

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS

TESIS PROFESIONAL

EFECTO DE LA ADICIÓN DE
Acheta domesticus SOBRE LAS
PROPIEDADES FUNCIONALES DE
REESTRUCTURADOS DE *Albula*
vulpes

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN CIENCIA
Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

PRESENTA

SAYRA JANET JIMÉNEZ DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS

DRA. GABRIELA NALLELY TREJO DÍAZ

ASESOR EXTERNO

DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ MALDONADO



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de experimentar lo bello que es la vida, y por bendecirme en todo momento.

A la Dra. Gabriela Nallely Trejo Diaz, asesora de este trabajo de investigación, por la ayuda brindada en todo momento, gracias por el tiempo y confianza depositada.

Al Dr. Miguel Ángel Martínez Maldonado por su conocimiento brinda y por el apoyo durante la estancia en la Universidad Autónoma de Querétaro

A la Universidad Autónoma de Querétaro, facultad de Química, gracias por brindarme un espacio para el desarrollo experimental de mi investigación en el laboratorio de análisis de alimentos.

A Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, mi alma mater, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos gracias por el apoyo proporcionado para la realización de mi estancia a la Universidad Autónoma de Querétaro.

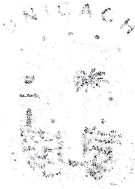
A mis profesores, por compartir sus conocimientos, valores y experiencias que han sido de gran ayuda para mi formación académica y profesional.

A mis compañeros, gracias por las aventuras y aprendizajes compartidos, gracias por ser el mejor equipo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, especialmente a ti, mamá, por apoyarme en todo momento, porque sin ti no hubiese sido posible la culminación de este trabajo, gracias por estar siempre conmigo, gracias por ser la mejor mamá.

A ti, Alexis por nunca dejarme sola, y apoyarme en cada uno de mis pasos, eres sin duda la mejor persona que se me pudo haber cruzado en el camino.



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACION ESCOLAR**



Autorización de Impresión

Lugar y Fecha: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 11 de agosto de 2022

C. Sayra Janet Jiménez Díaz

Pasante del Programa Educativo de: Ciencia y Tecnología de Alimentos

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

Efecto de la adición de *Acheta domesticus* sobre las propiedades funcionales de reestructurados de *Albula vulpes*

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

Firmas

Mtra. María Emperatriz Dominguez Espinosa

Mtra. Miriam Izel Manzo Fuentes

Dra. Gabriela Nallely Trejo Díaz



**COORDINACIÓN
DE TITULACIÓN**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
OBJETIVOS	4
MARCO TEÓRICO	5
MACABIL	5
RELEVANCIA SOCIAL Y ECONÓMICA DEL PEZ.....	6
PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL PEZ.....	7
VALORIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PESCA	8
GELIFICACIÓN DE PROTEÍNAS CÁRNICAS	9
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE GELES PROTEICOS	11
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)	13
PERDIDA POR COCCIÓN	14
USO DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE PROTEÍNAS	15
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA DEL GRILLO (<i>ACHETA DOMESTICUS</i>).....	16
HARINAS NO CONVENCIONALES EN PRODUCTOS CÁRNICOS.....	21
RELEVANCIA DEL USO DE INSECTOS COMO INGREDIENTES FUNCIONALES	22
ENTOMOFAGIA	24
FORMULACIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES	26
HIPÓTESIS	27
METODOLOGÍA.....	28
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
CONCLUSIONES.....	45

RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	47
ANEXOS.....	58
ANEXO 1. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA).....	59
ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.....	60
ANEXO 3. DETERMINACIÓN DE PERDIDA POR COCCIÓN	61
ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES.....	62
ANEXO 6. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH	68
ANEXO 7. CURVAS DE CALIBRACIÓN PARA FENOLES TOTALES, ABTS Y DPPH	71
ANEXO 8. FOTOGRAFÍAS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pez Macabil (<i>Albula vulpes</i>) (STRI, 2015).....	5
Figura 2: Curva general de análisis de perfil de textura (Talens Oliag, 2017)	13
Figura 3: Morfología externa del grillo (Medina Milian, 2020).....	16
Figura 4: Grillo macho (<i>Acheta domesticus</i>) (Medina Milian, 2020).....	17
Figura 5: Grillo hembra <i>Acheta domesticus</i> (Ayala Sorroza, 2019).....	17
Figura 6: Ciclo de vida del grillo (<i>Acheta domesticus</i>) (Vaca Monteros, 2020).	18
Figura 7: Reestructurados formulados.....	33
Figura 8: Resultados del parámetro de dureza.....	34
Figura 9: Resultados del parámetro de Cohesividad.....	36
Figura 10: Resultados del parámetro de Elasticidad	37
Figura 11: Resultados del parámetro de masticabilidad	38
Figura 12: Análisis de pérdida por cocción en reestructurados de Macabil (<i>Albula vulpes</i>)	39
Figura 13: Análisis de capacidad de retención de agua en reestructurados de Macabil	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades funcionales de las proteínas musculares	10
Tabla 2: Descripción de parámetros de análisis de TPA.....	12
Tabla 3: Taxonomía del grillo (<i>Acheta domesticus</i>).....	19
Tabla 4: Propiedades de la harina de grillo (<i>Acheta domesticus</i>).....	19
Tabla 5: Productos adicionados con harinas no convencionales y efecto del mismo	21
Tabla 6: Ventajas y desventajas del uso de insectos.....	23
Tabla 7: Valor nutricional de insectos.....	25
Tabla 8: Variables dependientes e independientes	28
Tabla 9: Diseño de experimentos	32
Tabla 10: Resultados de fenoles totales y capacidad antioxidante	42
Tabla 11: Diluciones para realizar curva de calibración	63
Tabla 12: Diluciones para preparar curva de calibración por el método ABTS.....	66
Tabla 14: Preparación de curva de calibración	69

INTRODUCCIÓN

Tras la búsqueda de alimentos que ejerzan un efecto benéfico a la salud humana, más allá de los nutricionales, surgen los alimentos funcionales, los cuales cumplen con funciones específicas en el organismo de quien lo consume, además de mejorar el estado de salud, bienestar y reduciendo así el riesgo de algunas enfermedades (Aguirre, 2019). El desarrollo de estos alimentos se da gracias a la incorporación de elementos específicos o compuestos bioactivos los cuales se pueden añadir de forma natural, para mejorarse, incrementarse, reemplazarse, eliminarse o modificarse con el fin de propiciar beneficios a la salud (Arias *et al.*, 2018). La formulación de estos productos, ha dado pie a la creación de variedad de alimentos como lácteos, bebidas, cereales, carnes entre otros (Freire, 2018), pues la creciente demanda ha permitido que la industria explore el uso de ingredientes funcionales dentro de todas las categorías.

Específicamente en la de la industria cárnica la reestructuración, es una opción viable pues en este proceso se utilizan fragmentos de bajo valor comercial o recortes de músculo que se trocean o pican y después (conjuntamente con otros ingredientes o sin ellos) se crea una estructura diferente con nueva apariencia y textura (Añorve *et al.*, 2019). El desarrollo de este tipo de productos tiene como objetivo elaborar alimentos con texturas, olores, sabores, colores y apariencias atractivas para los consumidores de diferentes tipos de mercado. Así mismo, con un valor nutricional más adecuado, por esto la introducción de harinas no convencionales “ harinas de insectos” en productos cárnicos es una alternativa para la adición en reestructurados pues, el consumo de estas tiene una alta conversión de carne (proteína) comparado con la carne de bovina, además son fuente importante de ácidos grasos esenciales, vitaminas, fibras y micronutrientes, constituyendo así buenas alternativas nutritivas a comparación de fuentes proteicas convencionales como carne de cerdo, res, pollo, pescado, lentejas, frijol, huevo, entre otros (Guzmán *et al.*, 2016). Además, la producción de insectos, comparado con la producción de alimentos origen animal, ofrece más beneficios que incluyen el uso de menos tierras de cría. Por ello, la presente investigación busca evaluar los reestructurados de macabíl y el efecto de la adición de harina de grillo (*Acheta domestica*) en las propiedades de textura, físicas y nutraceuticas, generando con ello valor agregado al pez el cual solo se comercializa en fresco y en tortitas.

JUSTIFICACIÓN

Cada vez es más frecuente el consumo de insectos alrededor del mundo, por su fácil cultivo, sencilla reproducción y el mantenimiento no es complicado, es aceptado en diferentes culturas, por lo que se están proponiendo como una fuente alternativa y viable de aporte nutricional, no solo para consumo de mascotas sino también para consumo humano, además de este gran beneficio nutricional, los insectos son utilizados como tratamientos alternativos en la medicina tradicional, para curar o prevenir algunas enfermedades (Moreno *et al.*, 2019). Actualmente la tendencia de dietas alimenticias de cada persona es diferente, cada una conforma y moldea sus preferencias de consumo, dichas dietas van desde las más comunes hasta las más extrañas o perjudiciales, estas dietas están influenciadas por cultura familiar, restricciones dietéticas, motivos religiosos entre otros (Fleta, 2018). Una de estas tendencias es la dieta de insectos o también llamada entomofagia, que es la práctica de consumo de insectos como alimentos que en la última década se ha presentado como una solución sustentable e innovadora (López *et al.*, 2020). Particularmente el grillo (*Acheta domestica*), presenta altos valores nutricionales especialmente en proteínas, grasas, minerales, además contiene los 9 aminoácidos esenciales (Ayala, 2019), su porcentaje de proteína está por encima de la carne de bovino y en comparación con la producción animal, los insectos requieren menor agua (Pulido, 2020).

Recientemente se ha demostrado que la adición de harinas no convencionales en productos cárnicos, genera un valor agregado al producto terminado, pues aumenta la estabilidad de emulsión, disminuye las pérdidas por cocción, además de mejorar el rendimiento de cocción, así mismo llegan a tener la capacidad de absorber agua y formar geles (Avendaño *et al.*, 2020). Ante esto la presente investigación pretende determinar el efecto de la incorporación de harina de grillo en reestructurados a base de macabil (*Albula vulpes*) sobre las propiedades mecánicas, fisicoquímicas y nutracéuticas de este; además es importante mencionar que la adición de harina a un reestructurado de pez, específicamente a *Albula Vulpes*, es una opción interesante, dando así valor agregado a dicho pez, el cual no es del todo aprovechado comercialmente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante el incremento de la población mundial, la seguridad alimentaria es de vital importancia y de alerta internacional. Existe el riesgo de no poder producir los alimentos suficientes debido a las problemáticas causadas por el cambio climático, cambio en el uso de suelos y la catastrófica reducción de agua disponible en volumen y calidad aceptable para la agricultura (Pérez *et al.*, 2018). Así mismo, la ganadería intensiva, impacta al medio ambiente ya que propicia el cambio climático a través de la emisión de gases de efecto invernadero y contaminan las aguas, el suelo y el aire (Arús, 2020). Esto se debe a las grandes cantidades de animales en espacios reducidos.

Por esta razón se busca que en el desarrollo de productos alimenticios, se utilicen alternativas en materias primas que no solo promuevan la salud de la población (Meléndez *et al.*, 2020), si no también ayuden a disminuir los efectos del cambio climático que conlleva la agricultura y ganadería tradicional. En este sentido la producción de insectos es una alternativa viable para su consumo debido a los beneficios nutricionales que aporta, tales como el alto valor proteico, ácidos grasos saludables, presencia de todos los aminoácidos esenciales, y altos contenidos de calcio, zinc y hierro. Además de aportar alto valor nutritivo, producen menos gases de efecto invernadero comparado con el ganado. Tras la búsqueda de diversos alimentos, se abren las puertas a los productos los reestructurados, donde la materia prima no solo son carnes de bovinos, si no también leguminosas o carnes blancas como la carne de macabil e insectos. Por otro lado, la industria pesquera busca obtener mayor aprovechamiento de restos de músculo que quedan tras el fileteado de dichas especies, la reestructuración es una opción viable, pues consiste en la gelificación de proteína miofibrilar e incorporando distintos ingredientes a dicho músculo buscando la creación de nuevos aspectos, texturas y sabores (Zaldívar, 2019).

