproximadamente 6 minutos). Se colocó la porción de masa en la mesa previamente enharinada y se extendió con el rodillo hasta que se logró

un grosor en promedio de 4 y 5 milímetros y una superficie lo más lisa posible. Con moldes de aproximadamente 6 centímetros se cortó la masa y las piezas se colocaron en charolas previamente forradas con papel encerado. Después las piezas colocadas en la charola se hornearon durante 18 minutos a una temperatura de 140° C.

4.3.1 Establecimiento de experimento

Primeramente, a la harina de *Pleurotus Ostreatus* y Nuez maya (*Brosimun alicastrum*) se le realizó el análisis químico proximal. Para conocer mejor la proporción de cada una de ellas, se realizaron mezclas (formulaciones) de acuerdo a los siguientes porcentajes (Tabla 2), respecto a 274.75 g de masa mezcla total, el desarrollo de este trabajo se llevó a cabo en los laboratorios de Investigación de Alimentos Funcionales y Nutrición en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC).

Tabla 2. Mezcla de harina de trigo con *Pleurotus Ostreatus* y Nuez maya.

Formulación	Harina de trigo %	HPO %	HNM%	Azúcar%
1	84	6	10	0
2	84	6	10	5
3	84	6	10	10
4	79	6	15	0
5	79	6	15	5
6	79	6	15	10
7	74	6	20	0
8	74	6	20	5
9	74	6	20	10

HPO = Harina de *Pleurotus Ostreatus*

HNM = Harina de Nuez maya (*Brosimun alicastrum*)

Se realizaron diferentes análisis para evaluar las características del producto entre las cuales se realizó: evaluación sensorial, análisis del valor químico proximal y potencial funcional mediante actividad antioxidante. Con la finalidad de conocer las formulaciones más aceptadas por los consumidores primero se realizó la evaluación sensorial. Esto se realizó debido a que el *Pleurotus Ostreatus* tiene un sabor intenso al paladar, con la información obtenida basarnos en establecer nuevas concentraciones o quedarnos con las ya establecidas y así poder llevar a cabo tanto el análisis químico proximal como el potencial funcional.

4.3.2 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial que se realizó fue una prueba hedónica de aceptabilidad en donde se evaluaron cinco puntos que fueron: sabor, aroma, textura, color y apariencia. Esta prueba se realizó con un grupo de 40 evaluadores, estos fueron elegidos aleatoriamente, en dicha prueba participaron tanto hombres como mujeres. A cada panelista se le proporcionaron las muestras a evaluar así como también la hoja en donde calificaron cada una de las de acuerdo a la aceptación de las muestras de acuerdo a los cinco puntos que se mencionaron anteriormente. Las muestras se clasificaron con un código el cual les permitió identificar mejor los datos y poder diferenciarlos.

Finalmente, los datos obtenidos de la evaluación, se analizaron en el paquete estadístico de Excel los cuales fueron graficados para ver el comportamiento de la aceptación.

ETAPA 3. Evaluar las propiedades nutrimentales y funcionales de las galletas desarrolladas con mejores propiedades de aceptación.

4.4 Análisis químico proximal de las galletas

El análisis químico proximal de las galletas elaboradas parcialmente harina de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*) se realizó como se describe anteriormente en la sección 4.2. Se tomaron muestras de las galletas por triplicado para realizar los análisis, previamente las muestras fueron trituradas a un tamaño de partículas adecuadas.

4.5 Evaluación de la actividad antioxidante

Las formulaciones de la galleta fueron diluidas en una solución de etanol/agua (1:1 v/v) a una concentración de 0.02g/ml y se mantuvieron a temperatura ambiente durante 12 horas en oscuridad. A continuación, se sometieron a centrifugación a 5000 rpm por 10 minutos. El sobrenadante se utilizó con la muestra de extracto de compuestos antioxidantes para los ensayos de determinación de polifenoles totales y de capacidad antioxidante.

4.5.1 Determinación de fenoles totales

Para la cuantificación del CPT se utilizó el método de Folin-Ciocalteu empleando la técnica de Heimler et al. (2005). Para la determinación de polifenoles se realizó una curva estándar de ácido gálico a diferentes concentraciones.

En cada uno de los tubos se agregaron 50 μ L de cada extracto, más 3 mL de agua destilada y 250 μ L del reactivo folin. Se dejó reaccionar por 8 minutos en la oscuridad, pasado el tiempo de reacción se agregó 750 μ L de bicarbonato de sodio (Na_2CO_3) y 950 μ L de agua destilada, se depositó en 300 μ L de la muestra tratada en la microplaca y se dejó reposar por 30 min en la oscuridad y a temperatura ambiente. Como paso final se midió la absorbancia a 750 nm con un lector de microplacas Biobase Elisa – EL 10^a.

4.5.2 Ensayo con DPPH

La determinación de la actividad antioxidante se realizó mediante la siguiente técnica. Se utilizaron tubos donde se pesó 1.18 mg de la muestra y luego se le colocó 50 mL de metanol, después en otro tubo se colocó 40 mL de metanol con 2 mL del DPPH concentrado al tubo del diluido en una microplaca se colocó en 2 pocitos 300 μ L del DPPH diluido y se leyó a 720 nm.

Al final de los extractos se tomaron 30 μ L de muestra de cada extracto y se colocaron en 3 pocitos, del DPPH diluido se tomaron 270 μ L y se colocaron en el mismo lugar del extracto, se mantuvo en total oscuridad de 30 – 40 min, pasado el tiempo se leyó la absorbancia a 520 nm, también se realizó una curva patrón con trolox a diferentes concentraciones (0, 5, 25, 50, 100, 200, 300, 400, 500 mg/L)

4.5.3 Actividad antioxidante por ABTS

Del extracto anterior se tomó una concentración de 10 mL -200ml de ABTS. La actividad antioxidante se cuantificó haciendo reaccionar ABTS 7 mM con 2,45 mM (final concentración) persulfato de potasio en la oscuridad a temperatura ambiente durante 12-16 h. Esta solución se diluyó en agua destilada hasta una absorbancia de 0,7 a 734 nm. Un blanco de disolvente apropiado se tomó la lectura. Después de la adición de 100 µl de soluciones acuosas de extracto a 3 mL de ABTS + solución, la lectura de la absorbancia fue tomada en 30°C durante 20 min. Posteriormente tomar la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 750 nm. Todas las soluciones se utilizaron recientemente y todas las mediciones se llevaron a cabo por triplicado. La actividad antioxidante se cuantificó a partir de una curva estándar basada en trolox de 500 ppm Los resultados fueron expresado en miligramos de equivalentes de trolox por 100 g de extracto. (Ozer, 2021)

ETAPA 4. Análisis de las características de calidad (Color y textura).

4.6 Análisis de las características de calidad de la galleta

Para realizar el análisis se eligieron aleatoriamente dos piezas para evaluar la textura y cinco piezas para evaluar el color de todas las formulaciones elaboradas.

4.6.1 Determinación del perfil de textura

Las galletas se comprimieron dos veces. Utilizando el instrumento Fruit Hardness Tester-200, se realizó una prueba de doble compresión utilizando una puntilla de 3 mm de diámetro, se comprimieron 2 galletas por cada formulación, los datos obtenidos con el FHT-200 se registraron y graficaron.

