

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS

TESIS PROFESIONAL

DESARROLLO DE UNA
SALCHICHA DE PESCADO
ADICIONADA CON *Tenebrio molitor*
COMO FUENTE DE PROTEÍNA
ALTERNATIVA.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTA

ÁNGEL DE JESÚS DÍAZ TORRES

MARIANA DE JESÚS BAHENA VALVIESO

DIRECTOR DE TESIS

DRA. GABRIELA NALLELY TREJO DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS EXTERNO

DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ MALDONADO





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Fecha: 12 de noviembre de 2025

C. Mariana de Jesús Bahena Valvieso

Pasante del Programa Educativo de: Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Desarrollo de una salchicha de pescado adicionada con tenebrio molitor como fuente de

proteína alternativa.

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dra. Adriana Caballero Roque

Mtra. Miriam Izel Manzo Fuentes

Dra. Gabriela Nallely Trejo Díaz



COORDINACIÓN
DE TITULACIÓN

Firmas:

Ccp. Expediente



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Fecha: 12 de noviembre de 2025

C. Mariana de Jesús Bahena Valvieso

Pasante del Programa Educativo de: Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Desarrollo de una salchicha de pescado adicionada con tenebrio molitor como fuente de

proteína alternativa.

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dra. Adriana Caballero Roque

Mtra. Miriam Izel Manzo Fuentes

Dra. Gabriela Nallely Trejo Díaz



COORDINACIÓN
DE TITULACIÓN

Firmas:





Ccp. Expediente

Contenido

Introducción.....	1
Justificación.....	3
Planteamiento del problema	4
Objetivos.....	6
Marco Teórico	7
Insectos comestibles.	7
Situación actual del consumo de proteína alternativa.	9
Producción y aprovechamiento de insectos comestibles en México y el mundo.	10
Sostenibilidad frente al cambio climático y la inseguridad alimentaria	12
Economía circular y valorización de residuos proteicos de <i>Tenebrio molitor</i>	14
<i>Tenebrio molitor</i> como ingrediente alimentario funcional.....	16
Taxonomía.	17
Reproducción y ciclo de vida.	17
Huevos.	18
Larvas de <i>Tenebrio Molitor</i>	19
Pupa.	20
Etapa adulta.	21
Hábitat y crianza.	21
Alimentación.	22
Ventajas ambientales.	23
Composición, propiedades nutricionales y aplicaciones tecnológicas del <i>Tenebrio molitor</i>	23
Composición.....	23
Propiedades nutricionales.	24
Aplicaciones tecnológicas.	25
Usos del <i>Tenebrio molitor</i> en productos cárnicos y formulaciones innovadoras.....	26
Sustituto de proteínas en productos cárnicos.....	26
Propiedades funcionales en los alimentos	27
Propiedades gelificantes	28
Relevancia de los alimentos funcionales.....	29
Prevención de enfermedades crónicas.....	29
Salchichas de pescado.	29

Embutidos de pescado	30
Aplicaciones tecnológicas de la tilapia como materia prima para embutidos	32
Propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las salchichas	33
Antecedentes científicos de desarrollo de Salchicha con proteínas alternativas	36
Tilapia.....	39
Morfología.....	40
Alimentación.....	41
Zonas de crianza o cultivo.....	42
Valor nutricional.....	42
Beneficios de la tilapia.....	43
Aprovechamiento de subproductos del procesamiento de tilapia para la nutrición humana	44
Metodología.....	47
Diseño de investigación.....	47
Población	47
Muestra	48
Muestreo	48
Variables.....	48
Descripción de las técnicas a utilizar (equipos, referenciado la técnica, utensilios, marca)	49
Determinación de humedad.....	49
Determinación de cenizas.....	49
Determinación de proteína.....	49
Determinación de grasa cruda	50
Determinación de fibra cruda	50
pH	50
Índice de Absorción de Agua (IAA).....	50
Evaluación sensorial con panelistas no entrenados del público general.....	51
Proceso de elaboración de las salchichas	51
Diagrama de flujo.....	52
Diseño de experimental	52
Presentación y análisis de resultados.....	54
Conclusiones.....	62
Recomendaciones	63
Referencias bibliográficas	64

Contenido de figuras

Figura 1. Ciclo de vida del tenebrio molitor (Team Protiberia, s. f., Protiberia.)	18
Figura 2 Huevos de Tenebrio generada con IA.....	19
Figura 3. Larva de Tenebrio molitor. Freepik (s. f.).....	20
Figura 4. Pupa de Tenebrio Molitor	20
Figura 5. Tenebrio molitor etapa adulta	21
Figura 6. Salchicha de pescado (Márquez Rangel et al., 2025).....	30
Figura 7. Salchichas cocidas/emulsionadas con incorporación de <i>Tenebrio molitor</i> (Lemke et al 2024).....	38
Figura 8. Salchichas vegetarianas. (Velasco, 2023)......	39
Figura 9. Tilapia (<i>Oreochromis spp</i>). (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).	40
Figura 10. Morfología de la tilapia (Salazar et al., 2023).....	41
Figura 11. Diagrama de flujo de la obtención de la salchicha de pescado con <i>Tenebrio molitor</i>	52
Figura 13. Salchichas de pescado con harina de Tenebrio molitor	54
Figura 14. Aceptación general de las salchichas de pescado	57
Figura 15. Textura de las salchichas de pescado	58
Figura 16. Textura de las salchichas de pescado	59
Figura 17. Color de las salchichas de pescado	60
Figura 18. Color de las salchichas de pescado	61

Contenido de tablas

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del <i>Tenebrio molitor</i> Vázquez Ávila (2016).	17
Tabla 2. Composición nutricional (2013).....	35
Tabla 3. Valor nutrimental detallado de la tilapia. Filete de tilapia (2024). Valores de % d* el Requerimiento Diario (RD) basado en una dieta de 2000 kcal	43
Tabla 4. composición bromatológica de salchichas de pescado formuladas con 0, 5, 10 y 15 % de harina de <i>Tenebrio molitor</i> , sometidas a temperaturas de cocción de 65 y 75 °C.	55
Tabla 5. propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de las salchichas de pescado	56

Agradecimiento (s) Ángel.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi directora de tesis, la Dra. Gabriela por su paciencia, comprensión, y sobre todo los valiosos consejos que me brindó durante todo este proceso. Agradezco profundamente el primer momento hasta la culminación de este trabajo, el cual ha sido muy significativo para mí.

A nuestro asesor externo, el Dr. Miguel, quien apesar de la distancia, mostró un gran compromiso y dedicación en este proyecto. Su esfuerzo y aportaciones fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A mis revisoras, la Mtra. Miriam. y la Dra. Adriana, por su paciencia, observaciones y consejos puntuales, los cuales fueron muy importantes para mejorar y fortalecer este proyecto. les agradezco especialmente por su comprensión durante este proceso.

A mis padres, por el apoyo emocional, que me han brindado a lo largo de todo este camino. Sin ustedes, este logro no tendría el mismo significado para mí, ya que su respaldo ha sido fundamental para poder alcanzarlo.

A mis hermanos, por estar conmigo durante este camino, este logro también es de ustedes y lo considero un triunfo compartido.

A todas las personas que estuvieron para mí, como mis compañeros que fueron parte importante durante estos 4 años, a una de mis amigas, sin ella y la propuesta de trabajar con Tenebrios Molitor en un momento en donde no tenía rumbo tiene una gran importancia, a mi novia por su apoyo incondicional, consejos y el apoyo incondicional que me ha dado.

Y sobre todo a esta institución por formarme profesionalmente, y a toda la platilla de docentes que son parte importante para culminar este ciclo, Gracias.

Agradecimientos (s) Mariana.

Deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas las personas que formaron parte de mi camino y que hicieron posible mi formación profesional. Este trabajo de tesis es también fruto de ustedes; sin su presencia, apoyo y confianza, no habría llegado a este capítulo de mi vida.

A mi asesora y a mis revisores, gracias por su guía, su paciencia y por creer en mi capacidad incluso en los momentos en que yo dudaba. Su acompañamiento dejó una huella significativa en este proceso.

A mi familia, gracias por ser mi hogar emocional, mi impulso y mi refugio. Su amor y confianza me sostuvieron cuando el trayecto se hacía difícil. A mi tía, gracias por cada gesto de apoyo, por el cariño constante y por mostrarme, con hechos, que siempre puedo contar contigo. A mi abuela, que ha sido una madre en toda la extensión de la palabra y un ejemplo inquebrantable de fortaleza y amor. Su vida, llena de esfuerzo y sacrificio, es la raíz que me permitió crecer hasta este momento tan importante. Te amo profundamente, mamá Eva.

A mi hermana, gracias por tenderme la mano cada vez que la necesité, y a mi tío Luis, cuyo apoyo sincero e incondicional ha significado más de lo que las palabras pueden describir. Gracias por abrazarme como parte de tu vida.

Finalmente, a mi novio Omar, agradezco su paciencia, amor, consejos y acompañamiento. Su presencia ha sido un sostén invaluable en mi vida. Gracias por confiar en mí y caminar conmigo a lo largo de estos años. Te amo mucho.

Introducción

En los últimos años, el aumento en la demanda de alimentos ricos en proteínas, junto con la preocupación por el impacto ambiental de los sistemas tradicionales de producción, ha impulsado la búsqueda de fuentes proteicas alternativas que sean sostenibles y nutritivas. La producción convencional de alimentos de origen animal enfrenta importantes retos relacionados con el uso intensivo de recursos naturales y la emisión de gases de efecto invernadero, lo que ha motivado el interés por desarrollar nuevas estrategias alimentarias que contribuyan a la sostenibilidad. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), es necesario diversificar las fuentes de proteína para hacer frente al crecimiento poblacional y a la seguridad alimentaria global (FAO, 2021).

En este contexto, los insectos comestibles han surgido como una alternativa viable debido a su alto valor nutricional, eficiencia en la conversión alimenticia y bajo impacto ambiental en comparación con la ganadería tradicional. Entre ellos, *Tenebrio molitor*, conocido como gusano de la harina, destaca por su elevado contenido proteico, facilidad de producción y potencial para su incorporación en productos alimentarios procesados. Diversos autores, como (Hospital, et al., 2025), señalan que este insecto presenta características nutricionales y tecnológicas favorables que lo convierten en un ingrediente prometedor dentro de la industria alimentaria. Por otro lado, el pescado es reconocido como una fuente de proteína de alta calidad y su transformación en productos reestructurados, como las salchichas, permite ampliar sus aplicaciones y generar alimentos con mayor valor agregado. Las salchichas de pescado representan una matriz tecnológica adecuada para la incorporación de nuevos ingredientes, ya que facilitan la reformulación del producto sin afectar

significativamente sus propiedades sensoriales cuando se emplean proporciones y procesos adecuados.

En este sentido, la elaboración de una salchicha de pescado adicionada con harina de *Tenebrio molitor* se plantea como una alternativa innovadora que busca mejorar el perfil nutricional del producto y contribuir al desarrollo de alimentos más sostenibles. El presente trabajo tiene como objetivo formular y caracterizar este producto, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, tecno funcionales y su aceptación sensorial.

Justificación

La creciente demanda de fuentes de proteína sostenibles y nutritivas ha impulsado a la industria alimentaria a buscar alternativas que permitan responder a los desafíos actuales en materia de seguridad alimentaria y cuidado del medio ambiente. En este sentido, la incorporación de proteínas alternativas, como las derivadas de *Tenebrio molitor*, en la formulación de salchichas de pescado representa una opción viable y con potencial nutricional y tecnológico (Lisboa et al., 2024).

El *Tenebrio molitor* se distingue por su bajo impacto ambiental, ya que su producción requiere menos recursos en comparación con la ganadería tradicional, como agua, tierra y alimento (Lisboa et al., 2024). Su utilización en productos alimentarios contribuye a disminuir la huella ecológica y se alinea con las tendencias actuales hacia una alimentación más sostenible (Azizah et al., 2025). Desde el punto de vista nutricional, este insecto aporta proteínas de alta calidad, así como ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales, lo que permite mejorar el perfil nutricional de los alimentos en los que se incorpora (Guoqiang et al., 2025). Al combinarse con el pescado, es posible desarrollar una salchicha con características nutricionales más completas, que resulte atractiva para consumidores interesados en opciones saludables y equilibradas (Lisboa et al., 2024).

Además, la inclusión de *Tenebrio molitor* en la elaboración de salchichas de pescado favorece la innovación y la diversificación de productos dentro de la industria alimentaria. Esta alternativa puede atender a un sector de consumidores que busca reducir el consumo de carne convencional sin dejar de consumir alimentos de origen animal, al tiempo que responde a la creciente demanda de proteínas a nivel global (Guoqiang et al., 2025; Azizah Mohamad, 2025).

Planteamiento del problema

La industria alimentaria enfrenta actualmente retos importantes relacionados con la sostenibilidad, la salud pública y la seguridad alimentaria, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas a las fuentes tradicionales de proteína. En este escenario, el uso de proteínas alternativas, como las derivadas de *Tenebrio molitor*, en productos cárnicos a base de pescado surge como una opción con potencial; no obstante, su aplicación plantea interrogantes que requieren ser analizados desde una perspectiva científica y tecnológica (Hospital et al., 2025).

La producción de proteínas convencionales demanda grandes cantidades de recursos naturales, lo que incrementa la presión sobre los sistemas productivos. Frente a ello, *Tenebrio molitor* se presenta como una alternativa con menor impacto ambiental y alta eficiencia productiva; sin embargo, es necesario evaluar cómo su incorporación afecta la sostenibilidad del producto final cuando se integra en matrices alimentarias como la salchicha de pescado (Hospital et al., 2025).

A pesar de los beneficios nutricionales y ambientales asociados al *Tenebrio molitor*, la aceptación del consumidor sigue siendo un factor crítico para su incorporación en alimentos. Persisten barreras culturales y percepciones negativas que pueden limitar su consumo, por lo que resulta fundamental analizar las actitudes del consumidor hacia este tipo de productos (Rehman y Ogrin, 2024).

La formulación de salchichas de pescado adicionadas con *Tenebrio molitor* debe asegurar tanto un adecuado valor nutricional como características sensoriales aceptables. La interacción entre las proteínas del pescado y las del insecto puede influir en atributos como

sabor, textura y apariencia, lo que hace necesario evaluar su impacto en la calidad del producto final (Lemke et al., 2024).

La incorporación de insectos en la alimentación humana está sujeta a marcos regulatorios específicos que varían según la región, lo cual puede influir en la formulación y comercialización de estos productos. Por ello, la generación de evidencia científica que respalde su uso seguro resulta fundamental para su desarrollo en la industria alimentaria (EFSA NDA Panel et al., 2021).

La elaboración de salchichas de pescado enriquecidas con *Tenebrio molitor* representa una oportunidad de innovación dentro de la industria alimentaria; sin embargo, requiere un enfoque multidisciplinario que permita desarrollar productos técnicamente viables y acordes a las preferencias del consumidor actual (Rocha et al., 2025).

Objetivos

General

Formular y evaluar una salchicha de pescado enriquecida con diferentes niveles de harina de *Tenebrio molitor* para determinar el efecto de su incorporación y de la temperatura de cocción sobre la calidad nutricional, las propiedades tecnofuncionales y la aceptación sensorial del producto.