Debido a lo anterior, la presente investigación pretende formular un reestructurado a base de macabil (*Albula vulpes*) adicionado con harina de grillo, pues la adición de dicha harina a productos cárnicos ha demostrado presentar características tecnológicas y nutricionales importantes: por ello determinar el efecto que esta tiene sobre las propiedades mecánicas, físicas y nutraceúticas en el producto, finalmente la elaboración de un reestructurado utilizando como materia prima a *Albula vulpes* resulta atractivo, pues esta especie únicamente se comercializa en fresco y en forma de tortitas, debido a esto su aprovechamiento puede ser prometedor.

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar el efecto de la incorporación de harina grillo (*Acheta domestica*) en reestructurados a base de macabil (*Albula vulpes*) sobre sus propiedades fisicoquímicas y nutraceuticas.

ESPECÍFICOS

- ✓ Elaborar un reestructurado a base de macabil (*Albula vulpes*) adicionado con harina de grillo (*Acheta domestica*).
- ✓ Analizar el perfil de textura, capacidad de retención de agua y porcentaje de pérdida por cocción de los reestructurados de macabil (*Albula vulpes*) adicionados con harina de grillo (*Acheta domestica*).
- ✓ Evaluar el efecto de la incorporación de harina de grillo (*Acheta domestica*) sobre el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante en reestructurado de macabil (*Albula vulpes*)

MARCO TEÓRICO

MACABIL

Macabil (*Albula vulpes*), macabí del pacífico, pez señorita, mata suelo real, es un pez de cuerpo alargado, hocico sobresaliente que sobrepasa ligeramente la boca, dientes muy pequeños, aletas sin espina, una aleta dorsal de base corta, de color plateado-azuloso o verdoso, plateado brillante debajo: con una mancha negra en la punta del hocico, ovalada en medio de su lado inferior, con un par de marcas diagonales en la punta, alcanza los 77 cm de largo, en la figura 1, se puede apreciar a este pez (STRI, 2015)



Figura 1: Pez Macabil (*Albula vulpes*) (STRI, 2015)

Características

Ventre liso, sin escudete. Hocico cónico, puntiagudo, prolongado por delante del extremo de la mandíbula inferior, espinas rudimentarias. Aletas sin espinas. Aletas pélvicas por debajo de la región posterior de la dorsal. escamas pequeñas 65 a 75 a lo largo de la línea lateral. Color del dorso verde azulado a café claro con líneas longitudinales delgadas y oscuras. con 9 franjas transversales oscuras. Flancos plateados, Axila de las pectorales naranja amarillenta. Aletas pectorales y pélvicas amarillentas. Borde ventral del opérculo naranja a amarillo

Hábitat

Macabil (*Albula vulpes*) habita en fondos blandos costeros, principalmente marinos, playa, arena y grava, también en lagunas de manglares y estuarios, poco común en agua dulce (STRI, 2015).

Alimentación

La dieta del macabil (*Albula vulpes*) se basa de crustáceos móviles, peces óseos, pulpos, calamares, gusanos móviles, bivalvos móviles bentónicos (STRI, 2015).

Zoogeografía

Albula vulpes se extiende al norte y sur del Gran Caribe, continente con más islas (STRI, 2015).

RELEVANCIA SOCIAL Y ECONÓMICA DEL PEZ

El pescado y los productos pesqueros son algunos de los productos alimentarios más comercializados a nivel mundial; se estima que la producción mundial de pescado ha alcanzado unos 179 millones de toneladas en 2018; del total generado alrededor del 88% (156 millones de toneladas) se utilizó para el consumo humano directo, lo que equivale a un suministro anual estimado de 20.5 kg per cápita; mientras que el 12% restante (22 millones de toneladas) se utilizó para fines no alimentarios, como la producción de harina y aceite de pescado (FAO, 2020).

En México el sector pesquero registra un intenso dinamismo en términos de productividad, lo cual ha propiciado la obtención de 2.3 millones de toneladas, de las cuales 1.9 millones de toneladas proviene de la pesca de captura, mientras 395,536 toneladas tienen su origen de la acuicultura (CONAPESCA, 2018).

Estas cifras colocan al país en el lugar No. 15 a nivel mundial en producción pesquera de captura, mientras que en producción acuícola a nivel mundial México se sitúa en el lugar No. 23 (FAO, 2020).

El estado de Chiapas tuvo una producción pesquera de 88,494 toneladas en el 2018, posicionándose con ello en el lugar No. 8 a nivel nacional; del total de esta producción 27,879 toneladas fueron aportadas por la acuicultura (CONAPESCA, 2018).

En cuanto al sector industrial se refiere, el 32% de la producción total pesquera del estado fue destinada a plantas congeladoras, un 16% para ser enlatado y un 3% para la producción de harina y aceite; dejando con ello al 49% para el consumo humano directo.

Con respecto al pez macabil, en Chiapas son deficientes las investigaciones referentes a su procesamiento, análisis fisicoquímicos, y nutrimentales, cabe destacar que es un pez muy conocido en la pesca recreativa, y la única forma de consumo es en tortitas y en fresco.

PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL PEZ

(Díaz, 2020) define el pescado como la porción comestible, sana y limpia de los músculos de peces aptos para consumo humano. En muchos lugares del mundo las personas utilizan el pescado como componentes principales en su dieta.

En general, el pez es una excelente fuente de proteína animal y otros nutrientes, son bien conocidos por tener diversas composiciones nutricionales, aproximadamente 70-84 % de agua, 15-24% de proteína, 0.1-22% de grasas y 1-2% minerales, 0,5% de calcio, 0,25% fósforo y 0.1% de vitaminas A, D, B Y C.

Los pescados se clasifican en tres tipos:

- ✓ Pescados magros o blancos, son aquellos que contienen <2% de grasas. ejemplos: róbalo, bacalao.
- ✓ Pescados semigrasos, contienen entre 2 y 7% de grasa, ejemplo: trucha rosada, corvina.
- ✓ Pescados grasos o azules, contienen entre 9 y 12% de grasa, ejemplo: atún, salmón, sardina.

De los cuales los pescados magros son deficientes en estas vitaminas, excepto en el hígado. La fuente natural más importante de Vitamina A y D es el hígado de pescado. Además, el consumo de pescados ayuda a prevenir diversas enfermedades como la presión arterial, enfermedad inflamatoria, enfermedad de Alzheimer (Bereket *et al.*, 2018). Incluso los pescados no contienen más sodio que las carnes de res, conteniendo inclusive 2 o 3 veces más potasio, lo cual puede ser de interés en la dieta de personas que sufren de enfermedades cardiovasculares (Díaz, 2020).

Otros beneficios que presentan los peces se deben principalmente a la esencialidad que tiene en omega 3. Los cuales no promueven cambios en la concentración del colesterol total, sin embargo, sí pueden disminuir el colesterol LDL y aumentar el colesterol HDL, así como reducir la trigliceridemia. En pacientes con hipertrigliceridemia se ha evidenciado que con 3 a 4 gramos diarios de ácidos grasos omega 3 (EPA/DHA) se consigue una reducción del 45% de la concentración de triglicéridos. Esto contribuye finalmente en evitar la formación de placas de aterosclerosis producidas principalmente por triglicéridos y elevadas concentraciones de HDL (Díaz, 2020).

Cabe destacar que el valor nutricional del pez varía de una especie a otra y dentro de la misma especie (Bereket *et al.*, 2018)

El valor biológico de la carne del pescado es de 0,76, es decir es de alto valor biológico. Además, la mayor parte de la proteína del pescado es tan buena como la proteína de la carne de res y puede complementar una dieta de cereales deficientes en lisina (Bereket *et al.*, 2018).

VALORIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PESCA

El pescado y productos pesqueros se encuentran entre los más comercializados en el mundo, (Bellmann *et al.*, 2016). En 2018, la producción mundial de la pesca de captura alcanzó la cifra récord de 96.4 millones de toneladas, lo que supone un aumento del 5.4% con respecto al promedio de años anteriores. El aumento de 2018 fue impulsado principalmente por la pesca de captura marina, cuya producción aumentó 84.4 millones de toneladas.

La producción ha aumentado de 37 millones de toneladas, con un consumo per cápita de 9 kg en 1961 con 20 kg per cápita en consumo en el año 2018. Este aumento ha llevado consigo el desarrollo de un sector de procedimientos de pescado más diversificado que proporcione productos pesqueros, crudos, elaborados con alta calidad (Asad, 2020).

Las proyecciones del banco mundial y FAO sugieren que la producción del pescado y comercio continuarán expandiéndose (Bellmann *et al.*, 2016).

En los últimos años gracias a las innovaciones tecnológicas, el sector pesquero ha proporcionado un alto valor añadido a los productos de la pesca, esto con el propósito de darle valor a través de la calidad y la valorización

Por lo cual, la valorización pesquera, se ha dado con el desarrollo e innovación de estos productos, añadiendo valor a través de la calidad y de la valorización o implantación de nuevas tecnologías que aportan al mercado nuevos productos de pesca de mayor valor añadido. (Iglesias, 2014)

GELIFICACIÓN DE PROTEÍNAS CÁRNICAS

Las proteínas son los componentes principales del músculo y comprenden aproximadamente el 20% del peso muscular total o el 80% de la masa seca en el tejido magro. Los roles que juegan las proteínas en los alimentos son dos, el primero es básicamente el contenido de los aminoácidos esenciales con un perfil de composición que se asemeja al del cuerpo humano, además estas proteínas contribuyen en gran medida a las propiedades generales de la carne y los productos cárnicos, incluyendo textura, apariencia, sensación en la boca y jugosidad (Xiong, 2018).

Estructura de las proteínas musculares

Las proteínas musculares se dividen en tres según sus características de solubilidad; miofibrilar, sarcoplasmático, y estromales. Constituyen aproximadamente el 35, 60, y el 15%, respectivamente, de las aproximadamente 1000 proteínas totales presentes en el músculo tejido según lo revelado por el análisis proteómico, la mayoría de las proteínas sarcoplásmicas son de estructura globular con alta densidad, de cadenas laterales cargadas y opuestas, esto indica que son fácilmente solubles en agua, y soluciones de baja fuerza iónica; las proteínas miofibrilares, son la fracción más abundante que componen la miofibrillas, se componen de menos proteínas, este grupo de proteínas son solubles en soluciones salinas y es responsable de gran parte de las características funcionales de las carne procesadas; las proteínas estromales únicamente son solubles en soluciones ácidas o alcalinas, pero se puede solubilizar también con cocción lenta y húmeda en ausencia de compuestos ácidos o alcalinos, estas proteínas se encuentran en el espacio intersticial de las células musculares, generalmente se conoce como tejido conectivo. (Xiong, 2018)

En la tabla 1 se muestran algunas propiedades funcionales de las proteínas musculares de la carne y productos cárnicos, además la forma de acción de las mismas.

Tabla 1: Propiedades funcionales de las proteínas musculares

Categoría	Propiedad	Modo de acción	Ejemplo de comida
Hidratación	Ligante del agua, sostenimiento y absorción	Interacción proteína-agua a través de enlaces de hidrógenos, agua atrapamiento en miofibrillas celosías	Carne fresca, bombeada/carne inyectada, marinada, y otros procesados carne (saladas).
	Solubilidad	Interacción proteína-agua a través de enlaces de hidrógeno, carga de repulsión por la presencia de Na y Cl iones y fosfato	Carnes saladas, volteadas.
	hinchazón	Penetración de agua en celosías de fibrillas	Carnes marinadas, carnes bombeadas/inyectadas
Estructura/textura	Solidificación	Formación de matriz por extraído miofibrilar, proteína de colágeno, interacción de proteínas	Rollos de carne reestructurados y panes, alimentos en gel de gelatina
	Cohesión/adhesión/vinculante	Geles de proteínas solubles en sal, el cual sirve como agente aglutinante, proteína-proteína y gelificación del proteína de colágeno	Rollos de carne reestructurados y panes deshuesados.
Superficie	Emulsificación	Adsorción de proteínas en grasa partículas para reducir la superficie tensión, formación de rígidos membrana proteica en la grasa emulsión	Salchicha y Bolonia

Fuente: Xiong, 2018.