4.6.2 Color

El análisis del color de la galleta se determinó de acuerdo con la escala de color CIE-L* a* b con la representación del espacio utilizando un colorímetro digital (3nH NR20XE) y se obtuvieron los parámetros de L*, a* y b*. Se tomaron 5 galletas al de cada una de las formulaciones, se calibro el colorímetro utilizando una hoja en blanco y se procedió a tomar el color de diferentes partes de las galletas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cada una de las formulaciones se evaluó por triplicado mostrando los promedios de las repeticiones.

5.1 Análisis químico proximal de la harina de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

El contenido de la composición química de la harina de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*) se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Composición química de la harina de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

Componentes químicos	HNM (%)	HPO (%)
Humedad	2.27	5.6
Ceniza	2.63	9.9
Grasas	1.29	1.9
Fibra	8.67	5.5
Proteína	2.14	22.3
Carbohidratos	77.99	60.3

El componente principal en la harina de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya son los carbohidratos, mientras que el de menor proporción es la materia grasa. Si bien en ambas harinas los componentes que se mencionan anteriormente están presentes de forma similar, existen diferencias bastante notorias, en la harina de nuez maya la fibra tiene un contenido del 8.67 % , siendo esta concentración más alta respecto a la harina de *Pleurotus* la cual contiene 5.5 % , mientras que en proteína la harina de nuez maya tiene una concentración del 2.14 % una diferencia bastante significativa en comparación con la harina de *Pleurotus ostreatus* que contiene 22.3 % de proteína. De igual manera en la concentración de minerales en la harina de nuez maya es inferior con 2.63 % y en la harina de *Pleurotus* es superior con una concentración del 9.9 %.

5.2 Evaluación sensorial de las galletas

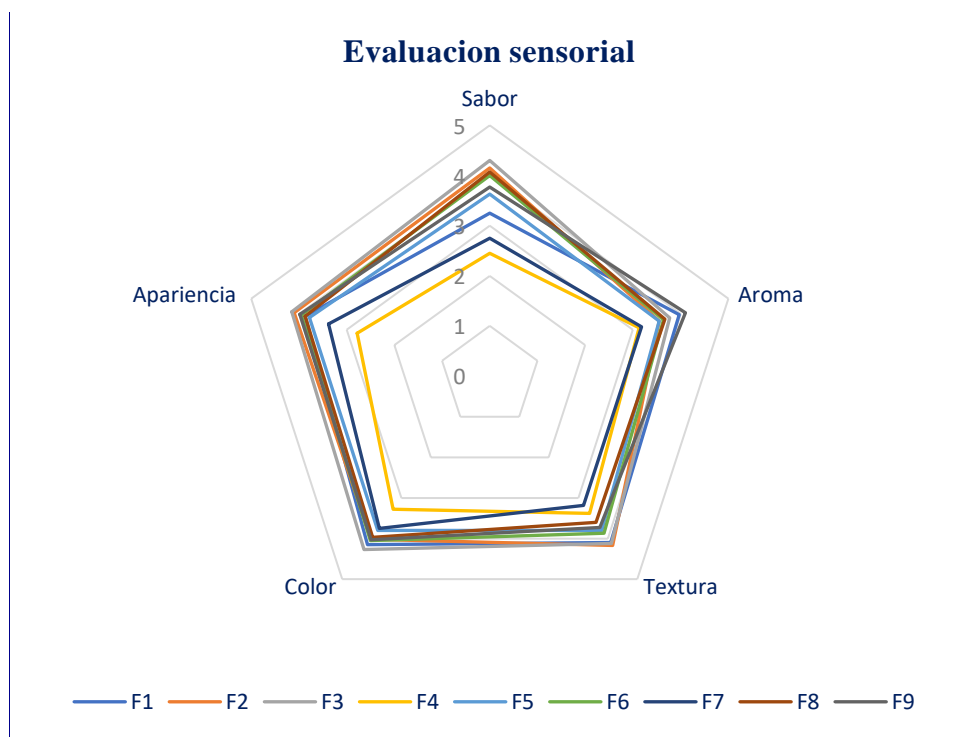


Figura 12. Evaluación sensorial de las galletas.

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de las galletas muestran los valores de aceptabilidad en cuanto a sabor, aroma, textura, color y apariencia en una escala hedónica de 5 puntos, siendo 1 el valor más bajo y 5 el más alto. En esta evaluación se observa que las formulaciones más aceptadas de forma general fueron la formulación 1, 2, 3, 6 y 8, respecto al sabor, color, apariencia y textura, aunque en apariencia y color las formulaciones son muy parecidas. Mientras que las formulaciones menos aceptadas fueron la 4 y 7. En la gráfica observamos el comportamiento de acuerdo a las características evaluadas y observamos que en el perfil de textura son muy similares, en cuanto a la F4 el perfil de sabor, color y apariencia no fue agradable para los panelistas por lo tanto esa formulación fue la de menor aceptabilidad. Por ende la F3 presenta mayor aceptabilidad de acuerdo a los cinco perfiles evaluados en comparación con las otras formulaciones, finalmente en base a los resultados obtenidos de esta evaluación sensorial de las galletas desarrolladas se continuaron con los siguientes estudios. Los resultados obtenidos

en la evaluación sensorial realizado con la prueba hedónica de aceptación, permitió seleccionar las mejores formulaciones para determinar su contenido nutrimental y funcional, además con esta evaluación se determinó cual es la combinación que presento mayor porcentaje de aceptabilidad, como podemos apreciarlo en la figura 12.

5.2.1 Formulaciones de las galletas aceptadas



Figura 13. Galletas de *Pleurotus ostreatus* y nuez maya.

La selección de estas formulaciones se llevó a cabo de acuerdo con la evaluación sensorial que se realizó, tomando en cuenta los parámetros de color olor sabor, textura y apariencia. Las formulaciones seleccionadas como se muestra en la tabla 4 fueron las que tuvieron mayor porcentaje de aceptabilidad de acuerdo con el panel de consumidores.

A continuación en la tabla 4 se presentan las formulaciones que fueron seleccionadas para realizar el análisis químico proximal y capacidad antioxidante de acuerdo a la evolución sensorial realizada.

Tabla 4. Formulaciones seleccionadas para el análisis químico proximal, funcional y análisis de las características de calidad.

Formulaciones	F1	F2	F3	F6	F8
---------------	----	----	----	----	----

5.3 Análisis químico proximal de las galletas

5.3.1 Determinación de humedad

El contenido de humedad obtenido del análisis de las galletas se expresa en forma de porcentaje. Se observó que la formulación control, elaborada exclusivamente con harina de trigo, presentó un contenido de humedad del 4.65%, lo cual constituye uno de los valores más altos obtenidos. De manera similar, se encontró que la formulación 1 y la formulación 2 presentaron un contenido de humedad del 4.72% y 4.64%, respectivamente. Por otro lado, las formulaciones con menor contenido de humedad fueron la formulación 3 con un 3.63%, la formulación 6 con un 3.29% y, por último, la formulación 8 con un 3.60%. Estos resultados se presentan en la figura 13 a continuación.

