



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS

**"Evaluación del Efecto de la Sustitución Parcial de Carne por
Champiñones (*Agaricus bisporus*) en Albóndigas: Calidad
Fisicoquímica, Sensorial y Nutricional desde una Perspectiva de
Sostenibilidad"**

Que para obtener el título de
Licenciada en Ingeniería Agroindustrial

PRESENTA

Arely Islas Vargas

Director:

Dr. Roberto González Tenorio

Codirector (a)

Dra. Blanca Rosa Rodríguez Pastrana

Comité tutorial

Dr. Sergio Soto Simental

Dra. Rosa Hayde Alfaro Rodríguez

Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 20 de octubre 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos

Academic Area of Agroindustrial Engineering and Food Engineering

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 20 de octubre de 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial, **Arely Islas Vargas**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Evaluación del efecto de la sustitución parcial de carne por champiñones (*Agaricus bisporus*) en albóndigas: calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional desde una perspectiva de sostenibilidad”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, han decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del comité tutorial:

Dra. Blanca Rosa Rodríguez Pastrana	
Dra. Rosa Haydé Alfaro Rodríguez	
Dr. Roberto González Tenorio	
Dr. Sergio Soto Simental	

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

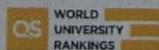
Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dr. Yair Olovaldo Santiago Sáenz
Coordinador de Ingeniería
Agroindustrial



Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México. C.P. 43775
Teléfono: 7717172000 Ext. 42021
ricardo_navarro@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx

Agradecimientos

A mis directores de tesis, **Dr. Roberto González Tenorio** y **Dra. Blanca Rosa Rodríguez Pastrana**: por su valiosa guía, compromiso y principalmente por toda la paciencia a lo largo de este proceso. Gracias por compartir sus conocimientos, por orientarme con dedicación y por motivarme a superar cada desafío con profesionalismo y entusiasmo.

A mis asesores, **Dr. Sergio Soto Simental** y **Dra. Rosa Hayde Alfaro Rodríguez**: por su tiempo, sus aportaciones y su disposición para acompañarme en este proceso. Gracias por sus valiosas observaciones, por su orientación y por contribuir con su experiencia al desarrollo de esta investigación.

A la **Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**: por abrirme las puertas al conocimiento y ofrecerme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Gracias por ser el lugar donde crecí no solo como profesionista, sino también como persona.

A **Forrajes y Carnes de Santiago Tulantepec SPR de RL**: por el invaluable apoyo brindado al facilitar la materia prima necesaria para la realización de esta investigación, y a los amigos que allí encontré, por su compañerismo y disposición constante.

A mi mamá, **Leonor**, por ser mi razón, mi ejemplo y mi mayor inspiración. Por haberse enfrentado sola a la vida, por haber dejado tanto para darme todo. Por su trabajo incansable, por sus lágrimas escondidas y por nunca rendirse, aun en la distancia. Gracias por enseñarme con hechos el valor del sacrificio y el amor más puro que existe: el de una madre que lo da todo sin pedir nada a cambio. Cada página de esta tesis, cada logro, lleva tu nombre, mamá. Esto es por ti, por nosotras, y por todo lo que soñaste para mí.

A mis abuelos, **Natalia Y Telesforo**: por todo el amor, cuidado y apoyo que me han dado a lo largo de mi vida. En especial a mi abuela, quien ha sido una figura materna para mi desde que era pequeña. Su dedicación, su ternura y su fortaleza me han marcado para siempre. Recuerdo con gratitud esas madrugadas en las que me

acompañaban a la parada de la colectiva, para que pudiera llegar a clases. Pequeños actos como ese, llenos de amor y sacrificio, me impulsaron a seguir adelante.

A mi hermano, **Luis Ángel**: mi compañero de vida. Desde niños hemos sido tú y yo, enfrentando juntos cada paso que se nos presenta. Gracias por acompañarme a la parada cuando los abuelos no podían, por quedarte conmigo en tantas noches de tarea, por hacerme sentir acompañada, cuidada y por recordarme siempre que pase lo que pase, nos tenemos el uno al otro. Te amo con todo mi corazón.

A mis **tías y tíos**: todos ustedes han sido un pilar en mi vida, gracias por ser una familia tan especial. A pesar de la distancia de algunos, siempre sentí su apoyo, su cariño y su confianza en mí. Sobre todo, **Ade, Gris, Rosi, Magda y Oscar**, quienes en todo momento me recordaron que creían en mí, que sabían que iba a lograrlo. Sus palabras y su fe en este proceso me acompañó más de lo que imaginan. Gracias por animarme siempre y hacerme sentir que no estaba sola.

A mis **amigos de la universidad**: por las risas, las desveladas, el apoyo en los días pesados y por convertir esta etapa en una experiencia inolvidable. Gracias **José, Carlos, Danna, Naidelyn, Adrieli y Aranza**, por hacer este camino más ligero, lleno de momentos que siempre llevare conmigo.

A mi amiga de toda la vida, **Adriana**: Hemos crecido juntas, compartido sueños, risas, desvelos y también algunos tropiezos, pero siempre con la certeza de que una estaría para la otra. Gracias por tantos años de cariño, por ser parte de mi historia y acompañarme en cada etapa, incluso cuando la vida nos puso en pausas distintas. Me siento muy afortunada de tenerte, de seguir caminando a tu lado y de poder mirar atrás y ver todo lo que hemos vivido juntas.

A mi mejor amiga, **Estrella**: gracias por ser luz en mi vida, no solo por tu nombre, si no por todo lo que representas para mí. En este camino lleno de retos, fuiste un gran apoyo y mi impulso para no rendirme. Gracias por estar, por ser tú, y por no soltarme nunca.

Dedicatoria

Este trabajo no habría sido posible sin el amor, el apoyo y la presencia constante de muchas personas que han marcado mi vida y han creído en mí, incluso en los momentos en que yo dudaba.

A **Dios**: por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. En los momentos de cansancio, duda o miedo, sentí tu presencia dándome paz y ánimo. Gracias por tu amor constante y por nunca soltar mi mano.

A mi mamá, **Leonor**: la mujer más valiente que conozco. Gracias por cada sacrificio, por tu esfuerzo incansable y por todo lo que diste para que yo pudiera cumplir mis sueños. Aunque la distancia nos separó por un tiempo, tu amor nunca dejó de acompañarme. Crecí con tus palabras, tus llamadas y con el ejemplo de una mujer fuerte, trabajadora y llena de amor. Hoy, este logro también es tuyo, porque todo lo que soy es fruto de tu dedicación y de tu fe en mí. Gracias por enseñarme que el amor verdadero no conoce fronteras, y que el esfuerzo de una madre es el motor más poderoso del mundo.

A mis abuelos, **Natalia y Telésforo**: pilares fundamentales en mi vida, cuyo ejemplo de constancia, generosidad y amor ha dejado una huella imborrable en mi corazón. Cada logro alcanzado lleva un pedacito de ustedes, de su esfuerzo, de sus enseñanzas y, sobre todo, de su amor infinito.

A mi hermano, **Luis Ángel**: mi compañero inseparable, mi confidente y mi mejor amigo. Desde niños, la vida nos puso a prueba con ausencias y desafíos, pero nunca nos faltó el amor que nos dimos el uno al otro. Gracias por sostenerme con tu cariño, por protegerme sin pedir nada a cambio y por ser mi luz en los momentos más oscuros.

Cada paso que doy lleva tu compañía, y cada logro que alcanzo lleva un pedacito de ti. Esta tesis también es tuya, porque juntos aprendimos a ser fuertes, valientes y a nunca perder la esperanza.

A mi pequeña, **Alondra**: porque sin saberlo, fuiste mi motor silencioso. Este logro también es para ti, para que sepas que con amor y dedicación todo es posible, y que siempre estaré aquí para ayudarte alcanzar tus propios sueños.

A mi papá, **Efraín**: quien me acompaña desde el cielo, aunque las circunstancias no nos permitieron tener la relación que yo hubiera querido, te llevo en mi corazón, agradezco la última llamada que me hiciste. Tus palabras de perdón y tu intención de acercarte significaron mucho para mí. No pudiste cumplir esa promesa, pero yo te perdono en ese momento. Donde sea que te encuentres, espero que estes en paz. Este logro también te lo dedico, con todo el respeto y el corazón sanando esperando que allá donde estes puedas sentirte orgulloso de mi.

A mi **familia**: no hay palabras suficientes para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Sus consejos, su confianza, sus abrazos en los momentos de duda y sus risas en los días felices han hecho que este camino valga todavía más la pena. Hoy que cumpla esta meta, quiero que sepan que cada uno de ustedes esta en este logro. Gracias por creer en mí, por sostenerme y por caminar conmigo. Los amo con todo mi corazón, por y para siempre.

Sin el amor, la paciencia y el apoyo de todos ustedes, esto no habría sido posible. Gracias por acompañarme en este viaje, por creer en mí y por ser parte de mi historia. A todos ustedes con mucho amor, cariño y orgullo; les dedico este logro, los llevo conmigo siempre.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de carne por champiñones (*Agaricus bisporus*) en la formulación de albóndigas precocidas, considerando su calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional desde una perspectiva de sostenibilidad. Se elaboraron tres tratamientos: control (100% carne), 10% y 20% de sustitución de carne por champiñón. Se realizaron análisis fisicoquímicos (pH, actividad de agua y pérdidas de peso), composición proximal (humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos), perfil de textura (TPA), color instrumental (L^* , a^* , b^*) y evaluación sensorial. En las características fisicoquímicas, el pH y la actividad de agua se mantuvieron dentro de rangos adecuados para productos cárnicos precocidos sin diferencias relevantes entre tratamientos. Las pérdidas de peso por cocción fueron similares, aunque ligeramente superiores en las formulaciones con champiñón. La incorporación de champiñones incrementó la humedad y las cenizas, mientras que redujo proteína y fibra cruda respecto al control. En contraste, las albóndigas con 20% de sustitución presentaron mayores valores de grasa y carbohidratos. En el análisis de color, la sustitución no modificó la claridad (L^*) del producto. No obstante, se observó una reducción progresiva en los valores de a^* con el aumento del champiñón y una disminución en b^* en el tratamiento con 20%. En el perfil de textura se observó una reducción de dureza, cohesividad y resiliencia, manteniéndose constante la elasticidad. Sensorialmente, tanto el control como la formulación con 10% alcanzaron la mejor aceptación, mientras que el 20% presentó más evaluaciones neutrales o de ligero disgusto. En conclusión, la sustitución parcial de carne por champiñón en albóndigas es viable desde el punto de vista tecnológico, nutricional y sensorial. El 10% resultó el nivel más adecuado para conservar la calidad y aceptación del consumidor, al tiempo que contribuye a la sostenibilidad alimentaria.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVO GENERAL	12
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. MARCO TEÓRICO	13
3.1. HISTORIA, DESCRIPCIÓN Y ORIGEN DE LAS ALBÓNDIGAS	14
3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	15
3.1.2 VARIACIONES CULTURALES.....	15
3.2. PANORAMA CÁRNICO INTERNACIONAL Y NACIONAL	17
3.2.1. PARTICIPACIÓN DE MÉXICO A NIVEL INTERNACIONAL EN EL CONSUMO DE CARNE.	17
3.2.2. PANORAMA CÁRNICO NACIONAL	20
3.2.3. PANORAMA CÁRNICO NACIONAL DE RES Y CERDO.....	21
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS CHAMPIÑONES	22
3.3.1. ESTRUCTURA DE <i>AGARICUS BISPORUS</i>	23
3.3.2. VALOR ECONÓMICO DE LOS HONGOS	24
3.3.3. IMPORTANCIA ECOLÓGICA.....	25
3.3.4. PROPIEDADES NUTRITIVAS DE LAS SETAS.....	25
3.4. CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	26
3.4.1. CARNE MOLIDA	27
3.4.2. GRASA.....	27
3.4.3. ADITIVO ALIMENTARIO	27
3.5. ANÁLISIS SENSORIAL	28
4. MATERIALES Y MÉTODOS	29
4.1. FABRICACIÓN DE LAS ALBÓNDIGAS	30
4.2. ANÁLISIS EXPERIMENTAL	31
4.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS	31
4.2.2. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)	32
4.2.3. ANÁLISIS PROXIMAL	33
4.2.4. ANÁLISIS SENSORIAL.....	39
4.2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
5.1. CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS.....	41
5.1.1. PH.....	41
5.1.2. PÉRDIDAS DE PESO	42
5.1.3. ACTIVIDAD DE AGUA.....	43
5.1.4. COLOR	43
5.1.5. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA	45
5.2. COMPOSICIÓN PROXIMAL	47
5.2.1. HUMEDAD	48
5.2.2. PROTEÍNA.....	48
5.2.3. GRASA	48
5.2.4. CENIZAS	49
5.2.5. FIBRA.....	49
5.2.6. CARBOHIDRATOS	50
5.3. ANÁLISIS SENSORIAL	50
6. CONCLUSIONES	53
7. REFERENCIAS.....	55