Las principales funciones proteicas aplicables a las carnes son la gelificación y propiedades relacionadas (unión y adhesión de partículas de carne), emulsificación y capacidad de retención de agua.

La gelificación proteica hace referencia a la transformación de una proteína en estado sol (suspensión coloidal de partículas sólidas de (1-1000 nm) en un medio líquido) a gel. Es decir: La obtención del gel se basa en el calentamiento del sol, a través de entrecruzamiento de proteínas mediante enlaces covalentes o no covalentes para formar una red que inmoviliza el agua y otras sustancias de bajo peso molecular, impidiendo su flujo al aplicar una fuerza externa (centrifugado o presión) (Escalante, 2016) O en otras palabras la gelificación ocurre en músculos alimenticios limpios como el resultado del desdoblamiento y posterior asociación de proteínas extraídas, generalmente en presencia de sal , y a veces, también de fosfatos. (Xiong, 2018).

CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE GELES PROTEICOS

Análisis de perfil de textura (APT)

Análisis de perfil de textura por sus siglas en inglés (TPA) es la simulación de la masticabilidad de alguna muestra por medio de un equipo analizador de textura; el cual comprime un alimento del tamaño de un mordisco esto para imitar la acción de los dientes (Mejía *et al.*, 2020)

El análisis de perfil de textura es un método empleado para el análisis sensorial de la textura, este proceso se realiza imitando el proceso de masticación, es decir comprimiendo dos veces seguidas la muestra. En geles se realiza con la muestra en forma de un pequeño cilindro, el cual se coloca sobre la plataforma de un Texturómetro, el gel es comprimido a una altura determinada y velocidad constante, este procedimiento se realiza dos veces, registrando así la evolución de la fuerza. En este método se pueden evaluar parámetros como “fuerza” resistencia inicial a la punción, es decir la pendiente inicial de la curva de punción durante el primer ciclo; “Cohesividad” cada área representa el trabajo, siendo una integral de fuerza sobre la distancia (función directa del trabajo realizado para vencer las uniones interna del material realizado en cada compresión “Elasticidad” habilidad del material para volver a la forma original; “Fracturabilidad” es la altura correspondiente a la primera rotura significativa durante la primera compresión (Mejía *et al.*, 2020).

En la tabla 2, se describen los diferentes parámetros de análisis de TPA (análisis de perfil de textura).

Tabla 2: Descripción de parámetros de análisis de TPA

Parámetro	Definición	Determinación	Unidades
Dureza	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar, imitando el primer mordisco	Máxima fuerza durante el primer ciclo de compresión	Newton (N)
Cohesividad	Fuerza de unión entre las partículas del alimento, esta característica establece el límite en que puede ser deformado el mismo hasta antes de desfragmentarse o romperse, es decir el límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse, es adimensional.	Relación entre el área positiva del segundo ciclo de compresión (A2) y el área positiva del primer ciclo (A1). Excluyendo la porción de áreas durante la descompresión de la muestra	Relación A2/A1
Elasticidad	Capacidad que tiene una muestra deformada para recuperar su forma o longitud inicial después de que la fuerza ha impactado en ella	El cociente L2/L1	Adimensional. Una longitud dividida por la otra longitud.
Masticabilidad	Fuerza necesaria para masticar un alimento sólido hasta un estado tal que permita su ingesta	Producto de la dureza, Cohesividad y elasticidad	Joule (J)
Gomosidad	Fuerza necesaria para desintegrar una muestra de alimento semisólido a un estado tal que facilite su ingesta	Producto de la dureza y la Cohesividad	Newton(N)
Adhesividad	Trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre la muestra y una superficie	Área negativa después del primer ciclo de compresión. Representa el trabajo necesario para separar la superficie del equipo y la muestra	Joule (J)
Fracturabilidad	Fuerza necesaria para fracturar la muestra	Fuerza en la primera ruptura significativa de la muestra N	Newton (N)

Fuente: Mejía *et al*, 2020.

La figura 2 se muestra la gráfica general para el análisis de perfil de textura (TPA)

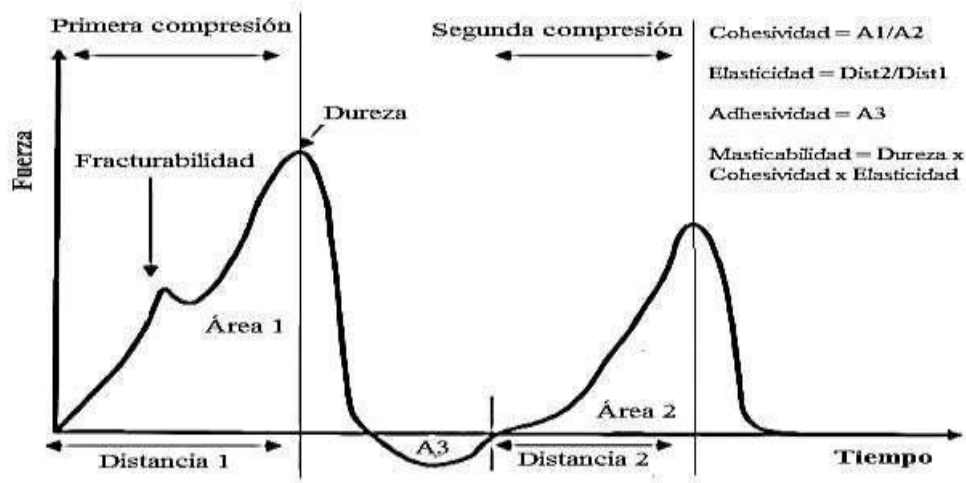


Figura 2: Curva general de análisis de perfil de textura (Talens Oliag, 2017)

La forma de la curva presentada en la figura 2 dependerá mucho de las propiedades que tenga el material. ya que el primero es para alimentos semisólidos, mientras que el segundo para sólidos. La gomosis hace referencia a la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado, mientras que la masticabilidad hace referencia a la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que está listo para ser tragado (Talens, 2017)

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

La capacidad de retención de agua es la resistencia que opone una matriz proteica (gel, carne o pescado) para perder el agua inmovilizada (agua ligada + agua físicamente atrapada + agua hidrodinámica) bajo la acción de una fuerza gravitatoria, este es un parámetro importante que contribuye a la calidad de la carne y de sus productos derivados.

La CRA de una proteína está en función de varios parámetros como forma, factores estéricos, tamaño, características conformacionales, solubilidad de la proteína, balance de aminoácidos hidrofílicos e hidrofóbicos; y factores extrínsecos como pH, temperatura, fuerza iónica, etc. (Escalante, 2016).

La gelatinización del colágeno por efecto de la cocción aumenta la capacidad de retención de agua utilizando el agua que se pierde por desnaturalización de la actina y miosina otorgándole la ternera a la carne (Leyton, 2017).

PERDIDA POR COCCIÓN

La cocción es la desintegración de la estructura y modificación del agua, la cual representa del 20 al 40% de la masa, pues se debe a la expulsión del jugo, el cual está compuesto por agua, lípidos y micronutriente de la carne (Cutz, 2020).

Durante este proceso se producen una serie de cambio en la estructura interna del producto cárnico como la coagulación y desnaturalización de las proteínas las cual mejora la palatabilidad de la carne intensificando el sabor, la destrucción de un gran número de microorganismos, la inactivación de las enzimas proteolíticas, la estabilización del color rosado típico del curado de la carne, entre otros. Todos los cambios afectan directamente la apariencia, gusto, textura y calidad final del producto, este proceso es básicamente la transferencia de calor mediante un medio al interior del producto, seguido de un enfriamiento a través de métodos similares. (Santos *et al*, 2019)

En alimentos tratados térmicamente, las perdidas por cocción indican el agua expulsada después de haberse sometido a cocción, dicho parámetro es de suma importancia pues entre menor perdida existe, mejor textura y mayor aprovechamiento del producto final.

USO DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE PROTEÍNAS

Estudios recientes han demostrado que el uso de fuentes de proteínas no convencionales, como los insectos es una nueva alternativa para el consumo humano, debido a que las crías de estos son amigables con el medio ambiente, además es una estrategia para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ofreciendo más beneficios, el cual incluye el uso de menor tierras de cría (Pulido *et al.*, 2020).

(Arévalo *et al.*, 2016) afirma que claramente los insectos son mucho más pequeños, y pueden ser criados en mayores densidades, esto permite aprovechar el espacio vertical, por lo que se pueden producir 64 kg de insectos por m³, frente a los 40 kg por m² de carne de pollo o los 0,13 kg por m² de carne de vacuno. (Blanco *et al.*, 2016) indica que los insectos son una fuente sostenible de proteína con una cantidad, calidad y propiedades nutritivas aceptables. Asimismo, el uso de insectos como ingrediente sostenible rico en proteínas en la dieta es técnicamente factible y abre nuevas perspectivas en la alimentación de los animales y humanos.

El consumo de insectos va desde diferentes etapas de su ciclo de vida, en polillas, mariposas y algunos escarabajos se consumen en etapa larval (orugas), mientras que los grillos, chinches, cochinillas, cigarras, termitas se consumen en etapa adulta (Pulido *et al.*, 2020).

El valor nutricional proteico de los insectos varía ampliamente dependiendo de la especie, sin embargo, presentan valores superiores comparados con fuentes de proteínas común (cerdos, aves y ganado. (Pulido *et al.*, 2020). Asimismo, los insectos pueden ser alimentados con partes vegetales desechadas de la dieta humana, como tallos y hojas, o plantas naturales no aprovechadas por el hombre (Arévalo *et al.*, 2016).

En cuanto a casos de transmisión de enfermedad o parásitos importantes derivados del consumo de insectos no se conocen casos de transmisión, sin embargo, se pueden producir alergias comparables por crustáceos, en comparación con los mamíferos y las aves, los insectos pueden plantear un riesgo menor de transmisión de infecciones zoonóticas a los humanos, aunque este tema debe investigarse a profundidad (Arévalo *et al.*, 2016).

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA DEL GRILLO (*ACHETA DOMESTICUS*)

El grillo doméstico es una especie con distribución mundial, es originario del continente asiático, es un insecto nocturno y crepuscular, el rango de temperatura ideal de crecimiento va de 27 a 32°C (Icú, 2017). Estos insectos ya tienen un uso nutritivo, se han utilizado como alimento de anfibios, artrópodos, aves y reptiles.

Anatomía: el cuerpo se divide en tres segmentos principales: cabeza, tórax y abdomen, el color es marrón amarillento y alas que le cubren el abdomen.

En la figura 3, se muestra con mayor detalle las extremidades del grillo, la cual consta de tórax, alas, cabeza, antenas, ojos, abdomen (16-21 mm de longitud), cerco y apéndices bucales (Medina, 2020).

Mientras que en la figura 4, se observa el grillo macho y en la figura 5, el grillo hembra.

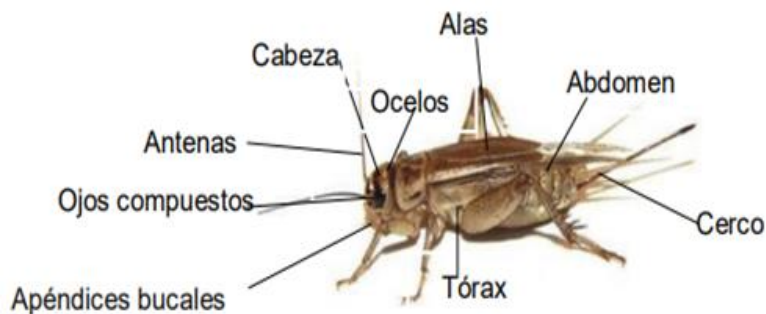


Figura 3: Morfología externa del grillo (Medina Milian, 2020)



Figura 4: Grillo macho (*Acheta domestica*) (Medina Milian, 2020).