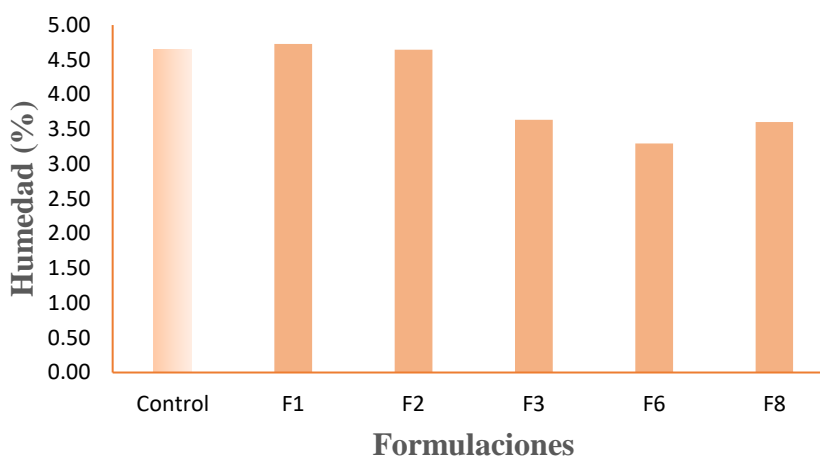


Figura 13. Contenido de humedad en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

El rango de humedad establecido según la norma NMX es del 8.0% (Lazaridou et al., 2022). Se encontró que el contenido de humedad presente en las galletas elaboradas con harina de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus* se encuentra dentro de dicho rango, al igual que las galletas elaboradas exclusivamente con harina de trigo. El contenido de humedad representa la cantidad de agua libre y agua ligada presente en los productos alimenticios. Un exceso de humedad en un producto puede provocar un deterioro acelerado y una vida útil reducida en el anaquel (Myers et al., 2023).

5.3.2 Determinación de ceniza

La formulación control, elaborada exclusivamente con 100% harina de trigo, presentó un contenido de cenizas del 1.36%, el cual es uno de los valores más bajos obtenidos entre todas las formulaciones. Por otro lado, la formulación F1 mostró un contenido de cenizas del 2.74%, siendo este el valor más alto y presentando una diferencia de 1.38% en comparación con la formulación control. La formulación F2, en cambio, registró un contenido de cenizas del 2.18%, un valor más bajo que el de la formulación F1. En cuanto a la formulación F3, se obtuvo un valor de 2.07%, considerablemente inferior al de la formulación F1. Por su parte, la formulación F6 presentó un valor de cenizas del 2.24%, similar al de la formulación F2. Por último, la formulación F8 mostró un valor de 2.36% de cenizas.

A continuación, en la figura 14, se presentan los resultados mencionados anteriormente.

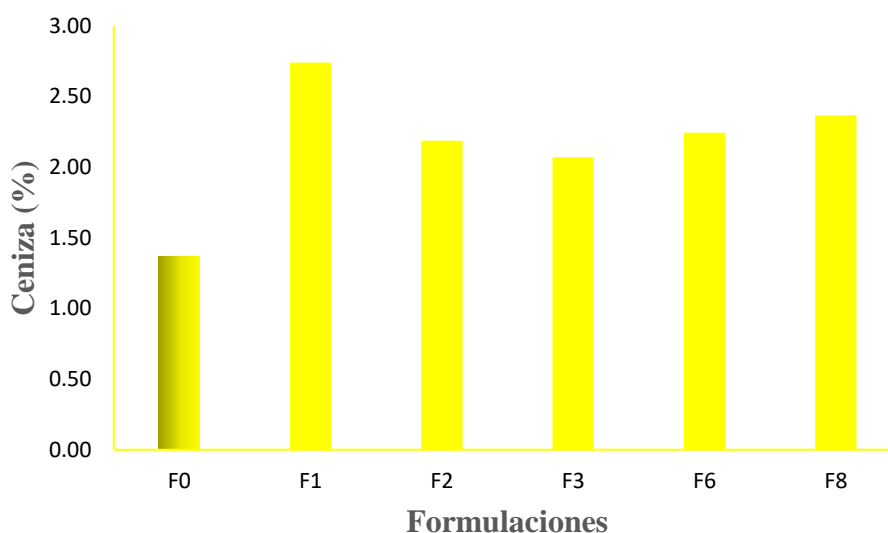


Figura 14. Contenido de cenizas en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

La cantidad de cenizas en un alimento está relacionada con su contenido de minerales esenciales para la nutrición humana. Según los resultados obtenidos, se puede observar un incremento significativo en la cantidad de cenizas en las formulaciones que contienen harinas, lo cual es un efecto esperado. Al utilizar concentraciones del 9.4%, 14.09% y 18.8% de harina de Nuez maya y un 6% de harina de *Pleurotus ostreatus*, se observa un aumento promedio del 41.13% en la cantidad

de cenizas en comparación con la formulación control. Por lo tanto, las galletas obtenidas contienen una mayor cantidad de minerales.

En un estudio realizado por Rico et al. n (2019) en galletas elaboradas con harina blanca (arroz y tef), se obtuvo un contenido de cenizas del 1.35%. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente trabajo, se puede observar que la formulación con el mayor porcentaje de cenizas fue la F1 con un 2.74%, lo que representa una diferencia significativa del 51.8% en la cantidad de cenizas. Esto indica que las galletas parcialmente sustituidas con harina de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus* contienen una mayor cantidad de minerales en comparación con las galletas mencionadas anteriormente por Rico et al. n (2019)

5.3.3 Determinación de grasa

Los resultados obtenidos en la determinación de grasa para las formulaciones desarrolladas tenemos que la formulación control (100 % harina de trigo) presento un 18.5 % por ciento de grasa, siendo la concentración más alta, en la F1 se presentó un 13.51 % de grasa, mientras que en F2 un 13.25 %, siendo estas inversamente proporcional, para la F3 se obtiene un 15.29 %, similar a la anterior tenemos la F6 con 15.26% y finalmente la F8 con 15.06 % la cual no tiene una diferencia significativa con la F3 y F6.

A continuación, en la figura 15 se presentan los siguientes resultados:

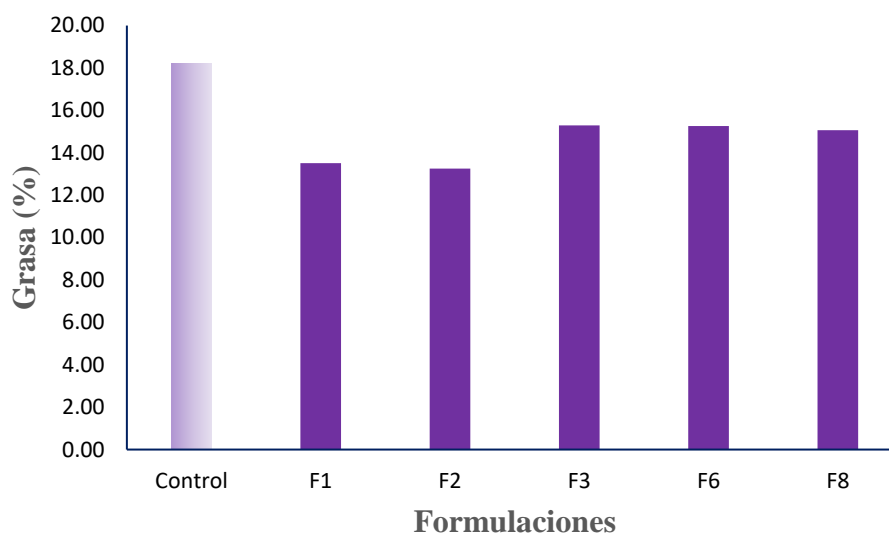


Figura 15. Contenido de grasa en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

En la figura anterior, se puede observar que a medida que se sustituye la concentración de las harinas de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus*, el porcentaje de grasa en las galletas disminuye. Al comparar la formulación control (100% trigo) con una concentración de 18.22%, con el resto de las formulaciones parcialmente sustituidas, se puede apreciar un mayor porcentaje de grasa en diferencia con la formulación F2, con una diferencia significativa de 13.12%.