Índice de tablas

Tabla 1. Formulación utilizada para la fabricación de albóndigas con sustitución parcial de champiñón por carne.....	30
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos evaluados en albóndigas con incorporación de hongos comestibles (pH, pérdidas de peso y actividad de agua)	41
Tabla 3. Evaluación del color instrumental en albóndigas con incorporación de hongos comestibles.	43
Tabla 4. Análisis de perfil de textura (TPA) de las albóndigas con sustitución de carne por champiñones.....	45
Tabla 5. Composición proximal (%) de albóndigas con sustitución parcial de carne por champiñón	48

Índice de figuras

Figura 1. Panorama cárnico internacional, volumen anual de países por tipo de proteína (Fuente: Consejo Mexicano de la Carne, compendio estadístico 2024).	18
Figura 2. Panorama cárnico internacional, consumo de carne de cerdo (Fuente: Consejo Mexicano de la Carne, compendio estadístico 2024).	19
Figura 3. Panorama cárnico internacional, consume de carne de res (Fuente: Consejo Mexicano de la Carne, compendio estadístico 2024).	20
Figura 4. Equipo utilizado para la determinación proteína.....	36
Figura 5. Equipo utilizado para la determinación de cenizas.	38
Figura 6. Equipo utilizado para la determinación de fibra cruda.	39
Figura 7. Prueba de la medición del nivel de agrado de las muestras.....	51

1. INTRODUCCIÓN

En México, así como en muchas partes del mundo, existe una creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental y la salud pública, lo cual ha impulsado la búsqueda de alternativas alimentarias que puedan reducir el impacto ecológico y mejorar la nutrición de los consumidores.

La producción de carne es uno de los principales factores de emisiones de gases de efecto invernadero, uso intensivo de recursos naturales y degradación ambiental. Por ello, la industria alimentaria ha puesto especial interés en el desarrollo de nuevos productos que, además de cumplir con las expectativas sensoriales y nutricionales del consumidor, contribuyan a mitigar los efectos ambientales asociados con la producción de alimentos de origen animal.

Entre las alternativas emergentes destaca el uso de hongos comestibles, específicamente el champiñón común (*Agaricus bisporus*), cuyo bajo impacto ambiental, alto valor nutricional y versatilidad sensorial lo hacen ideal para productos de sustitución parcial de carne. Los champiñones ofrecen proteínas, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, junto con una textura y sabor que los convierten en un ingrediente adecuado para productos cárnicos tradicionales, como las albóndigas. El desarrollo de este producto se orienta hacia un producto listo para cocinar, calentar o añadir como complemento en una gran variedad de platillos, lo cual amplía sus aplicaciones prácticas y facilita su inclusión en la dieta cotidiana de los consumidores.

Las albóndigas son un alimento ampliamente consumido y valorado en diferentes culturas por su sabor, textura y versatilidad en la cocina. La sustitución parcial de carne por champiñones en las albóndigas representa una solución prometedora que no solo podría reducir el contenido de carne en la dieta y disminuir el impacto ambiental, sino que también permite mejorar la calidad nutricional del producto final, respondiendo a las demandas de un mercado cada vez más consciente de la salud y la sostenibilidad.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de carne por champiñones en la fabricación de albóndigas, mediante el análisis de propiedades fisicoquímicas, texturales, nutricionales y sensoriales, y al mismo tiempo, considerar sus beneficios para la sociedad mexicana al ofrecer una alternativa alimentaria práctica, saludable y sostenible.

Además, al analizar distintas proporciones de sustitución, se busca determinar el impacto en las características de calidad del producto y su potencial de aceptación. Los resultados de esta investigación aportarán información clave sobre la viabilidad de integrar champiñones en productos cárnicos, y se espera que orienten a la industria alimentaria en el desarrollo de productos innovadores que respondan a las expectativas de un consumidor que demanda opciones sostenibles y conscientes del medio ambiente.

2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de carne por champiñones (*Agaricus bisporus*) en albóndigas mediante el estudio de distintas características de calidad, bajo una perspectiva de sostenibilidad.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Desarrollar un nuevo producto cárnico funcional mediante la integración de hongos comestibles.
- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas de las albóndigas con sustitución parcial de carne por champiñones.
- ✓ Analizar la composición proximal (proteínas, grasas, carbohidratos, humedad y cenizas) de las albóndigas.
- ✓ Analizar el perfil nutricional de las albóndigas con sustitución parcial de carne por champiñones.
- ✓ Analizar las propiedades sensoriales de las albóndigas con sustitución parcial de carne por champiñones.

3. MARCO TEÓRICO

La búsqueda de alternativas sostenibles a la carne tradicional ha ganado importancia en los últimos tiempos, en este sentido, se han realizado diversas investigaciones para evaluar la calidad de los alimentos, mediante la sustitución total o parcial de la carne por sustitutos vegetales. Así mismo, se han evaluado diversos parámetros de calidad y características en algunos productos cárnicos mediante la incorporación de champiñones:

En los últimos años, se ha llevado a cabo una gran cantidad de investigaciones sobre la aplicación de hongos comestibles en productos cárnicos, y se han obtenido resultados prometedores. Los hongos comestibles más utilizados en este contexto son *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* y *Agaricus bisporus*. Estos hongos se pueden agregar a los productos cárnicos en diferentes formas, como polvo o extracto, y en diferentes etapas del proceso de elaboración como el marinado, la inyección o la mezcla (Boro, Kambhampati, Das, & Saikia, 2025).

Ruilova, y otros, en 2016, emplearon hongo *Pleurotus ostreatus* como sustituto parcial de carne de cerdo en la fabricación de salchichas. Como objetivo fue determinar la composición fisicoquímica y las propiedades funcionales del hongo en una emulsión (carne-hongo-grasa). La formulación empleada en este estudio fue con carne de res (40%), hongo (27%) y grasa (8%), lo cual representó un producto bajo en grasa.

Los investigadores encontraron que la formulación con 25% de hongo obtuvo la mejor valoración sensorial por parte de los panelistas de prueba, además presentó una mayor cantidad de fibra y una menor cantidad de grasa en comparación con la salchicha tradicional de cerdo (Ruilova, Hernández, Díaz, & Niño, 2016).

Por otro lado, Cerón Guevara, y otros, (2020), mencionan que los hongos comestibles tienen un alto contenido de proteínas, fibra dietética y otros nutrientes esenciales, lo que los convierte en una excelente alternativa a la carne en productos cárnicos,

además de las propiedades antioxidantes, antiinflamatorias e inmunomoduladores, lo que los convierte en un ingrediente muy saludable.

Por su parte, Muñoz Solorzano (2022), realizaron un estudio enfocándose en la adición del hongo *Agaricus bisporus* como sustituto parcial de la carne de cerdo en la elaboración de chorizo ahumado. En este estudio, compararon diferentes concentraciones de hongo como sustituto de la carne (0%, 10%, 20%, 30% y 40%). Evaluaron distintos parámetros de calidad en los embutidos (características fisicoquímicas y sensoriales).

Según estos autores, no encontraron diferencias significativas en los valores de pH ni en la actividad de agua entre los diferentes tratamientos. Pero si reportan diferencias en cuanto al color cuando se sustituye la carne a concentraciones superiores del 20%, donde se observa un oscurecimiento en el color del embutido. En cuanto a la textura, se encontró que los embutidos con 10% y 20% de sustitución tuvo una textura similar al control (sin adición sustitución de carne), pero a partir del 30%, la textura cambia significativamente por lo que se sugiere no utilizar un porcentaje elevado de hongo debido a que la emulsificación que alcanza la pasta base en estos niveles dificulta el proceso de embutido.

Por otro lado, observaron que en cuanto el contenido de proteína disminuye a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución, mientras que el contenido de grasa aumenta, no reportan cambios en cuanto el contenido de humedad.

Finalmente, encontraron que los embutidos con sustitución de hasta el 30% de la carne por hongo, el chorizo fue aceptado sensorialmente por los consumidores en términos de sabor, textura, color y aroma (Muñoz Solorzano, 2022).

3.1. Historia, descripción y origen de las albóndigas

Las albóndigas son una delicia que ha cruzado culturas y fronteras a lo largo de la historia. Aunque su origen real es difícil de rastrear con precisión, se cree que su origen se remonta a la Persia antigua, donde se preparaban unas bolas de carne llamadas

“*kofta*”. Muchos ubican su nacimiento en la cocina árabe, ya que los platos con carne picada eran clásicos de esta.

Sin embargo, la historia de los platos con carne picada ya existía en la Roma Imperial y, por lo tanto, en los territorios de la Península Ibérica durante el periodo de dominación romana, ya había platos similares a las albóndigas. Estos platillos pasaron de los romanos a los árabes y, con la llegada de éstos a España, a la cocina española. La teoría más firme de cómo entraron las albóndigas a la cultura hispana indica que fueron los árabes los que enseñaron a los españoles a preparar este plato, que inicialmente se llamó *al-bunduqa*, la bola, cuya receta viajó a Sudamérica con la conquista, extendiéndose a lo largo de todo el continente (Trejo, 2022).

En Europa, las albóndigas fueron popularizadas en Italia con su famoso plato "*spaghetti and meatballs*", aunque este último es más una invención americana que italiana. En Suecia, las albóndigas suecas conocidas como "*köttbullar*" fueron introducidas por el Rey Carlos XII tras su exilio en el imperio Otomano en el siglo XVIII (Snodgrass, 2012).

3.1.1 Descripción General

Las albóndigas son una preparación culinaria compuesta por pequeñas bolas de carne picada, comúnmente de res, cerdo, cordero, pollo o una mezcla de estas carnes. Se combinan con ingredientes adicionales como pan rallado, huevo, cebolla, ajo, hierbas y especias para formar una mezcla homogénea. Posteriormente, las bolas se cocinan mediante diversos métodos, como freír, hornear, hervir o guisar en una salsa (Garrido Fernández & Bañón Arias, 2001).

3.1.2 Variaciones Culturales

Aunque existe una forma básica mundial para hacer las albóndigas, "preparar una bola de carne picada (o molida) mezclada con huevos y condimentos", cada cultura lo hace de manera particular. En todas las cocinas del mundo, europeas, asiáticas,

latinoamericanas y africanas, hay comidas muy parecidas a las albóndigas y a diversas formulaciones con carne picada.

Cocina Árabe: En la cocina árabe, las albóndigas son conocidas como "*kofta*" y se preparan con carne picada y especias.

Cocina Italiana: En Italia, las "*polpette*" se sirven típicamente con salsa de tomate y pasta.

Cocina Alemana: Los *frikadellen* se elaboran con ternera y cerdo picados, mezclados con cebollas picadas, huevos, leche, harina, sal y pimienta. Luego se forman bolas que se dejan algo aplanadas.

Tradicionalmente, los *frikadellen* se freían en grasa de cerdo o grasa de res, pero hoy en día se fríen más comúnmente en mantequilla clarificada (*butterschmalz*) o aceite o una combinación de ambos (Ragoonan, 2024).

Cocina Anglosajona: las albóndigas se sirven comúnmente con espagueti tal y como en *spaghetti and meatballs*, un plato fundamental en la cocina italo-estadounidense. Un bocadillo de esta gastronomía es el sándwich de albóndigas. Son por regla general de muy gran tamaño.

Cocina Sueca: En Suecia, las "*köttbullar*" se acompañan de una salsa cremosa y mermelada de arándanos.

Cocina Española Latinoamericana: En España y Latinoamérica, las albóndigas son un plato tradicional que se suele servir en caldo o salsa de tomate.

España: Las albóndigas españolas se hacen a partir de carne de ternera o cerdo, o una combinación de ambas, y tienen como ingredientes básicos huevo, ajo, perejil y pan rallado.

En el caso de la cocina latinoamericana, con el tiempo, cada cultura culinaria fue creando sus propios platos de albóndigas.

Argentina: Las albóndigas argentinas se hacen con carne de res y salsa, acompañadas de arroz.

Chile: En Chile, se hacen con bolas de carne molida con una receta básica de pan rallado, huevo y perejil, cocidas en un caldo de carne, y se sirven acompañadas de arroz.