Figura 5: Grillo hembra *Acheta domestica* (Ayala Sorroza, 2019)

Características

Este tipo de grillo se puede encontrar tanto en hembras como machos, regularmente las hembras son más grandes que los machos, además las hembras tienen un ovipositor en su extremo caudal, dos cervis, dos alas para volar, dos alas coberteras, cuatro patas caminadoras y dos patas saltadoras para escapar del peligro, estas ponen un promedio de 30 huevos por puesta, la incubación dura aproximadamente dos semanas, comúnmente depositan los huevos en sustratos húmedos como la arena. Cabe destacar que el grillo tarda 7 semanas para llegar a la etapa de la adultez y durante este tiempo pasa por siete mudas; según (Portillo, 2017) es recomendable que se tenga un cultivo una relación de macho por cada 10 hembras. tanto como hembras y machos

tienen dos ojos simples, antenas, boca, espiráculos en los costados de su abdomen, patas saltadoras (6 en total) las cuales están unidas al tórax (Medina, 2020).

Ciclo de vida

Este grillo doméstico es un insecto que presenta metamorfosis incompleta (holometábolos) ya que pasa por tres estadios (huevo, ninfa y adulto), llega a vivir hasta un año y en este transcurso logra realizar 7 mudas, su tasa de reproducción esta alta ya que cada hembra deposita entre 30 a 100 huevos en sustrato que esté húmedo cada dos semanas, esto va a depender de las condiciones ambientales y alimenticias para que la hembra se reproduzca y ovoposite (Vaca, 2020).



Figura 6: Ciclo de vida del grillo (*Acheta domestica*) (Vaca Monteros, 2020).

Alimentación

Su alimentación se basa en frutas dulces como melones, sandías, peras y cítricas como naranjas y mandarinas, vegetales frescos como cilantros, espinacas, lechugas, además siempre beben agua de forma continua. En ocasiones suelen ausentarse de estos frutos y optan por el canibalismo, es decir; comiendo crías de su misma especie, pero de menor tamaño (Ayala, 2019).

En la tabla 4, se describe la taxonomía del grillo (*Acheta domestica*), de acuerdo a su dominio, orden, familia, género y especie;

Tabla 3: Taxonomía del grillo (*Acheta domesticus*)

TAXONOMÍA	
Dominio	<i>Eukarya</i>
Orden	<i>Orthoptera</i>
Familia	<i>Gryllidae</i>
Género	<i>Acheta domesticus</i>
Especie	<i>Acheta domesticus</i>

Fuente: Portillo, 2017.

En la tabla 4, se presenta los componentes de la harina de grillo y el porcentaje de los mismos

Tabla 4: Propiedades de la harina de grillo (*Acheta domesticus*)

COMPONENTES	CANTIDAD
Fosforo	0.74%
Potasio	1.02%
Calcio	0.38%
Magnesio	0.11%
Sodio	0.43%
Zinc	203 PPM
Cobre	55 PPM
Manganeso	43 PPM
Fierro	654 PPM

Fuente: Ayala, 2019.

Según lo reportado con (Ayala, 2019) la harina de grillo (*Acheta domestica*) presenta un alto valor nutritivo en proteínas 65.69%, grasas 29.78%, minerales (cenizas) 2.83%, fibra 4.85% y carbohidratos 7.85% lo cual cubre los nutrientes que el cuerpo humano necesita en su dieta. Además, contiene los 9 aminoácidos esenciales el cuerpo humano necesita ingerir de alimentos externos, debido a que el organismo no es capaz de sintetizar (Ayala, 2019).

Costos de producción de harina de grillo

(Pulido, 2020) reporta que los costos de producción de harina de grillo son relativamente bajos y pueden competir con empresas que se dedican a esta producción e incluso la comercialización. Además de esto menciona la harina de grillo está por encima de % de proteína de la carne bovina, por otro lado, menciona que para la producción el ganado requiere entre 7570 a 1130 litros de agua por libra, mientras que los grillo requieren cuatro litros por libra, lo cual es impresionante pues ayuda a preservar el uso de los recursos naturales.

Para la elaborar harina de grillo (*Acheta domestica*) este consta de dos etapas primordiales

1: Crianza de grillos; la cual se da en gavetas de plástico, conservando un ambiente cerrado, con poca luz y una temperatura de 30-35°, el recipiente debe llegar alrededor de 1800 larvas de grillos, los cuales se alimentan durante las primeras semanas con hojas frescas y mucha agua. La limpieza se debe realizar una vez por semana, las cajas de tierra húmeda donde los grillos depositen sus huevos se retiran cada semana y se llevan a gavetas vacías para repetir el proceso a repetir es el siguiente: Apareamiento, incubación de los huevos y crecimiento elaboración de harina de grillos

El siguiente paso es la elaboración de harina, la cual es necesario que los grillos están en la etapa adulta (la cual se alcanza en un tiempo de 30 días a 28-30 °C, llegan a vivir de 2 a 3 meses) posteriormente pasan a ser triturados mediante un molino, se tamizan para eliminar residuos grandes y para homogeneizar la harina, se pesa la harina y se empaca el producto terminado.

HARINAS NO CONVENCIONALES EN PRODUCTOS CÁRNICOS

Al hablar de harinas no convencionales nos referimos a toda aquella fuente novedosa y que no ha sido tan explotada, la cual es introducida a una matriz alimentaria con el fin de mejorar la calidad del producto final, estas harinas pueden provenir de diferentes fuentes ya sean de origen vegetal, hongos e insectos y determinar el producto a desarrollar.

Es de suma importancia determinar el propósito al que se estará destinando dicha harina, por ejemplo, Mejorar la disponibilidad de fibra, proteína o carbohidratos (Guevara, 2021)

En la tabla 5, se describe la adición de harinas no convencionales en diversos productos innovadores, así como el efecto del mismo

Tabla 5: Productos adicionados con harinas no convencionales y efecto del mismo

Innovación	Efecto
Inclusión de harinas a base de granos como lenteja, frijol, maíz, quínoa soja, mijo en productos cárnicos	Incremento de la capacidad de absorción de agua
Inclusión de harinas de hongos	Disminución en la capacidad de absorción de agua
La integración de harina de insectos (Tenebrio molito, Bombyx mori, Z. morio larvae), en conjunto con pseudocereales (quinua, amaranto, teff)	Disminución en la capacidad y estabilidad de emulsión
Hamburguesa de cerdo adicionada con harina de grillo	Fortificación de proteínas y micronutrientes
Salchicha de pollo adicionada con avena	Mayor rendimiento, estabilidad de emulsión, capacidad de retención de agua
Salchicha de pollo con sorgo	Disminución de pérdida por cocción, aumento de estabilidad de emulsión
Mortadela de pollo con hojas de moringa	Reducción de lípidos
Embutido de cerdo con Súper gusano (Zophobas morio larvae)	Disminución de la pérdida de cocción, aumento de estabilidad de emulsión, reducción de propiedades estructurales
Nuggets de pollo, aislado de proteína de guisante	Aumento en la capacidad de retención de agua, disminución de pérdidas por cocción

Fuente: Guevara, 2021.

RELEVANCIA DEL USO DE INSECTOS COMO INGREDIENTES FUNCIONALES

Los insectos han jugado un papel importante desde la antigüedad, tienen raíces prehispánicas en México y cuyo consumo se da en 130 países, en la última década se han expandido enormemente, esto debido al aumento de las industrias que producen y comercializan variedad de alimentos a base de insectos con destino a humanos y animales (Pérez *et al.*, 2018).

Recientemente el hablar de insectos comestibles se ha convertido en un tema novedoso, que incluso en muchos restaurantes incluyen platillos de insectos como larvas, hormigas, chapulines, grillos, entre otros; esto debido a las bondades nutricionales que aportan, tales como un alto valor proteico, vitaminas y ácidos grasos, además el consumo de insectos es una alternativa como fuente de proteína y una forma de mitigar el cambio climático (Pérez *et al.*, 2018).

Diversos estudios han comprobado que los insectos comestibles representan buenas alternativas nutritivas comparado con las fuentes proteicas como la carne de pollo, cerdo, res, pescado e incluso el porcentaje de proteína presente en estos, (en México) está por arriba de los alimentos convencionales, el cual incluye, pollo, res, frijol, lenteja, entre otros.

Además, el valor nutricional lo convierte en una opción ante la homogeneización de la dieta a nivel mundial (Guzmán *et al.*, 2016).

En la tabla 6 se incluye algunos de los beneficios y desventajas que el uso de insectos genera en la alimentación humana

Tabla 6: Ventajas y desventajas del uso de insectos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Los grillos necesitan 12 veces menos alimento que el ganado, 4 veces menos que las ovejas, y la mitad de alimento que los cerdos y los pollos de engorde para producir la misma cantidad de proteínas	Existe una posibilidad de presencia de contaminantes presentes en los insectos. Sin embargo, se desconocen cuáles son y en qué cantidades, por lo que se requiere mayor investigación.
Los insectos son alternativas saludables y nutritivas a los alimentos cárnicos básicos. Muchos insectos son ricos en proteínas y grasas buenas y altos en calcio, hierro y zinc	La legislación es deficiente para los productos elaborados con insectos, en muchos países no aparecen en los Reglamentos de Alimentos.
Producen menos gases de efecto invernadero comparado con el ganado	Gran parte de la población rechaza el consumo de estos debido a cuestiones culturales, y por considerarlos desagradables y nocivos
Las emisiones de amoníaco asociadas a la cría de insectos también son mucho menores que las del ganado convencional, como los cerdos	Patógenos tales como <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> o <i>E.coli</i> pueden contaminar alimentos con insectos no procesados
Según la FAO, los insectos pueden convertir 2 kg de alimento en 1 kg de masa de insecto, mientras que los bovinos requieren 8 kg de alimento para producir 1 kg de aumento de peso corporal, comprado con lo anterior, los insectos tienen una alta eficiencia de producción	Las personas alérgicas a los crustáceos pueden ser susceptibles de ser alérgicas a los insectos, por lo que debería etiquetarse en el envoltorio que los insectos pueden causar alergias.

Fuente: Avendaño *et al.*, 2020.

ENTOMOFAGIA

La entomofagia hace referencia al consumo de insectos en general como alimento para humanos, ya sea consciente o inconscientemente, los cuales se consumen en distintas fases de su crecimiento como en larvas, huevos, ninfas y adultos. Generalmente el insecto tiene distintas características dependiendo de la forma en que se comen, si se consumen vivos o sin cocinar estos son cremosos, sabor delicioso y algo salado, cabe destacar que el sabor va a depender del lugar y los gises que se le quiera dar, en distintas partes del mundo se consumen en platillos diferentes como en Australia se consumen en pastel de chocolate relleno de nata con guindas de hormigas a la miel, en china realizan vinos de hormigas, así como cucarachas fritas, en España consumen la ensalada con rúcula con saltamontes, sopa de verduras con cuscús y grillos, en Tailandia consumen larvas de abejas con abeja con crema de coco, en México uno de los más famosos platillos son los saltamontes marinados con sal y limón y en Indonesia consumen larvas de espetó con asadas (Fleta *et al.*, 2018).

En la actualidad se conocen más de 200 especies registradas, sin embargo, aún no se han logrado estudiar todas, únicamente se ha estudiada la parte nutricional de algunas, en la tabla 7 se presenta el valor nutritivo de algunos insectos comestibles (g/ 100 g de insecto) según el porcentaje de proteínas, grasas, sales minerales, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, el cual el de mayor porcentaje de proteínas se encuentran las libélulas, en grasas y fibra cruda los escarabajos, en sales minerales las moscas.

Tabla 7: Valor nutricional de insectos

INSECTO (ORDEN)	PROTEÍNAS	GRASAS	SALES MINERALES	FIBRA CRUDA	EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO
Libélulas (<i>Odonata</i>)	56.22	22.93	4.20	16.61	0.02
Langostas, saltamontes (<i>Orthoptera</i>)	77.63	4.20	2.40	12.13	4.01
Chinches (<i>Hemiptera</i>)	62.8	9.67	8.34	10.46	8.70
Mariposas (<i>Lepidoptera</i>)	58.82	6.80	6.09	26.22	1.98
Moscas (<i>Diptera</i>)	35.81	5.80	31.12	22.00	5.18
Escarabajos (<i>Coleoptera</i>)	31.21	34.30	1.72	32.72	0.05
Hormigas, abejas, avsipas(<i>Hymenoptera</i>)	60,60	10.61	5.36	10.18	13.14

Fuente: Fleta *et al.*, 2018.

FORMULACIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES

Los alimentos funcionales son una gama de productos alimenticios naturales o procesados, a los que se les han adicionado, removido o modificado algún componente o simplemente contienen componentes nutritivos que ejercen un efecto beneficioso sobre la salud humana. No obstante, los alimentos funcionales pueden contribuir a la prevención y tratamiento de enfermedades en cuyo caso se les denomina nutraceuticos (Benítez *et al.*, 2017).

El uso de este término se remonta a la década de 1980 en Japón y en el año de 1991 por el ministerio de salud, trabajo y bienestar.

Asimismo, (Illanes, 2015) define alimentos funcionales a aquellos que contienen ingredientes con funciones saludables para los cuales se aprueba que declaren sus efectos fisiológicos en los consumidores, es decir los alimentos se consideran funcionales, si además de su efecto nutricional, favorecen funciones fisiológicas en el cuerpo humano, mejorando la condición física y reduciendo el riesgo de enfermedad. Cabe destacar que un aspecto importante en el consumo de estos alimentos es que la cantidad y forma de consumo debe ser habitual en la ingesta de la dieta, debido a que el alimento funcional es ante todo un alimento y no un fármaco

El desarrollo de estos alimentos es fundamental para las empresas alimentarias e incluye el diseño, la optimización, y desarrollo de diferentes formulaciones

Además, los profesionales en alimentos deben tener en cuenta que los alimentos funcionales requieren ensayos *in vitro*, *in vivo* (animales) y clínicos para respaldar cualquier reclamación (Sin estos requisitos previos, el alimento desarrollado es solo nutritivo en lugar de funcional. Los científicos de alimentos en colaboración con profesionales en otros campos deben unirse para obtener una visión multidisciplinaria (Trescastro *et al.*, 2015); (Granato *et al.*, 2020)

Por otro lado, los alimentos funcionales presentan cuestiones polémicas las cuales tiene que ver con los riesgos que pueden plantear estos productos desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. Además de obtener evidencia científica acerca de sus efectos y seguridad, conseguir, como advierten las autoridades alimentarias y sanitarias dependiendo del lugar donde se elabore al producto (Trescastro *et al.*, 2015).

HIPÓTESIS

La adición de harina de grillo (*Acheta domesticus*) mejorará las propiedades tecnológicas y nutracéuticas en reestructurados a base de macabil (*Albula vulpes*); además tendrá un efecto significativo sobre su capacidad de retención de agua, pérdida por cocción, fenoles totales, capacidad antioxidante y análisis de perfil de textura

METODOLOGÍA

Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo experimental, de laboratorio y análisis cuantitativo; experimental, porque se manipularon variables independientes (% de harina de grillo, % de sal); por otra parte, se analizaron las variables dependientes como análisis de perfil de textura, capacidad de retención de agua, pérdida por cocción y actividad antioxidante

Muestra

Se utilizaron 1.6 kg de carne de macabíl obtenido del mercado del norte de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y 135 g de harina de grillo proveniente de la empresa Agroinsectos S.A. de C.V, ubicada en calle Mineros No.48. El Grande, Guanajuato.

Sitio experimental

El proceso de la elaboración de los reestructurados de macabíl adicionados con harina de grillo, así como las evaluaciones a las muestras se realizaron en el Laboratorio de Bioquímica Molecular en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Variables

Tabla 8: Variables dependientes e independientes

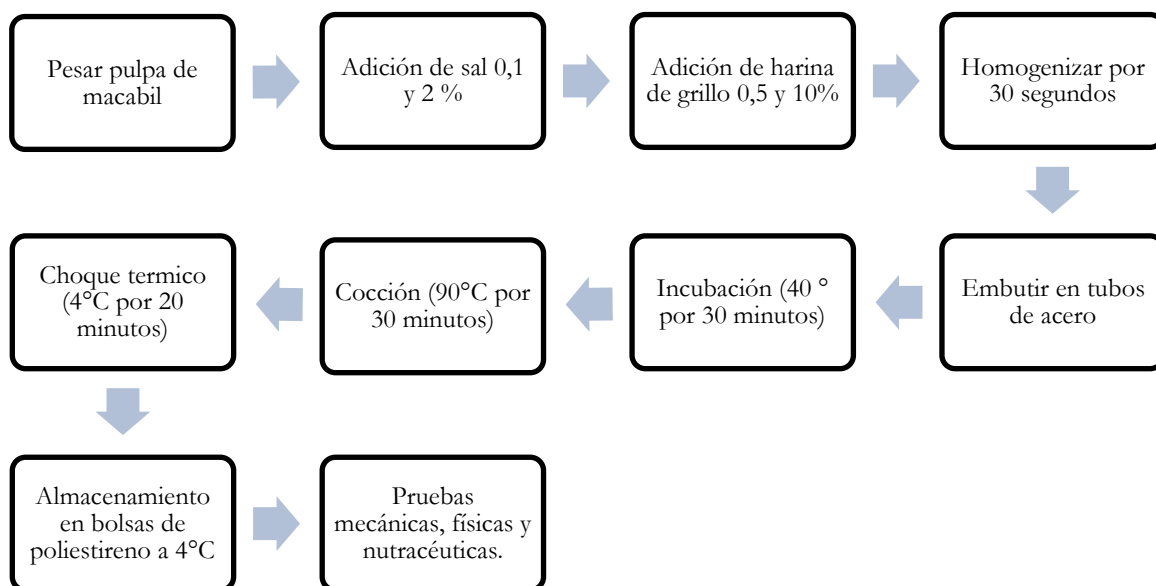
Dependientes	Independientes
✓ Capacidad de retención de agua ✓ Pérdida por cocción ✓ Análisis de perfil de textura ✓ Actividad antioxidante	% de harina de grillo % sal

Elaboración de reestructurados

Los reestructurados se obtuvieron mezclando 150 g de pulpa de macabil en una licuadora marca Nutribullet modelo 100391 (NB-101B) adicionando 1 y 2 % (p/p) de sal, Posteriormente se incorporó harina de grillo a la mezcla, en concentraciones de 5 y 10 % (p/p), para el tratamiento control se hizo una formulación sin sal y sin harina de grillo. La pasta homogeneizada se introdujo en tubos de acero inoxidable (1.8 cm de diámetro interior y 5.9 cm de longitud). Los tubos se cerraron con tapones de rosca antes de la incubación a 40 °C por 30 min, seguido de una inmersión en agua a 90 °C por 30 min. Después de la cocción, los tubos fueron colocados en un baño de agua fría (4 °C a 5 °C) por 20 min. Los productos reestructurados de carne de macabil fueron extraídos de los tubos y almacenados 12 horas a 4 °C en bolsas de poliestireno antes de realizar las pruebas de ATP, % agua extraíble, % de pérdida por cocción, fenoles totales y actividad antioxidante.

DIAGRAMA DE FLUJO

El siguiente esquema menciona cada una de las etapas a realizar para la elaboración de los reestructurados adicionados con harina de grillo.



DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS A UTILIZAR

Preparación de los geles para evaluar el análisis de perfil de textura (TPA).

Uno de los factores para medir la textura es el requisito de cortar un tamaño de muestra específico para estandarizar los efectos sobre la textura. El tamaño de las muestras de geles fue de 1.87 cm de diámetro y 3 cm de longitud, se equilibraron a temperatura ambiente por 30 minutos, en bolsas de plástico, para evitar la deshidratación antes de las mediciones.

Análisis del perfil de textura (TPA).

Este estudio se hizo por medio de un Texturometro, Stable Micro Systems Texturometer (Modelo TAXT2i, Viena Court, England, UK). El TPA se realizó con los siguientes parámetros: comprimiendo las muestras al 50 % de su altura inicial, usando una sonda cilíndrica de aluminio (P/50), con 50 mm de diámetro y una velocidad de cabezal de 60 mm/min. Se reportaron los valores de dureza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad para cada tratamiento. Se analizaron 6 muestras por cada tratamiento.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La determinación de la capacidad de retención de agua se calculó de forma indirecta calculando el agua extraíble de las muestras, tras aplicar una fuerza centrífuga de 1000 rpm por 5 minutos a 20°C. se analizaron 3 muestras por cada tratamiento.

Perdida por cocción

El método empleado se basa en el porcentaje de agua perdido tras el calentamiento de las muestras sin aplicar fuerzas externas, a una temperatura de 90° C por 30 minutos.

Cuantificación de fenoles totales (Folin–Ciocalteu)

Para la determinación se utilizó el método Folin Ciocalteu utilizando una solución estándar de ácido gálico en una concentración de 0.1 mg/ml, el reactivo Folin-Ciocalteu al 1N, carbonato de sodio al 20% y agua destilada.

Capacidad antioxidante

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizaron los métodos ABTS y DPPH, utilizando una solución estándar de trolox 1Mm, posteriormente el radical DPPH se disolvió en metanol hasta obtener una absorbancia de 0.75 a 0.78 a 517 nm. Y para ABTS se preparó una solución acuosa de ABTS 7 Mm y una solución de persulfato de potasio 140 Mm; para posteriormente mezclarlos y activar el radical ABTS después de 24 horas, finalmente se ajustó la solución a 0.7 ± 0.02 de absorbancia a 734 nm.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

En este estudio se utilizó un diseño multifactorial completamente aleatorizado; de 3x3, con un total de 9 tratamientos. Los niveles corresponden a la adición de sal y harina de grillo (*Acheta domestica*) en concentraciones 0, 1 y 2 % para la sal; y 0, 5 y 10 % para la harina de grillo. Todos los tratamientos fueron incubados a temperaturas de 40 °C por 30 minutos, para su posterior tratamiento a 90 °C por 30 minutos como lo muestra la tabla 9:

Tabla 9: Diseño de experimentos

% NaCl	% HARINA DE GRILLO	TRATAMIENTO
0	0	1
	5	2
	10	3
1	0	4
	5	5
	10	6
2	0	7
	5	8
	10	9

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron usando el programa estadístico denominado Minitab versión 2020. Se aplicó un análisis de varianza y se usó la prueba Tukey para establecer diferencias significativas entre tratamientos, considerando una diferencia significativa cuando $p \leq 0.05$.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la figura 7 se observa los reestructurados formulados en la presente investigación

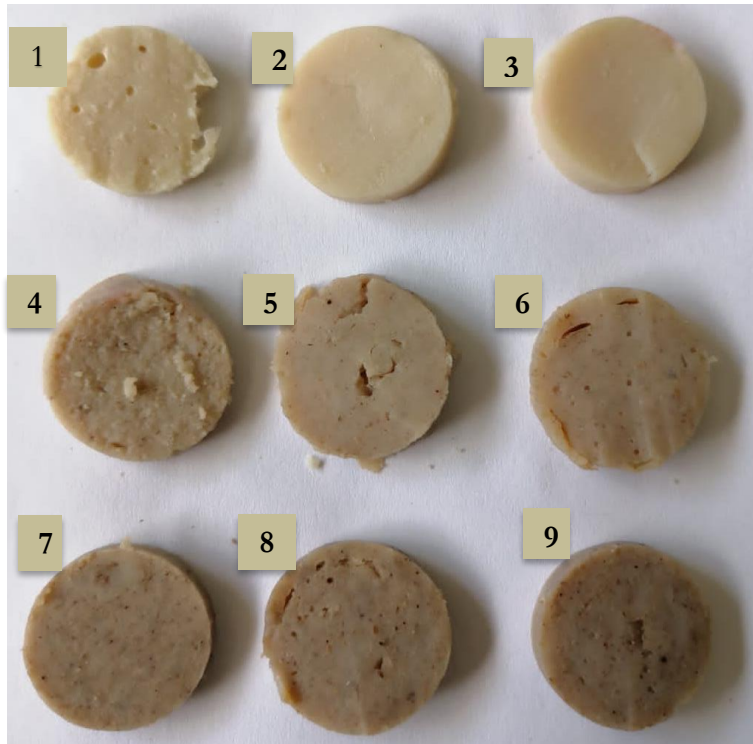


Figura 7: Reestructurados formulados

En la figura 7 se muestran los reestructurados formulados en la presente investigación los componente incluyen carne de Macabill (*Albula vulpes*), harina de grillo (*Acheta domestica*) y sal; el tratamiento 1 corresponde a (0 % de sal, 0% harina, 2 (1% de sal, 0% harina), 3 (2 % sal, 0 % harina), 4 (0 % sal, 5% harina), 5 (1% sal, 5 % harina), 6 (2% sal, 5% harina), 7 (0% sal, 10% harina), 8 (1% sal, 10% harina) y 9 (2% sal, 10 % harina).

ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)

El análisis del perfil de textura, es un excelente procedimiento instrumental, que simula la masticación de la mandíbula; ayuda a medir y a cuantificar parámetros tales como: dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, cohesividad entre otros, que se relacionan a su vez con variables como la tasa de deformación aplicada y la composición del producto (Torres *et al.*, 2015).

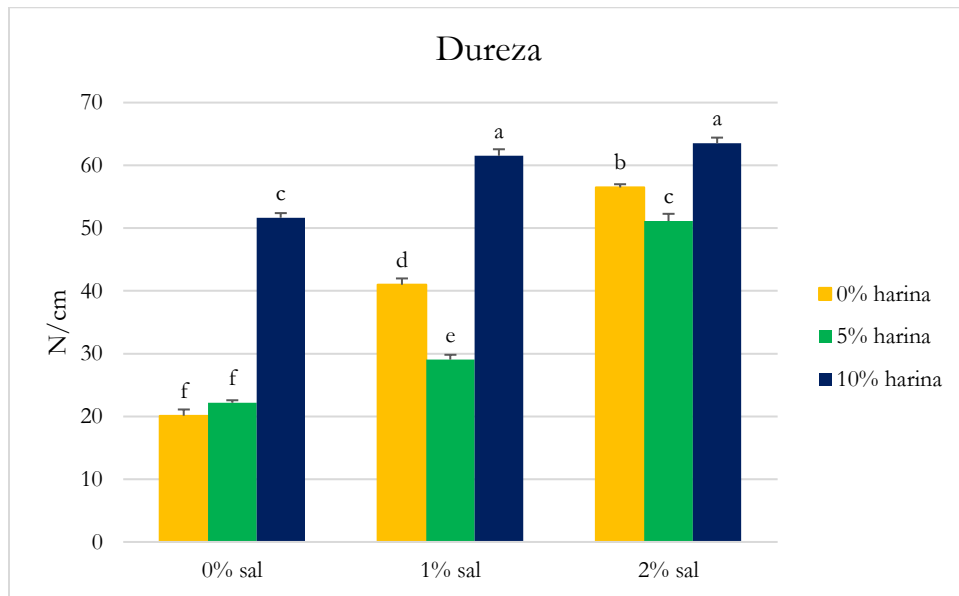


Figura 8: Resultados del parámetro de dureza

En la figura 8, se observa el parámetro de dureza, la cual es definida como fuerza necesaria para lograr una deformación determinada, este parámetro sirve para evaluar la fuerza máxima necesaria para producir una deformación. Los reestructurados de carne de Macabil sin adición de sal y harina de grillo (control) presentaron los valores más bajos de dureza, de 20.11N; los tratamientos con 1 y 2% de sal sin adición de harina de grillo, mostraron un efecto esperado en el aumento de este parámetro, esto se debe a que existe una mayor solubilización de las proteínas miofibrilares a mayores contenidos de sal dando como resultado una mayor interacción entre las proteínas formando una red más estable (Kim *et al.*, 2017).

Cuando se adicionó harina de grillo al 5 % se observó un mejor efecto cuando interactuó con 2% de sal; los reestructurados adicionados con 10% de harina de grillo mostraron un efecto

significativo incluso cuando el porcentaje de sal era 0 %. Los valores más altos de dureza corresponden a los tratamientos con 10% de harina elaborados con 1 y 2 % de sal, 61.52 y 63.50 N/cm respectivamente.

En reestructurados de pescado no existen investigaciones que evalúen la incorporación de harina de insectos, no obstante, existen algunas investigaciones en otros tipos de productos, como la de (kim, *et al*, 2017) quienes evaluaron la adición de harina de grillo (*Acheta domesticus*) en salchichas de res y puerco encontrando un aumento significativo en este parámetro, hecho que atribuyeron a las proteínas de este insecto.

Otras investigaciones han evaluado ingredientes como lecitina y harina de arroz en geles de surimi, encontrando valores de dureza de 50 a 73 N (Cho y kim, 2013) (Panpipat *et al.*, 2021). la adición de harina de grillo en 10% en reestructurados de macabil presentó valores de 51.65 a 63.05 N teniendo mejor efecto con 1 y 2% de sal.

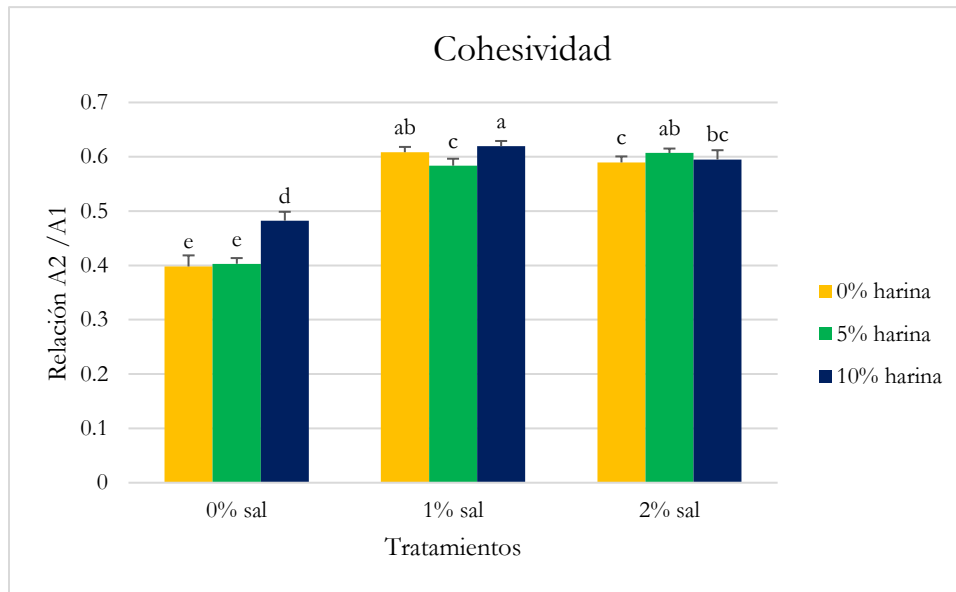


Figura 9: Resultados del parámetro de Cohesividad

La Figura 9, se muestra la cohesión de geles obtenidos a partir de carne de Macabril adicionada con harina de grillo. Los geles obtenidos tuvieron valores de cohesión de 0.39 a 0.61. Los datos más bajos de cohesividad fueron de 0.39 y 0.40 sin la adición de sal, estos valores indican que la muestra perdió su estructura interna durante la primera compresión, por lo que no requirió mucha fuerza para volver a comprimirla. En los geles obtenidos con 1% de sal, la cohesividad más alta fue de 0.61 con 10% de harina de grillo, seguido por los geles con 5 % de harina y 2% de sal (0.60). La cohesividad se ve favorecida con la adición de sal. Estudios como (Cardoso *et al.*, 2009) evaluaron la transglutaminasa microbiana y fibra dietética en geles de surimi de caballa, obteniendo resultados similares de cohesividad que van desde 0.59 a 0.72.

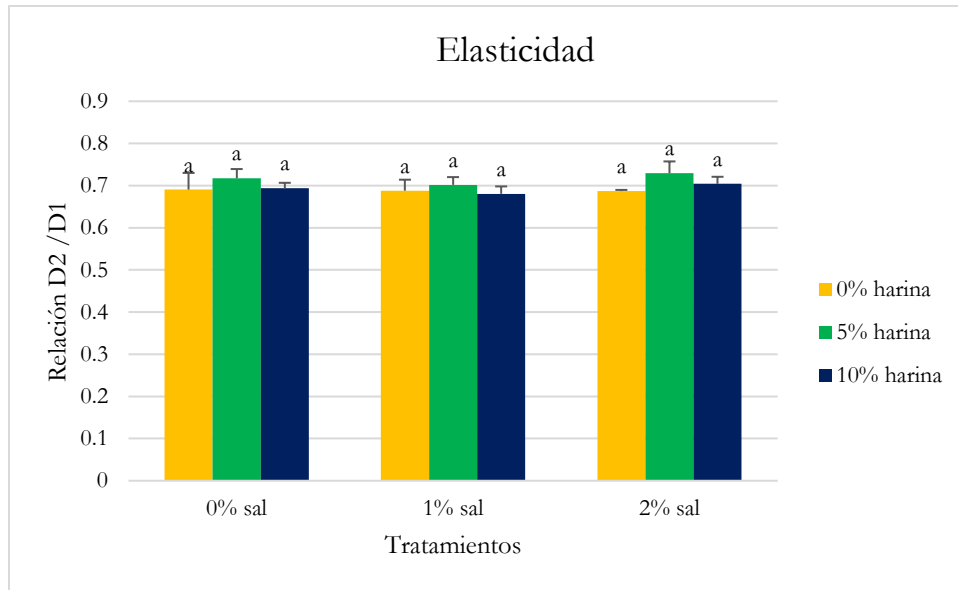


Figura 10: Resultados del parámetro de Elasticidad

La figura 10, muestra la elasticidad de los geles, la cual no fue afectada significativamente ($p \leq 0.05$), por ninguno de los tratamientos. Los valores de elasticidad oscilaron entre 0.68 y 0,72 en geles obtenidos de carne de macabil adicionados con harina de grillo y sal en distintos porcentajes. Un comportamiento similar fue observado en un estudio realizado por (Haimei *et al.*, 2014), quienes evaluaron el efecto de diferentes almidones sobre las propiedades texturales de geles de surimi, con valores cercanos a 0.7 de elasticidad en todas las muestras, esto indica la recuperación de las muestras desde la primera comprensión.

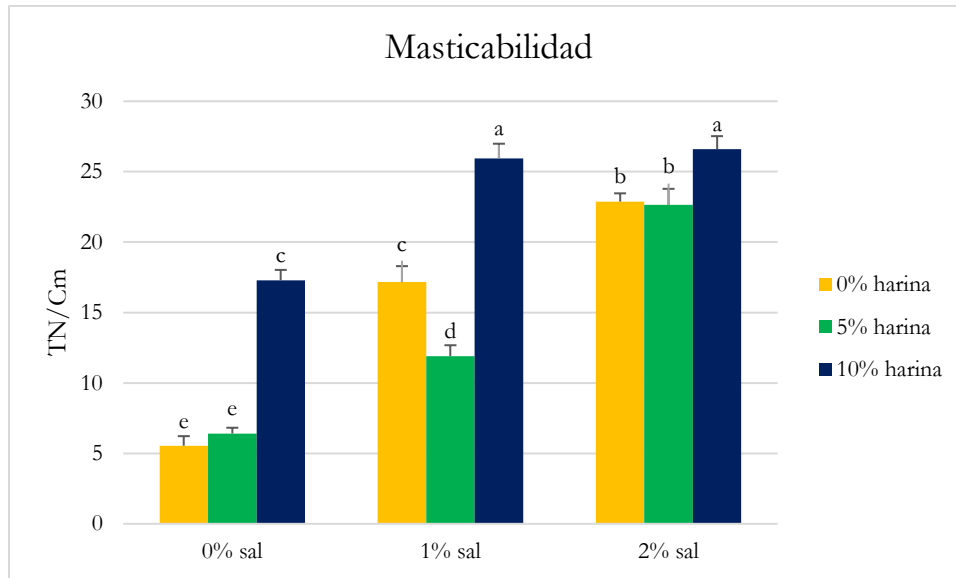


Figura 11: Resultados del parámetro de masticabilidad

La masticabilidad representa la energía requerida para masticar un alimento sólido y desintegrarlo para tragarlo, este parámetro es el resultado de la interacción de los parámetros de dureza, cohesividad y elasticidad. La figura 11 muestra los valores de masticabilidad N/cm, puede observarse que el tratamiento control presenta los valores más bajos (5.54); en contraparte se observa un incremento de este parámetro al adicionar sal y harina de grillo.