Específicos.

Determinar la composición bromatológica de salchichas de pescado formuladas con 0, 5, 10 y 15 % de harina de *Tenebrio molitor*, sometidas a temperaturas de cocción de 65 y 75 °C.

Evaluar el efecto del nivel de inclusión de harina de *Tenebrio molitor* y de la temperatura de cocción sobre las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de los productos reestructurados, mediante la medición del pH y del índice de absorción de agua.

Analizar la aceptación sensorial de las salchichas de pescado enriquecidas con harina de *Tenebrio molitor*, elaboradas bajo diferentes proporciones de harina y temperaturas de cocción, mediante pruebas sensoriales de aceptación

Marco Teórico

Insectos comestibles.

El mundo está cambiando y se están retomando técnicas culturales ancestrales como parte de la vida cotidiana para enfrentar los múltiples problemas sociales en la actualidad. Los insectos parecen ser una solución sustentable y es por ello por lo que múltiples países han empezado a entablar pláticas y a estipular leyes para su aprovechamiento. En México es urgente tomar este tipo de iniciativas, al ser un país con tanta diversidad de especies de insectos en la cultura culinaria. Ante ello la investigación y la realización de cultivos en diferentes escalas, así como la educación ambiental y la divulgación de la información, adquieren una gran importancia para impulsar este movimiento de forma multidisciplinaria. Tal vez en un futuro no muy lejano, volvamos a una dieta donde los insectos son parte del día a día, sin embargo, para esto aún falta mucho trabajo (Arévalo Galarza. et al., 2024)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), da a conocer que los insectos son una gran fuente de alimentación para las personas y que debemos consumirlas ya que aportan un alto valor nutricional, y que estas no solo deberían ser asociadas como un tabú, algo religioso o incluso de nivel cultural (Gallardo Hernández, 2023).

La entomofagia es una fuente alternativa de alimento, debido a que los insectos, tanto, en sus diferentes etapas de crecimiento como huevos, larvas, pupas y etapa adulta, son ricos en proteínas (20 % a 70 %), aminoácidos esenciales, lípidos (5 % a 35 %), carbohidratos (2 % a 10 %), vitaminas y minerales en mínimo porcentaje, el mismo que varía según cada insecto. Con todos los valores nutricionales que contienen los insectos, se consideran una tendencia

futura de alimentación y una estrategia viable que podría contribuir a la seguridad alimentaria mundial, ya que, los insectos proporcionan proteínas y nutrientes de alta calidad en comparación con la carne y el pescado; los insectos, son especialmente importantes como complemento alimenticio para los niños en caso de desnutrición, puesto que la mayor parte de las especies de insectos contienen niveles elevados de ácidos grasos (comparables con el pescado), también son ricos en fibra y micronutrientes como Cobre, Hierro, Magnesio, Fósforo, Manganeso, Selenio y Zinc (FAO, 2023).

Los sistemas de producción de insectos comestibles se han presentado la última década como una solución sustentable e innovadora a las dañinas actividades antropogénicas generadas por la obtención de alimento y como un medio para garantizar la seguridad alimentaria debido al crecimiento demográfico de las próximas décadas. La cantidad de recursos necesarios (agua, tierra y energía) para generar biomasa a partir de insectos es menor en comparación de la ganadería, así como los impactos dañinos para el medio ambiente la producción de gases de efecto invernadero (Arevalo Galarza et al., 2024). La vasta biodiversidad en la dieta que pueden ofrecer los insectos comestibles es uno de los aspectos a destacar porque puede garantizar una fuente de alimento sostenida para la seguridad alimentaria, si se compara con fuentes como el ganado convencional o peces que son cada vez más sobreexplotados (Xu, X., et al., 2025).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), considera que existen beneficios en el ámbito ambiental, de salubridad y social que hacen a la entomofagia una alternativa para combatir el hambre y su vez nutrir a los consumidores e inclusive para cambiar los hábitos nutricionales de los países desarrollados (Arévalo Galarza et al., 2024)

Situación actual del consumo de proteína alternativa.

En la actualidad las nuevas alternativas alimenticias han dado pie, al consumo de la entomofagia, como una alternativa alimentaria a futuro, países asiáticos, europeos especialmente en Suiza y gran parte de América latina específicamente en México, Colombia, Venezuela. Implementa esta dieta, como parte de sus tradiciones. En el caso de los países europeos ha sido innovador esta nueva alternativa alimentaria (Omuse, Er et al., 2024).

En 2009 la FAO, incluyó el uso de insectos en la alimentación humana y animal como una fuente alternativa de nutrientes desde el año de 2003, debido a sus características nutricionales y por su bajo impacto ambiental, una de las especies promisorias es el grillo doméstico tropical, (*Gryllodes sigillatus*). cuyo potencial como sistema productivo sostenible ha sido demostrado en varios países asiáticos como europeos (Arévalo, Arévalo et al., 2022).

La expansión acelerada en la industria ganadera ha generado un impacto negativo sobre el medio ambiente. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO), la industria ganadera genera un 15% de los gases de efecto invernadero a nivel mundial. A raíz de esta problemática se han buscado nuevas alternativas para reemplazar el aporte de proteínas que generalmente se consume mediante la carne. El consumo de insectos o carne in vitro o veganismo, son nuevas dietas emergentes que tienen la intención de sustituir, el consumo de la carne. La propia industria cárnica ha buscado estas nuevas alternativas con el objetivo final de reducir su huella de carbono y poder seguir creciendo (Van Huis. et al, 2024).

Producción y aprovechamiento de insectos comestibles en México y el mundo.

La entomofagia se conoce comúnmente como la práctica de comer insectos entre humanos, un hecho muy común en numerosos países de todo el mundo, pero principalmente en regiones de Asia, África y América Latina. La ingesta de insectos complementa la dieta de aproximadamente 2.000 millones de personas, y se trata de un hábito que siempre ha estado presente en la conducta alimentaria de los seres humanos por muy extraño o repugnante que suene para las personas de occidente (Gallardo Hernández, 2023). Los humanos a lo largo de su evolución, antes de tener las capacidades para la caza y la agricultura, se alimentaban con insectos, dado que era una fuente nutricional importante en su dieta; su alimentación consistía en la recolección de productos accesibles como los insectos, situación que todavía forma parte de la dieta moderna de más de 2000 millones de personas aproximadamente en países de Asia, África y América (Ros-Baró et al., 2022)

La crianza de insectos en varias partes del mundo es de manera accesible y de bajo costo, en donde uno de los beneficios al medio ambiente, es la ayuda al efecto invernadero, a diferencia de la industria ganadera (Van Huis et al., 2024).

En el centro de la República Mexicana se describe el consumo de chapulines, langostas, avispas, libélulas, escarabajos, chinches y sus huevos, hormigas, abejas, escorpiones, mariposas y sus larvas (Moruzzo R., et al., 2021).

La relación de la humanidad con los insectos ha existido desde nuestros orígenes, y esto no es de extrañarse, pues se estiman entre 3 y 5 millones de especies de insectos distribuidas a lo largo de todos los continentes (Valencia López et al., 2022)

Chiapas tiene un gran porcentaje de personas consumidoras de insectos, sin embargo, muchas personas de la capital que es Tuxtla Gutiérrez no practican la entomofagia, a pesar de que Chiapas es uno de los estados donde más se producen los insectos, junto a otros estados de la zona sur de México, hay una gran cantidad de desagrado por parte de sus habitantes.

En Chiapas se tienen identificadas 178 especies de insectos comestibles donde la tradición alimentaria basada en estos se reproduce principalmente en varios pueblos de las regiones tzotzil, tzeltal, chol, zoque y tojolabal de distinta manera, dependiendo de las necesidades que tengan cada uno de estos grupos, el consumo de insectos estuvo y está asociada con determinadas creencias (Gallardo Hernández 2023).

De los insectos más habituales comestibles en el estado de Chiapas es el nokú (chicatanas) y los zast, estos dos se consumen más que nada por tradición, en el caso de nokú (chicatanas), que es por temporada y es escaso, eso lo vuelve aún más especial y de alto valor económico. En el caso de los zats se dan de una manera más accesible de cierta forma ya que estos se encuentran en los árboles de caucho y en los días más calurosos. Chiapas no es único estado del sureste mexicano que en su dieta están presentes los insectos, estados de la república como Oaxaca y Veracruz, está dentro de su dieta el consumo de insectos, y su comercialización a nivel local. No es secreto a voces que Oaxaca tiene un alto consumo de chapulines y que estos mismos han dado pie a su comercialización e inclusión dentro de platillos dentro de restaurantes. Ya que con esto dan a conocer más sobre su cultura, incluyendo a estos insectos (chapulines), en una gran variedad de platillos, en el cual son una atracción para todo aquel que desea degustar la gastronomía, Oaxaqueña (Gallardo Hernandez 2023).

Por otro lado, Veracruz se ha convertido en uno de los centros de estudios para integrar tres insectos, como son, Tenebrio Molitor, Mosca Soldado y el Grillo doméstico. Estos estudios se han dado en varios sectores de Veracruz, en especial uno en donde se busca fomentar la comercialización y la alimentación con Tenebrio molitor (gusano de harina). Esto en la zona de Jalcomulco, Veracruz. en donde el objetivo del programa se trata de diseñar una planta de 731,24 m², para procesar 45.351 kg/año de Tenebrio molitor criados en granjas dentro de esa comunidad (Corredor Bejar 2022).

Sostenibilidad frente al cambio climático y la inseguridad alimentaria

El aumento demográfico mundial, demanda generar alimentos sostenibles; el consumo de insectos no invertebrados puede ser una fuente rica en proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales, con propiedades funcionales que benefician la salud humana, desempeñando un papel crucial en la lucha contra la inseguridad alimentaria. Mientras reducen el impacto ambiental. A pesar de sus beneficios, enfrentan desafíos regulatorios y de aceptación que deben ser superados para una implementación efectiva a largo plazo. Con el objetivo de proporcionar información sobre el potencial de los insectos comestibles como una fuente nutritiva y funcional, su impacto en la seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental (Ochoa, Torres. 2024).

Una de las principales ventajas de la producción de insectos para el consumo humano y animal es su bajo impacto ambiental. A diferencia de la industria ganadera, la cría de insectos genera una cantidad significativamente menor de gases de efecto invernadero y requiere mucho menos espacio, lo que evita la necesidad de grandes extensiones de terreno. En contraste, los principales países exportadores de carne han recurrido a la deforestación

masiva para expandir sus granjas, lo que contribuye al crecimiento descontrolado de la mancha urbana y al agravamiento del cambio climático (The World Bank. 2024).

Además, las granjas de insectos permiten reducir el desperdicio de alimentos, ya que los insectos pueden alimentarse de subproductos agroalimentarios. El estiércol generado, conocido como frass, es un fertilizante orgánico que mejora la calidad del suelo, aportando nutrientes esenciales. Las granjas de insectos consumen significativamente menos agua y emiten hasta un 75% menos de gases de efecto invernadero (Gallardo Hernández, 2023).

Los insectos no solo representan una alternativa alimentaria viable, sino también una opción sostenible para el medio ambiente. Por ejemplo, el gusano de harina (*Tenebrio molitor*) tiene la capacidad de transformar alimentos en descomposición en nutrientes útiles, lo que ayuda a cerrar el ciclo de los residuos orgánicos. En las granjas, su alimentación y condiciones ambientales están cuidadosamente controladas, lo que garantiza eficiencia en su producción. Uno de los desafíos actuales en la cría de insectos es el tiempo de desarrollo. Insectos como el *Tenebrio molitor* y el grillo doméstico requieren aproximadamente tres meses para completar su ciclo de vida, mientras que la mosca soldado-negra tiene un ciclo más corto, de mes y medio, lo que la hace más eficiente en términos de producción-tiempo. Sin embargo, hasta la fecha, el *Tenebrio molitor* es el único insecto aprobado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y está regulado bajo la normativa vigente (EFSA, 2021; EFSA, 2022).

Según el Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a nuevos alimentos —que modifica los Reglamentos (CE) n.º 258/97 y n.º 1852/2001—, en su artículo 12, se concluye que las larvas desecadas de *Tenebrio molitor* son seguras para el consumo en los usos evaluados. El dictamen de la EFSA proporciona fundamentos

suficientes para confirmar que estas larvas cumplen con los requisitos del artículo 12, apartado 1, del mencionado reglamento (Corredor Béjar, 2022).

Economía circular y valorización de residuos proteicos de *Tenebrio molitor*

La economía circular se ha vuelto un enfoque importante para buscar formas más sostenibles de producir y aprovechar los recursos. En el área alimentaria, esto es especialmente relevante porque durante la producción, transformación y consumo de alimentos se generan muchos residuos orgánicos que, en lugar de desecharse, pueden reutilizarse o transformarse en productos útiles. En este contexto, los insectos han llamado la atención porque pueden convertir materiales de bajo valor en biomasa aprovechable y en otros productos con utilidad en la alimentación, la agricultura y la industria (Siddiqui et al., 2024).

Una de las especies que más interés ha despertado es *Tenebrio molitor*, conocido como gusano de la harina. Este insecto destaca porque sus larvas contienen cantidades importantes de proteínas y lípidos, lo que las convierte en una alternativa prometedora como fuente de ingredientes. Además, no solo la larva tiene valor, sino también otras etapas de su ciclo biológico, ya que pueden aportar compuestos de interés para diferentes usos tecnológicos e industriales (Muñoz-Seijas et al., 2024).

Uno de los aspectos más importantes de *Tenebrio molitor* dentro de la economía circular es su capacidad para crecer sobre distintos subproductos agroalimentarios. Esto significa que algunos materiales que normalmente se considerarían residuos pueden utilizarse como sustrato para su crianza. De esta manera, se favorece un mejor aprovechamiento de los recursos y se reduce el desperdicio. Además, la alimentación que recibe el insecto puede influir en la composición nutricional de la biomasa obtenida, lo que aumenta aún más su interés para el desarrollo de nuevos productos (Kotsou et al., 2024).

El interés por *T. molitor* también ha crecido en el ámbito alimentario formal. Esto puede observarse en que, en la Unión Europea, algunas presentaciones derivadas de esta especie ya han sido autorizadas como novel food. Este reconocimiento muestra que se trata de una alternativa que ha comenzado a posicionarse de manera más seria dentro de la innovación alimentaria y no únicamente como un tema experimental (European Commission, 2025).

Además de su valor como fuente de proteína, *Tenebrio molitor* también puede aprovecharse de manera integral. Durante su producción se generan residuos y coproductos que pueden tener aplicaciones importantes. Por ejemplo, en su exoesqueleto se encuentra la quitina, un compuesto a partir del cual puede obtenerse quitosano, material que ha despertado interés en áreas como los biomateriales, los empaques y otras aplicaciones tecnológicas. Esto permite entender que el aprovechamiento del insecto no se limita solo a su consumo, sino también a la obtención de otros compuestos de valor agregado (Khatami et al., 2024).