Bolivia: Las albóndigas bolivianas se hacen con una salsa de ají, acompañadas de papas cocidas, fideos o arroz

México: En México, se utiliza indistintamente carne de res o cerdo molida, con un relleno de huevo cocido. Se preparan con caldo de jitomate y chiles, y se sirven acompañadas de frijoles y arroz. (Caro, 2015)

En conclusión, las albóndigas son un plato versátil y ampliamente adoptado en diversas culturas, cada una aportando su toque particular a la receta básica de carne picada, especias y otros ingredientes complementarios. Su rica historia y variaciones reflejan la diversidad y adaptabilidad de este platillo en la gastronomía mundial (Davidson, 1999).

3.2. Panorama cárnico internacional y nacional

3.2.1. Participación de México a nivel internacional en el consumo de carne.

Según datos reportados por (COMECARNE, 2024), el consumo mundial de la carne aumentó un 0.9% en 2023, pero el crecimiento fue más lento que en los años anteriores debido al aumento de los precios de la carne.

En el caso de la carne de cerdo, ésta aumentó un 0.5% con 276 millones de toneladas, esta cifra representa un valor mayor que en la carne de res o pollo. China sigue siendo el mayor consumidor de carne, representando el 31% del consumo total, mientras que Estados Unidos y la Unión Europea representan el 14.8% y el 12.6%, respectivamente, y México, ocupa el 6° lugar (Figura 1) con un 3.5% del consumo total de carne.

China también es el mayor productor de carne, pero su nivel de autosuficiencia es del 93%, mientras que Estados Unidos, la Unión Europea y Brasil tienen niveles de autosuficiencia superiores al 112%.

En la Figura 1. Se muestra la tendencia de las estadísticas. En el caso de México, este ocupa el sexto lugar a nivel mundial en el consumo de carne en general, la cantidad total de carne consumida en México es notable, con cifras que reflejan un fuerte consumo de pollo y cerdo en comparación con la carne de res, esto puede estar relacionado por factores como la cultura alimentaria mexicana, donde el pollo y el cerdo son ingredientes comunes en muchas recetas tradicionales. El volumen total es de 9 millones 566 mil toneladas. De este total, 2 millones 080 mil toneladas son de res, 4 millones 836, mil toneladas son de pollo y 2 millones 650 mil toneladas de cerdo.

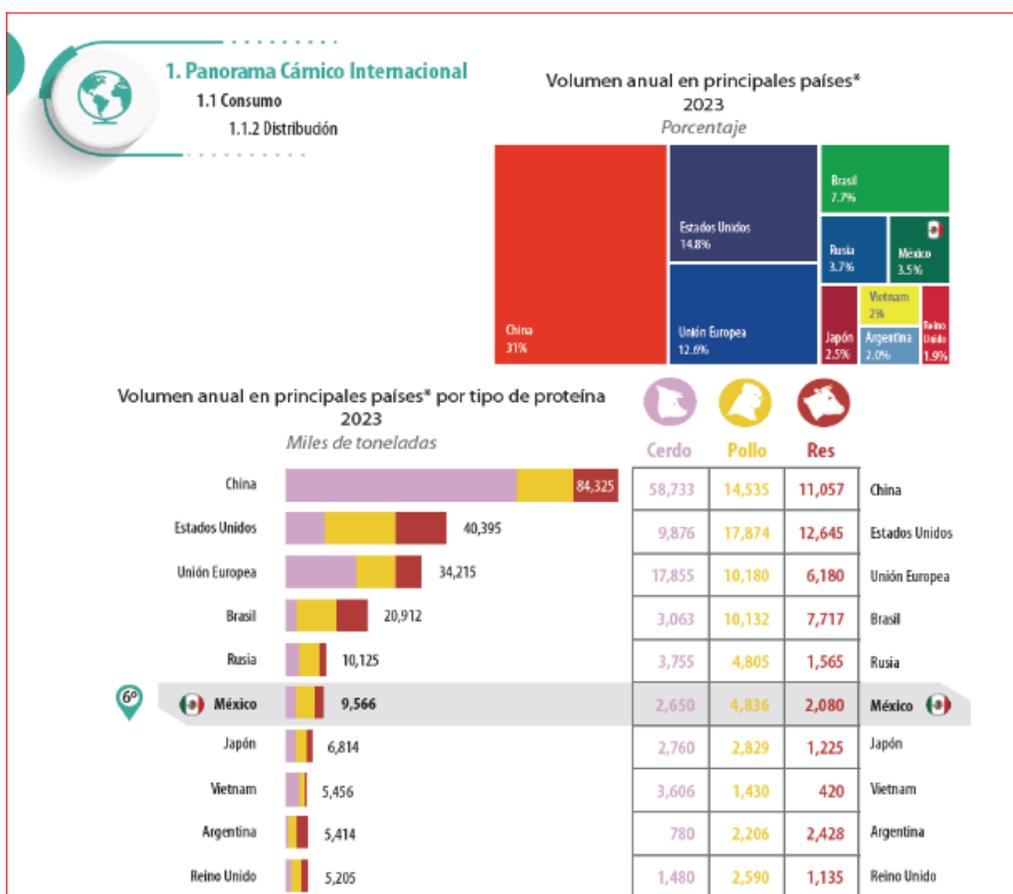


Figura 1. Panorama cárnico internacional, volumen anual de países por tipo de proteína (Fuente: Consejo Mexicano de la Carne, compendio estadístico 2024).

Por otro lado, el consumo mundial de carne de cerdo (Figura 2), alcanzó un récord en 2023, con 114 millones 485 mil de toneladas, un aumento un millón 249 mil toneladas

respecto al año anterior, china encabezó el consumo, seguido de Vietnam, Canadá y México, que registraron aumentos significativos. La Unión Europea, Reino Unido, Estados Unidos y Filipinas experimentaron disminuciones en el consumo, mientras que China, Vietnam, Estados Unidos y Brasil aumentaron su producción.

China importó la mayor cantidad de carne de cerdo en 2023, seguido de Japón y México. Los Estados Unidos exportaron 3 millones 70 mil toneladas, ligeramente menos que la Unión Europea, que ha liderado las exportaciones desde 2015. La escasez de suministros para la producción porcina europea y el aumento de los precios de comercialización afectaron negativamente la oferta exportable. Los Estados Unidos aumentaron su volumen de exportaciones a través de precios competitivos, lo que representó el 30.7% del total mundial.



Figura 2. Panorama cárnico internacional, consumo de carne de cerdo (Fuente: Consejo Mexicano de la Carne, compendio estadístico 2024).

Mientras que, en 2023, el consumo mundial de carne de res (Figura 3) aumentó un 0.7%, pero Estados Unidos y la Unión Europea registraron descensos del 1.2% y 4.5%, respectivamente. La producción mundial de carne de res fue de 59 millones 374 mil toneladas, con Estados Unidos liderando con 12 millones 287 mil toneladas. Brasil y China aumentaron su producción en comparación con el año anterior. Los precios de venta de productos cárnicos de bovino en Estados Unidos aumentaron en 2023.

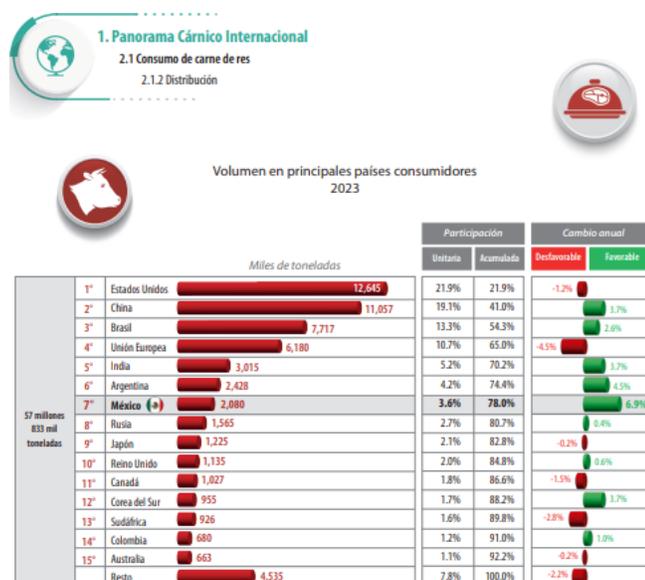


Figura 3. Panorama cárnico internacional, consume de carne de res (Fuente: Consejo Mexicano de la Carne, compendio estadístico 2024).

3.2.2. Panorama cárnico nacional

Al finalizar 2023, el consumo de carne en México alcanzó 10 millones 318 mil toneladas, un aumento del 4.9% respecto al año anterior. Este crecimiento se debió a un incremento en los ingresos de los hogares, impulsado por un aumento del 20% en el salario mínimo y un crecimiento del 8.7% en las remesas. Los precios de los productos cárnicos subieron un 4% en promedio, menos que el 13% de 2022, lo que también favoreció la demanda.

De este total, 7 millones 502 mil toneladas fueron producidas internamente y 2 millones 817 mil importadas. Sin embargo, las exportaciones cayeron por segundo año consecutivo debido a menores compras de Estados Unidos y Japón.

En cuanto al consumo por tipo de carne, el pollo tuvo el mayor aumento absoluto con 203 mil toneladas, seguido del cerdo con 132 mil y la res con 112 mil toneladas. Esto resultó en un incremento de 3.1 kilos en el consumo per cápita, posicionando a México como el segundo país con mayor aumento en este ámbito a nivel internacional. A pesar de esto, la autosuficiencia cárnica cayó al 78%.

3.2.3. Panorama cárnico nacional de res y cerdo

Durante el año 2023, el consumo nacional de carne de res alcanzó 2 millones 118 mil toneladas, impulsado por un aumento en la producción interna y un incremento en las importaciones, a pesar de la disminución en las exportaciones. El consumo per cápita de carne de res llegó a 16.4 kilos, lo que representa un aumento de 757 gramos respecto al año anterior.

La producción nacional en canal creció ligeramente, de 2 millones 176 mil toneladas en 2022 a 2 millones 215 mil toneladas en 2023, con un incremento del 1.8%. Sin embargo, el sacrificio nacional de bovinos disminuyó un 1.4%, mientras que las exportaciones en pie tuvieron un aumento notable del 43.5%.

Las importaciones cárnicas de bovino alcanzaron las 200 mil toneladas, lo que significa un aumento del 17.5% en comparación con el año anterior, rompiendo una tendencia a la baja que se había mantenido desde 2017. Esto se debió a un decreto gubernamental que eximió el pago de aranceles para países sin acuerdos comerciales, permitiendo la inclusión de Brasil, Argentina, Uruguay y Paraguay como nuevos proveedores.

Por otro lado, el volumen exportado de carne bovina cayó un 12.7% respecto a 2022, marcando el fin de un crecimiento sostenido desde 2015. Esta caída se debió principalmente a una disminución en las compras por parte de Estados Unidos, Japón y Corea del Sur.

Respecto a la producción interna de carne de cerdo en México, en 2023 experimentó un aumento del 2.2% respecto al año anterior. Sin embargo, las importaciones jugaron un papel fundamental en la satisfacción de la demanda, alcanzando un volumen total de 3 millones 47 mil toneladas, lo que representa un aumento del 4.5% en comparación con 2022 (COMECARNE, 2024).

3.3. Características de los champiñones

Los champiñones (*Agaricus bisporus*) son una excelente fuente de nutrientes esenciales, y se caracterizan por su bajo contenido calórico y su perfil nutricional. Se destaca por ser ricos en proteínas de alta calidad, así como en vitaminas del complejo B, minerales como el potasio, el fósforo, selenio, y fibras solubles e insolubles (Mattila, Salo Väänänen, Könkö, Aro, & Jalava, 2002) y (Kalač, 2012). Además, los champiñones poseen compuestos bioactivos, como los polisacáridos y los antioxidantes, que tienen efectos beneficiosos para la salud, incluyendo propiedades inmunomoduladoras y antitumorales (Valverde, Hernández Pérez, & Paredes López, 2015). Estos atributos nutricionales y funcionales hacen del champiñón un ingrediente atractivo para la industria alimentaria, especialmente en el contexto de la sustitución parcial de carne en productos cárnicos, dado su bajo impacto ambiental y su aporte nutricional (Kalač, 2012).

Además de sus beneficios nutricionales, los champiñones presentan propiedades sensoriales que los hacen adecuados para su integración en alimentos procesados. Su textura carnosa y sabor umami permiten que se incorporen con facilidad en formulaciones que tradicionalmente llevan carne, mejorando el perfil de sabor y la aceptación por parte de los consumidores (Gómez Guillen, Gómez Estaca, Giménez, & Montero, 2019). Su incorporación en productos cárnicos, como el caso de las albóndigas, puede representar una oportunidad para crear alimentos más saludables y sostenibles.