Según (Akinbode et al., 2023), las galletas elaboradas con harinas compuestas de sorgo y champiñón presentaron una concentración de grasa del 14.83%. En comparación con el análisis realizado en esta investigación, el porcentaje más bajo de grasa obtenido en la formulación F2 fue del 12.25%. Esto indica que la galleta elaborada con Nuez maya y *Pleurotus ostreatus* tiene un menor porcentaje de grasa en comparación con la investigación mencionada anteriormente, lo que sugiere que posee características que la hacen más saludable.

5.3.4 Determinación de fibra

La concentración de fibra obtenida en la formulación control (100 % harina de trigo) presento 0.06 % de fibra cruda, siendo el valor más bajo, la formulación F1 presento 0.12 % de fibra, la F2 presento un 0.12 % de fibra, mientras que la F3 0.14 % siendo este el de mayor concentración de fibra, y finalmente la F6 con 0.09 % y F8 0.07 % de fibra cruda, siendo las de menor concentración respecto a la F1 Y F2. A continuación, en la figura 16 se presentan los siguientes resultados

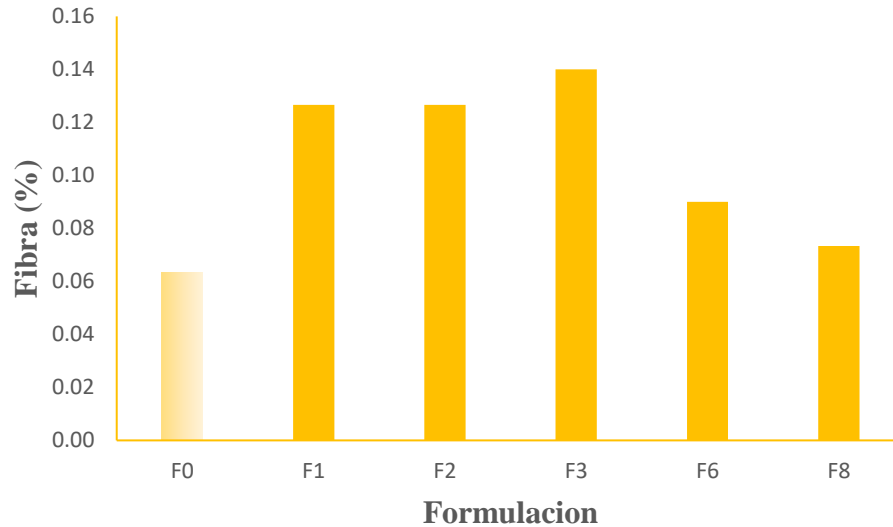


Figura 16. Contenido de fibra en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

De acuerdo con la figura anterior, se observa que la formulación control (100% a base de trigo) presenta la concentración más baja de fibra, mientras que al sustituir parcialmente la harina de trigo con Nuez maya y *Pleurotus ostreatus*, el contenido de fibra aumenta considerablemente, como se muestra en la gráfica. La formulación con el mayor porcentaje de fibra es la F3, mientras que en las formulaciones F2 y F1, la concentración de fibra es inversamente proporcional, con valores más altos. Al comparar la galleta control con la F3, se observa una diferencia significativa de 0.57%, lo que indica que al aumentar la concentración de harina de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus* y disminuir la harina de trigo, la concentración de fibra tiende a aumentar.

5.3.5 Determinación de proteína

La formulación control (100 % harina de trigo) presento una concentración de 0.38 % de proteína, la F1 presento 0.45 % de proteínas, al igual que F2 con una concentración de 0.45 %, respecto a la F3 esta presento 0.52 % de proteína, siendo este el valor más alto en comparación con las formulaciones desarrolladas, la F6 presento una concentración de 0.42 % y por último la F8 una concentración de 0.42 % de proteína.

A continuación, en la figura 17 se presentan los siguientes resultados:

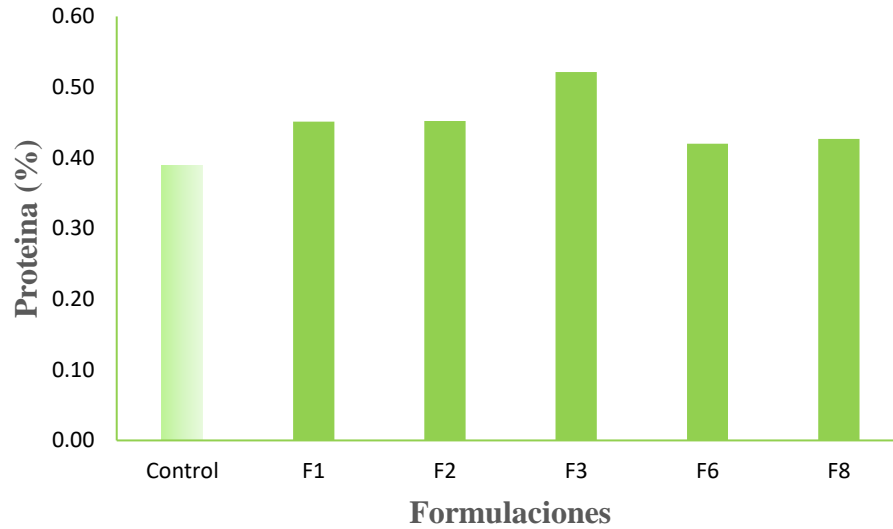


Figura 17. Contenido de proteína en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

En cuanto al contenido de proteína la formulación control presento 0.38 % siendo la de menor concentración respecto a las formulaciones que contiene harina de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus*. En cuanto a las demás formulaciones la de mayor concentración es F3 con 0.52 % de proteína. El resto de las formulaciones presentan una menor concentración pero superior a la formulación control con una diferencia promedio de 0.11 %.

5.3.6 Determinación del contenido de carbohidratos totales

En la determinación de carbohidratos totales se obtuvieron resultados distintos de acuerdo a las formulaciones con las que se elaboraron las galletas. La formulación control (100 % base de harina) contiene un 75.28 % de carbohidratos, Mientras que en la F1 tiene un contenido del 78.44 %, la F2 presento un contenido de 79.33 %, siendo el más alto en contenido de carbohidratos. Mientras que la F3 registro un 78.33 %, la F6 presento 78.69 % y la F8 78.48 % de carbohidratos totales.