Otro coproducto importante es el frass, formado por excretas, restos de muda y residuos del sustrato de crianza. Este material ha sido estudiado por su potencial como fertilizante orgánico, ya que puede contribuir al aporte de nutrientes y al mejoramiento del suelo. Su uso refuerza la idea de que la producción de insectos puede integrarse a sistemas donde prácticamente todo el proceso sea aprovechado, disminuyendo la generación de desechos y favoreciendo una visión más sostenible (Zunzunegui et al., 2024; Fuertes-Mendizábal et al., 2023).

A nivel industrial, también existen ejemplos que muestran el crecimiento de este campo. El caso de la empresa Tebrio, en España, refleja cómo *Tenebrio molitor* ha comenzado a considerarse una opción viable para la producción de proteínas, lípidos, biofertilizantes y otros derivados de interés. Esto demuestra que el estudio de este insecto no solo tiene

relevancia académica, sino también potencial para aplicarse en procesos productivos reales bajo un enfoque de sostenibilidad y bioeconomía (Tebrio, 2024).

El *Tenebrio molitor* representa una alternativa prometedora dentro de la economía circular, ya que permite aprovechar subproductos agroalimentarios, producir biomasa rica en compuestos de interés y generar coproductos con aplicaciones agrícolas e industriales. Por ello, su estudio resulta pertinente en trabajos enfocados en la valorización de residuos proteicos y en la búsqueda de opciones más sostenibles para el sector alimentario (Siddiqui et al., 2024; Kotsou et al., 2024).

***Tenebrio molitor* como ingrediente alimentario funcional.**

El aumento demográfico mundial, demanda generar alimentos sostenibles; el consumo de insectos no invertebrados puede ser una fuente rica en proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales, con propiedades funcionales que benefician la salud humana, desempeñando un papel crucial en la lucha contra la inseguridad alimentaria.

Las larvas de *Tenebrio molitor* son ricas en proteínas de alta calidad, con contenidos que oscilan entre el 50% y el 60% en peso seco, dependiendo de la dieta empleada durante su cría. Además, contienen ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, como el ácido oleico (C18:1) y el ácido linoleico (C18:2 ω -6), que son beneficiosos para la salud cardiovascular (Kotsou, K., et al., 2023).

Un estudio reciente ha demostrado que la hidrólisis enzimática de proteínas de *Tenebrio molitor* con proteasa de *Cucurbita ficifolia* mejora significativamente la actividad antioxidante de los hidrolizados, lo que sugiere su potencial como ingrediente funcional en la prevención del estrés oxidativo (Maciejewska, M. et al., 2025). En los productos alimenticios se ha dado, la incorporación de polvo de *Tenebrio molitor* en la elaboración de

pan ha mostrado efectos positivos en las propiedades texturales, microbiológicas, nutricionales y sensoriales del producto final (Gantner, M. et al., 2022). Esto sugiere que este insecto puede ser una fuente valiosa de proteínas para la fortificación de alimentos, especialmente en productos de panadería.

La producción de *Tenebrio molitor* requiere menos recursos que la ganadería tradicional, lo que lo convierte en una alternativa sostenible para la obtención de proteínas. Sin embargo, la aceptación del consumidor varía según factores culturales y demográficos. En estudios realizados en España y Polonia, se observó una mayor disposición a probar productos basados en insectos cuando se destacaban sus beneficios nutricionales y se aseguraba su seguridad (Maciejewska, M. et al., 2025).

Taxonomía.

Tenebrio molitor, conocido comúnmente como gusano de la harina, es la forma larvaria de un escarabajo oscuro perteneciente a la familia Tenebrionidae y al orden Coleoptera. Se trata de una especie ampliamente distribuida y reconocida tanto por su relación con productos almacenados como por su potencial de aprovechamiento en la alimentación animal y humana.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del *Tenebrio molitor* Vázquez Ávila (2016).

Nombre científico	<i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus
Clase	Insecta
Orden	Coleoptera
Familia	Tenebrionidae
Género	Tenebrio
Especie	<i>Molitor</i>

Reproducción y ciclo de vida.

La hembra puede ser fecundada por más de un solo macho en cual se hace una competencia de espermatozoides y sesga la paternidad del macho. El escarabajo macho transfiere un

espermatóforo a la hembra durante la cúpula, pero el esperma será liberado y| almacenado y almacenado después. El apareamiento de dos o más machos afecta en la procedencia de espermatozoides variando el intervalo de las cúpulas, entre más dure copulando el macho en mayor tiempo tiende a dejar más espermatozoides (Carazo, P. 2025).

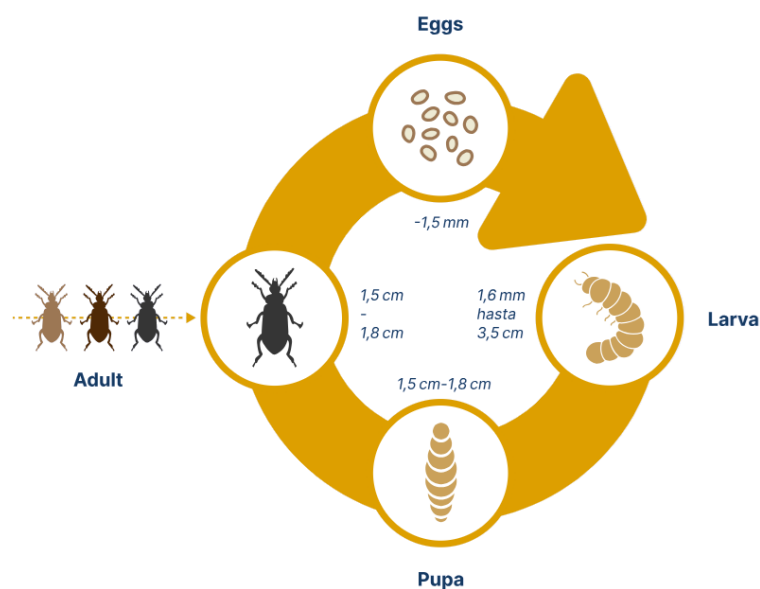


Figura 1. Ciclo de vida del tenebrio molitor (Team Protiberia, s. f., Protiberia.)

Huevos.

Las hembras pueden depositar varios cientos de huevos, los cuales son de color blanquecino, de tamaño diminuto y forma alargada o ligeramente arriñonada. Bajo condiciones óptimas, su incubación suele ocurrir en un periodo aproximado de 10 a 12 días, especialmente en rangos de temperatura cercanos a 18–20 °C. (Díaz Gámez. A. 2024)



Figura 2 Huevos de Tenebrio generada con IA

Larvas de Tenebrio Molitor.

La larva de *Tenebrio molitor* corresponde a la segunda etapa de su ciclo de vida. En esta fase presenta una coloración amarillenta a marrón claro, con un tamaño aproximado de 20 a 32 mm de longitud y un peso de entre 130 y 160 mg. Su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen, y se encuentra adaptado para cavar y alimentarse activamente. Durante este periodo, la larva consume alimento y acumula energía para su posterior transformación. Algunos productores comerciales emplean estrategias para modificar su ritmo de crecimiento, lo que puede dar lugar a larvas de mayor tamaño, de hasta 2 cm de longitud y 300 mg de peso (Un Mundo Ecosostenible, 2024; Feedipedia, 2025).

Además de su importancia dentro del desarrollo biológico del insecto, las larvas de *Tenebrio molitor* destacan por su valor nutricional y funcional. Se reconocen por su contenido de proteínas y grasas, su digestibilidad, su sabor y la presencia de compuestos de interés, como la quitina y los péptidos antimicrobianos. Asimismo, son fáciles de criar y alimentar, y su contenido proteico puede mantenerse relativamente estable dependiendo de la dieta suministrada. Estas características han favorecido su producción a escala industrial, principalmente para la alimentación de peces, aves de corral y cerdos (Dalmoro et al., 2023).



Figura 3. Larva de Tenebrio molitor. Freepik (s. f.).

Pupa.

En la etapa de pupa, el organismo presenta coloración blanquecina y deja de alimentarse, por lo que depende de las reservas acumuladas durante la fase larvaria. En este estado pueden observarse las estructuras en desarrollo que posteriormente formarán patas y alas. Es una fase vulnerable dentro del ciclo, ya que el insecto permanece inmóvil mientras ocurre la metamorfosis hacia el estado adulto. (Granados López et al., 2025).



Figura 4. Pupa de Tenebrio Molitor

Etapa adulta.

En la etapa adulta, *Tenebrio molitor* se presenta como un escarabajo de color oscuro cuyo exoesqueleto se endurece progresivamente. Aunque posee alas desarrolladas, generalmente no vuela. El adulto forma parte del ciclo reproductivo y, junto con la larva, constituye una de las fases activas del insecto. La duración total del ciclo puede variar según el ambiente y el sistema de crianza (Ramos-Elorduy et al., 2016; Manual técnico de *Tenebrio molitor*, 2025).



Figura 5. Tenebrio molitor etapa adulta

Hábitat y crianza.

El tenebrio molitor tiene origen en Europa y con el tiempo se ha vuelto cosmopolita, esto con mayor difusión en zonas templadas y una parte en el hemisferio norte, sin embargo, es incapaz de reproducirse en zonas tropicales.

Por su naturaleza su hábitat en la madera podrida o en asentamientos humanos pero su preferencia se da en molinos, secaderos de cereales y almacenes en dónde su alimentación se basará en harina.

El insecto tiene una preferencia al ambiente seco y una temperatura superior de 23-26°C pero a lo igual es muy resistente y tolera largos periodos de frío llegando incluso soportando tres semanas a menos de quince grados Celsius, y sin comida (Universidad autónoma de Querétaro 2025). Para su crianza es necesario un recipiente de plástico o ya sea PVC en cual cuenten con orificios, para que pueda circular aire ya sé que se cubra con tapa o una malla delgada para la prevención de depredadores. Las larvas no pueden escapar debido a que no pueden trepar en superficies lisas

Las larvas también tienen un impacto positivo en la naturaleza en el cual se basa en la preservación del medioambiente, ya que puede llegar a reducir el consumo de agua, evita la emisión de gases de efecto invernadero, se necesita escaso espacio para su cría y no genera residuos. Es una opción más sana y a la vez más limpia y sostenible (Protiberia. 2025).

Alimentación.

Los tenebrios se alimentan de todo tipo de cereales y granos, y prefieren los que se encuentran húmedos y en estado de descomposición. Atacan todo tipo de subproductos de la molienda, harinas, semillas, insectos muertos entre otros. Son coleópteros de hábitos nocturnos (Universidad Autónoma de Querétaro, 2025).

A pesar de que estos insectos prefieren los productos de molinería, son omnívoros y bajo condiciones de cautiverio pueden ser alimentados con toda clase de desechos de plantas, harinas de trigo y maíz entre otras y generalmente son suplementados con fuentes proteicas como la harina de soya y leche en polvo. La dieta deberá ser balanceada para que tenga cerca del 20% de proteína en base seca. Es importante el suministro de materiales húmedos (frutas y vegetales), ya que los niveles adecuados de humedad permiten un mejor desempeño de la fertilidad, además de aumentar su productividad. Los tenebrios son capaces de transformar

desechos de baja calidad en proteína y grasa de excelente calidad en poco tiempo (Feedipedia, 2024).

El tenebrio molitor es carroñero por eso también pueden consumir materiales en descomposición ya sean hojas muertas, madera en descomposición, insectos muertos y otros restos orgánicos que pueden llegar a encontrar en su entorno natural (Mohammed, Y. M. 2025).

Ventajas ambientales.

Los insectos se pueden alimentar de residuos biológicos lo cual es asombroso en cómo pueden convertir estos desechos en proteína. En la actualidad la crianza de tenebrio molitor está siendo usada para la alimentación de animales, en el cual es importante la conversión de desechos vegetales o biológicos ya sea de una cantidad baja en alta cantidad proteica. Además, que no genera tantos gases de efecto invernadero, en el cual se hace una de las mayores alternativas a nivel mundial por su costo de producción y de espacios ya que no se necesita hectáreas como lo hace el ganado bovino y porcino, que se necesita mucha área para producir, aparte de ya lo mencionado sus desechos biológicos sirven de mucho en abono natural en el cual tiene una variedad en cuanto su uso (Obando, A. D. et al., 2024)

Composición, propiedades nutricionales y aplicaciones tecnológicas del *Tenebrio molitor*.

Composición

Tenebrio molitor destaca por su composición química, especialmente por su contenido de proteína y grasa. Sin embargo, esta composición puede variar según la etapa de desarrollo del insecto, el tipo de alimentación que recibe y las condiciones de crianza. De manera general, está constituido por agua, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra, minerales y otros

compuestos que en conjunto explican su valor como recurso alimentario y biotecnológico (Hong et al., 2020). Se ha reportado que el insecto vivo contiene aproximadamente 62% de agua, 20% de proteína, 13% de grasa y 2% de fibra. En cambio, cuando las larvas se encuentran en estado seco, la concentración de nutrientes aumenta, alcanzando cerca de 53% de proteína, 28% de grasa, 6% de fibra y 5% de agua. Esto se debe a la reducción del contenido de humedad, lo que favorece una mayor concentración de los componentes sólidos. Además de su contenido de proteína y grasa, *T. molitor* presenta carbohidratos en proporciones cercanas al 11.5%, entre los que se encuentran azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa. También contiene quitina, compuesta estructural presente en el exoesqueleto, en una proporción aproximada de 4.84%, así como fibra y cenizas en porcentajes relevantes. En cuanto a su contenido mineral, se ha reportado la presencia de fósforo, potasio y zinc, entre otros micronutrientes que contribuyen a su composición general y a su interés nutricional (Liu, C., et al., 2020).

Propiedades nutricionales.

El gusano de la harina (*Tenebrio molitor*) ha despertado interés por su valor nutricional, debido a su contenido importante de proteína y grasa, así como por su aporte de minerales como hierro, zinc, magnesio y selenio, además de vitaminas del complejo B. Asimismo, contiene quitina, compuesto que forma parte de su fracción fibrosa y que contribuye a ampliar su interés desde el punto de vista alimentario y tecnológico. Sin embargo, su composición nutricional puede variar en función del sustrato de alimentación, la etapa de desarrollo y las condiciones de crianza. *T. molitor* representa una alternativa prometedora como fuente proteica sostenible dentro de sistemas alimentarios alternativos y enfoques de economía circular (Omar et al., 2026).

Aplicaciones tecnológicas.

Industria farmacéutica y biomateriales; El *Tenebrio molitor* es una fuente valiosa de quitina, un biopolímero que, al ser procesado, se convierte en quitosano. Este material tiene aplicaciones en la fabricación de plásticos biodegradables, sistemas de liberación controlada de fármacos y en la ingeniería de tejidos debido a sus propiedades biocompatibles y biodegradables. Evaluación de toxicidad y modelos biológicos; Gracias a su genoma secuenciado y características fisiológicas, el *Tenebrio molitor* se utiliza como modelo biológico en estudios de toxicología, inmunología y enfermedades. Esto permite evaluar la toxicidad de nuevos compuestos farmacéuticos y estudiar respuestas inmunológicas, acelerando el desarrollo de nuevos tratamientos y medicamentos (Vargas-Venegas, I. et al., 2024).