El reino Fungí representa uno de los más grandes acervos de biodiversidad con actividades ecológicas en todos los ecosistemas y con una gran variabilidad en

morfología y ciclos de vida. Los organismos incluidos en la categoría de hongos son tan diversos que es difícil dar una diagnosis diferencial concisa, pero pueden ser descritos como organismos, en su mayoría, filamentosos con crecimiento apical, eucarióticos, aclorófilos, heterótrofos por absorción, con reproducción asexual y sexual por medio de esporas, y con pared celular principalmente constituida por quitina.

Los hongos son considerados alimentos funcionales y complementos alimenticios por la gran cantidad de componentes nutritivos que contienen. En China, Japón y México, principalmente, para múltiples culturas todos los hongos comestibles son medicina, ya que su consumo ayuda a fortalecer y mantener sano el cuerpo. Sin embargo, a pesar de los componentes químicos que poseen y los beneficios que ofrecen, que una especie sea comestible en cierta comunidad no quiere decir que lo sea en otra. La “comestibilidad” no es una propiedad inherente a las especies, sino que es algo definido por la cultura. Esta cualidad se construye a partir de sus características culinarias, su papel dentro de la cocina tradicional, los métodos de procesamiento y conservación, las formas, combinaciones y cantidades de ingestión, así como de los elementos simbólicos de cada cultura. Es decir, las personas solo consideran comestibles las especies que les enseñaron a reconocer, recolectar, procesar, cocinar y consumir (Ramírez Terrazo, 2023).

Los hongos son un grupo de organismos con características propias de nutrición, fisiología, reproducción y organización, que forman un reino aparte de las plantas y los animales, denominado fungí, el cual está definido en parte por su forma de nutrición, que es por absorción. Sus células poseen un núcleo y su cuerpo está formado por gran cantidad de filamentos ramificados con pared celular de quitina (López, 2021).

3.3.1. Estructura de *Agaricus bisporus*

Comúnmente llamado también champiñón de París, es un basidiomicete de la familia Agaricales, es la especie más cultivada y comúnmente usada en la cocina. Se destacan algunas características específicas de este hongo.

Sombrero: Es redondeado y ligeramente aplanado en la parte superior. Puede alcanzar unos 13 cm de diámetro. Es lo que coloquialmente se conoce como carne, cuya función es resguardar a los componentes y los elementos que hacen posible la reproducción (himenio y esporas), de color blanco, firme, sabor dulce y olor aromático. Está cubierto por una fina capa, conocida como cutícula, que aporta color y textura al hongo.

Láminas y laminillas: Las láminas son la estructura debajo del sombrero que unen a este con el pie. En algunas setas se presenta una segunda capa conocida como laminillas, que sirve como capa protectora y contiene a las esporas.

Anillo: Es un velo que aparece como consecuencia de que el hongo madure y el sombrero rompa la membrana protectora.

Pie: Es el soporte físico del hongo. Su función es elevar la parte superior de la seta (el sombrero) para así facilitar la dispersión de esporas. Es cilíndrico y fibroso.

Micelio: Es la parte filamentosa y de apariencia lanosa, que es considerada propiamente el hongo. A partir de esta crece la seta que queda expuesta a la superficie y sirve como medio para la reproducción del hongo (López Sánchez, 2022).

3.3.2. Valor económico de los hongos

La producción mundial de los hongos cultivados supera los 6.2 millones de toneladas, cuyo valor se aproxima a los 30 billones de dólares. La tasa de incremento de la producción anual es del 11% y esto se debe a la investigación, confirmación y difusión de sus propiedades medicinales y nutritivas. Por esta razón, se observa un alza en la demanda de productos derivados de hongos comestibles. El volumen de producción de hongos frescos en México se estima en 38 708 toneladas anuales, lo que representa alrededor del 59% del total de la producción en Latinoamérica, este país se posiciona como el decimoctavo productor a nivel mundial.

Su exportación genera divisas por más de cuatro millones de dólares anuales. Las operaciones comerciales tienen un monto anual aproximado de 150 millones de

dólares, generando empleos directos e indirectos. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 386,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales obtenidos del hongo.

Los principales hongos cultivados actualmente son el champiñón (*Agaricus bisporus*), la seta (*Pleurotus spp.*) el shiitake (*Lentinula edodes*) y *Volvariella volvacea*. El género *Agaricus* ha sido el hongo más cultivado y consumido en Europa, Norteamérica y México, éste último con una producción de 36,500 ton/año. Por su parte, *Lentinula edodes* es producido en su mayor parte en Japón, *Volvariella volvacea* en Asia y *Pleurotus* en Sudamérica y México, con una producción de 2,190 ton/año en este país (Cano Estrada & Romero Bautista, 2016).

3.3.3. Importancia ecológica

Los hongos se relacionan con numerosos organismos del ecosistema directa o indirectamente. Los hongos saprofitos al alimentarse de los restos del bosque, resultan imprescindibles para evitar la acumulación de residuos orgánicos, limpiando el bosque de «cadáveres». Descomponen la materia orgánica muerta y la devuelven «reciclada». Los bosques tal como los conocemos no existirían sin la asociación de árboles y arbustos a hongos micorrícicos. Además, los hongos parásitos, en un bosque sano, favorecen la selección natural al eliminar los ejemplares más débiles y enfermos. También las setas constituyen un complemento en la alimentación de algunos animales (Campos Casabón & Arregui Álava, 2014).

3.3.4. Propiedades nutritivas de las setas

Contienen 90% de agua y 10% de materia seca, de los cuales 27-48% son de proteína, aproximadamente 60% corresponde a carbohidratos, en especial fibras dietéticas (D-glucanas, quitina y sustancias pécticas) y 2-8% son lípidos (12), entre los cuales destaca el ácido linoleico (13, 14). El alto contenido proteico, (15 al 35% del peso seco), refleja las creencias que los hongos son un sustituto efectivo de la carne, aunque no todos los hongos silvestres contienen gran cantidad de proteínas, su valor nutritivo

puede ser comparado con el de muchas especies vegetales. El contenido de minerales en los hongos comestibles varía entre 6 y 11% según la especie. Los que aparecen en mayor cantidad son el calcio, potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre. En cuanto al contenido de vitaminas, los hongos comestibles son ricos en tiamina (B1) riboflavina (B2), niacina (B3) y folatos (B9), ácido ascórbico (Cano Estrada & Romero Bautista, 2016).

Sus cualidades nutricionales están relacionadas con su sabor, textura y aroma; su bajo aporte calórico, alto contenido proteico y de fibra, bajo contenido de sodio, así como por ser fuente de minerales y vitaminas esenciales y compuestos bioactivos; su sabor pertenece a una categoría especial de la mayoría de alimentos proteicos que se caracterizan por contener glutamato en su composición, lo que le confiere un sabor muy peculiar conocido como umami, lo cual incrementa sus propiedades organolépticas y aceptación como producto para ser utilizado en diversas preparaciones culinarias. El tipo de proteínas que aportan tienen una composición similar a la proteína animal, siendo una adecuada alternativa nutricional para vegetarianos. Su bajo aporte calórico los vuelve un alimento ideal en dietas para bajar de peso (Cano Estrada & Romero Bautista, 2016).

3.4. Carne y productos cárnicos

Comprende todas las porciones de la canal y subproductos comestibles, que sirven para consumo humano, a su vez, constituyen la base de los productos cárnicos. El término genérico "carne," también comprende el contenido de expresiones como tecnología de la carne, conservas cárnicas, productos cárnicos, platos de carne, etc.; mientras que el concepto "carne" limitado a la porción muscular de las canales, se utiliza en relación con la especie animal correspondiente: carne de vacuno, carne de cerdo, carne de ovino, carne de pollo, de pavo, etc. o con las características de la carne: carne magra, carne picada, carne molida, carne de molde y similares; así mismo, según los niveles de procesado: carne molida, carne curada, carne cocida, carne embutida, carne asada, carne frita, carne a la parrilla; a su vez, situación de

calidad: carne de primera, de segunda, de tercera, etc., y considerando su estado sanitario: apta para el consumo, carne decomisada (Acuña Idrogo, 2019).

3.4.1. Carne molida

Se entiende por carne a la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano (NOM-009-Z00, 1994).

La carne molida es un producto obtenido de la carne fresca de animales de los géneros *Bos*, *Suis*, *Ovis*, *Gallus*, procedente de rastros que cumplan con lo establecido en el reglamento, que es cortada y pasada por un molino o picador (NOM-034-SSA1, 1993).

Uno de los productos derivados de la molienda de la carne, es lo que se conoce como albóndiga.

3.4.2. Grasa

Depende del tipo de producto que se elabore, pero en términos generales el contenido de grasa en los productos cárnicos puede oscilar entre un 10% y un 50% en base al producto final. La grasa que se adiciona comúnmente es de lomo de cerdo y se agrega con dos propósitos: nutricional y tecnológico. Desde el punto de vista nutricional las grasas son fuente de energía y actúan como vehículos de vitaminas liposolubles, tecnológicamente, esta grasa es esencial para formar una emulsión cárnica estable, además de contribuir al sabor, textura, firmeza, jugosidad y vida de anaquel de los productos cárnicos. Sin embargo, puede darse la oxidación lipídica afectando la aceptación sensorial y su vida de anaquel del producto cárnico (Abbasi, y otros, 2019).

3.4.3. Aditivo alimentario

Son aquellas sustancias que se adicionan a los alimentos durante su elaboración para proporcionar o intensificar olor, color, sabor, o para mejorar su conservación (NOM-

034-SSA1, 1993). Las especias son productos vegetales naturales o mezclados con ellos, exentos de materias extrañas, utilizadas para dar sabor y aroma y para condimentar alimentos (Ramírez Hernández, 2020).

3.5. Análisis sensorial

El análisis sensorial se ha definido como la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído.

Las pruebas sensoriales se clasifican, según los objetivos que se persiguen, en dos grandes grupos: analíticas y afectivas. Las afectivas se dirigen, fundamentalmente, hacia los consumidores y pretenden evaluar su aceptación o preferencia por un determinado producto o productos. Generalmente requieren 200 o más consumidores. Las pruebas analíticas se diferencian de las anteriores en que se necesitan catadores adiestrados en dar respuesta acerca de la calidad sensorial del producto sin tener en cuenta sus gustos o preferencias personales.

En la evaluación comparativa se emplean pruebas analíticas de diferenciación como son las de muestra simple, pareada, dúo – trío, triángulo y otras, mientras que para el control de la calidad se utilizan pruebas analíticas descriptivas como son las conocidas por PES. (Severiano Pérez, 2021).

3.5.1. Prueba de nivel de agrado.

Las pruebas afectivas estudian el gusto y preferencia de los consumidores hacia los alimentos y otros productos. Nos permiten conocer si el consumidor acepta un producto para su consumo, si lo compraría, qué tanto le gusta, si la intensidad de algún atributo sensorial como el dulzor está justo como le gusta, si al usar o al preparar un alimento este sabe a lo esperado, si es fácil de preparar etc. Con estas pruebas se puede conocer información adicional, si hay algún atributo sensorial que esté determinando la preferencia hacia algún producto o si por el contrario hay alguna característica que no le gusta, etcétera (Severiano Pérez, 2021).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. La fabricación de las albóndigas con sustitución parcial de carne por champiñón se realizó en el Taller de Cárnicos, así como los análisis de pH, pérdidas de peso, color, actividad de agua (a_w) y el análisis sensorial. Para evaluar el perfil nutricional de las albóndigas, se realizó un análisis proximal en Laboratorio Multidisciplinario. Finalmente se hizo una prueba para el Análisis de Perfil de Textura (TPA) en el Laboratorio de Análisis Especiales.

La elaboración de albóndigas se realizó mediante una mezcla de carne de res, cerdo, grasa de cerdo y champiñón. Todos los componentes cárnicos fueron mezclados con los champiñones y con los ingredientes secos (pan rallado, sal, fosfatos, pimienta negra, nuez moscada y cardamomo). En la Tabla 1, se describen las cantidades y porcentajes de todos los ingredientes utilizados en este estudio para cada uno de los tratamientos diseñados.

Tabla 1. Formulación utilizada para la fabricación de albóndigas con sustitución parcial de champiñón por carne.