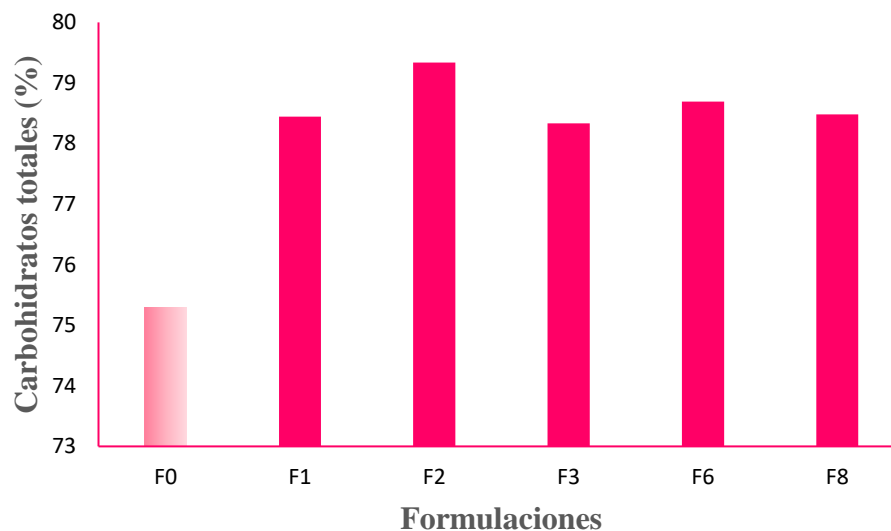


Figura 18. Contenido de carbohidratos totales en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

Según (Simanca-Sotelo et al., 2021) realizó un estudio en la galleta de Yacón, el donde el porcentaje de carbohidratos que se obtuvo fue de 80.02 %. En comparación con la que se obtuvo en este análisis encontramos que la formulación donde se encontró mayor concentración es en la F2 con 79.33 % de carbohidratos totales. Habiendo una diferencia mínima entre el dato reportado anteriormente. De acuerdo al presente análisis se considera que a mayor porcentaje de carbohidratos se obtiene un mayor aporte energético.

5.4 Análisis funcional de las galletas (capacidad antioxidante)

5.4.1 Determinación de fenoles totales

De acuerdo a la determinación de compuestos fenólicos, se observa que existe una diferencia significativa entre la muestra control (100 % harina de trigo) y las formulaciones desarrolladas donde se sustituyó parcialmente la concentración de harina de trigo por harina de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus*. En la formulación control, se determinó un 7.30 mg GAE/g, en cuanto a la F1 esta presentó 12.56 % mg GAE/g siendo la de más alta concentración en contenido fenólico. Por

otro lado, existiendo poca diferencia significativa la F2 presento 12.12 mg GAE/g. La F3 presento 7.59 mg GAE/g, siendo la de menor contenido fenólico, en la F6 se obtienen 10.54 mg GAE/g y por último, la F8 presento 9.44 mg GAE/g. A continuación, en la figura 19 se presentan los siguientes resultados:

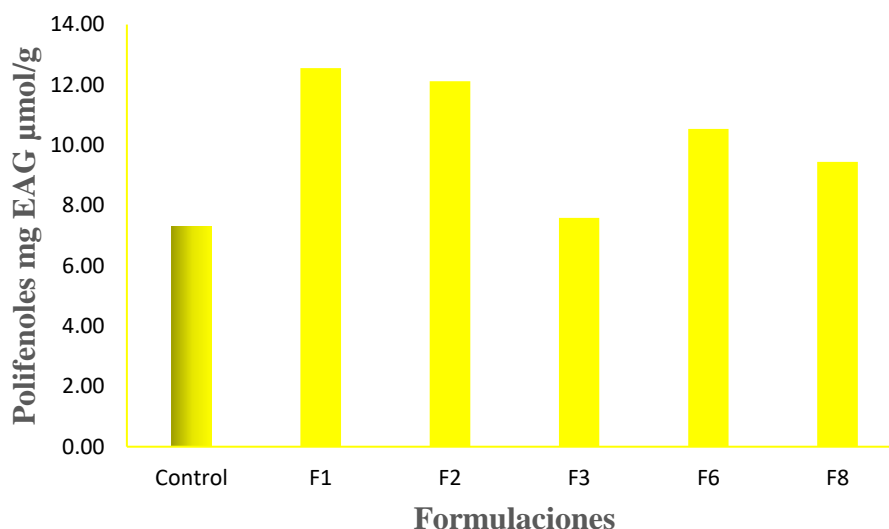


Figura 19. Contenido de fenoles totales en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

La formulación control desarrollada a base de 100 % harina de trigo presento 7.30 mg GAE/g, siendo la formulación menor concentración de fenoles, comparada con la F1 que presento una concentración de 12.56 mg GAE/g siendo la más elevada. Existe diferencia significativa considerable.

5.4.2 Ensayo con DPPH

En la determinación de la capacidad antioxidante de los extractos obtenidos de las formulaciones mediante el método DPPH, se obtuvieron diferencias significativas en la nuestra control (100 % harina de trigo) y las formulaciones desarrolladas con harina de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus*. La formulación control dio como resultado una concentración de 0.78 μ M TE g. Con mayor concentración la F1 presenta 14.36 μ M TE g es el valor más alto, mientras tanto en la F2 se observa una disminución donde presento 10.58 μ M TE g, un tanto similar la F3 presento 10.08 μ M TE g,

se observa una disminución en la F6 en donde presento 4.95 $\mu\text{M TE g}$ y por último la F8 con 7.52 $\mu\text{M TE g}$.

A continuación, en la figura 20 se presentan los siguientes resultados:

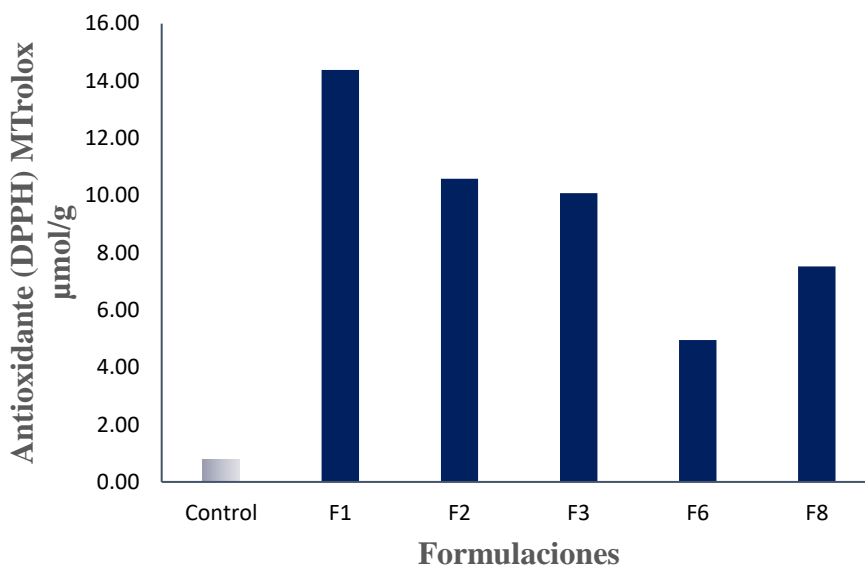


Figura 20. Contenido de antioxidantes en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

Un análisis realizado por (B. Yang et al., 2021) en la evaluación de galletas harina de malata de trigo integral presento como resultado una concentración de 9.09 mg VCE/100g. En comparación con lo realizado en este análisis, la formulación que tuvo mayor concentración fue la F1 en donde se obtuvo 14.38 $\mu\text{M TE g}$, en la cual se encuentra una diferencia significativa de 5.29 $\mu\text{M TE g}$ respecto a la muestra control, debido a que la Nuez maya tiene una alta concentración de antioxidantes. De igual que en el resto de las formulaciones desarrolladas tiene una concentración de antioxidantes superior que en el control.