Degradación de plásticos y reciclaje de residuos; Una de las aplicaciones más sorprendentes del *Tenebrio molitor* es su capacidad para degradar plásticos como el poliestireno (unicel). Esto se debe a las bacterias presentes en su tracto digestivo que descomponen materiales complejos. Esta capacidad sugiere un posible papel en la mitigación de la contaminación plástica (Zhang, X., et al. 2023).

Producción sostenible y economía circular; La cría de *Tenebrio molitor* requiere menos recursos que la ganadería tradicional, produciendo menos gases de efecto invernadero, utilizando menos agua y ocupando menos espacio. Además, los subproductos generados, como el estiércol de insecto (frass), son ricos en nutrientes y pueden utilizarse como fertilizantes naturales, contribuyendo a la economía circular (Beesigamukama, D. et al. 2022).

Usos del *Tenebrio molitor* en productos cárnicos y formulaciones innovadoras.

Sustituto de proteínas en productos cárnicos

El *Tenebrio molitor* ha sido evaluado como una alternativa sostenible a las proteínas animales tradicionales en la industria cárnica. Su alto contenido proteico y perfil de aminoácidos esenciales lo hacen adecuado para su inclusión en productos como salchichas, hamburguesas y embutidos. Estudios han demostrado que la incorporación de harina de *Tenebrio molitor* mejora la textura y el valor nutricional de estos productos sin comprometer su sabor (Poveda, J. et al., 2024).

Investigaciones recientes han explorado la utilización de *Tenebrio molitor* en la creación de nuevos productos alimenticios. Por ejemplo, se ha incorporado en la elaboración de snacks y barras proteicas, aprovechando su perfil nutricional para ofrecer opciones más saludables y sostenibles. Además, su uso en la formulación de productos cárnicos permite diversificar la oferta en el mercado, respondiendo a la creciente demanda de alternativas proteicas (Ros-Baró et al., 2025).

La producción de *Tenebrio molitor* para su uso en la industria alimentaria implica un proceso controlado que incluye el cultivo de las larvas, su procesamiento para obtener harina o aceite, y su incorporación en las formulaciones deseadas. Este proceso no solo proporciona una fuente de proteína eficiente, sino que también contribuye a la economía circular, ya que los residuos generados pueden utilizarse como fertilizantes o en la producción de biocombustibles (Moruzzo, R. et al., 2021).

Propiedades funcionales en los alimentos

La harina de *Tenebrio molitor* ha despertado un interés creciente en el área de la ciencia de alimentos debido a su potencial como ingrediente funcional. Este interés no se debe únicamente a su aporte nutrimental, sino también a su capacidad para influir en propiedades tecnológicas y bioactivas dentro de distintas matrices alimentarias. Entre estas propiedades destaca la actividad antioxidante, la cual se ha asociado con la presencia de compuestos fenólicos y otros constituyentes capaces de donar electrones o neutralizar radicales libres. En este sentido, Aybar et al. (2023) evaluaron una formulación de hummus enriquecida con 7.5% de harina de *T. molitor* y observaron una capacidad antioxidante superior en comparación con un producto comercial de referencia. Además, reportaron un contenido de compuestos fenólicos totales de 16.25 mg GAE/g, así como incrementos en el contenido de proteína y minerales, lo que sugiere que la incorporación de esta harina puede favorecer tanto el perfil nutrimental como el valor funcional del alimento. De manera complementaria, la harina de *T. molitor* también ha mostrado propiedades de interés en sistemas emulsionados, especialmente por su participación en la formación y estabilización de emulsiones alimentarias. Gkinali et al. (2023) analizaron su aplicación en emulsiones tipo salsa, sustituyendo parcialmente ingredientes convencionales como la yema de huevo y el almidón modificado. Los autores encontraron que las formulaciones obtenidas presentaron características reológicas y texturales semejantes a las del producto comercial estándar. Estos resultados indican que los componentes proteicos presentes en la harina de *T. molitor* pueden desempeñar un papel importante en la funcionalidad interfacial del sistema, contribuyendo a la estabilidad de la emulsión. Sin embargo, también se observó que niveles de incorporación superiores al 7.5% provocaron una disminución en la firmeza y la

adhesividad del producto, lo que sugiere que concentraciones elevadas pueden alterar la estructura del sistema y afectar negativamente su desempeño tecnológico.

Se puede considerar a la harina de *Tenebrio molitor* como un ingrediente con potencial funcional en el desarrollo de alimentos, particularmente por su contribución a la actividad antioxidante y a las propiedades emulsificantes. Sin embargo, su efecto depende de la concentración empleada y de las características fisicoquímicas de la matriz alimentaria, por lo que su aplicación debe evaluarse de manera específica según el tipo de producto y el propósito tecnológico que se persiga.

Propiedades gelificantes

La harina de *Tenebrio molitor* también presenta interés potencial en relación con las propiedades gelificantes, aunque la evidencia científica disponible sobre este aspecto aún es escasa. Hasta el momento, no se han identificado estudios que evalúen de manera directa su capacidad gelificante en sistemas alimentarios; sin embargo, su composición nutricional y funcional permite suponer una posible participación en la formación o fortalecimiento de estructuras gelificadas cuando se combina con otros agentes gelificantes. En particular, la presencia de proteínas y compuestos fenólicos en *T. molitor* podría favorecer interacciones con polisacáridos y otros componentes de la matriz alimentaria, contribuyendo a la organización estructural del sistema (Zhao et al., 2024).

Aunque no puede afirmarse que *Tenebrio molitor* posea una capacidad gelificante propia claramente definida, su incorporación en formulaciones alimentarias podría influir en atributos tecnológicos como la textura, la consistencia y la estabilidad estructural del producto final. Por ello, este aspecto representa un campo de interés para futuras

investigaciones, especialmente en el desarrollo de alimentos formulados con ingredientes alternativos y con valor funcional agregado.

Relevancia de los alimentos funcionales.

Según la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria), los alimentos funcionales son aquellos que, además de su valor nutricional básico, contienen componentes que proporcionan efectos beneficiosos para la salud más allá de la nutrición básica. Estos efectos pueden incluir la reducción del riesgo de enfermedades o la mejora de funciones fisiológicas específicas (Fekete, M. et al., 2025). La relevancia que tiene la salchicha de pescado adicionada con tenebrio molitor, es su valor proteico, además de otras aportaciones de vitaminas que pueden llegar a ayudar a los consumidores a mejorar su calidad de vida.

Prevención de enfermedades crónicas

El consumo regular de alimentos funcionales puede reducir el riesgo de enfermedades como diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Por ejemplo, los ácidos grasos omega-3 presentes en pescados grasos han demostrado tener efectos protectores contra enfermedades del corazón (Hou, C. et al., 2024).

Salchichas de pescado.

Los embutidos se elaboran tradicionalmente a partir de carne de cerdo, aunque también existen versiones elaboradas con pavo y otras fuentes de proteína. En este contexto, las salchichas de pescado no representan una idea reciente, ya que existen antecedentes desde la década de 1960, especialmente en países asiáticos, donde productos como el surimi han sido ampliamente utilizados como base para la formulación de alimentos procesados. Esto

demuestra que el uso de pescado en productos tipo embutido ha sido una alternativa tecnológica viable desde hace varias décadas.

En la actualidad, este tipo de productos puede adquirir nuevamente relevancia como una opción innovadora para responder a las necesidades alimentarias de las nuevas generaciones. Además, la incorporación de *Tenebrio molitor* como ingrediente complementario resulta particularmente atractiva, debido a su alto contenido proteico y a su potencial como fuente alimentaria sostenible. De esta manera, el desarrollo de embutidos a base de pescado con adición de *Tenebrio molitor* podría representar una alternativa con valor nutricional agregado, especialmente en la búsqueda de productos cárnicos más diversificados y acordes con las tendencias actuales de alimentación (Sharma, 2025).



Figura 6. Salchicha de pescado (Márquez Rangel et al., 2025)

Embutidos de pescado

Los embutidos de pescado constituyen una alternativa tecnológica para diversificar el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas, ya que permiten transformar la carne de pescado en productos con valor agregado y con posibilidades de adaptación a distintas

formulaciones. Este tipo de productos ha cobrado interés en la industria alimentaria debido a que puede presentar características sensoriales aceptables, además de ofrecer oportunidades para mejorar el perfil nutricional mediante la selección adecuada de ingredientes y materias primas. Diversos estudios han señalado que los embutidos elaborados a partir de pescado pueden alcanzar niveles favorables de aceptación en atributos como textura, sabor, olor y aceptación global, lo que respalda su viabilidad como productos procesados dentro del mercado alimentario actual (Medina et al., 2024; You et al., 2022). Además de su aceptabilidad sensorial, los embutidos de pescado representan una opción relevante para el desarrollo de alimentos innovadores, ya que su formulación puede modificarse con la incorporación de distintos ingredientes funcionales o tecnologías de procesamiento orientadas a mejorar la estabilidad, la textura y la calidad nutrimental del producto final. En este sentido, se han desarrollado investigaciones en las que se incorporan proteínas vegetales, aceites, harinas y otros componentes con el propósito de optimizar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del embutido, así como de responder a la demanda de productos más saludables y sostenibles (Chaijan & Panpipat, 2021; dos Santos et al., 2021).

Bajo este enfoque, la elección de la especie utilizada como materia prima resulta fundamental, debido a que la composición proximal, las propiedades funcionales de sus proteínas y la disponibilidad del recurso influyen directamente en la calidad final del producto. Por ello, especies de amplia disponibilidad, buen rendimiento y adecuado valor nutrimental han sido consideradas de interés para la elaboración de embutidos de pescado. Entre ellas, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) destaca como una de las materias primas con mayor potencial para este tipo de aplicaciones, por lo que resulta pertinente analizar sus características nutrimentales y tecnológicas en relación con el desarrollo de productos tipo embutido.

Aplicaciones tecnológicas de la tilapia como materia prima para embutidos

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) ha sido reconocida como una materia prima con potencial tecnológico para la elaboración de embutidos y otros productos cárnicos reformulados de origen pesquero, debido a su disponibilidad en sistemas acuícolas, su composición nutrimental y su aptitud para ser transformada en productos con valor agregado (Márquez-Rangel et al., 2025). Su uso en este tipo de formulaciones permite diversificar las alternativas de aprovechamiento del pescado y ampliar sus posibilidades de comercialización más allá de la venta en fresco (Antonio-Estrada et al., 2021).

La evidencia científica muestra que la tilapia ha sido empleada en el desarrollo de distintos productos tipo embutido, entre ellos salchichas fermentadas, productos cocidos tipo *spam* y embutidos tipo jamón y salchicha, con resultados favorables en parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, texturales y sensoriales (Li et al., 2021; dos Santos et al., 2021; Márquez-Rangel et al., 2025). Por ejemplo, en embutidos elaborados con tilapia negra, Márquez-Rangel et al. (2025) reportaron contenidos proteicos de 21.4% para jamón y 19.1% para salchicha, además de niveles aceptables de inocuidad microbiológica y aceptación sensorial en atributos como textura, olor y sabor. De manera complementaria, otros estudios han documentado que la carne de tilapia puede utilizarse también en productos emulsificados o reestructurados, incluso a partir de carne separada mecánicamente, manteniendo características tecnológicas adecuadas y permitiendo estrategias de reformulación, como la reducción de sodio, sin comprometer de manera importante la calidad del producto final (dos Santos et al., 2021). Asimismo, en salchichas fermentadas de tilapia se ha observado que el control de la microbiota favorece la mejora de propiedades fisicoquímicas y de seguridad del

producto, lo que refuerza el interés tecnológico de esta especie para la elaboración de embutidos (Li et al., 2021).

En el contexto de México, Antonio-Estrada et al. (2021) documentaron en Oaxaca el desarrollo de derivados de tilapia del Nilo, entre ellos jamón cocido, salchicha tipo Frankfurt, chorizo rojo y productos para hamburguesa, como parte de estrategias orientadas a generar valor agregado y fortalecer las opciones de comercialización para los productores acuícolas. En conjunto, estos antecedentes permiten considerar a la tilapia no solo como una fuente importante de proteína de origen animal, sino también como una materia prima con aplicaciones tecnológicas relevantes en la industria alimentaria, particularmente en la elaboración de embutidos y otros productos procesados con valor agregado.

Propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las salchichas

Las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las salchichas dependen en gran medida de la formulación empleada, en particular de la proporción de agua, proteína y grasa, así como del tipo de ingredientes no cárnicos incorporados al sistema emulsionado. En este tipo de productos, variables como el pH, la estabilidad de la emulsión, el rendimiento por cocción, la retención de humedad, la textura, el color y la estabilidad oxidativa son determinantes para la calidad final y para la aceptabilidad del producto por parte del consumidor. Además, la composición proximal, especialmente el contenido de humedad, proteína, grasa y cenizas, constituye una base importante para evaluar el valor nutricional y el comportamiento tecnológico de la salchicha durante su procesamiento y almacenamiento (Petridis et al., 2014; Yang et al., 2025).

En años recientes, diversos estudios han analizado cómo la incorporación de ingredientes funcionales o sustitutos de grasa modifica estas propiedades. Por ejemplo, Yang et al. (2025)

evaluaron salchichas de pollo reformuladas mediante la sustitución progresiva de la grasa dorsal de cerdo por un complejo de *Agaricus bisporus* y aceite de soya, y observaron que una sustitución intermedia mejoró la textura, el perfil de ácidos grasos y la aceptabilidad sensorial, además de reducir el valor energético del producto sin afectar de manera importante parámetros como el rendimiento por cocción, la retención de humedad, el contenido proteico y el perfil de aminoácidos. Estos resultados muestran que la reformulación lipídica puede contribuir a mejorar simultáneamente la calidad tecnológica y el perfil nutricional de las salchichas.

De forma complementaria, Singh et al. (2025) estudiaron salchichas de pollo adicionadas con polvo de remolacha y almacenadas en refrigeración, evaluando composición proximal, estabilidad de emulsión, rendimiento por cocción, actividad antioxidante, calidad microbiológica y atributos sensoriales. Los autores reportaron que la incorporación de polvo de remolacha mejoró significativamente el rendimiento por cocción, la estabilidad de la emulsión, el contenido de cenizas y fibra, así como la capacidad antioxidante; además, durante el almacenamiento se observó restricción de la oxidación lipídica, menor proliferación microbiana y mejor conservación de las características sensoriales. En conjunto, estos hallazgos indican que ciertos ingredientes funcionales pueden modificar favorablemente la calidad fisicoquímica, nutricional y microbiológica de las salchichas.

En el caso de las salchichas tipo Frankfurt, la literatura científica señala que su calidad está estrechamente relacionada con la formulación del sistema cárnico emulsionado, particularmente con el contenido de grasa y con la incorporación de ingredientes como almidón, caseinatos, fibras o harinas funcionales. Se ha observado que la proporción de grasa influye de manera directa en atributos como dureza, elasticidad, masticabilidad y consistencia, mientras que la adición de componentes no cárnicos puede modificar la

intensidad del color, la cohesividad y la aceptabilidad sensorial del producto (Petridis et al., 2014). Asimismo, la reducción parcial de grasa y sal, acompañada de la incorporación de harinas de hongos comestibles, ha mostrado efectos sobre la humedad, el contenido de fibra dietaria, el color y la textura, sin comprometer la inocuidad microbiológica durante el almacenamiento en frío (Cerón-Guevara et al., 2020).