Formulación	Control (0%)	Sustitución (10%)	Sustitución (20%)
Materias primas	%	%	%
Carne de res y cerdo	64.04	54.04	44.04
Grasa	10.01	10.01	10.01
Champiñón	---	10.01	20.02
Cebolla	8.89	8.89	8.89
Pan rallado	7.41	7.41	7.41
Huevo	3.70	3.70	3.70
Leche entera	3.70	3.70	3.70
Sal	1.37	1.37	1.37
Fosfatos	0.30	0.30	0.30
Ajo	0.30	0.30	0.30
Pimienta negra	0.15	0.15	0.15
Nuez moscada	0.07	0.07	0.07
Cardamomo	0.06	0.06	0.06
Total	100.00	100.00	100.00

4.1. FABRICACIÓN DE LAS ALBÓNDIGAS

4.1.1. Preparación de la masa cárnica

Los componentes cárnicos fueron picados y molidos en un equipo marca Torrey modelo 22 (Monterrey, Nuevo León, México), utilizando un cedazo de 1/8 in. Una vez molidos los componentes cárnicos, se les agregó los ingredientes secos y leche líquida, se mezcló durante 1 minuto. Posteriormente, se añadió la sal, los fosfatos y se realizó una mezcla durante 1 minuto más. Las muestras fueron refrigeradas en un equipó marca Torrey, modelo R36L (Nuevo León, México) durante 1h.

4.1.2. Formación de la albóndiga

En báscula digital marca Torrey, modelo PCR-20 (Nuevo León, México) fueron pesadas porciones de 25g, y se realizó la bola de manera manual, posteriormente fueron colocadas en charola de acero inoxidable con una capa de aceite (aceite aerosol PAM), cubiertas con película plástica y mantenidas en cámara de refrigeración durante 24h.

4.1.3. Cocción

Pasadas 24h fueron colocadas en horno de estufa marca Drago modelo universal, (CDMX, México) mantenido a una temperatura de 200°C durante 20 min, hasta que las albóndigas alcanzaron una temperatura de 70°C al interior.

4.1.4. Envasado y almacén

Terminado el proceso de cocción, las albóndigas fueron enfriadas a temperatura ambiente por lapso de 30 min, luego envasadas al vacío en una envasadora marca Torrey modelo EVD48 (Monterrey Nuevo León, México) y mantenidas en refrigeración a una temperatura de 4°C.

4.2. ANÁLISIS EXPERIMENTAL

4.2.1. Características fisicoquímicas

4.2.1.1. pH

Para la determinación del pH de las albóndigas, en primer lugar, fue calibrado el equipo marca Hanna™ modelo HI99163 (Romania), con soluciones tampón a pH 7.02 y 4.00. Por triplicado se tomaron muestras de cada lote en crudo para hacer la medición, con un electrodo de inserción directa (hoja cortante).

4.2.1.2. Actividad de agua (aw)

Para medir la actividad de agua se utilizó un equipo marca Aqualab (Modelo Series 3, Pullman, Washington, USA). Por triplicado se utilizaron cápsulas de plástico en donde se depositaron 5g de muestra y se realizó la medición. Las medidas se efectuaron a temperatura ambiente (20°C).

4.2.1.3. Pérdida de peso a la cocción

Para determinar la pérdida de peso durante la cocción, las albóndigas se pesaron en estado crudo utilizando una báscula analítica (Ohaus, modelo E12140, Suiza). Posteriormente, se llevaron a cocción y, una vez cocidas, se registró nuevamente su peso. La pérdida de peso se calculó como la diferencia entre el peso del producto crudo y el cocido, expresando así la reducción de masa ocurrida durante el proceso.

4.2.1.4. Método de cocimiento

Las albóndigas se llevaron a cocción en un horno de estufa marca Drago modelo universal, (CDMX, México) mantenido a una temperatura de 200°C durante 20 min. La temperatura interna final fue de 71°C (Waterproof Meat, Mod DT-68, Chensen, China) correspondiente al término de cocción “bien cocido”.

4.2.1.5. Color

La determinación del color instrumental se utilizó colorímetro marca 3NH (Modelo NR110, Zengcheng, Guangzhou, China), esta determinación se realizó sobre dos muestras por cada tratamiento y fueron tomadas 5 lecturas en distintos puntos. Esta determinación se realizó considerando un espacio tridimensional en los ejes L*, a* y b*; el equipo fue configurado con una apertura de 4 mm ° y un iluminante D65. Los resultados obtenidos fueron el promedio de las 5 lecturas por cada una de las muestras analizadas.

4.2.2. Análisis de perfil de textura (TPA)

La determinación del análisis de perfil de textura (TPA) se realizó mediante un método mecánico de compresión utilizando un texturómetro marca Stable MicroSystems (modelo TA-XTPlus. Los resultados de este análisis fueron la media de quince repeticiones realizadas por tratamiento. Con los datos obtenidos se determinó la dureza, la elasticidad, la masticabilidad, la cohesividad y la resiliencia.

- Dureza: corresponde a la fuerza máxima ejercida por la sonda cilíndrica en su recorrido en profundidad de la muestra.
- Elasticidad: Se relaciona con la altura que el alimento recupera durante el tiempo entre el primer y el segundo ciclo. Se calcula como la ratio entre los tiempos de segundo y primer ciclo.
- Cohesividad: Definida como la ratio entre las áreas de segundo y primer ciclo. Medida de la acción mecánica bajo la cual la muestra se desintegra.
- Resiliencia: Capacidad que tiene el alimento de volver a su forma original.

4.2.3. Análisis proximal

4.2.3.1. Humedad

Se utilizaron cápsulas de aluminio, las cuales se dejaron 1 h a $102 \pm 2^\circ\text{C}$, a cada una de éstas, posteriormente, las cápsulas se colocaron en un desecador donde se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente. Una vez frías las cápsulas y mantenidas a peso constante les fue registrado su peso para posteriormente agregarles 5 g de muestra previamente homogeneizada y se pesó nuevamente. Las cápsulas se colocaron en el horno y se sometieron a desecación a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 4 h. Transcurrido este tiempo, se procedió al enfriamiento en el desecador y el conjunto se pesó.

El contenido de humedad se calculó por diferencia de pesos antes y después del tratamiento. La humedad se expresó como porcentaje en peso y se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

Donde:

P_0 = Peso en gramos de la cápsula.

P_1 = Peso en gramos de la cápsula y muestra antes de desecar.

P_2 = Peso, en gramos, de la cápsula y muestra, después de desecar.

4.2.3.2. Proteína

La determinación de nitrógeno se realizó cuantificando el nitrógeno total según el método Kjeldahl siguiendo el procedimiento 992.15 (AOAC, 1999). Se utilizó un digestor Büchi K-425, (Flawil, Suiza) y una unidad de destilación de la misma marca (K-415).

Reactivos y materiales

- Ácido sulfúrico al 98% (v/v).
- NaOH al 40% (p/v).
- Disolución valorada de HCl 0.1 M
- Disolución de ácido bórico al 4% con verde de bromocresol y rojo de metilo como indicadores.

Procedimiento

Se preparó disolviendo 40 g de ácido bórico en aproximadamente 600 ml de agua destilada caliente. Una vez disuelto, se añadió más agua destilada hasta un volumen de 900 ml. Se dejó enfriar a temperatura ambiente, tras lo cual se añadieron 10 ml de una disolución de verde de bromocresol (100 mg en 100 ml de alcohol etílico) y 7 ml de una disolución de rojo de metilo (100 mg en 100 ml de alcohol etílico). Se enrasó a un volumen final de 1 l con agua destilada y se mezcló.

Se utilizó 1 g de muestra previamente homogeneizada la cual fue colocada en el tubo de digestión, añadiendo unas perlas de vidrio y una pastilla de catalizador. Seguidamente se añadieron 12ml de ácido sulfúrico concentrado, se agitó suavemente por rotación y se introdujo en la unidad de digestión, a una temperatura de 420°C a la que se llegó progresivamente. La digestión se mantuvo durante 3 horas, hasta la total

clarificación, transformando el nitrógeno en amoníaco y quedando éste en disolución en forma de ion amonio.

Una vez realizada la digestión, se liberó el amoníaco mediante la alcalinización del medio con aproximadamente 50 ml de NaOH al 40% después de haber añadido 50 ml de agua destilada. El amoníaco se arrastró en una corriente de vapor durante aproximadamente 7 minutos en la unidad de destilación, hasta alcanzar un volumen de 150 ml del destilado, que se recogió en un matraz con 40 ml del reactivo de ácido bórico al 4%. El contenido se valoró por titulación con ácido clorhídrico 0,1 M hasta el viraje del indicador, midiendo el volumen gastado con una bureta. Además de las muestras se realizaron dos blancos. El porcentaje de nitrógeno total se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrogeno total} = \frac{1.4 f (Vf - V0)}{P} \times N$$

Donde:

f = Factor del ácido clorhídrico

Vf = ml de HCl gastados en la valoración de la muestra

$V0$ = ml de HCl gastados en la valoración del blanco

P = Peso en g de la muestra

M = Normalidad del ácido clorhídrico

$$\% \text{ de proteína total} = \% \text{ Nitrógeno total} \times 6.25$$

*6.25= Factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda en carne.



Figura 4. Equipo utilizado para la determinación proteínica.

4.2.3.3. Grasa

Para la determinación de grasa se utilizó el sistema de extracción de grasa Soxhlet automatizado Buchi Modelo E816-HE (Suiza) siguiendo la metodología descrita Norma 991.36 (AOAC, 1999)

Reactivos

- Éter de petróleo 40-60°C

Procedimiento

Se partió de muestras secas obtenidas tras la determinación de humedad que fueron introducidas en cartuchos de celulosa, tapadas con algodón y colocadas en el equipo de extracción. Se colocaron los vasos de vidrio previamente llevados a peso constante los cuales contenían aproximadamente 80 ml de éter de petróleo). Una vez programado el equipo (extracción 3.45 h, lavado 5 min, secado 5 min), se inició el proceso de extracción de grasa.

Una vez terminado el proceso, se retiraron los vasos con la grasa y se introdujeron por 30 min en estufa a $100 \pm 2^\circ\text{C}$, se llevaron al desecador hasta alcanzar la temperatura

ambiente y peso constante. El contenido de grasa se expresó como porcentaje en peso según la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \frac{P_1 - P_0}{P_2}$$

Donde:

P0 = Peso en gramos del vaso vacío

P1 = Peso en gramos del vaso con grasa

P2 = Peso en gramos de la muestra (obtenida de humedad)

4.2.3.4. Cenizas

Se introdujeron unos crisoles de porcelana (marcados previamente) en estufa a $100 \pm 2^\circ\text{C}$ durante al menos 30 min para su desecación. Se sacaron y enfriaron en un desecador durante otros 30 min. Posteriormente éstos fueron pesados registrando el peso exacto en una balanza de precisión con cuatro decimales. En dichos crisoles fueron pesados 5 g de muestra anotando el peso exacto del incremento. Finalmente, al crisol con la muestra les fue añadido 1 ml de solución de acetato de magnesio anhidro al 15% (p/v).

El conjunto se mezcló uniformemente y se introdujo en la mufla a 100°C para ir subiendo la temperatura 50°C cada 30 min hasta llegar a 250°C . Posteriormente se subió a 550°C y se mantuvo a esa temperatura durante aproximadamente 1 hora, comprobando que tras ese tiempo las cenizas tenían un color blanco o ligeramente gris. En caso contrario, se añadieron 2 ml de agua Mili-Q y se repitió el proceso de calcinación. Finalmente, los crisoles con las cenizas fueron enfriados en el desecador y posteriormente fueron pesados.

Paralelamente al análisis descrito se realizó un blanco por duplicado, incinerando un crisol con 1 ml de acetato de magnesio sin muestra, y se anotó el incremento de peso.

Las cenizas se expresaron como porcentaje en peso según la siguiente fórmula:

$$C = \frac{G3 - G1}{G2 - G1} \times 100$$

Donde:

C = Porcentaje de cenizas en base seca.

$G1$ = Peso del crisol vacío en g.

$G2$ = Peso del crisol más la muestra seca en g.

$G3$ = Peso del crisol más la muestra calcinada en g.



Figura 5. Equipo utilizado para la determinación de cenizas.

4.2.3.5. Fibra

A 2g de muestra se le extrajo la grasa y se transfirió a un vaso Berzelius de 600 ml, al que se le añadieron 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% hirviendo. Se colocó el vaso en el aparato sobre la placa caliente preajustada para que hirviera exactamente 30 minutos. Posteriormente se quitó el vaso y se filtró a través de una manta de cielo. Se enjuagó el vaso con agua hirviendo y se vertió sobre la manta de cielo, se lavó el residuo hasta que las aguas de lavado tuvieran un pH igual al del agua destilada.