5.4.3 Actividad antioxidante por ABTS

La determinación de la actividad antioxidante realizado por el método de ABTS, en el cual se midió la cantidad de antioxidantes presentes en las harinas evaluadas. Se observó que existen diferencias significativas entre la formulación desarrollada a base de 100 % harina de trigo respecto a las

formulaciones de galletas que contienen harina de Nuez maya y *Pleurotus ostreatus*. Y tenemos que la formulación control obtuvo una concentración de 0.1 μM Trolox, la cual representa la concentración más baja, mientras que la F1 presenta 27.35 μM Trolox siendo la que registra la mayor concentración, en cuanto a la F2 presento 26.47 μM Trolox similar a F1. Asi mismo la F3 tuvo una disminución prestando 12.85 μM Trolox, de igual manera la F6 con 12.45 μM Trolox. Y finalmente con un aumento ligeramente significativo la F8 con 16.35 μM Trolox.

A continuación, en la figura 21 se presentan los siguientes resultados:

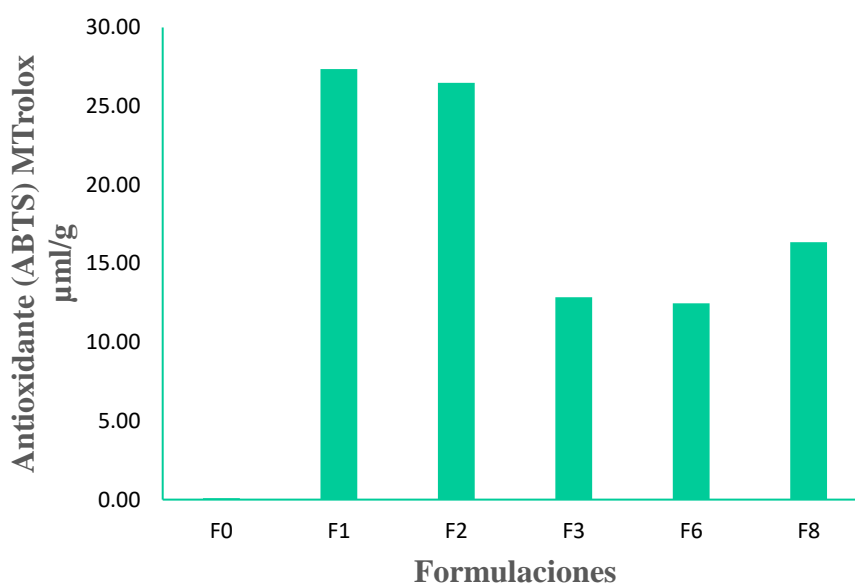


Figura 21. Contenido de antioxidantes en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

El contenido de antioxidantes aumenta a manera en que se incrementan las concentraciones del 9.4%, 14.09 % y 18.8 % en la harina de Nuez maya Y 6 % en *Pleurotus ostreatus*. Al comparar la formulación control con la F1 se observa una diferencia altamente significativa. Siendo F1 la que tiene mayor concentración de antioxidantes con 27.35 μM Trolox.

5.5 Análisis de las características de calidad de la galleta

5.5.1 Determinación del perfil de textura

De acuerdo a los valores obtenidos, observamos que la formulación control (100 % harina de trigo) presenta una menor suavidad y mayor firmeza. En cuanto a la formulación F1 a la F8 no se observan diferencias significativas y presentan una mayor suavidad. Esto se debe a que al combinar harinas funcionales se disminuye la dureza de las galletas.

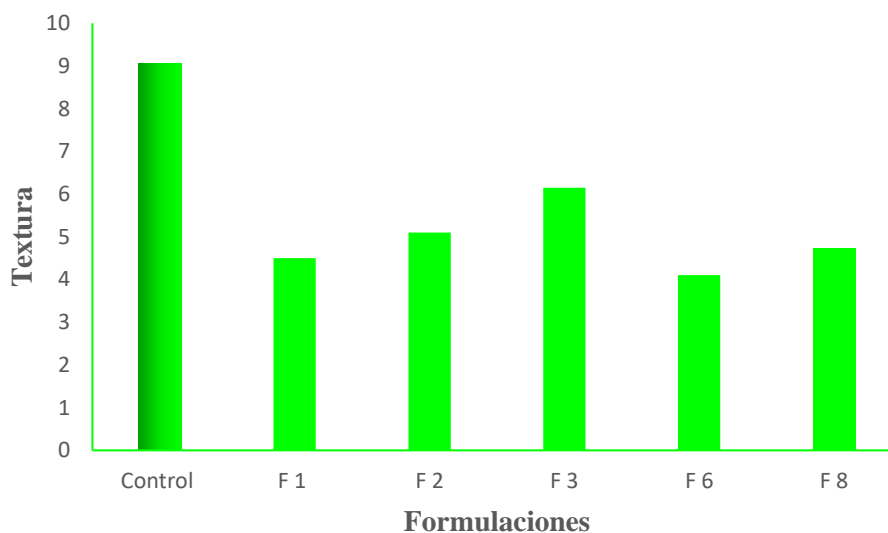


Figura 22. Perfil de textura en las galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*).

5.5.2 Color

De acuerdo a los datos obtenidos, observamos en el diagrama ciela**b** que los valores se encuentran en el ángulo de entre 0-90° lo que se interpreta en color rojo-amarillo. La muestra control (harina de trigo) presenta una diferencia de color respecto a las formulaciones que fueron sustituidas parcialmente con harinas funcionales (*Pleurotus ostreatus* y *Brosimum alicastrum*) dichas formulaciones presentan un color similar.

A continuación en la figura 23 se presentan los siguientes resultados del color de las galletas:

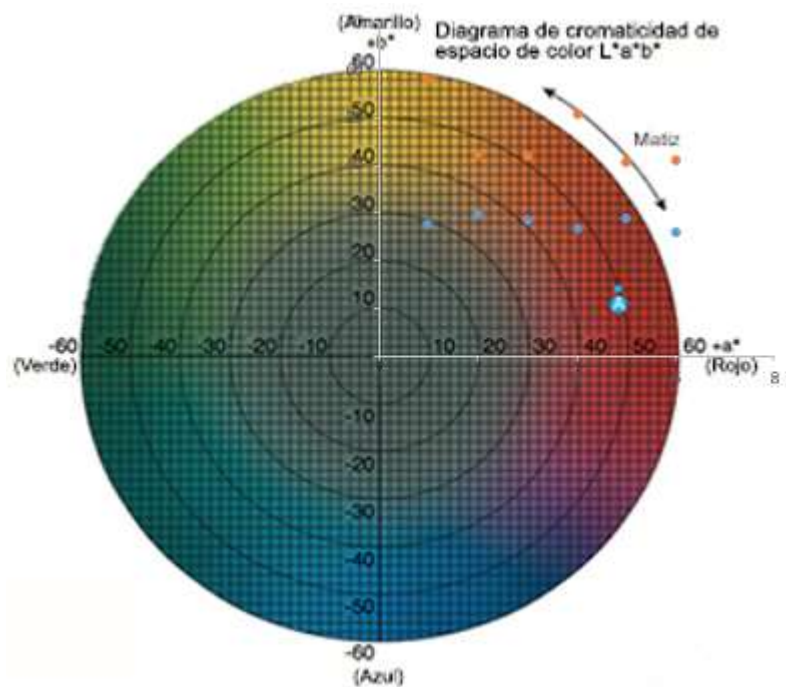


Figura 23. Color en galletas de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya (*Brosimum alicastrum*)