En conjunto, estos antecedentes evidencian que las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las salchichas no son estáticas, sino que responden a la naturaleza de la materia prima y a la formulación del producto. Por ello, el estudio de estas variables resulta fundamental en el desarrollo de nuevas salchichas o embutidos reformulados, ya que permite establecer comparaciones objetivas sobre composición, estabilidad, textura, calidad sensorial y potencial de aceptación comercial (Yang et al., 2025; Singh et al., 2025; Cerón-Guevara et al., 2020)

Tabla 2. Composición nutricional (2013).

Nutriente	Por 100 g	Por ración (120 g)	Recomendación diaria – Hombres	Recomendación diaria – Mujeres
Energía (Kcal)	303	364	3000	2300
Proteínas (g)	12	14,4	54	41
Lípidos totales (g)	27	32,4	107–111	77–89
AG saturados (g)	9,71	11,65	23–27	18–20
AG monoinsaturados (g)	11,93	14,32	67	51
AG poliinsaturados (g)	4,94	5,93	17	13
ω -3 (g)	0,36	0,432	3,3–6,6	2,6–5,1
C18:2 Linoleico (ω -6) (g)	3,755	4,506	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	65	78,0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	3	3,6	375–413	288–316
Fibra (g)	0	0	>35	>25
Agua (g)	58	69,6	2500	2000
Calcio (mg)	13	15,6	1000	1000

Hierro (mg)	1,8	2,2	10	18
Yodo (µg)	—	—	140	110
Magnesio (mg)	9	10,8	350	330
Zinc (mg)	1,4	1,7	15	15
Sodio (mg)	778	934	<2000	<2000
Potasio (mg)	180	216	3500	3500
Fósforo (mg)	107	128	700	700
Selenio (µg)	8,3	10	70	55
Tiamina (mg)	0,2	0,24	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,2	0,24	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,2	3,6	20	15
Vitamina B6 (mg)	0,03	0,04	1,8	1,6
Folatos (µg)	1	1,2	400	400
Vitamina B12 (µg)	Tr	Tr	2	2
Vitamina C (mg)	0	0	60	60
Vitamina A (Eq. Retinol µg)	Tr	Tr	1000	800
Vitamina D (µg)	Tr	Tr	15	15
Vitamina E (mg)	0,25	0,3	12	12

Fuente: Elaboración propia con datos de Fundación Española de la Nutrición (s. f.), a partir de *Tablas de composición de alimentos* de Moreiras et al. (2013).

Antecedentes científicos de desarrollo de Salchicha con proteínas alternativas

El desarrollo de salchichas con proteínas alternativas, como las que están basadas en soja, tienen antecedentes científicos que buscan explorar la variabilidad, la calidad y la seguridad. Algunas investigaciones han demostrado que la proteína de soja puede llegar a ser utilizada para crear productos que sean similares a la carne, un ejemplo como las salchichas vegetarianas que pueden llegar a ser nutritivas y saludables (Gowda, S & Luecke, J. 2022).

Se han realizado estudios sobre el uso de insectos comestibles en diferentes productos alimenticios, como panaderías, helados y carne, además se ha sugerido la incorporación de harina de insectos comestibles en productos cárnicos funcionales como ingrediente alimenticio por sus beneficios tecnológicos, como propiedades de emulsión y gelificación.

En este contexto la sustitución parcial de fracciones de carne por insectos comestibles es una alternativa para producir productos cárnicos sostenibles con propiedades saludables y sin pérdida de características nutricionales. Ya se han realizado algunos estudios sobre el reemplazo parcial de carne con supergusano (*Zophobas morio*), gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), y gusano de seda (*Bombyx mori*) en salchichas cocidas emulsionadas (Scholliers, J et al., 2020).

Ha habido un fuerte interés en usar el grillo (*Acheta domesticus*) como un insecto comestible debido a su relativa facilidad de cultivo, buen perfil nutricional, y uso previo como alimento para animales y humanos. Recientemente, la Comisión Europea autorizó la comercialización de formas congeladas, secas y en polvo de *A. domesticus* como un nuevo alimento. Además, según Brogan El polvo de grillo tiene 72% de proteína, junto con cantidades significativas de leucina, lisina y valina, y 15.4% de grasa total lo que lo convierte en un prometedor sustituto de la carne en productos cárnicos (Brogan, et al.,2021).

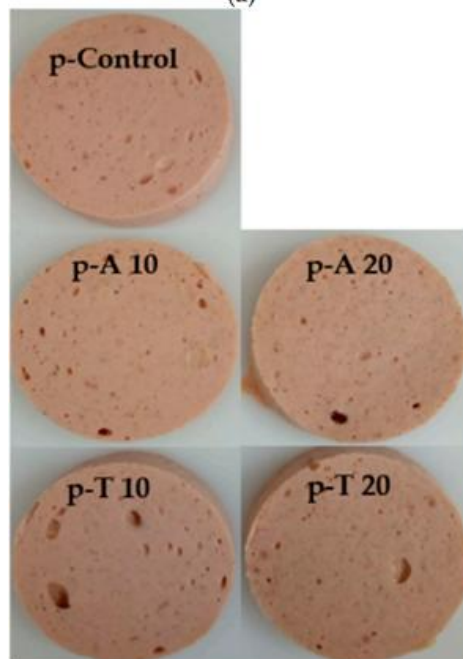


Figura 7. Salchichas cocidas/emulsionadas con incorporación de *Tenebrio molitor* (Lemke et al 2024)

Algunas investigaciones recientes han evaluado que la inclusión de proteínas, legumbres y vegetales, como algunos guisantes, garbanzos o lentejas, en algunos productos tipo cárnicos o salchichas, pueden llegar a enriquecer nutricionalmente los productos, alterar sus propiedades fisicoquímicas y de textura. En una de estas investigaciones en algunos estudios se elaboraron salchichas híbridas en las que se fueron añadiendo proteína de guisante, garbanzo y lenteja, en un porcentaje de 5 y 10%, reemplazando parcialmente la carne tradicional, los estudios demostraron que la adición de algunos legumbres en las salchichas, llegó a incrementar el contenido proteico, y reducción de pérdidas por cocción, además de que se modifican algunos parámetros como textura, dureza, elasticidad y cocción, que va dependiendo de tipo de legumbre y cantidad utilizada. Otros estudios con las mismas formulaciones de garbanzos y lentejas demostraron mejor estabilidad química durante almacenamiento, cambios en color, texturas y propiedades organolépticas, que son asociadas

a las presencias de proteína vegetal. Este estudio se hizo con el fin de dar a conocer que las legumbres son opciones útiles para poder mejorar el perfil nutricional de embutidos para crear alternativas que mantengan una aceptable calidad sensorial. (Beño, F. et al., 2025).

La utilización de todos estos recursos de manera combinada forma una salchicha vegetariana con un porcentaje mínimo en grasa, altamente proteica, saludable y deliciosa que representa una alternativa diferente de consumo de carne.



Figura 8. Salchichas vegetarianas. (Velasco, 2023).

Tilapia.

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es un pez de agua dulce, que tiene una gran importancia en la acuicultura mundial, por lo cual es ampliamente cultivado por su rápido crecimiento, fácil reproducción y alta tolerancia ambiental, su cuerpo es comprimido por escamas cicloideas y una línea lateral interrumpida, y presenta una boca terminal tipo alargada y alimentación omnívora, esta especie tiene la capacidad de ambientar en una amplia capacidad de agua dulce, desde estanques, hasta ríos someros al igual que tolera diferentes condiciones de temperaturas y calidad de agua, lo que explica su uso incentivo en sistemas

de producción acuícola en más de 100 países. La tilapia de Nilo es omnívora, alimentándose de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas y pequeños invertebrados, al igual que alcanza la madurez sexual rápidamente, lo cual favorece su cultivo comercial. (Food and Agriculture Organization of the United Nationsn. 2025).

Los machos poseen un hocico más agudo que una hembra, lo cual poseen una mandíbula más agrandada, una curiosidad que tienen las hembras y los machos que no son reproductores tienen una coloración más brillante, entre 2 y 5 manchas laterales.

Los nombres comunes en que se le puede conocer a la tilapia son los siguientes. Tilapia herbívora, tilapia del Nilo, tilapia Stirling, tilapia blanca, tilapia azul, tilapia de Mozambique, tilapia naranja y tilapia mojarra (Redalyc. 2024).



Figura 9. Tilapia (*Oreochromis spp.*). (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

Morfología.

La tilapia de Nilo es un pez de agua dulce con cuerpo ovalado y comprimido lateralmente, cubierto por escamas cicloideas que son lisas, la cual presenta una cabeza relativamente grande, ojos pequeños, y una coloración que varía de gris a verdosa, con el vientre más claro,

en algunos individuos pueden observarse algunas bandas verticales poco definidas, estas características morfológicas son típicas de los cíclidos y contribuyen a su adaptación a diversos ambientes acuáticos, lo cual favorece su uso en la acuicultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023).

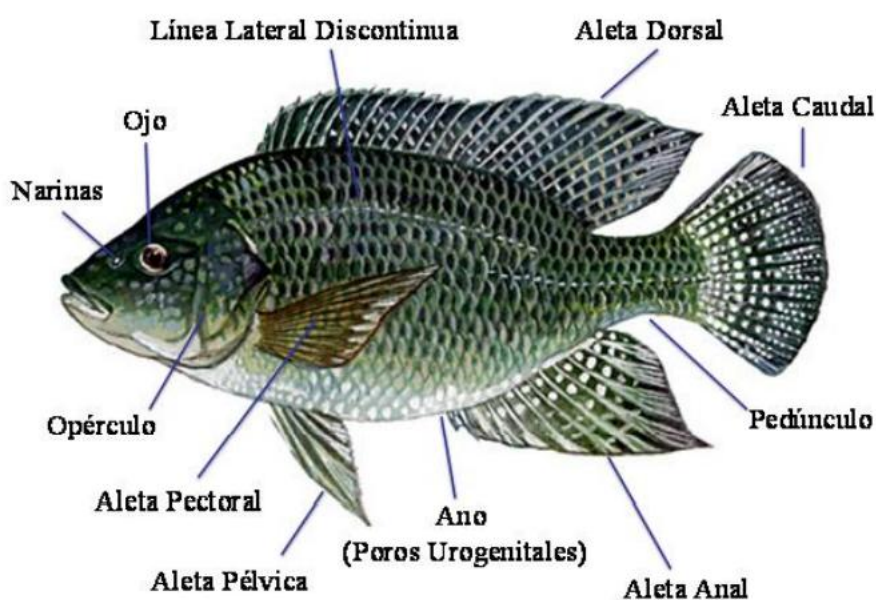


Figura 10. Morfología de la tilapia (Salazar et al., 2023).

Alimentación.

La tilapia permanece en la superficie del agua y su alimentación se basa en (fitoplancton, plantas acuáticas, algas, zooplancton, detritus, invertebrados, pequeños insectos y organismos bentónicos) a excepción de *T. rendalli* que es herbívora. Son herbívoros capaces de absorber alimentos fibrosos. Hay que tomar en cuenta que comúnmente este tipo de alimentación se basa en que estén libres. Ya que aparte están las crianzas para la comercialización de estas mismas. Ya que tienen una dieta diferente debido a que deben de cumplirse ciertas normas en la hora de comercializar.

Para tener un óptimo desarrollo se requiere de una alimentación balanceada, para su productividad de proteína tiene una variedad de acuerdo con su etapa productora, entre 25% y 35%, presentando mayor requerimiento de proteína cuando son más pequeñas (Secretaría de Gobernación. 2021).

Zonas de crianza o cultivo.

La tilapia se comercializa en casi toda la república mexicana en cual no es tan difícil de conseguir ya que es un producto basto. Los siguientes estados son los que se dedican a su pesca y cultivo. Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Colima, Estado de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (CONAPESCA, 2022).

Temperatura.

Las tilapias crecen en una temperatura adecuada, que llegar de 26° a 30° en donde se tiene una temperatura adecuada de 28° se debe de mantener esta temperatura ya que si baja o sube una temperatura puede llegar a afectar la eficiencia de crecimiento un 10%, y por debajo de 20% no se muestra crecimiento (Comité Sistema Producto Tilapia de México A.C. 2025).

Valor nutricional.

La tilapia es uno de los pescados que más se llega a apreciar debido a su valor nutricional. Ya que aproximadamente 100 gr de tilapia puede llegar a contener 20 gramos de proteína, 1.7 de grasa y también 96 de calorías y 50 mg de colesterol. Y no solo eso si no también cuenta con una variedad de minerales como llegan a ser fósforo, potasio, y sodio. Con su valor nutricional biológico y su buen contenido proteico hace a la Tilapia en uno de los

alimentos aliados, teniendo un buen balance nutricional. Cabe mencionar que las proteínas que contiene la tilapia trabajan en la formación de masa muscular, lo que también permite mejorar el metabolismo. Este beneficio viene por ser uno de los pescados blancos, es decir al ser bajo en grasas, el consumo de ellas beneficia al sistema digestivo, lo cual evita el estreñimiento (FatSecret, 2026).

Tabla 3. Valor nutrimental detallado de la tilapia. Filete de tilapia (2024). Valores de % d* el Requerimiento Diario (RD) basado en una dieta de 2000 kcal

Nutriente	Cantidad por 100 g	% Valor diario
Carbohidratos	0	-
Fibra	0	-
Azúcares	0	-
Índice Glucémico	0	-
Proteína	20	40%
Sodio	52	2.26%
Grasa total	2	2.56%

La tilapia también cuenta con una variedad de vitaminas en las cuales destaca la vitamina D, se tiene el conocimiento que tiene la cantidad cercana a un microgramo, ayuda a mantener la salud ósea, también cuenta con vitamina B12, este se encuentra en mayor abundancia, calculando a dos microgramos. La presencia de minerales como selenio y magnesio, todos estos datos han sido documentados científicamente por la USDA el departamento de agricultura de los Estados Unidos. (Blen Tesfu. 2024).

Beneficios de la tilapia.

Es un pescado que proporciona numerosos beneficios para la salud. Uno de ellos es el apoyo cardiovascular y óseo, función cognitiva mejorada, protección ocular, y una posibilidad de propiedades cancerígenas. La tilapia tiene sus pros y contras, dentro de sus pros son

beneficiosos para la salud, debido a su contenido de proteína, ácidos grasos y omega 3 y vitaminas que soportan al corazón, el hueso y la cognición. Y su riesgo potencial es debido a la contaminación que hay en su hábitat. El beneficio óseo de la tilapia proviene de la presencia de vitamina D, en el cual ayuda a la absorción de calcio por lo tanto promueve la resistencia de los dientes y los huesos al tiempo que reduce el riesgo de osteoporosis, y raquitismo. Enfocándonos en su proporción de proteínas, en el cual proporciona aminoácidos esenciales, que benefician al crecimiento muscular, la reparación y el funcionamiento del cuerpo (Pearson, k. et al., 2025)

Aprovechamiento de subproductos del procesamiento de tilapia para la nutrición humana

Los filetes de tilapia típicamente representan entre el 30 y 33% del pescado, dejando alrededor del 70% del pescado sin uso para el consumo humano. Los subproductos del procesamiento de la tilapia, como cabeza, espinazos y vísceras, son ricos en proteínas de alta calidad, y pueden ser transformados en productos comestibles como el surimi, harina de pescado y gelatina. Estos derivados tienen aplicaciones en la elaboración de salchichas, Nuggets, sopas instantáneas, salchichas y recubrimientos comestibles, contribuyendo a la sostenibilidad y reducción de desperdicio de la industria pesquera (FAO. 2020).