Se transfirió el residuo al vaso con ayuda de 200 ml de NaOH al 1.25% hirviendo y se

calentó a ebullición exactamente 30 minutos.

Se quitó el vaso y se lavó con agua hasta que las aguas de lavado tuvieron un pH igual al del agua destilada. Al residuo se le añadieron unas gotas de alcohol y se transfirió a un crisol a masa constante y se secó a 130°C durante 2 horas.

Por último, se calcinó a 600°C durante 30 minutos para enfriar y determinar su masa de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{Peso crisol con muestra seca} - \text{Peso crisol con muestra calcinada}}{\text{Peso real de la muestra}} \times 100$$



Figura 6. Equipo utilizado para la determinación de fibra cruda.

4.2.4. Análisis sensorial

Se realizó una prueba sensorial de satisfacción, utilizando una escala estructurada de 7 puntos, siendo las alternativas de respuesta las siguientes: “Me gusta mucho” (7 puntos), “Me gusta moderadamente” (6 puntos), “Me gusta ligeramente” (5 puntos), “Ni me gusta ni me disgusta” (4 puntos), “Me disgusta ligeramente” (3 puntos), “Me disgusta moderadamente” (2 puntos), “Me disgusta mucho” (1 punto), para evaluar el grado de satisfacción de las albóndigas, dicho análisis se llevó a cabo con la participación de 99 jueces consumidores, 42.43% fueron hombres y 57.57% fueron mujeres, con rango de edad entre 18 y 46 años. Los parámetros evaluados fueron

apariencia general, color, olor y sabor de las albóndigas. Los jueces fueron estudiantes y personal del Instituto de Ciencias Agropecuarias.

4.2.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de los datos y una prueba de comparación de medias de Tukey de un solo factor para determinar las diferencias estadísticas ($P < 0.05$) utilizando el software Minitab versión 21 (Minitab Inc., State College, PA, EE. UU).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Características fisicoquímicas

En la Tabla 2, se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados (pH, pérdidas de peso y actividad de agua (aw)).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos evaluados en albóndigas con incorporación de hongos comestibles (pH, pérdidas de peso y actividad de agua)

Parámetro	Control	Sust. (10%)	Sust. (20%)	Valor de <i>P</i>
pH	5.83 ± 0.12	5.86 ± 0.11	5.91 ± 0.11	0.647
Pérdida de peso (%)	15.36±0.01	15.86 ± 0.00	15.79 ± 0.01	0.906
Actividad de agua	0.95 ± 0.02	0.95 ± 0.00	0.96 ± 0.01	0.578

Sust.: Sustitución,

5.1.1. pH

El análisis del pH en las albóndigas mostró que la sustitución parcial de carne por champiñones no generó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). El valor promedio de pH en el producto control fue de 5.83 ± 0.12 , mientras que para los tratamientos con sustitución del 10% y 20% de champiñones se registraron valores de 5.86 ± 0.11 y 5.91 ± 0.11 , respectivamente. Estos resultados sugieren que la adición de champiñones no altera significativamente la acidez del producto, lo que podría ser ventajoso desde el punto de vista de la estabilidad y la aceptación del consumidor.

El valor promedio de pH entre los tratamientos fue de 5.86, este valor suele estar en un rango similar al de otros productos cárnicos cocidos, generalmente entre 5.5 y 6.2, el cual puede variar ligeramente dependiendo de los ingredientes adicionales y el método de preparación utilizado. Por ejemplo, la inclusión de pan rallado, huevo, y diferentes condimentos pueden influir en el pH final del producto (Toldrá, 2010).

Este rango de pH es típico para la carne de res fresca y asegura que la carne tenga buena calidad microbiológica, además de influir en su color, textura y capacidad de retención de agua. Un pH más bajo dentro de este rango generalmente indica una carne más ácida, lo cual puede ser un factor en la inhibición del crecimiento

microbiano, mientras que un pH más alto puede estar relacionado con carne menos fresca o con mayor capacidad de retención de agua, pero también con mayor susceptibilidad al deterioro microbiano (Toldrá, 2010)

Ruiz Oyola (2021), realizó un estudio mediante la sustitución parcial de carne de res por harina de garbanzo (*Cicer arietinum*), sustituyendo el porcentaje de carne de res en una salchicha tipo Frankfurt (40%, 50% y 60%). Según este autor respecto al valor del pH los tratamientos con 40% y 60% tuvieron los mejores resultados (5.94 y 5.96 respectivamente), ligeramente superiores a los reportados en este estudio.

5.1.2. Pérdidas de peso

Otro parámetro evaluado en este estudio fueron las pérdidas de peso durante el proceso de cocción. Se observaron pérdidas de peso promedio del 15.67%, sin embargo, como en el caso anterior, no se muestran diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

El valor promedio de las pérdidas de peso durante la cocción de una albóndiga o hamburguesa generalmente varía entre el 15% y el 30%. Esta variación depende de varios factores, incluyendo el tipo de carne, el contenido de grasa, el método de cocción, el uso de retenedores de humedad y la temperatura utilizada. Las pérdidas de peso ocurren principalmente debido a la pérdida de agua y grasa durante el proceso de cocción. Las carnes con mayor contenido de grasa tienden a perder más peso debido a la fusión de la grasa durante la cocción (Lawrie, 2022).

Cocinar a altas temperaturas puede resultar en mayores pérdidas de peso debido a la mayor evaporación de agua y fusión de la grasa. Los métodos de cocción como asar a la parrilla, freír y hornear tienden a resultar en mayores pérdidas de peso en comparación con métodos como hervir o cocinar al vapor. Además, cocinar durante períodos prolongados también puede incrementar las pérdidas de peso (Achón Tuñón, González González, & Varela Moreiras, 2018).

5.1.3. Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) es un parámetro determinante en la estabilidad microbiológica de los productos cárnicos. Valores superiores a 0.90 favorecen el crecimiento de microorganismos deteriorantes y patógenos, por lo cual se requiere de estrategias de conservación adecuadas (Barbut, 2015). En este estudio, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), con valores entre 0.95 y 0.96. Estos valores son similares a los de las albóndigas y las hamburguesas convencionales, lo que indica que con la incorporación de los champiñones no se compromete la estabilidad hídrica del producto

5.1.4. Color

El color es una de las características más importantes en la aceptación sensorial de los productos cárnicos, ya que influye directamente en la percepción de frescura y calidad por parte del consumidor (Mancini & Hunt, 2005).

Tabla 3. Evaluación del color instrumental en albóndigas con incorporación de hongos comestibles.

	Control	Sustitución (10%)	Sustitución (20%)	Valor de <i>P</i>
L*	50.10 ± 2.03	50.89 ± 2.12	49.57 ± 2.35	0.194
a*	7.68 ± 1.02 ^a	6.72 ± 1.23 ^b	5.77 ± 0.88 ^c	0.001
b*	14.16 ± 1.86 ^a	14.27 ± 1.68 ^{ab}	12.84 ± 1.69 ^b	0.031

^{a b}: Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencias estadísticamente significativas.

L*: Luminosidad, a*: Intensidad de rojos. b*: Intensidad de amarillos

5.1.4.1. Luminosidad (L*)

Como se muestra en la Tabla 3, el valor de luminosidad (L^*) refleja el brillo o claridad del producto, lo que puede estar influenciado por la composición de la matriz cárnica y el contenido de humedad. En este estudio, los valores de luminosidad (L^*) oscilaron entre 49.57 y 50.89 sin diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Estos resultados indican que la sustitución de carne por champiñones no alteró de manera notable la percepción visual de claridad del producto. Estudios previos han encontrado que la adición de ingredientes vegetales en productos cárnicos puede generar una disminución en la luminosidad (L^*) debido a la presencia de pigmentos naturales y un

mayor contenido de fibra (Naves Aroeira, Pereira Cardoso, Teixeira de Siqueira, Souza Ramos, & Mendes Ramos, 2014). Sin embargo, en este caso, la retención de humedad y la estructura homogénea del producto pudieron contribuir a mantener valores de luminosidad (L^*) similares en todos los tratamientos. Por otro lado, se considera además que dados los porcentajes utilizados pudieron afectar el color (L^*) de manera significativa.

5.1.4.2. Intensidad del rojo (a^*)

De acuerdo a la Tabla 3, el parámetro a^* es un indicador del color rojo, asociado a la presencia de pigmentos como la mioglobina y sus derivados en la carne. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.001$), con una reducción progresiva en los valores de rojos (a^*) a medida que aumentó el porcentaje de sustitución de la carne (7.68 en el control, 6.72 con 10% de sustitución y 5.77 con 20%). Esta disminución se reporta en otros estudios que indican una reducción en la intensidad del rojo (a^*) al incorporar hongos u otros ingredientes vegetales en productos cárnicos (Albertí, Ripoll, Albertí, & Panea, 2016). La reducción en la intensidad del rojo (a^*) podría atribuirse a la menor concentración de mioglobina en la formulación, ya que la carne es la principal fuente de este pigmento. Además, los compuestos fenólicos presentes en los champiñones pueden inducir oxidación en los pigmentos cárnicos, generando un efecto de decoloración progresiva (Joshi & Kumar, 2015).

5.1.4.3. Intensidad del amarillo (b^*)

En la tabla 3 los resultados obtenidos del parámetro b^* indica la tendencia hacia tonalidades amarillas en el producto. En este estudio, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), donde el valor de amarillo (b^*) disminuyó en la formulación con 20% de sustitución en comparación con el control (14.16 vs. 12.84). Aunque esta reducción es menor que la observada en la intensidad del rojo (a^*), se considera que la inclusión de hongos modifica ligeramente el perfil de color del producto. Algunos estudios han reportado que la presencia de polisacáridos en los

champiñones, así como su color marrón natural, pueden afectar la percepción del color amarillo (b^*) en productos cárnicos (Álvarez Serrano I. M., Mustelier Casola, González Zambrano, & Espinosa Nieto, 2022)

Los cambios observados en los parámetros de color pueden tener implicaciones tanto en la percepción sensorial como en la estabilidad del producto durante el almacenamiento. Productos con menor intensidad de rojo (a^*) pueden ser percibidos como menos frescos, por lo que se podrían requerir de antioxidantes para mantener o mejorar la estabilidad del color. Estudios recientes han demostrado que el uso de extractos de romero y ácido ascórbico puede ayudar a preservar la intensidad del rojo (a^*) en productos cárnicos con ingredientes vegetales (Aminzare, y otros, 2019).

(Zhang, Chai, & Bao, 2024) reportaron que la adición de harina de hongos en hamburguesas redujo significativamente los valores de rojos (a^*), mientras que estudios con sustitución de carne por legumbres también han encontrado reducciones en rojo (a^*) y amarillo (b^*) (Radhakrishna, Pandey, & Hygreeva, 2014).

5.1.5. Análisis de perfil de textura

En la Tabla 4 se presentan los valores del Análisis de Perfil de Textura (TPA) para albóndigas control y con sustitución parcial de carne por champiñón.

Tabla 4. Análisis de perfil de textura (TPA) de las albóndigas con sustitución de carne por champiñones

Parámetro	Control	Sustitución (10%)	Sustitución (20%)
Dureza	192.3 ± 62.8 ^a	119.0 ± 27.8 ^b	59.86 ± 11.23 ^c
Elasticidad	1.0018 ± 0.006	1.0006 ± 0.007	1.0027 ± 0.007
Cohesividad	0.719 ± 0.179 ^a	0.612 ± 0.301 ^{ab}	0.539 ± 0.023 ^b
Resiliencia	1.264 ± 0.611	0.925 ± 0.507	0.673 ± 0.315

^{a b}: Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencias estadísticamente significativas.

En términos generales, se observa que la dureza disminuye de 192.3 N (control) a 119.0 N (10 %) y 59.9 N (20 %). Respecto a la elasticidad los valores se mantienen casi constantes en todos los tratamientos (~1.00). En cuanto a la cohesividad muestra una ligera disminución conforme aumenta la concentración del champiñón: 0.719 a 0.612

y 0.539. Finalmente, la resiliencia también disminuye con la sustitución: 1.264 a 0.925 y 0.673. Esta tendencia sugiere que la inclusión de champiñón genera albóndigas más blandas, menos compactas y elásticas en su recuperación al deformarse.