VI. CONCLUSIONES

El análisis y caracterización de la harina de *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya para la elaboración de harinas funcionales fue exitoso. La evaluación sensorial demostró una mejora significativa en los atributos de sabor, apariencia, color y textura del producto final, siendo la formulación F3 la más aceptada en términos generales. Esto mejoró las propiedades organolépticas del producto y logró una mejor aceptación por parte de los consumidores.

Se determinaron las propiedades nutricionales a través de un análisis químico proximal, encontrando diferencias en comparación con una galleta normal elaborada exclusivamente con harina de trigo. Las galletas funcionales desarrolladas con *Pleurotus ostreatus* y Nuez maya mostraron una capacidad antioxidante superior. También se determinó la concentración de fenoles y antioxidantes mediante los métodos ABTS y DPPH, donde quedó evidente el beneficio de sustituir la harina de trigo convencional por harinas funcionales ricas en antioxidantes. De esta manera, es más viable mantener una dieta que incluya ingredientes sustitutos en lugar de los tradicionales.

Las galletas parcialmente sustituidas con Nuez maya y *Pleurotus ostreatus* son una excelente opción como alimentos funcionales debido a las propiedades benéficas que ofrecen, gracias a sus compuestos bioactivos. Además, *Pleurotus ostreatus* aporta una alta cantidad y calidad de proteínas en términos de digestibilidad y composición de aminoácidos esenciales, al igual que *Brosimum alicastrum*.

VII. LITERATURA CITADA

- Ahmed, M. H., Vasas, D., Hassan, A., & Molnár, J. (2022). The impact of functional food in prevention of malnutrition. *PharmaNutrition*, 19(September 2021). <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2022.100288>
- Akinbode, B. A., Malomo, S. A., & Asasile, I. I. (2023). In vitro antioxidant, anti-inflammatory and in vivo anti-hyperglycemia potentials of cookies made from sorghum, orange-flesh-sweet-potato and mushroom protein isolate flour blends fed to Wistar rats. *Food Chemistry Advances*, 2(August 2022), 100263. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100263>
- Alongi, M., & Anese, M. (2021). Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*, 81(April), 104466. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466>
- Armas-Tizapantzi, A., Mata, G., Hernández-Cuevas, L. V., & Montiel-González, A. M. (2019). Estructuras tipo toxocistos en *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius*. *Scientia Fungorum*, 49(August), e1250. <https://doi.org/10.33885/sf.2019.49.1250>
- Arora, K., Tlais, A. Z. A., Augustin, G., Grano, D., Filannino, P., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2023). Physicochemical, nutritional, and functional characterization of gluten-free ingredients and their impact on the bread texture. *Lwt*, 177(January), 114566. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114566>
- Ashaolu, T. J. (2020). Immune boosting functional foods and their mechanisms: A critical evaluation of probiotics and prebiotics. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 130, 110625. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110625>
- Bonatti-Chaves, M., Soares, H., & Furlan, S. A. (2004). Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. *Food Chemistry*, December, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.050>
- Cavalcante, R. B., Telli, G. S., Tachibana, L., Dias, D. de C., Oshiro, E., Natori, M. M., Silva, W. F. da, & Ranzani-Paiva, M. J. (2020). Probiotics, Prebiotics and Synbiotics for Nile tilapia: Growth performance and protection against *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture Reports*, 17(January), 100343. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100343>
- Cunningham, M., Azcarate-Peril, M. A., Barnard, A., Benoit, V., Grimaldi, R., Guyonnet, D., Holscher, H. D., Hunter, K., Manurung, S., Obis, D., Petrova, M. I., Steinert, R. E., Swanson, K. S., van Sinderen, D., Vulevic, J., & Gibson, G. R. (2021). Shaping the Future of Probiotics and Prebiotics. *Trends in Microbiology*, 29(8), 667–685. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2021.01.003>
- Difonzo, G., Troilo, M., Allegretta, I., Pasqualone, A., & Caponio, F. (2023). Grape skin and seed flours as functional ingredients of pizza : Potential and drawbacks related

- to nutritional , physicochemical and sensory attributes. *LWT*, 175(January), 114494. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114494>
- Espinosa-Páez, E., Hernández-Luna, C. E., Longoria-García, S., Martínez-Silva, P. A., Ortiz-Rodríguez, I., Villarreal-Vera, M. T., & Cantú-Saldaña, C. M. (2021). Pleurotus ostreatus: A potential concurrent biotransformation agent/ingredient on development of functional foods (cookies). *Lwt*, 148(April), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111727>
- Ghaly, F. M., Hussein, S. H. M., Awad, S. M., & El-makhzangy, A. A. (2023). Saudi Journal of Biological Sciences Growth promoter , immune response , and histopathological change of prebiotic , probiotic and synbiotic bacteria on Nile tilapia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103539. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103539>
- Giannoutsos, K., Zalidis, A. P., Koukoumaki, D. I., Menexes, G., Mourtzinos, I., Sarris, D., & Gkatzionis, K. (2023). Production of functional crackers based on non-conventional flours. Study of the physicochemical and sensory properties. *Food Chemistry Advances*, 2(April 2022), 100194. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100194>
- Grochowicz, J., Fabisiak, A., & Ekielski, A. (2021). Importance of physical and functional properties of foods targeted to seniors. *Journal of Future Foods*, 1(2), 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.01.004>
- Guarner, F., Sanders, M. E., Eliakim, R., Fedorak, R., Gangl, A., Garisch, J., Kaufmann, P., Karakan, T., Khan, A., Kim, N., De Paula, J. A., Ramakrishna, B., Shanahan, F., Szajewska, H., Thomson, A., & Le Mair, A. (2017). Probióticos y prebióticos. *World Gastroenterology Organisation*, 1–35. <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-spanish-2017.pdf>
- Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Ashraf, A. H., Jamil, M. A., Noreen, S., Rafique, A., Iftikhar, K., Aslam, J., Quddoos, M. Y., Majeed, M. A., & Zerlasht, M. (2022). Utilization of pumpkin, pumpkin powders, extracts, isolates, purified bioactives and pumpkin based functional food products: A key strategy to improve health in current post COVID 19 period: An updated review. *Applied Food Research*, 2(2), 100241. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100241>
- Igwilo, K. C., Oguamah, I., George, S. C., Uwaezuoke, N., & Obubike, U. (2023). Evaluation of the suitability of Pleurotus as a fluid loss control agent using the chemical structural properties approach. *Scientific African*, 19, e01468. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01468>
- Jang, K.-Y., Jhune, C.-S., Park, J.-S., Cho, S.-M., Weon, H.-Y., Cheong, J.-C., Choi, S.-G., & Sung, J.-M. (2003). Characterization of Fruitbody Morphology on Various Environmental Conditions in Pleurotus ostreatus . *Mycobiology*, 31(3), 145. <https://doi.org/10.4489/myco.2003.31.3.145>
- Jose, M., Himashree, P., Sengar, A. S., & Sunil, C. K. (2022). Valorization of food industry by-product (Pineapple Pomace): A study to evaluate its effect on physicochemical and textural properties of developed cookies. *Measurement: Food*, 6(December