En productos cárnicos se ha reportado que la sal es un ingrediente fundamental ya que existe una mayor solubilización de proteínas miofibrilares, a consecuencia ocurre un cambio positivo en la textura del producto debido a una mayor capacidad de retención de agua que ocurre por las proteínas.

La adición de harina de grillo en un 5% presentó un mejor efecto con 2 % de sal (22.63) teniendo valor similar al tratamiento que fue adicionado únicamente con 2% de sal (22.87); los tratamientos a los que se le adiciono 10% de harina de grillo con 1 y 2% de sal obtuvieron los valores más altos de masticabilidad, 24.94 y 26.60 N/cm respectivamente no encontrando diferencia significativa entre estos tratamientos ($p \leq 0.05$). (Kim *et al.*, 2017) reportaron efectos similares en las propiedades texturales de salchichas de res y puerco sustituyendo una porción de carne magra y grasa por harina de grillo, obteniendo mejores resultados usando 10% de harina de grillo; los resultados de su investigación mantuvieron valores de masticabilidad de 25 a 32.

ANÁLISIS FÍSICOS

PERDIDA DE AGUA POR COCCIÓN

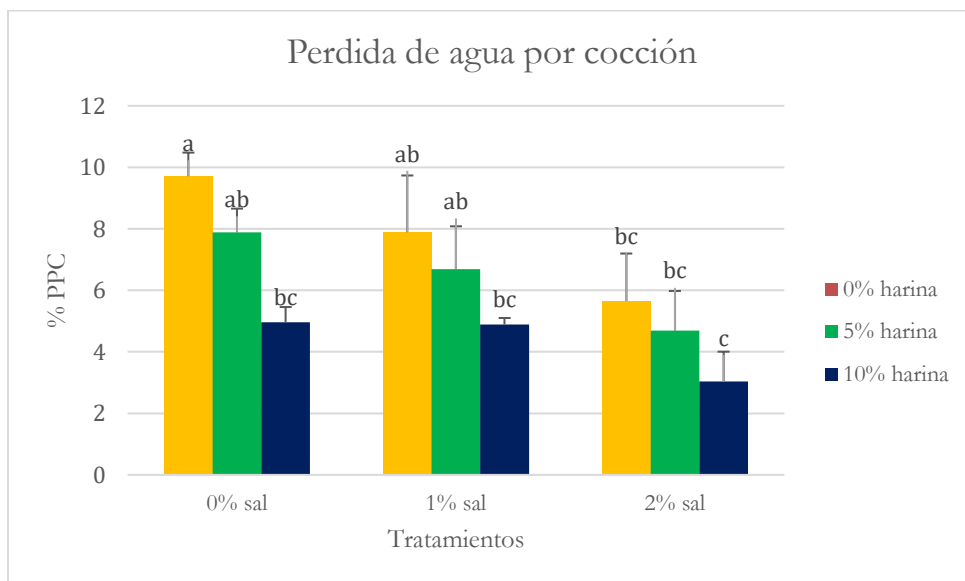


Figura 12: Análisis de pérdida por cocción en reestructurados de Macabil (*Albula vulpes*)

En la figura 12, se muestra la pérdida por cocción de los geles, es decir el agua expulsada después de haberse sometido a cocción. Mayor % de sal (2%) y de harina (10%), menor pérdida por cocción esto se relaciona con lo reportado por (Guevara, 2021) que menciona que la adición de harinas no convencionales en productos cárnicos disminuye las pérdidas por cocción, es decir, el porcentaje de contracción es inferior, lo cual representa un mayor aprovechamiento de la disponibilidad de los componentes en la matriz cárnica.

En el tratamiento con 1% de sal se obtuvo 7.89, 6.69, 4.88 % de pérdida, respectivamente con la adición de harina, mientras que en tratamiento con 0% de sal el de mayor % de pérdida fue el control con 9.71 %. Aunque para ambos tratamientos con 0 y 1% de sal no existe mayor diferencia significativa, estos resultados presentaron un comportamiento similar con lo reportado con (Keto, *et al.*, 2018) quienes elaboraron salchichas de estilo polaco adicionadas con harina de grillo *Acheta Domestica* presentando pérdidas por cocción inferior al 10%.

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

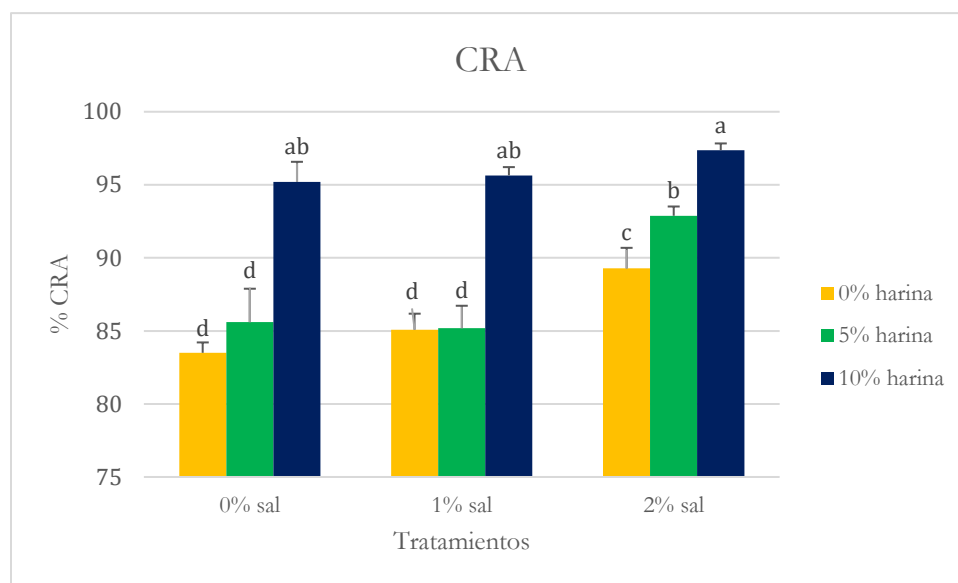


Figura 13: Análisis de capacidad de retención de agua en reestructurados de Macabil

La figura 13, se presentan los resultados de análisis de capacidad de retención de agua en reestructurados de macabil, es decir la capacidad de las proteínas para retener/unir moléculas de agua y así evitar su liberación; altos porcentajes indican una mayor capacidad de retención de agua de los reestructurados. Se puede apreciar que los tratamientos a los que no se les adiciono harina de grillo presentan valores más bajos de CRA, así mismo se puede notar un aumento de este parámetro con la adición de sal (2%).

Por otro lado, la adición de harina de grillo, mostro un efecto en la capacidad de retención de agua, presentando valores de 97.37 % cuando se le adiciono 10 % de harina de grillo. Los tratamientos adicionados con 5 y 10 % de harina presentan valores muy similares. Tal como lo reporta (Guevara 2021), que indica que la introducción de harinas no convencionales aumenta la capacidad de retención de agua de los productos cárnicos, dicho aumento representa un atributo importante ya que una alta capacidad de retención de agua presenta mayor rendimiento; es decir que las pérdidas de agua son mínimas con ello al momento de cocinar o de consumir cuenta con una alta jugosidad, dicha propiedad aumenta el sabor haciendo más fácil de masticar. En el caso de los reestructurados sin harina de grillo con 1 y 2% de sal se observó un aumento de CRA, menor que los reestructurados a los que se les adiciono harina de grillo. Efectos similares se han observado al adicionar harinas de otros insectos; (Kim *et al.*, 2016) elaboraron

salchichas de cerdo agregando harina de larvas de gusano y pupas de gusano, encontrando una mayor capacidad de retención de agua la cual se mantuvo en valores del 95 al 96%.

De acuerdo a (Mishyna *et al.*, 2021) varias especies de insectos incluyendo al grillo domestico han presentado efectos positivos sobre la CRA, la mayoría de ellas presenta valores de 90 a 99% de CRA; efecto que se ve reflejado en esta investigación; este hecho se respalda con la capacidad de gelificación que la mayoría de las harinas de insecto presentan, este mismo autor indica que las proteínas presentes en las harinas de insecto tienen la capacidad de gelificar a temperaturas de entre 80 a 90°C formando redes estables con una alta retención de agua dentro de su estructura.

Otras investigaciones que han utilizado harina de grillo, han reportado de igual forma un incremento en la CRA; (Kim, *et al.*, 2017) evaluaron la adición de harina de grillo *Acheta domesticus* en emulsiones cárnicas presentando valores, sugiriendo que la harina de grillo puede ser funcional como ingrediente alimentario en productos cárnicos procesados.

Fenoles totales

Es la tabla 10 se presentan los valores de fenoles totales y capacidad antioxidante en reestructurados de macabil (*Albula vulpes*) adicionados con harina de grillo (*Acheta domesticus*).

Tabla 10: Resultados de fenoles totales y capacidad antioxidante

Tratamiento	Sal	Harina de grillo	Fenoles totales mg/g	DPPH % inhibición	ABTS % inhibición
1	0	0	0.384±0.007 a	14.3 ± 0.34 d	44.5 ± 1.82 e
2	1	0	0.337±0.011 a	16.2 ± 1.31 cd	46.1 ± 1.11 de
3	2	0	0.398 ±0.032 a	16.0 ± 1.02 cd	50.6 ± 0.87 d
4	0	5	0.301±0.022 a	21.0 ± 0.56 b	61.6 ± 2.11 bc
5	1	5	0.330±0.016 a	18.40 ± 0.88 bc	45.7 ± 2.91 e
6	2	5	0.373±0.027 a	18.8 ± 1.52 bc	58.2 ± 1.38 c
7	0	10	0.394±0.056 a	25.9 ± 2.19 a	71.1 ± 3.22 a
8	1	10	0.356±0.045 a	28.4 ± 0.15 a	64.5 ± 0.67 b
9	2	10	0.385 ±0.063 a	28.8 ± 2.17 a	73.8 ± 2.88 a

En la tabla 10 se muestra los resultados obtenidos en la determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante por los métodos DPPH Y ABTS en reestructurados de Macabil adicionado con harina de grillo (*Acheta domesticus*), se puede observar que la adición de harina de grillo no tuvo efecto significativo sobre el contenido fenólico, sin embargo la capacidad antioxidante presentó un incremento en el porcentaje de inhibición especialmente en los tratamientos adicionados con 10% de harina, aunque se puede apreciar un ligero incremento en los tratamientos con 5% de harina.

Respecto al contenido fenólico (Niño *et al.*, 2021), reportó una baja concentración de estos metabolitos en extractos metanolicos de grillo terrestre comestible, identificando dentro de ellos al ácido 4-hidroxibenzoico, ácido *p*-cumárico, ácido ferúlico y ácido sirínico; la baja concentración de compuestos fenólicos se atribuye al tipo de alimento que consume el insecto, pues muchas de las granjas utilizan deshidratados de plantas para alimentarlos, esto causaría una disminución en el consumo de compuestos fenólicos por parte de los insectos (Niño *et al.*, 2021); una investigación por (Burghardt *et al.*, 2001) reportó un incremento en el contenido fenólico

al alimentar a los insectos con plantas frescas (sin procesar); otro planteamiento que sugiere (Niño *et al.*, 2021) que podría reducir el contenido de estos compuestos es la forma de comercialización de los insectos, pues la mayoría de estos se deshidratan y se trituran para realizar harinas este proceso provocaría una reducción del contenido fenólico.