5.1.5.1. Dureza

En el caso de la dureza se observa que esta disminuye notablemente a medida que existe mayor incorporación champiñón en las albóndigas, de 192.3 N (control), a 119.0N (10%) y 59.9 N (20%). La marcada reducción observada en esta investigación sugiere que la matriz proteica se ve menos estructurada al sustituir carne por champiñón, que aporta agua y fibra, interrumpiendo enlaces al interior de la proteína. Esto coincide con estudios que reportan productos más blandos al agregar champiñón. Un estudio publicado en 2024 reportó disminuciones de dureza de hamburguesas con la adición de champiñón (Hollweg , y otros, 2024), especialmente a nivel del 5 y 10% logrando productos más blandos, esta tendencia coincide con los resultados de esta investigación, especialmente en la formulación con 20%. Por otro lado, otros estudios como los de (Theodosiou, y otros, 2025) y (Fetriyuna Fetriyuna, Ziyadi Rafi, Zaida Zaida, Chrismiari Purwestri, & Md Sikin, 2025), estos autores compararon las propiedades texturales entre hamburguesas de carne y análogos vegetales encontrando que los parámetros de dureza, cohesividad y resiliencia tienden a ser menores y con menor firmeza que los productos cárnicos tradicionales. Estos hallazgos reafirman que las albóndigas con champiñón presentan características típicas de productos reformulados.

5.1.5.2. Elasticidad

Respecto al parámetro de elasticidad, ésta se mantuvo estable (~1.00), lo que indica que la capacidad de recuperación de la muestra tras deformarse no se ve alterada por la sustitución de carne. Esto puede deberse a una conservación de la elasticidad del tejido, incluso si está menos firme. Esto coincide con un estudio reportado por (Ngassa Julius, y otros, 2025), donde la elasticidad no se vió afectada significativamente en concentraciones intermedias de un gel híbrido de pollo y champiñón (~25%).

5.1.5.3. Cohesividad

Como se mencionó anteriormente en el caso de la cohesividad se observó también una disminución (de 0.719 a 0.539), lo cual refleja una menor integridad estructural: es decir que las muestras se rompen con mayor facilidad en la segunda compresión del ensayo TPA. Estudios sobre formulaciones con hongos y proteínas vegetales han reportado disminución de cohesividad en productos parcialmente sustituidos, especialmente a mayores niveles de champiñón (Fetryuna Fetryuna, Ziyadi Rafi, Zaida Zaida, Chrismiari Purwestri, & Md Sikin, 2025). Esto se debe a la dilución de proteínas estructurales y a la presencia de fibra en los hongos, que interfieren en la red proteica del gel.

5.1.5.4. Resiliencia

La resiliencia experimenta una reducción apreciable (de 1.26 a 0.67), lo que indica que las muestras no recuperan de forma eficiente su forma ni textura tras la compresión. Esto es un reflejo de una matriz interna menos elástica y más deformable. Otros estudios como los de (Fetryuna Fetryuna, Ziyadi Rafi, Zaida Zaida, Chrismiari Purwestri, & Md Sikin, 2025) y (Hollweg , y otros, 2024), destacan que a mayor contenido de hongos y fibra conduce a menor resiliencia, sobre todo cuando se consigue más textura más blanda.

5.2. Composición proximal

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la composición nutricional de las albóndigas reformuladas con sustitución parcial de carne por champiñón (10% y 20%) en comparación con una muestra control (sin sustitución). A medida que se incrementó el porcentaje de champiñón en la formulación, se observaron cambios en los valores de humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos.

Tabla 5. Composición proximal (%) de albóndigas con sustitución parcial de carne por champiñón

Parámetro	Control	Sustitución (10%)	Sustitución (20%)
Humedad	56.79 ± 0.696 ^b	57.50 ± 0.607 ^b	59.66 ± 0.377 ^a
Proteína	22.17 ± 0.005 ^a	20.08 ± 0.968 ^b	14.63 ± 0.359 ^c
Grasa	16.35 ± 0.267 ^b	17.92 ± 1.387 ^{ab}	19.04 ± 0.053 ^a
Cenizas	2.60 ± 0.023 ^b	3.15 ± 0.058 ^a	3.15 ± 0.003 ^a
Fibra	0.61 ± 0.179	0.38 ± 0.323	0.12 ± 0.026
Carbohidratos	1.48 ^a	0.96 ^a	3.40 ^b

^{a b}: Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencias estadísticamente significativas.

5.2.1. Humedad

El contenido de humedad aumento progresivamente conforme se incrementó la proporción de champiñón, pasando de 56.79% en la muestra control a 59.66% en la formulación con 20% de sustitución. Este resultado se atribuye a que el champiñón fresco contiene una elevada cantidad de agua, la cual es retenida durante el proceso de cocción y afecta directamente la jugosidad y la textura del producto final.

5.2.2. Proteína

Respecto al contenido de proteína, se registró una disminución con la inclusión del champiñón, ya que este ingrediente presenta una menor proporción proteica en comparación con la carne.

En la muestra control, la proteína fue de 22.17%, mientras que en las albóndigas con 20% de champiñón se redujo a 14.63%. Este comportamiento es esperable al reemplazar una fuente proteica densa como la carne por una fuente de origen vegetal con menor concentración proteica.

5.2.3. Grasa

El contenido de grasa mostró una tendencia al aumento, de 16.35% en la muestra control a 19.04 en la formulación con mayor porcentaje de champiñón. Este resultado

no se relaciona directamente con el perfil del champiñón, que es pobre en lípidos, por lo que el aumento observado podría estar relacionado con variaciones en la formulación o con la concentración relativa de grasa al disminuir otros componentes sólidos como la proteína.

Aunque en la literatura la incorporación de hongos como sustituto de carne suele asociarse con reducción o mantenimiento del contenido graso por reemplazo de matriz lipídica, estudios sobre la microestructura fúngica muestran que la porosidad del hongo puede favorecer la absorción y retención de aceite durante procesos térmicos. Ren, y otros en 2022, reportaron que el contenido de aceite en láminas de *Pleurotus eryngii* fritas se correlacionó positivamente con la presencia de poros de ciertos tamaños, indicando que la estructura porosa influye en la captación de aceite; de forma consistente, trabajos que caracterizan la porosidad del cuerpo fructífero muestran que esa matriz puede adsorber aceite (Balzamo, y otros, 2019) y que la porosidad varía con los tratamientos y afecta la interacción con lípidos (Piskov, y otros, 2022); (Shu, y otros, 2024). Por tanto, el aumento de grasa observado en las albóndigas de este estudio puede explicarse por la mayor absorción de aceite mediada por la porosidad de los champiñones combinada con las condiciones de cocinado empleadas (Ren, y otros, 2022).

5.2.4. Cenizas

En cuanto a las cenizas, se observó un ligero incremento, con un valor inicial de 2.60% en la muestra sin champiñón, y de 3.15% en las muestras con inclusión de este ingrediente. Esto puede relacionarse con el contenido mineral propio del champiñón, que aporta elementos como el potasio, fósforo y selenio, contribuyendo al enriquecimiento del producto desde el punto de vista mineral.

5.2.5. Fibra

El contenido de fibra cruda no presentó una tendencia clara, observándose una reducción con el aumento de champiñón (de 0.61% en el control a 0.12% en el

tratamiento con 20%). Estos valores resultan contradictorios si se considera que los hongos comestibles son fuente natural de fibra dietética, aunque el tipo de fibra predominante (β -glucanos y quitina) podría no haber detectado adecuadamente por el método utilizado.

5.2.6. Carbohidratos

Por último, los carbohidratos totales mostraron un incremento con la sustitución, de 1.48 en la muestra control a 3.40% en la muestra con 20% de champiñón. Este cambio puede atribuirse a la presencia de polisacáridos estructurales del champiñón, como los glucanos, que, aunque no tienen un aporte calórico significativo, podrían incrementar la proporción de carbohidratos en el análisis proximal.

En conjunto, los resultados de este análisis indican que la incorporación de champiñón afecta la composición nutricional de las albóndigas, especialmente en los parámetros de humedad, proteína y carbohidratos.

5.3. Análisis sensorial

En términos generales la muestra control y sustitución del 10% concentran más respuestas en me gusta moderadamente y me gusta mucho, con baja frecuencia en zonas de disgusto. La muestra con sustitución del 20% desplaza parte de las respuestas hacia ni me gusta ni me disgusta (neutral) y me disgusta ligeramente y muy reducida en valores de me gusta mucho, lo que indica una aceptación baja a ese nivel de sustitución.

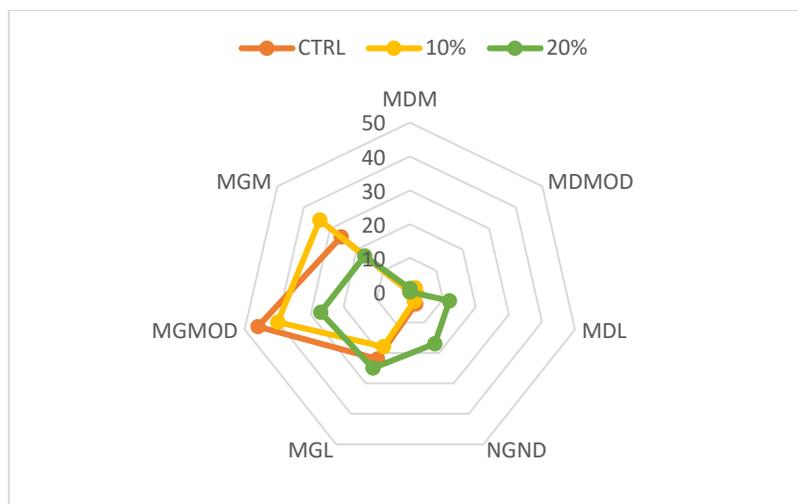


Figura 7. Prueba de la medición del nivel de agrado de las muestras.

MGM: Me gusta mucho, MGMOD: Me gusta moderadamente, MGL: Me gusta ligeramente, NGND: Ni me gusta ni me disgusta, MDL: Me disgusta ligeramente, MDMOD: Me disgusta moderadamente, MDM: Me disgusta mucho.

Un nivel moderado ($\approx 10\%$) parece mantener el agrado me gusta moderadamente, mientras que en 20% de sustitución el perfil sensorial puede introducir texturas que no todos los jueces prefieren, elevando valores neutrales o ligeros disgustos. Este patrón concuerda con estudios de productos híbridos de carne con hongo que reportan mejor aceptación con sustituciones bajas o moderadas y caída cuando la sustitución es alta (Christin Baune, y otros, 2023); (Sogari, Caputo, Petterson, Mora, & Boukid, 2023).

En otros estudios como el de (Saldaña, y otros, 2019) referente a hamburguesas de res con 25% de champiñón, estos autores sostienen que a este nivel se mantienen buenas calificaciones hedónicas y en ocasiones mejoran la jugosidad y sabor umami, favoreciendo el “me gusta” y “me gusta moderadamente”. En contraste en este estudio solo a concentraciones del 10 se ubica en la zona de favorable, así como el control el cual es bien valorado.

Como se ha mencionado cuando aumenta la concentración fúngica varios trabajos observan valoraciones hacia juicios neutros (ni gusta ni disgusta) especialmente si cambian intensidad cárnica o jugosidad percibida. La concentración del 20% reportada

en este trabajo coincide con estos hallazgos (Sogari, Caputo, Petterson, Mora, & Boukid , 2023).

Sustituciones más elevadas (entre 20 y 30%), pueden introducir cambios en el sabor y la textura que algunos consumidores rechazan levemente (menor firmeza), elevando el “me disgusta ligeramente” como se ha documentado en un estudio en formulaciones con harinas de hongo y ostión blanco (If'all, y otros, 2025).

6. Conclusiones

Características fisicoquímicas

La sustitución parcial de carne por champiñones en albóndigas no modificó de manera importante el comportamiento de pH ni de la actividad de agua (aw) durante el procesamiento, manteniéndose dentro de los rangos de estabilidad e inocuidad para productos cárnicos cocidos. En cuanto a las pérdidas de peso por cocción, se observó un ligero incremento, aunque no significativo con el aumento del champiñón, atribuible al mayor contenido de agua en el hongo, aunque sin comprometer la integridad del producto.

Color instrumental

El análisis mostró que el incremento de champiñones en la formulación no condujo a un cambio significativo en el aumento de la luminosidad (L)* pero si a una disminución en el valor de a* (rojo), lo que se explica por la menor presencia de pigmentos cárnicos.

Propiedades de textura.

El análisis de perfil de textura (TPA) evidenció una reducción significativa en dureza, cohesividad y resiliencia (NS) con el aumento de champiñones, indicando una red proteica más débil y menos firme. No obstante, la elasticidad permaneció constante, asegurando que las albóndigas mantuvieran una textura aceptable para el consumidor.

Composición proximal

La adición de champiñones provocó un aumento de la humedad y cenizas, acompañado de una disminución progresiva en proteína y fibra conforme aumentó el nivel de sustitución. En contraste, el contenido de grasa y carbohidratos fue más alto en el tratamiento con 20%, lo cual refleja la interacción de los compuestos no proteicos del hongo con la matriz cárnica.