2021), 100031. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2022.100031>

- Kainat, S., Arshad, M. S., Khalid, W., Zubair Khalid, M., Koraqi, H., Afzal, M. F., Noreen, S., Aziz, Z., & Al-Farga, A. (2022). Sustainable novel extraction of bioactive compounds from fruits and vegetables waste for functional foods: a review. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 2457–2476. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2144884>
- Keyata, E. O., Tola, Y. B., Bultosa, G., & Forsido, S. F. (2023). Bioactive compounds, antioxidant capacity, functional and sensory properties of optimized complementary weaning flour processed from sorghum, soybean, and karkade (Hibiscus sabdariffa L.) seeds. *Scientific African*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01457>
- Kuhn, K. R., Silva, F. G. D. e., Netto, F. M., & Cunha, R. L. da. (2014). Assessing the potential of flaxseed protein as an emulsifier combined with whey protein isolate. *Food Research International*, 58, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.006>
- Lazaridou, A., Kotsiou, K., & Biliaderis, C. G. (2022). Nutritional and technological aspects of barley β -glucan enriched biscuits containing isomaltulose as sucrose replacer. *Food Hydrocolloids for Health*, 2(February), 100060. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2022.100060>
- Menolli, N., Breternitz, B. S., & Capelari, M. (2014). The genus *Pleurotus* in Brazil: A molecular and taxonomic overview. *Mycoscience*, 55(5), 378–389. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2013.12.001>
- Monteiro, G. C., Minatel, I. O., Junior, A. P., Gomez-Gomez, H. A., de Camargo, J. P. C., Diamante, M. S., Pereira Basílio, L. S., Tecchio, M. A., & Pereira Lima, G. P. (2021). Bioactive compounds and antioxidant capacity of grape pomace flours. *Lwt*, 135(April 2020). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110053>
- Morikawa, R. T., Gold, M. A., & Lantagne, D. O. (1995). Effects of timing of seed collection and method of establishment on brosimum alicastrum, S.W., Reproduction. *International Tree Crops Journal*, 8(1), 49–59. <https://doi.org/10.1080/01435698.1995.9752931>
- Myers, J. S., Bean, S. R., Aramouni, F. M., Wu, X., & Schmidt, K. A. (2023). Textural and functional analysis of sorghum flour cookies as ice cream inclusions. *Grain and Oil Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.12.002>
- Ortiz-Fernández, A., Carrillo-Sánchez, F. A., May-Hernández, L. H., Estrada-León, R. J., Carrillo-Escalante, H. J., Hernández-Sánchez, F., & Valadez-Gonzalez, A. (2017). Design of experiments for optimization a biodegradable adhesive based on ramon starch (*Brosimum alicastrum* Sw.). *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 73(November 2016), 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.11.004>
- Ozer, H. K. (2017). Phenolic compositions and antioxidant activities of Maya nut (*Brosimum alicastrum*): Comparison with commercial nuts. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2772–2781. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1252389>

- Ozer, H. K. (2021). *Composiciones fenólicas y actividades antioxidantes . de nuez maya (Brosimum alicastrum): Comparación con nueces comerciales.* 2912, 1–12.
- Pinto, D., Moreira, M. M., Svarc-gaji, J., Brezo-borjan, T., Delerue-matos, C., & Rodrigues, F. (2023). *Food Bioscience In-vitro gastrointestinal digestion of functional cookies enriched with chestnut shells extract: Effects on phenolic composition , bioaccessibility , bioactivity , and α -amylase inhibition.* 53(April). <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102766>
- Ramírez-Cancino, L., Ramírez-Avilés, L., & Ku-Vera, J. C. (2000). Effect of incorporating multipurpose-trees (Mpts) foliage in a basai ration of poor- quality pennisetum purpureum hay fed to pelibuey sheep. *Journal of Applied Animal Research*, 17(2), 239–251. <https://doi.org/10.1080/09712119.2000.9706307>
- Rico, D., Ronda, F., Villanueva, M., Perez Montero, C., & Martin-Diana, A. B. (2019). Development of healthy gluten-free crackers from white and brown tef (*Eragrostis tef* Zucc.) flours. *Heliyon*, 5(10), e02598. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02598>
- Saejung, C., Lomthaisong, K., & Kotthale, P. (2023). Alternative microbial-based functional ingredient source for lycopene, beta-carotene, and polyunsaturated fatty acids. *Heliyon*, 9(3), e13828. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13828>
- Saleh, A. A., Nahla, A., Amber, K., Badawi, N., Aboelenin, S. M., Alzawqari, M. H., Albogami, S., Abdel-Moneim, A. M. E., Soliman, M. M., & Shukry, M. (2022). Effect of dietary incorporation of peanut and linseed meals with or without enzyme mixture on physiological performance of broilers. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(6), 103291. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103291>
- Simanca-Sotelo, M., De Paula, C., Domínguez-Anaya, Y., Pastrana-Puche, Y., & Álvarez-Badel, B. (2021). Physico-chemical and sensory characterization of sweet biscuits made with Yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). *NFS Journal*, 22(December 2020), 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.12.001>
- Tamasgen, N., Urge, M., Girma, M., & Nurfeta, A. (2021). Effect of dietary replacement of soybean meal with linseed meal on feed intake, growth performance and carcass quality of broilers. *Heliyon*, 7(11), e08297. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08297>
- Usman, I., Hussain, M., Imran, A., Afzaal, M., Saeed, F., Javed, M., Afzal, A., Ashfaq, I., Al Jbawi, E., & A. Saewan, S. (2022). Traditional and innovative approaches for the extraction of bioactive compounds. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1215–1233. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2074030>
- Valencia- del Toro, G., & Garín-Aguilar, M. E. (2012). Propiedades Medicinales De Los Hongos Comestibles. In *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. http://200.23.34.72:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/KX4AVV3YF5JM2Y9E4MHYF33AQUJRN7.pdf
- Yang, B., Yin, Y., Liu, C., Zhao, Z., & Guo, M. (2021). Effect of germination time on the compositional, functional and antioxidant properties of whole wheat malt and its end-

use evaluation in cookie-making. *Food Chemistry*, 349(January), 129125. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129125>

Yang, X., Tang, C., Zhao, Q., Jia, Y., Qin, Y., & Zhang, J. (2023). Melanin: A promising source of functional food ingredient. *Journal of Functional Foods*, 105(December 2022), 105574. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105574>

Zhang, W. R., Liu, S. R., Kuang, Y. B., & Zheng, S. Z. (2019). Development of a Novel Spawn (Block Spawn) of an Edible Mushroom, *Pleurotus ostreatus*, in Liquid Culture and its Cultivation Evaluation. *Mycobiology*, 47(1), 97–104. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1552648>