Los subproductos ricos en nutrientes pueden ser convertidos en alimentos y otros productos con aplicaciones médicas, farmacéuticas y de empaques. Investigadores de la FAO publicaron una revisión científica sobre cómo agregar valor mediante la utilización de los subproductos del procesamiento de la tilapia para mejorar la nutrición y el bienestar humano (FAO. 2021).

El procesamiento de tilapia para los mercados internacionales es una forma común para agregar valor debido a que los filetes representan el 75% del valor del comercio mundial de tilapia, el procesamiento de tilapia incluye el sangrado, eviscerado, descabezado, fileteado, pelado y cortado antes de que los consumidores compren los filetes, durante el procesamiento de tilapia para la producción de filetes se producen una cantidad significativa de partes del pescado, como cabezas, espinas, vísceras o subproductos. La industria del filete de tilapia produce una gran cantidad de subproductos durante el procesamiento, estimado en 60 a 70% del peso total que comprende la cabeza, la espina dorsal, las vísceras, las aletas, la piel y las escamas.

Los alimentos acuáticos particularmente del pescado son altamente perecibles, debido a su composición química debido a un pH neutral, y débiles tejidos conectivos. El desarrollo de nuevos ingredientes o productos en varias formas mediante el uso de los subproductos del procesamiento de tilapia es una importante opción para incrementar el valor agregado de los productos, evitar las pérdidas económicas, reducir el impacto ambiental y suministra a los consumidores con un alimento nutritivo, de bajo costo, con una mayor vida útil y de conveniencia (Lujan. M. 2022).

La carne separada mecánicamente o el pescado picado, obtenido de las espinas dorsales de tilapia, ofrece buenas características organolépticas y de calidad, y por lo tanto, tiene un gran potencial para desarrollar productos de valor agregado.

La tilapia picada puede convertirse en surimi en polvo mediante procesos de secado controlado. Lo cual puede llegar a facilitar su manipulación, almacenamiento, y uso en formulaciones alimentarias.

El surimi en polvo es obtenido a partir del pescado (incluye también tilapia) hace presente una alta concentración de proteínas (aproximadamente por encima del 60%) eliminando su gran parte de humedad. Su composición proximal típica del surimi Ren polvo contiene niveles reducidos de grasa y humedad con el contenido proteico predominante, lo que llega a clasificar como un concentrado proteico de pescado útil para diversas aplicaciones alimentarias.

El polvo de tilapia tiene propiedades funcionales como capacidad de solubilidad, retención de agua y emulsificación). Pueden ser adecuadas para su incorporación en mezclas secas, productos restaurados y muchas más recetas alimentarias que requieren estandarización de proteínas (Ramírez, et al., 2024).

La cabeza y el pescado se pueden convertir en harina con diversas aplicaciones alimentarias. Las sopas instantáneas y las harinas con desechos de tilapia se pueden utilizar en la industria alimentaria, ya sea para el desarrollo y la introducción de nuevos productos alimenticios en el mercado. La harina de tilapia se puede utilizar como ingredientes en diversos productos alimenticios, como croquetas, pan, bocadillos extruidos, y en sopas y platos de verduras locales. Además, los huesos de tilapia pueden convertirse en harina y usarse para fideos y galletas, reemplazando la harina de trigo. La harina de tilapia también se puede usar para mejorar las propiedades de textura de las salchichas de pescado (Peñarubia, O. et al.,2023).

Metodología

Diseño de investigación

El estudio es experimental, cuantitativo y de laboratorio, con un diseño completamente al azar. Se considera experimental debido a la manipulación de la variable independiente, correspondiente al porcentaje de harina de *Tenebrio molitor* incorporada en la formulación. Es de enfoque cuantitativo, ya que se realizaron mediciones numéricas de variables como el contenido de proteína, grasa y otros parámetros fisicoquímicos y sensoriales, las cuales fueron analizadas mediante métodos estadísticos. Asimismo, se clasifica como de laboratorio debido a que la elaboración del producto y las determinaciones analíticas se realizaron bajo condiciones controladas.

Se evaluó el efecto de la sustitución parcial de la base proteica mediante la incorporación de harina de *Tenebrio molitor* en cuatro niveles (0 %, 5 %, 10 % y 15 %) sobre las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de una salchicha de pescado. Cada tratamiento se elaboró y evaluó en triplicado para fortalecer la confiabilidad de los resultados.

Población

La población del estudio estuvo constituida por las materias primas empleadas en la elaboración de las salchichas experimentales, específicamente pulpa de tilapia y harina de *Tenebrio molitor*. La pulpa de tilapia se obtuvo del Mercado del Norte de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, en condiciones adecuadas de refrigeración y correspondió a filete limpio, apto para uso alimentario, mientras que la harina de *Tenebrio molitor* fue seleccionada con base en su calidad nutricional y contenido proteico, de acuerdo con la ficha técnica del proveedor. Ambas materias primas se utilizaron como base proteica para el desarrollo del producto.

Muestra

La muestra sensorial estuvo conformada por 30 panelistas no entrenados, estudiantes de la Universidad Autónoma de Ciencias y Artes de Chiapas, mayores de 18 años, sin alergias a pescado o insectos. Los participantes evaluaron las salchichas formuladas con distintos niveles de *Tenebrio molitor* mediante una prueba hedónica de 9 puntos, calificando atributos sensoriales y aceptación general.

Muestreo

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia para la selección de los panelistas sensoriales, considerando criterios de inclusión: edad mayor de 18 años, consentimiento informado, y no tener antecedentes de alergia alimentaria a mariscos o insectos. Para los análisis fisicoquímicos y funcionales, se analizaron tres unidades de cada tratamiento por análisis, realizándose en triplicado.

Variables

Tabla 5. Variable independiente y dependiente del producto.

Independiente	Dependiente
Porcentaje de <i>Tenebrio molitor</i> : 0.5, 10 y 15 % Temperatura de cocción 65 °C y 75 °C	Bromatológicos pH IAA Evaluación sensorial

Descripción de las técnicas a utilizar (equipos, referenciado la técnica, utensilios, marca)

Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó mediante el método gravimétrico, el cual se basa en la remoción del agua presente en la muestra por secado en estufa a temperatura controlada. Las muestras se colocaron en charolas de aluminio previamente taradas y se sometieron a secado a 50–60 °C durante 24 horas, hasta peso constante. El contenido de humedad se calculó por diferencia de peso entre la muestra fresca y la muestra seca, de acuerdo con los métodos oficiales de la AOAC.

Determinación de cenizas

El contenido de cenizas se determinó mediante el método de incineración, que permite cuantificar el residuo mineral total presente en el alimento. Las muestras se colocaron en crisoles previamente tarados y se sometieron a incineración en mufla a una temperatura de 600–700 °C durante 2 a 4 horas, hasta obtener un residuo de color gris claro o blanco. El contenido de cenizas se expresó como porcentaje, calculado por diferencia de peso antes y después de la incineración, conforme a los métodos establecidos por la AOAC.

Determinación de proteína

El contenido de proteína se determinó mediante el método Kjeldahl, el cual cuantifica el nitrógeno total presente en la muestra. El procedimiento incluyó una digestión ácida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador (mercurio o selenio), hasta lograr una solución clara. Posteriormente, el nitrógeno liberado fue destilado y titulado, y el contenido de

proteína se calculó utilizando un factor de conversión, de acuerdo con los métodos oficiales de la AOAC.

Determinación de grasa cruda

La grasa cruda se determinó mediante un método de extracción con solvente, utilizando éter de petróleo como agente extractor. La muestra se sometió a extracción continua durante aproximadamente 12 horas a una temperatura de 50–60 °C. Tras la evaporación del solvente, el residuo graso obtenido fue cuantificado gravimétricamente y expresado como porcentaje del peso de la muestra, conforme a los lineamientos de la AOAC.

Determinación de fibra cruda

El contenido de fibra cruda se determinó mediante un método químico secuencial, que consiste en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico y posteriormente con hidróxido de sodio, bajo condiciones controladas, utilizando un equipo condensador de fibra. El residuo obtenido representa la fracción de fibra cruda y se expresó como porcentaje, de acuerdo con los métodos oficiales establecidos por la AOAC.

pH

Se determinó mediante medición directa con potenciómetro digital HANNA® HI2211, siguiendo la técnica AOAC 981.12, que permite identificar cambios en la acidez asociados a estabilidad microbiológica y química.

Índice de Absorción de Agua (IAA)

Para medir el Índice de Absorción de Agua (IAA), se pesa una muestra seca, se le añade agua y se mezcla para hidratarla. Luego, la mezcla se centrifuga para separar el gel formado del agua libre. Se retira el exceso de agua y se pesa el gel hidratado. Finalmente, el IAA se calcula dividiendo el peso del gel por el peso inicial de la muestra seca.

Evaluación sensorial con panelistas no entrenados del público general.

Se aplicó una prueba hedónica de 5 puntos para valorar los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación general de las diferentes formulaciones. Esta técnica, ampliamente utilizada en estudios de aceptación de alimentos, permitió identificar la preferencia del consumidor objetivo. Las muestras fueron codificadas con números aleatorios, presentadas en orden aleatorio y bajo condiciones controladas de luz y temperatura. Se proporcionó agua natural a temperatura ambiente para limpieza del paladar entre muestras, y se utilizaron formatos físicos o digitales para la recolección de datos.

Proceso de elaboración de las salchichas

Las salchichas se elaboraron utilizando como base 150 g de pulpa de tilapia, adquirida fresca en el Mercado del Norte. La pulpa fue triturada en una licuadora Nutribullet®, modelo 100391 (NB-101B), hasta obtener una pasta homogénea. Posteriormente, se incorporó harina de *Tenebrio molitor* en concentraciones de 0 % (control), 5 %, 10 % y 15 % (p/p), con el objetivo de sustituir parcialmente la proteína del pescado y evaluar su efecto en las propiedades Tecno funcionales del producto.

La mezcla se homogeneizó nuevamente y se colocó en tubos de acero inoxidable con un diámetro interior de 1.8 cm y una longitud de 5.9 cm. Los tubos fueron cerrados herméticamente con tapones de rosca y sometidos a cocción por inmersión en agua, empleando dos tratamientos térmicos diferenciados: uno a 65 °C y otro a 72 °C, ambos durante 30 minutos. Estos tratamientos permitieron analizar el efecto de la temperatura de cocción sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del producto.

Tras la cocción, los tubos fueron colocados en un baño de agua fría (4–5 °C) durante 20 minutos para favorecer el enfriamiento rápido y la estabilización de la estructura. Las

salchichas fueron posteriormente extraídas de los moldes y almacenadas en refrigeración a 4 °C hasta su análisis.

Diagrama de flujo.

El siguiente esquema menciona cada una de las etapas que se realizaron para la elaboración de las salchichas de pescado (Tilapia) adicionada con harina de *Tenebrio Molitor*.

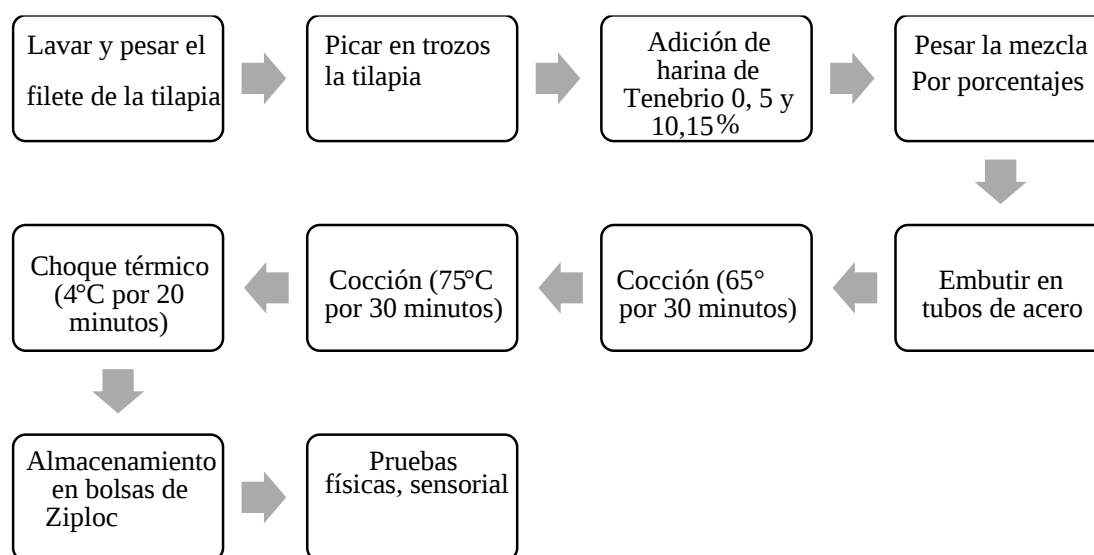


Figura 11. Diagrama de flujo de la obtención de la salchicha de pescado con *Tenebrio molitor*

Diseño de experimental

El diseño experimental fue completamente al azar, con un arreglo factorial 4×2 , correspondiente a cuatro niveles de adición de harina de *Tenebrio molitor* (0 %, 5 %, 10 % y 15 % p/p) y dos tratamientos térmicos de cocción (65 °C y 75 °C durante 30 minutos). En total, se generaron ocho tratamientos experimentales, cada uno elaborado y analizado por triplicado. Este diseño permitió evaluar el efecto individual y combinado de la concentración

de *Tenebrio molitor* y la temperatura de cocción sobre las propiedades fisicoquímicas, nutricionales, funcionales y sensoriales de las salchichas de pescado. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico mediante ANOVA de dos vías, con el fin de identificar diferencias significativas entre tratamientos y posibles interacciones entre los factores.