Análisis sensorial

Las albóndigas con 10% de sustitución fueron evaluadas de manera similar al control, con predominio de calificación en la categoría “me gusta moderadamente”.

El tratamiento con 20% mostró una ligera caída en la satisfacción, en relación al nivel de agrado ya que la respuesta de los jueces tiende a la neutralidad “ni gusta ni disgusta” y hacia un ligero disgusto.

Sostenibilidad.

La reducción parcial de carne en la formulación podría favorecer una menor demanda de insumos pecuarios, lo que se traduce en un impacto ambiental reducido en comparación con productos cárnicos tradicionales. Esto posiciona a las albóndigas híbridas como una alternativa alineada con las tendencias de consumo responsable.

7. Referencias

- Abbasi, E., Amini Sarteshnizi, R., Ahmadi Gavlighi, H., Nikoo, M., Hossein Azizi, M., & Sadeghinejad, N. (2019). Effect of partial replacement of fat with added water and tragacanth gum (*Astragalus gossypinus* and *Astragalus compactus*) on the physicochemical, texture, oxidative stability, and sensory property of reduced fat emulsion type sausage. *147*, 135-143. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174018304613>
- Achón Tuñón, M., González González, P., & Varela Moreiras, G. (2018). Functional harmony criteria between gastronomy and health: the scientific community vision. *Nutrición Hospitalaria*, *35*, 76-83. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112018000700015
- Acuña Idrogo, H. I. (2019). Tecnología de la carne y productos carnicos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/621879470/Acuna-II-Libro-p1#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20gen%C3%A9rico%20%22carne%2C%22%20tambi%C3%A9n%20comprende%20el,en%20relaci%C3%B3n%20con%20la%20especie%20animal%20correspondiente>
- Albertí, P., Ripoll, G., Albertí, C., & Panea, B. (2016). Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. 131-136. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/301198065_Clasificacion_objetiva_d_el_color_de_la_carne_de_denominaciones_de_venta_de_vacuno
- Álvarez Serrano, I. M., Mustelier Casola, D., González Zambrano, J. M., & Espinosa Nieto, L. (2022). Potentialities of inclusion of *Pleurotus ostreatus* in meat foods. *REICOMUNICAR*, *5(9)*, 233-243. doi:<https://doi.org/10.46296/rc.v5i9.0046>
- Álvarez Serrano, I. M., Mustelier Casola, D., González Zambrano, J. M., & Espinosa Nieto, L. (2022). Potencialidades de inclusión de *Pleurotus ostreatus* en alimentos cárnicos. *Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa REICOMUNICAR*, *5(9)*, 233-245. Obtenido de <https://reicomunicar.org/index.php/reicomunicar/article/view/64>
- Aminzare, M., Hashemi, M., Ansarian, E., Bimkar, M., Hassanzadazar, H., Mehrasbi, M., . . . Afshari, A. (2019). Using natural antioxidants in meat and meat products as preservatives: A Review. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, *7(5)*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2019/7.5.417.426>
- Barbut, S. (2015). *The science of poultry and meat processing*. Obtenido de <http://download.poultryandmeatprocessing.com/v01/SciPoultryAndMeatProcessing%20-%20Barbut%20-%20v01.pdf>

- Boro, S., Kambhampati, V., Das, S., & Saikia, D. (2025). Hongos comestibles como análogos de la carne: una revisión exhaustiva del potencial nutricional, terapéutico y de mercado. *Investigación alimentaria internacional*, 214. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116632>
- Campos Casabón, J. C., & Arregui Álava, A. (2014). Manual de buenas prácticas y guía de setas de Guadalajara. Obtenido de https://www.dguadalajara.es/c/document_library/get_file?uuid=c0844b10-ecb6-4b8a-b26c-9ddbde1e7ea9&groupId=10128
- Cano Estrada, A., & Romero Bautista, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista chilena de nutrición*, 43(1). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>
- Cerón Guevara, M. I., Santos López, E. M., Sánchez Ortega, I., Rangel Vargas, E., Rodríguez Ávila, J. A., & Ibarra Ortega, I. S. (2020). Hongos comestibles: Un ingrediente alternativo en la formulación de productos cárnicos. *PÁDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 7(14), 47-51. doi:10.29057/icbi.v7i14.4973
- Christin Baune, M., Broucke, K., Ebert, S., Gibis, M., Weiss, J., Enneking, U., . . . Heinz, V. (2023). Meat hybrids—An assessment of sensorial aspects, consumer acceptance, and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition*, 10, 2-10. doi:10.3389/fnut.2023.1101479
- COMECARNE. (2024). Consejo Mexicano de la Carne. Ciudad de México: Comecarne. *Compendio estadístico*. Obtenido de https://comecarne.org/wp-content/uploads/2024/06/Compendio-Estadistico-2024-Presentacion-webinar_compressed.pdf
- Davidson, A. (1999). *The Oxford Companion to Food*. (T. Jaine, Ed.) doi:10.1093/acref/9780192806819.001.0001
- Fetriyuna Fetriyuna, Afif Ziyadi, R., Zaida Zaida, Ratna Chrismiari, P., Ratna Chrismiari, P., & Adi Md, S. (2025). From forest to fork: a systematic review of mushroom-based meat analogues. *International Journal of Food Science and Technology*, 60. Obtenido de <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf030>
- Fetriyuna Fetriyuna, Ziyadi Rafi, A., Zaida Zaida, Chrismiari Purwestri, R., & Md Sikin, A. (2025). From forest to fork: a systematic review of mushroom-based meat analogues. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1). Obtenido de <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf030>
- Garrido Fernández, M. D., & Bañón Arias, S. (2001). Hamburguesas y albondigas. Tecnología de elaboración. Garantía de calidad, defectos y alteraciones. En M.

- Bejarano, *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos* (págs. 1031-1045).
- Gómez Guillen, M., Gómez Estaca, J., Giménez, B., & Montero, P. (2019). The role of edible mushrooms in the structure and functionality of meat and meat products: A review. *Journal of Food Science and Technology*, *54*, 361-370.
- Hollweg, G., Trindade, P., Dos Santos, B., Padilha, M., Fracari, P., Rosa, S., . . . Campagnol, P. (2024). Development of Plant-Based Burgers with Partial Replacement of Texturized Soy Protein by *Agaricus bisporus*: Effects on Physicochemical and Sensory Properties. *Foods*, *22*. doi:10.3390/foods13223583
- If'all, Nofrianto, Spetriani, Sabariyah, S., Fathurahmi, S., Indriasari, Y., & Asrawaty. (2025). Effect of Partial Substitution of Beef with White Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Nutritional Profile and Sensory Quality of Meatball Products. *Journal of Health and Nutrition Research*, *4*(2), 391-398. doi:prefix 10.5630
- Joshi, V. K., & Kumar, S. (2015). Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products-A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, *5*(2), 108-117. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/305317336>
- Kalač, P. (2012). A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the science of food and agriculture*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/jsfa.5960>
- Lawrie, R. (2022). Lawrie's Meat Science. En F. Toldra (Ed.).
- López, P. (2021). *El de los hongos, un mundo aparte*. Obtenido de gaceta.unam: <https://www.gaceta.unam.mx/el-de-los-hongos-un-mundo-aparte/#:~:text=%E2%80%9CEn%20el%20mundo%2C%20se%20calcula,comestibles%20como%20champi%C3%B1ones%20y%20setas%E2%80%9D>.
- López Sánchez, C. O. (2022). México, tierra de hongos. *Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas*, *5*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/727530/Libro-Mexico-tierra-de-hongos-INPI.pdf>
- Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Investigación actual sobre el color de la carne. *Ciencia de la carne*, *71*, 100-121. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>
- Mattila, P., Salo Väänänen, P., Könkö, K., Aro, H., & Jalava, T. (2002). Basic Composition and Amino Acid Contents of Mushrooms Cultivated in Finland.

- Journal of agricultural and food chemistry*, 50(22), 6419-6422. doi:6419-22. 10.1021/jf020608m
- Muñoz Solorzano, K. N. (2022). Adición de hongo *Agaricus Bisporus* como sustituto de la carne de cerdo en la calidad del chorizo ahumado tipo I. *Tecnociencia Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López*, 25-35.
- Naves Aroeira, C., Pereira Cardoso, G., Teixeira de Siqueira, L., Souza Ramos, A., & Mendes Ramos, E. (2014). Efecto de la luz sobre los parámetros de calidad de la carne porcina en exhibición refrigerada. *La Industria Cárnica Latinoamericana*(186), 32-36.
- Ngassa Julius, M., Manat, C., Porntip, T., Chantira, W., Warangkana, K., Çavdar, Hasene, K. (2025). Rheological and Gelling Properties of Chicken-Mushroom Hybrid Gel for Flexitarian-Friendly Functional Food Applications. *foods*, 1-18. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/4/645>
- NOM-009-Z00. (1994). Control de residuos tóxicos en carne,grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos. *NORMA Oficial Mexicana*. Obtenido de https://www2.sag.gob.cl/pecuaria/establecimientos_habilitados_exportar/normativa/mexico/NOM-004-ZOO-1994_control_residuos_carne_otros.pdf
- NOM-034-SSA1. (1993). Bienes y Servicios. Productos de la carne. Carne molida y carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias. *NORMA Oficial Mexicana*. Obtenido de <https://salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/034ssa13.html>
- Radhakrishna, K., Pandey, M. C., & Hygreeva, D. (2014). Aplicaciones potenciales de derivados de origen vegetal como sustitutos de grasas, antioxidantes y antimicrobianos en productos cárnicos frescos y procesados. *Ciencia de la carne*, 98(1), 47-57. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001090>
- Ramírez Hernández, B. C. (2020). Origen, Desarrollo y Legado del Uso de las Especies. *Cualtos, UdeG*. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/7752596>
- Ramírez Terrazo, A. (2023). El legado cultural de los hongos comestibles. *Reviste de la Universidad de México*, 66-71. Obtenido de <https://us-mia-1.linodeobjects.com/rum/d07e5ec3-0426-4263-beb2-bf8af3a30904>
- Ruilova, M., Hernández, A., Díaz, R., & Niño, Z. (2016). Development of a healthy sausage formulation using the *pleurotus ostreatus* hongo as a substitute for pork meat. *Revista de Investigación TALENTOS*, 3(1), 36-41. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8551216>

- Ruiz Oyola, O. A. (2021). Sustitucion parcial de la carne de res, por harina de garbanzo (Cicer arietinum) para la elaboracion de una salchicha Frankfurt. *Universidad agraria del Ecuador*, 44-64. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUIZ%20OYOLA%20OMAR%20ARTURO.pdf>
- Saldaña, E., Selani, M. M., Costa de Camargo, A., Cardoso Merlo, T., Schmidt Menegali, B., de Souza Silva, A. P., Patinho, I. (2019). Use of Agaricus bisporus mushroom in beef burgers: antioxidant, flavor enhancer and fat replacing potential. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2-13. Obtenido de <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-019-0006-3>
- Snodgrass, M. E. (2012). World food; An Encyclopedia of History, Culture and Social Influence from Hunter Gatherers to the Age of Globalization.
- Sogari, G., Caputo, V., Petterson, A. J., Mora, C., & Boukid, F. (2023). A sensory study on consumer valuation for plant-based meat alternatives: What is liked and disliked the most? *Food Research International*(169), 1-8. doi:112813
- Theodosiou, E., J. F., Jean Baptiste, S., Dages, B., Pavar, G., & Jason, T. (2025). Mechanical properties and texture profile analysis of beef burgers and plant-based analogues. *Journal of Food Engineering*, 385. doi:10.1016/j.jfoodeng.2024.112259
- Toldrá, F. (2010). *Handbook of Meat Processing*. Obtenido de https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/handbook_of_meat_processing.pdf
- Trejo, P. (2022). *Las albóndigas y su origen, un bocadillo de la época romana*. Obtenido de *Gourmet de Méxco*: <https://gourmetdemexico.com.mx/gourmet/cultura/las-albondigas-y-su-origen-un-bocadillo-de-la-epoca-romana/>
- Valverde, M. E., Hernández Pérez, T., & Paredes López, O. (2015). Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. *International Journal of Microbiology*. doi:10.1155/2015/376387
- Zhang, M., Chai, Y. L., & Bao, Y. (2024). Effect of *Pleurotus eryngii* on the Characteristics of Pork Patties during Freezing and Thawing Cycles. (Z. Bhat, Ed.) *Foods*, 13(3). Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10855685/>