Presentación y análisis de resultados

Salchichas de pescado formuladas con 0, 5, 10 y 15 % de harina de *Tenebrio molitor*, sometidas a temperaturas de cocción de 65 y 75

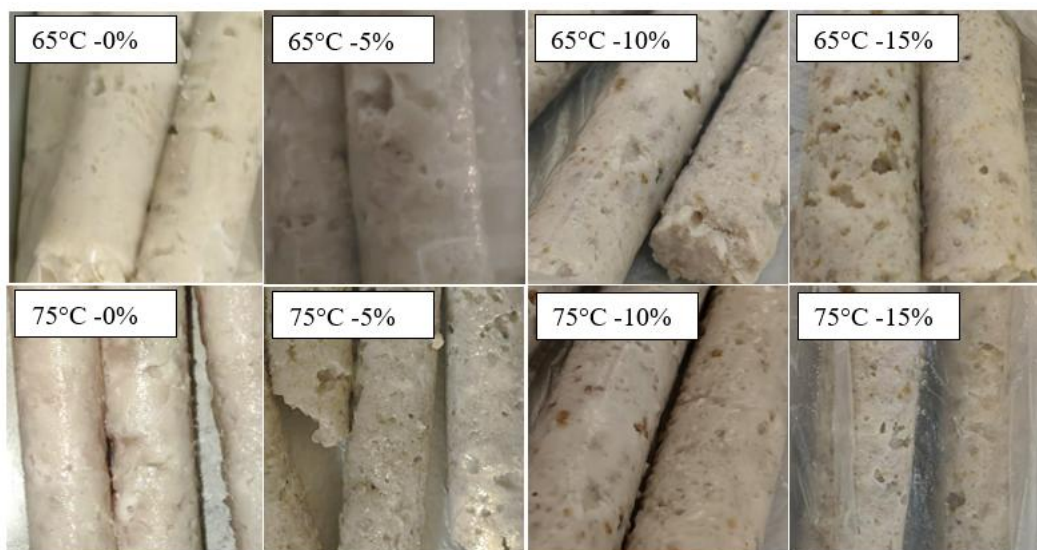


Figura 12. Salchichas de pescado con harina de *Tenebrio molitor*

Visualmente, las salchichas control (0%) mostraron una apariencia más lisa, uniforme y compacta, mientras que el incremento en la inclusión de *Tenebrio molitor* ocasionó una superficie más heterogénea, con mayor porosidad, presencia de partículas visibles y menor cohesión estructural. Estos cambios fueron más evidentes en las formulaciones de 10 y 15%, las cuales se alejaron del aspecto tradicional de una salchicha emulsionada. Además, a 75 °C se observaron muestras con mayor irregularidad superficial en comparación con algunas formulaciones procesadas a 65 °C, lo que sugiere que tanto el porcentaje de incorporación como la temperatura de cocción influyeron en la apariencia final del producto.

Composición bromatológica de salchichas de pescado

Los resultados de la Tabla 4 indican que, al aumentar la incorporación de harina de *Tenebrio molitor* en las salchichas de pescado, disminuyó la humedad y aumentaron la proteína, la grasa, la ceniza y la fibra, lo que evidencia una mejora en la composición nutrimental del producto; este comportamiento puede atribuirse al aporte de proteínas, lípidos y minerales de *T. molitor*, cuya inclusión en embutidos ha mostrado efectos positivos sobre su composición química (Jankauskienė et al., 2024). Además, el incremento de la fibra puede asociarse con la presencia de quitina, componente importante de la fracción de carbohidratos del insecto (Son et al., 2021). De igual forma, los tratamientos cocidos a 75 °C presentaron menor humedad y mayor concentración de algunos nutrimentos, probablemente por la pérdida de agua durante el calentamiento y por los cambios estructurales de las proteínas que afectan la capacidad de retención de agua del producto (Ma et al., 2020). En conjunto, estos hallazgos sugieren que la harina de *Tenebrio molitor* constituye una alternativa viable para mejorar el valor nutrimental de las salchichas de pescado.

Tabla 4. composición bromatológica de salchichas de pescado formuladas con 0, 5, 10 y 15 % de harina de *Tenebrio molitor*, sometidas a temperaturas de cocción de 65 y 75 °C.

Temperatura (°C)	Harina <i>Tenebrio</i> (%)	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	HC (%)
65	0	86.77	7.21	3.49	1.2	0.1	1.23
	5	83.65	8.83	4.4	1.59	0.22	1.31
	10	79.22	11.72	5.7	1.67	0.43	1.26
	15	76.1	13.59	6.74	1.72	0.68	1.17
75	0	80.21	11.64	2.68	1.5	0.03	3.94
	5	78.66	13.47	3.47	1.74	0.48	2.18
	10	76.57	14.11	4.95	2.22	0.67	1.48
	15	73.11	16.34	5.6	2.3	0.78	1.87

Propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales.

Los resultados de la Tabla 5 muestran que el índice de absorción de agua y el pH de las salchichas de pescado variaron de acuerdo con el porcentaje de harina de *Tenebrio molitor* y la temperatura de cocción. En general, los tratamientos cocidos a 75 °C presentaron mayor absorción de agua que los elaborados a 65 °C, especialmente el tratamiento con 10 % de harina, lo que sugiere una mejor interacción entre los componentes del producto y el agua; este comportamiento puede asociarse con las propiedades tecnofuncionales de las proteínas de *T. molitor*, cuya estructura y capacidad de hidratación pueden modificarse por efecto del tratamiento térmico (Lee et al., 2019; Anusha & Negi, 2023). En cuanto al pH, los tratamientos de 75 °C mostraron valores más bajos que los de 65 °C, posiblemente debido al efecto de la temperatura sobre la estabilidad del sistema y las interacciones entre los ingredientes; además, se ha reportado que las salchichas formuladas con harina de *Tenebrio molitor* pueden mantener valores de pH cercanos a la neutralidad, según la formulación empleada (Jankauskienė et al., 2024). En conjunto, estos hallazgos indican que tanto la incorporación de harina de *T. molitor* como la temperatura de cocción influyeron en las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales del producto.

Tabla 5. propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de las salchichas de pescado

Temperatura (°C)	Harina Tenebrio (%)	IAA (%)	pH
65	0	0.27	7.09
	5	0.30	7.52
	10	0.15	7.3
	15	0.37	7.26
75	0	0.40	6.66
	5	0.42	6.29
	10	0.50	6.54
	15	0.41	6.72

Análisis sensorial de las salchichas de pescado

La Figura 14 muestra que, en general, las salchichas de pescado con harina de *Tenebrio molitor* tuvieron una aceptación sensorial favorable, ya que gran parte de los panelistas las ubicó en la categoría “me gusta”; sin embargo, algunas formulaciones se desplazaron hacia respuestas de indiferencia o ligero desagrado, lo que sugiere que el porcentaje de incorporación y la temperatura de cocción influyeron en atributos como sabor, olor, color y textura. En este sentido, se ha señalado que la adición de larvas de *Tenebrio molitor* en salchichas cocidas puede modificar principalmente el color y algunas propiedades sensoriales del producto (Lemke et al., 2024), mientras que la aceptación de alimentos elaborados con insectos depende en gran medida de la percepción sensorial del consumidor (Mishyna et al., 2020). En conjunto, estos resultados indican que, aunque la harina de *T. molitor* mejora el valor nutrimental, su nivel de adición debe ajustarse cuidadosamente para conservar el agrado sensorial del producto

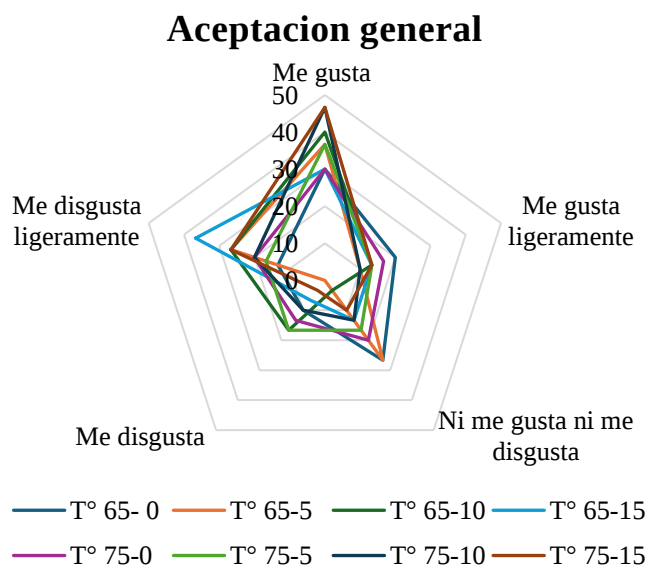


Figura 13. Aceptación general de las salchichas de pescado

La Figura 15 muestra que la textura de las salchichas de pescado con harina de *Tenebrio molitor* fue, en general, bien aceptada, aunque algunos tratamientos se acercaron a la indiferencia o al ligero desagrado. Esto sugiere que tanto el porcentaje de harina como la temperatura de cocción influyeron en la percepción de este atributo. Estos cambios pueden relacionarse con el efecto de *T. molitor* sobre la estructura del producto, ya que su incorporación en embutidos puede modificar propiedades sensoriales y de textura, especialmente cuando aumenta la concentración añadida (Lemke et al., 2023); además, se ha documentado que el uso de harina de esta especie en salchichas altera la formulación y puede repercutir en la calidad final del producto (Jankauskienė et al., 2024; Hospital et al., 2025).

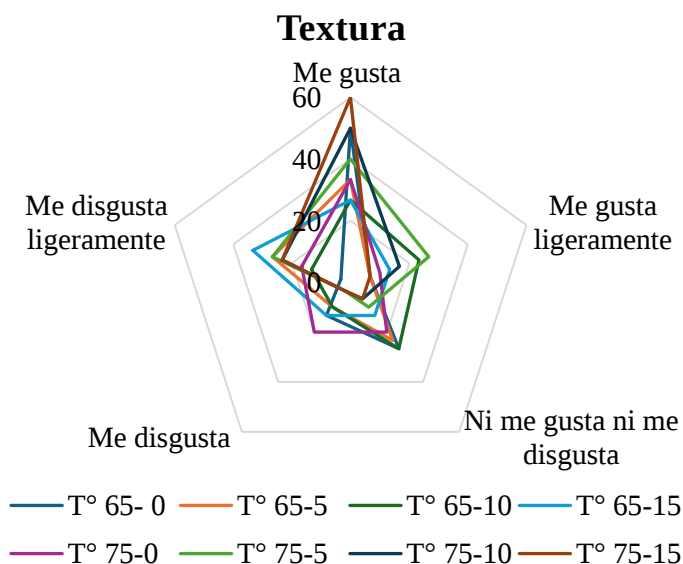


Figura 14. Textura de las salchichas de pescado

La Figura 16 muestra que el sabor de las salchichas de pescado con harina de *Tenebrio molitor* fue variable entre tratamientos, ya que algunas formulaciones fueron mejor valoradas que otras. Esto sugiere que tanto el nivel de incorporación como la temperatura de cocción influyeron en la percepción sensorial del producto. Resultados similares han sido reportados por Rodríguez-Párraga et al. (2025), quienes observaron que, en salchichas tipo Bologna con *T. molitor*, las formulaciones con mayor incorporación presentaron menor aceptación general, principalmente por cambios en olor, sabor y color. De manera complementaria, Lemke et al. (2024) señalaron que la adición de *T. molitor* en salchichas cocidas puede modificar propiedades sensoriales como el olor y la apariencia. Además, Abro et al. (2025) destacan que la aceptación de alimentos elaborados con insectos está fuertemente influida por factores sensoriales y por barreras como la neofobia y el desagrado. En conjunto, estos resultados indican que la harina de *T. molitor* puede emplearse en salchichas de pescado, pero su proporción debe ajustarse cuidadosamente para mantener una aceptación sensorial favorable.

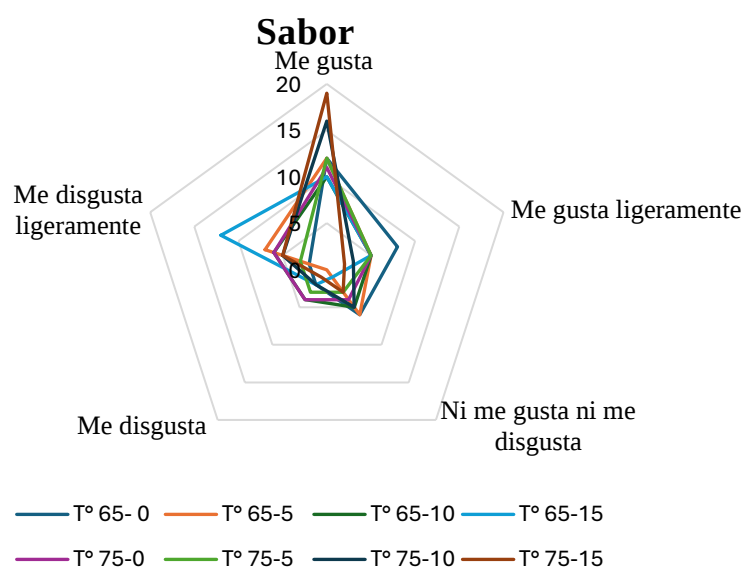


Figura 15. Textura de las salchichas de pescado

La Figura 17 muestra que el color de las salchichas de pescado con harina de *Tenebrio molitor* tuvo una aceptación más bien intermedia, ya que en varios tratamientos predominó la categoría “ni me gusta ni me disgusta”, lo que sugiere que este atributo fue uno de los más sensibles a la formulación. Esto puede explicarse porque la incorporación de *T. molitor* en embutidos cocidos puede modificar los parámetros de color, especialmente al disminuir la luminosidad y alterar los tonos rojizos y amarillos del producto, como reportaron Lemke et al. (2024). De forma similar, Rodríguez-Párraga et al. (2025) observaron que, en salchichas tipo Bologna con polvo de *T. molitor*, el color fue uno de los atributos que más influyó en la aceptación general cuando aumentó el nivel de incorporación. En conjunto, estos resultados sugieren que, aunque la harina de *T. molitor* puede emplearse en este tipo de productos, su proporción debe ajustarse cuidadosamente para evitar cambios visuales que reduzcan su aceptación (Ribeiro et al., 2024).

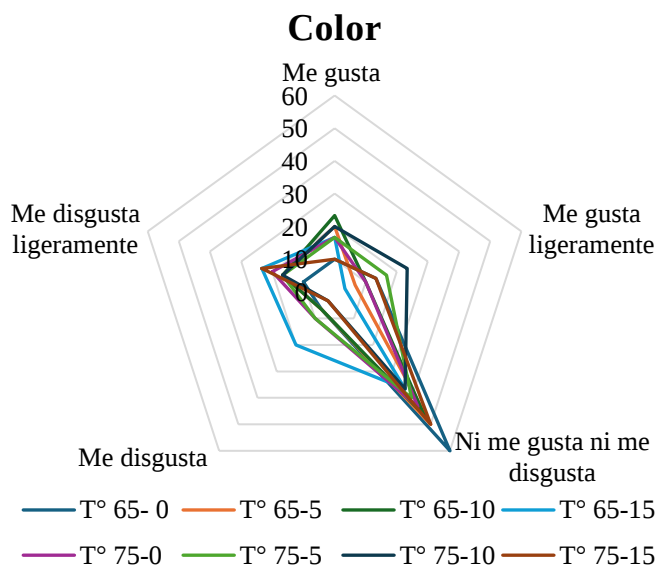


Figura 16. Color de las salchichas de pescado

La Figura 18 muestra que el olor de las salchichas de pescado con harina de *Tenebrio molitor* tuvo una aceptación generalmente favorable, aunque algunos tratamientos presentaron respuestas de indiferencia o ligero desagrado. Esto sugiere que tanto el nivel de incorporación de la harina como la temperatura de cocción influyeron en este atributo. Al respecto, Lemke et al. (2024) reportaron que la adición de *T. molitor* en salchichas cocidas puede modificar propiedades sensoriales como el olor, mientras que Rodríguez-Párraga et al. (2025) señalaron que este atributo influye de manera importante en la aceptación de embutidos formulados con este ingrediente. En conjunto, los resultados indican que la harina de *T. molitor* puede utilizarse en salchichas de pescado, siempre que su incorporación se ajuste para conservar un olor aceptable.

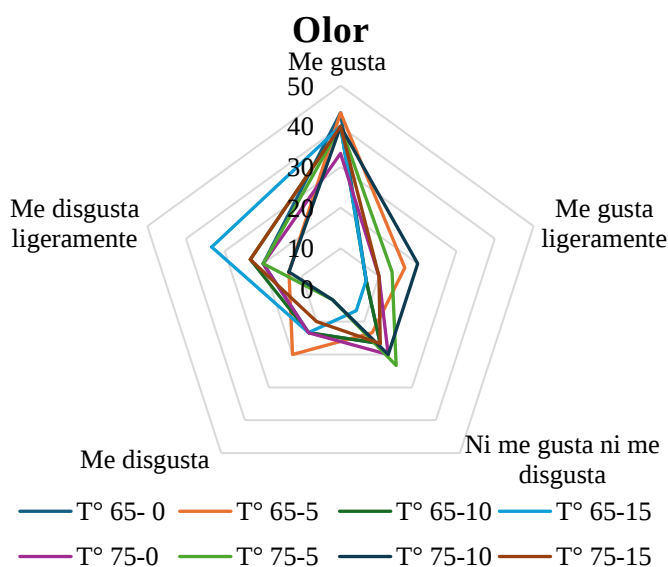


Figura 17. Color de las salchichas de pescado

Conclusiones

En esta investigación se comprobó que la harina de *Tenebrio molitor* puede incorporarse en salchichas de pescado como una alternativa para mejorar su valor nutrimental, ya que su adición favoreció principalmente el incremento de proteína, grasa, ceniza y fibra, aunque también generó cambios en propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y sensoriales del producto.

Los resultados muestran que sí es posible desarrollar una salchicha de pescado con este ingrediente, pero que su nivel de incorporación y la temperatura de cocción deben cuidarse, porque de ellos depende no solo la composición del producto, sino también atributos importantes para su aceptación, como el sabor, el olor, el color y la textura.

La harina de *Tenebrio molitor* representa una opción viable e innovadora para el desarrollo de productos cárnicos más nutritivos y sostenibles, siempre que se busque un equilibrio entre el enriquecimiento nutricional y la aceptación sensorial.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda evaluar un rango más amplio de niveles de incorporación de harina de *Tenebrio molitor* para identificar con mayor precisión la formulación óptima. También sería importante analizar la vida útil del producto durante almacenamiento, incluyendo estabilidad microbiológica, oxidativa y sensorial.

Realizar pruebas sensoriales con un mayor número de consumidores y con paneles más diversos, para conocer mejor la aceptación real del producto.

Se podría explorar el uso de condimentos, agentes ligantes o estrategias de procesamiento que ayuden a mejorar atributos como color, olor, sabor y textura, así como ampliar el estudio hacia otros productos pesqueros o cárnicos reformulados.

Referencias bibliográficas

Abro, Z., Sibhatu, K. T., Fetene, G. M., Alemu, M. H., Tanga, C. M., Sevgan, S., & Kassie, M. (2025). Global review of consumer preferences and willingness to pay for edible insects and derived products. *Global Food Security*, 44, 100834. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100834>

Antonio-Estrada, C., Martínez-Castro, C. J., García-Montalvo, I. A., & Sánchez-Hernández, H. H. (2021). Disposición a pagar del consumidor de derivados de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el estado de Oaxaca. *CienciaUAT*, 15(2), 102–119.

Arévalo Arévalo, H., Vernot, D., & Barragán-Fonseca, K. (2022). Perspectivas de uso sostenible del grillo doméstico tropical (*Gryllodes sigillatus*) para la alimentación humana en Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(2), 1–15.

Arévalo-Galarza, M. L., Morales-Ramos, J. A., & Rojas-García, A. R. (2024). Brief overview of edible insects: Exploring consumption, sustainability, and future perspectives. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1385081. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1385081>

Aybar, M., Simões, S., Ride Sales, J., Santos, J., Figueira, D., & Raymundo, A. (2023). *Tenebrio molitor* as a clean label ingredient to produce nutritionally enriched food emulsions. *Insects*, 14(2), 147. <https://doi.org/10.3390/insects14020147>

Beesigamukama, D., et al. (2022). Insect frass composition and potential use as an organic fertilizer in circular economies. *Journal of Economic Entomology*, 117(4), 1261–1270. <https://doi.org/10.1093/jee/toac060>

Carazo, P. (2025). El escarabajo de la harina sabe contar antes y después de copular. *Frontiers in Psychology*.

Cerón-Guevara, M. I., Taxis-Moreno, M., Lagunes-Gálvez, L. M., Pérez-Elizalde, S., Huerta-Jiménez, M., Obledo-Vázquez, E. N., & Alarcón-Rojo, A. D. (2020). Reduction of salt and fat in frankfurter sausages by addition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* flour. *Foods*, 9(6), 760. <https://doi.org/10.3390/foods9060760>

Chaijan, M., & Panpipat, W. (2021). Pre-neutralized crude palm oil as natural colorant and bioactive ingredient in fish sausage prepared from tilapia (*Oreochromis niloticus*). *LWT*, 150, 111880.

Comité Sistema Producto Tilapia de México A.C. (2025). *Criterios técnicos y económicos para el cultivo de tilapia en México*. CONAPESCA.

Corredor Béjar, S. (2022). *Diseño del proceso productivo y construcción de nave de procesado para insectos comestibles en Jalcomulco, Veracruz* [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid].

Dalmoro, Y. K., Franceschi, C. H., & Stefanello, C. (2023). A systematic review and metanalysis on the use of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* in diets for poultry. *Veterinary Sciences*, 10(12), 702. <https://doi.org/10.3390/vetsci10120702>

Delgado Ortega, E. L. (2023). Formulación y desarrollo de un producto derivado cárnico con un agregado fortificante para consumo humano.

Díaz Gámez, A. (2024). *Ciclo de vida y características reproductivas de Tenebrio molitor* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca].

dos Santos, E. A., Barros, J. C., de Andrade, M. A., de Souza, B. W. S., & da Costa, M. P. (2021). Sodium reduction in spam-like product elaborated with mechanically separated tilapia meat. *LWT*, 149, 111841.

EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens. (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food. *EFSA Journal*, 19(1), e06343. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>

European Commission. (2025). Approval of another insect/insect-derived food as a novel food. https://food.ec.europa.eu/food-safety/novel-food/authorisations/approval-insect-novel-food_en

European Food Safety Authority. (2024). Safety of *Acheta domesticus* powder as a novel food. *EFSA Journal*, 22(8). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8919>

Fekete, M., et al. (2025). Functional foods in modern nutrition science. *Nutrients*, 17(13), 2153. <https://doi.org/10.3390/nu17132153>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758): Características morfológicas y biológicas. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The state of food and agriculture 2020*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Looking at edible insects from a food safety perspective*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Oreochromis niloticus (Nile tilapia): Species fact sheet*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Oreochromis niloticus: Características biológicas y uso en acuicultura*. FAO.

Fuertes-Mendizábal, T., Salcedo, I., Huérfano, X., Riga, P., Estavillo, J. M., Ávila Blanco, D., & Duñabeitia, M. K. (2023). Mealworm frass as a potential organic fertilizer in synergy with PGP-based biostimulant for lettuce plants. *Agronomy*, 13(5), 1258. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051258>

Gallardo Hernández, C. B. (2023). *Aprovechamiento y consumo de insectos comestibles en la zona zoque de Chiapas* [Tesis de licenciatura, UNICACH].

Gantner, M., et al. (2022). Adding mealworm powder to wheat bread. *Molecules*, 27(19), 6155. <https://doi.org/10.3390/molecules27196155>

Gkinali, A., Matsakidou, A., & Paraskevopoulou, A. (2023). Emulsifying properties of *Tenebrio molitor* proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 250, 126165. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126165>

Hong, J., Han, T., & Kim, Y. Y. (2020). Mealworm as alternative protein for monogastrics. *Animals*, 10(11), 2068. <https://doi.org/10.3390/ani10112068>

Hospital, X. F., Hierro, E., Fernández, M., Martín, D., Escudero, R., & Navarro del Hierro, J. (2025). Use of mealworm (*Tenebrio molitor*) flour as a meat replacer in dry fermented sausages. *Foods*, 14(6), 1019. <https://doi.org/10.3390/foods14061019>

Jankauskienė, A., Kiseliuvienė, S., Aleknavičius, D., Miliūnaitė, I., Juknienė, I., Žižkauskaitė, Ž., & Zavistanavičiūtė, P. (2024). Innovative applications of *Tenebrio molitor* larvae in the production of sustainable meat sausages. *Foods*, 13(10), 1451. <https://doi.org/10.3390/foods13101451>

Khatami, N., Guerrero, P., Martín, P., Quintela, E., Ramos, V., Saa, L., Cortajarena, A. L., de la Caba, K., Camarero-Espinosa, S., & Abarategi, A. (2024). Valorization of biological waste from insect-based food industry. *Carbohydrate Polymers*, 324, 121529.

Kotsou, K., et al. (2024). Exploiting agri-food waste as feed for *Tenebrio molitor*. *Foods*, 13(7), 1027. <https://doi.org/10.3390/foods13071027>

Lemke, B., Struck, S., Schmiele, M., & Weiss, J. (2024). Processing of larvae of *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor* into cooked sausages. *Insects*, 15(11), 843. <https://doi.org/10.3390/insects15110843>

Li, C., Zhao, Y., Wang, Y., Li, L., Yang, X., Chen, S., Zhao, Y., & Zhou, D. (2021). Microbial community changes induced by *Pediococcus pentosaceus* improve the physicochemical properties and safety in fermented tilapia sausage. *Food Research International*, 147, 110476.

Ma, F., Wang, W.-Y., Wang, W., Cai, K.-Z., Shang, Y.-F., Chen, C.-G., & Xu, B.-C. (2020). Effects of water-immersion cooling temperatures on the moisture retention of sodium-reduced pork sausages. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2516–2523.

Márquez-Rangel, M. I., Corfield, R., Zacarías-González, M. G., Martínez-Ávila, G. C. G., Michel, M. R., Reyes-Luna, C., Rojas, R., & Aguilar-Zárate, P. (2025). Evaluación de las propiedades físicas, químicas, sensoriales y de inocuidad microbiológica de embutidos elaborados a base de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*). *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 12(72), 74–90.

Medina, M., García-Gimeno, R. M., Neira-Mosquera, J. A., Barrera, A., & Posada-Izquierdo, G. D. (2024). Nutritional and organoleptic characteristics of sausage based on an autochthonous Ecuadorian fish. *Foods*, 13(9), 1399.

Mishyna, M., Chen, J., & Benjamin, O. (2020). Sensory attributes of edible insects and insect-based foods. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 141–148.

Muñoz-Seijas, N., Fernandes, H., López-Periago, J. E., Outeiriño, D., Morán-Aguilar, M. G., Domínguez, J. M., & Salgado, J. M. (2024). Characterization of all life stages of *Tenebrio molitor*. *Future Foods*, 10, 100404.

Nan, H., Zhou, H., Stepanova, T. M., Zhu, Z., & Li, B. (2025). Enhancing product quality and nutrition of chicken sausages by replacing fats with *Agaricus bisporus*. *Foods*, 14(13), 2296.

Ochoa Torres, C. S. (2024). *Insectos comestibles: Propiedades nutricionales y seguridad alimentaria*. Polo del Conocimiento.

Omar, M. (2026). *Tenebrio molitor as a sustainable source of proteins and bioactive peptides. European Food Research and Technology.*

Petridis, D., Ritzoulis, C., & colaboradores. (2014). Effect of fat volume fraction, sodium caseinate, and starch on the optimization of the sensory properties of frankfurter sausages. *Journal of Food Processing and Preservation.*

Protiberia. (s. f.). *Pupas de Tenebrio: Un proceso de transformación.*
<https://protiberia.com/pupas-de-tenebrio-un-proceso-de-transformacion/>

Rehman, N., & Ogrinc, N. (2024). Consumer perceptions and acceptance of edible insects in Slovenia. *Foods*, 13(16), 2629.

Ribeiro, J. C., Pintado, M. E., & Cunha, L. M. (2024). Consumption of edible insects and insect-based foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1).

Rodríguez-Párraga, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Muñoz-Bas, C., Barba, F. J., Pérez-Alvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2025). Exploring the suitability of *Tenebrio molitor* powder as fat replacement in bologna sausages. *Meat Science*, 228, 109890.

Ros-Baró, M., et al. (2022). Edible insects for human and planetary health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11653.

Salazar-Murillo, L., Chacón-Villalobos, A., & Herrera-Muñoz, J. I. (2023). Crecimiento y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*). *Nutrición Animal Tropical*, 17(1), 1–35.

SciELO. (2024). Artículo científico sobre insectos comestibles.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-81962024000200202

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018, 27 de agosto). *Virus de la Tilapia del Lago en granjas no representa riesgos para la salud*. Gob.mx.

Siddiqui, S. A., et al. (2024). Bioconversion of organic waste by insects. *Process Safety and Environmental Protection*, 187, 1–25.

Singh, C., Umaraw, P., Verma, A. K., Singh, V. P., & Vihan, V. (2025). Quality characteristics of chicken sausages with beetroot powder. *Indian Journal of Poultry Science*, 59(3), 321–328.

Son, Y.-J., Hwang, I.-K., Nho, C. W., Kim, S. M., & Kim, S. H. (2021). Determination of carbohydrate composition in mealworm larvae. *Foods*, 10(3), 640.

Tebrio. (2024). Tebrio secures €30 million in funding. <https://tebrio.com/en/news-press/tebrio-secures-e30-million-in-funding-from-banco-de-santander-sodical-gpc-and-cdti/>

van Huis, A. (2020). Insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 27–44.

Vargas-Venegas, I., et al. (2024). Protocolo para producir quitosano de *Tenebrio molitor*. *Tecnología en Marcha*, 37(3).

Velasco Altunar, P. (2023). Salchicha vegetariana adicionada de compuestos bioactivos encapsulados.

World Bank. (2024). *Insect farming for human food, animal feed, and fertilizer*.

Xu, X., et al. (2025). Edible insects as future proteins. *Nutrients*, 17(19), 3165.

Yang, P., Liu, Y., Liu, Y., Guo, H., Wu, D., Gan, R., Li, Z., Huang, Y., & Gao, H. (2025). Comprehensive review of fat replacers utilized in sausages. *Food Chemistry*.

You, S., Li, N., Li, S., Wang, Y., Zhao, Y., & Zhou, D. (2022). Processing technology and quality change during frozen storage of fish sausages. *Foods*, 11(22), 3546.

Zhang, X., et al. (2023). Biodegradation of polystyrene by mealworm bacteria. *Heliyon*, 9(6), e17352.

Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, Ó., & Poveda, J. (2024). Analysis of yellow mealworm frass for sustainable agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 460, 142608.