Por otro lado, un comportamiento similar fue observado por (Jing Chung Chen *et al.*, 2007) que evaluaron el contenido fenólico influenciados por la sal y calentamiento en geles de surimi, concluyendo que el tratamiento térmico a 90 °C por 30 minutos causa una disminución en el contenido fenólico total, mientras que la adición de sal no muestra efecto significativo alguno.

Esta misma investigación menciona que la asociación entre las proteínas de pescado desnaturalizadas y compuestos fenólicos afecta la capacidad de extracción y disponibilidad de los compuestos fenólicos: esta asociación podría consistir en interacciones químicas entre las proteínas de pescado y los compuestos fenólicos, o simplemente los compuestos fenólicos podrían quedar atrapados en la estructura de red formada por las proteínas de pescado desnaturalizados, lo cual causaría una reducción en su determinación.

Dado que no se detectó una diferencia en el contenido fenólico en ninguno de los tratamientos la capacidad antioxidante que, si presento diferencias significativas tanto en DPPH y ABTS puede atribuirse a otro tipo de moléculas como proteínas, de acuerdo a (González *et al.*, 2019) los mecanismos de acción por las que las proteínas pueden actuar como agentes antioxidantes puede deberse a; su capacidad de donar protones, capacidad secuestrar iones metálicos, eliminando radicales.

Un estudio realizado por (Navarro del Hierro *et al.*, 2019) presentaron en extractos de (*Acheta domesticus*) un porcentaje de inhibición de 72% para dpph, valor muy por encima a los reportados por esta investigación; los reestructurados adicionados con 10% de harina de grillo presentaron los valores más altos para dpph, en un rango de 25 al 28% de inhibición.

El análisis de abts presento mayores porcentajes de inhibición que dpph, los valores más altos se presentaron cuando se adiciono 10% de harina de grillo, teniendo porcentajes del 64 al 73%.

(Quinteros, 2021) reportó un efecto similar al analizar aislados proteicos de harina de grillo (*Gryllus assimilis*), presentando mayor capacidad antioxidante por el método abts en comparación con el método dpph; esto puede deberse a una mayor afinad del radical abts por enzimas y proteínas.(Quinteros, 2021) menciona en su investigación las proteínas de grillo poseen un

sistema de enzimas antioxidantes y moléculas antioxidantes de bajo peso molecular que de forma concatenada responden al ataque de oxidantes dietéticos y producidos de forma endógena; enzimas antioxidantes como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión transferasa y glutatión reductasa han sido caracterizados en insectos.

CONCLUSIONES

Se encontró que la textura de los reestructurados de Macabil tiene buenas características de gelificación. No son geles tan débiles y la harina de grillo le confiere mejores características estructurales.

El análisis de perfil de textura indico que la dureza es mayor cuando se le agrega mayor cantidad de harina y sal, la cohesividad se ve favorecida con la adición de sal, la elasticidad no presento diferencias significativas en ningún tratamiento, la resultados de masticabilidad demuestran que se pueden elaborar reestructurados de macabil adicionados con harina de grillo utilizando una concentración de 10% con 1 o 2% de sal; o bien utilizar 5 de harina de grillo y 2% de sal, a fin de no comprometer las propiedades texturales del producto final.

Las pérdidas por cocción fueron menos en los tratamientos con mayor porcentaje de sal y de harina de grillo; el mismo efecto se presentó con el análisis de capacidad de retención de agua; el cual se ve favorecida con la adición de sal y harina de grillo, presentando altos % de CRA, el cual indica que las pérdidas de agua son mínimas; estos resultados indican que la harina de grillo ejerce un efecto positivo sobre estas propiedades, especialmente usando porcentajes de harina de grillo en un 10%, pues con esta concentración podría modificarse el porcentaje de sal en 1 o 2%.

El contenido fenólico no presento diferencias significativas en ningún tratamiento con la adición de harina de grillo, sin embargo, si hubo diferencias significativas en la capacidad antioxidante en ambos métodos (abts y dpsh), lo cual podría atribuirse a proteínas o enzimas presentes en la harina de grillo. actuando como agentes secuestrantes que tienen capacidad de reaccionar con radicales libres.

RECOMENDACIONES

Basados en los resultados obtenidos de la presente investigación se formulan las siguientes recomendaciones:

- ✓ Se ha evidenciado un alto contenido de proteína en harinas de insectos como la de grillo, por ello se recomienda realizar un análisis químico proximal a los reestructurados de Macabil (*Albula vulpes*) adicionados con harina de grillo (*Acheta domesticus*).
- ✓ Evaluar la calidad microbiológica del producto final.
- ✓ Realizar un análisis sensorial del producto final, con la finalidad de evaluar la aceptación del público en dichos geles.
- ✓ Debido a que la harina de grillo interactúa muy bien con matrices cárnicas, se recomienda evaluar su adición en otro producto de esta categoría.
- ✓ Los reestructurados de macabil adicionados harina de grillo presentaron capacidad antioxidante, atribuida a enzimas y proteínas, por ello se recomienda realizar una evaluación más a fondo sobre el efecto que estos tienen en organismos vivos y evidenciar su beneficio; de igual forma podría evaluarse el efecto positivo que podrían tener estos compuestos antioxidantes evitando procesos que afecten la calidad de los reestructurados de macabil; como la oxidación de proteínas y lípidos.
- ✓ Elaborar un estudio económico con el propósito de evaluar la rentabilidad del producto.

REFERENCIAS DOCUMENTALES

ADEBOWALE, Yemisi *et al.* Evaluation of Nutritive Properties of the Large African Cricket(*Gryllidae sp.*). [en línea]. 2005. Department of Food Science and Technology, Federal University of Technology, Akure, Nigeria. [Fecha de consulta: 07 de agosto del 2022]. Disponible en: https://www.v2.pjsir.org/index.php/biological-sciences/article/view/1393/784?fbclid=IwAR1b6Kjh-szYG1ZpT_iydIGHv4A6GY583jL-UFum6ONGy7-0AH9XCFH2_X4.

AGUIRRE, Patricia. Alimentos funcionales entre nuevas y viejas corporalidades. *Revista antropológica Iberoamericana*. [en línea]. ISSN-e 1578-9705, Vol. 14, N°. 1, 2019, págs. 95-120. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6832409&fbclid=IwAR00EvyswbhxQ2yGHzzKDHuZfd1hNWmrgTXaIelz8GfhBd1b1rcKsoUZFHs>.

ALAKHRASH, F., ANYANWU, U., & TAHERGORABI, R. Physicochemical properties of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) surimi gels with oat bran. 2016. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 41–47. doi:10.1016/j.lwt.2015.10.015

ASAD, Nawaz *et al.* Valorization of fisheries by-products: Challenges and technical concerns to food industry. [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 22 de marzo del 2021]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419307125?fbclid=IwAR0V k-McJwQ3o0QKKG13GvUoFni7DBwKRxGBQ6_UyXcjMgbu6WefhThhJ6TY.

ARÉVALO, Luis apolo; LANNACONE, José. Crianza del grillo (*Acheta domestica*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. [en línea]. 2016. *Scientia*. 17 (17). [Fecha de consulta: 18 de marzo del 2021]. Disponible en: <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Scientia/article/view/389>.

ARIAS LAMOS, Daniela; MONTANO DÍAZ, Laura Natalia; VELASCO SANCHEZ, María Alejandra and MARTINEZ GIRON, Jader. Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Tecnoura* [en línea]. 2018, vol.22, n.57 [Fecha de consulta: 25-03-2022], pp.55-68. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-

921X2018000300055&lng=en&nrm=iso>.

ISSN

0123-921X.

<https://doi.org/10.14483/22487638.12178>.

ARÚS MARTÍNEZ, Carlota. Veganismo y soberanía alimentaria: una alternativa al sistema de consumo y producción actual de carne. *GeoGraphos* [En línea]. Alicante: Grupo Interdisciplinario de Estudios Críticos y de América Latina (GIECRYAL) de la Universidad de Alicante, 2 de febrero de 2020, vol. 11, n° 123 p. 26-54 [ISSN: 2173- 1276] [DL: A 371-2013] DOI: 10.14198/GEOGRA2020.11.123.

AÑORVE, A. *et al.* Reestructurados de pescado: Una buena alternativa de proteína utilizando especies de bajo valor comercial o recortes. *Nacahem*. Vol. 13, No. 1, pp. 11-24, 2019. [Fecha de consulta: 04 de marzo del 2021]. Disponible en: [http:// macahem. cbsuami. Org/index.php](http://macahem.cbsuami.Org/index.php).

AVENDAÑO, Constanza; SÁNCHEZ, Manuel y VALENZUELA, Carolina. Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Rev. chil. nutr.* [en línea]. 2022, vol.47, n.6 [Fecha de consulta: 2021-02-24], pp.1029-1037. Disponible en: <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182020000601029&lng=es&nrm=iso)

75182020000601029&lng=es&nrm=iso>.

ISSN

0717-

7518. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>.

AYALA SORROZA, Elias. *Desarrollo de un plan de exportación de harina de Acheta Domesticus (Grillo domestico) hacia el mercado español*. [en línea]. 2019. Quayaquil. Universidad de Quayaquil. [Fecha de consulta: 25 de febrero del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41391/1/TESIS%20DESARROLLO%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20EXPORTACI%3%93N%20DE%20HARINA%20DE%20ACHETA%20DOMESTICUS%20%28GRILLO%20DOM%3%89STICO%29%20HACI.p>df.

BARRIOS SIMÓN, Kevin. Desarrollo de un prototipo de tortilla funcional de maíz (*Zea mays*) y harina de grillo (*Acheta domesticus*), como fuente de proteína para dieta humana. [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 15 de febrero del 2021]. Disponible en: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6205/1/AGI-2017-007.pdf?fbclid=IwAR1pOQW5hnhLieb_omtl1zpqxmGvguNPJ5Q4totdDKhTC_8hR04qdj.

BEEN Huang Chiang *et al.* Yam affects the antioxidative and gel-forming properties of surimi gels. 2005. Departamento de Biología, Ciencia y Tecnología. Taiwan.

BELLMANN, Christophe *et al.* Comercio mundial de pescado y productos pesqueros: descripción general. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 22 de marzo del 2021]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308597X15003899?fbclid=IwAR1Z9RmQ83BRbMUHjfQP8IoTww6LMWo_87oBo6R9YhQAs4K2v3-KOTYGSns.

BEREKET, Abraha, *et al.* Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 19 de marzo del 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344805398_Effect_of_processing_methods_on_nutritional_and_physico-chemical_composition_of_fish_a_review?enrichId=rgreq-cb22975856231cea86d583292917d475XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM0NDgwNTM5ODtBUzo5NDkzNTEyMTYwNTQyNzJAMTYwMzM1NDM3NjIzMw%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf.

BESSA, LW & Pieterse, E. & Sigge, G. & Hoffman, LC, “An Exploratory Study into the Use of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae in the Production of a Vienna-Style Sausage”, *Meat and Biología Muscular*. 2019. 3(1). doi: <https://doi.org/10.22175/mmb2018.11.0038>.

BENÍTEZ, Betty, OLIVARES, Joseph, ORTEGA, María, BARBOZA, Yasmina, RANGEL, Lisbeth, ROMERO, Zoila. Formulación y evaluación físicoquímica, microbiológica y sensorial de galletas enriquecidas con linaza como alimento funcional. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica [en línea]. 2017, 36 (4), 106-113 [Fecha de Consulta 16 de marzo de 2021]. ISSN: 0798-0264. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55952806003>.

BURGHARDT, F., PROKSCH, P. y FIEDLER, K. Secuestro de flavonoides por la mariposa azul común *Polyommatus icarus*: variación intraespecífica cuantitativa en relación con la planta huésped larvaria, el sexo y el tamaño corporal. *Sistemática bioquímica y ecología*. 2001. 29(9), 875–889. doi:10.1016/s0305-1978(01)00036-9.

BRAND-WILLIAMS, Wendy; CUEVELIER, Marie-Elisabeth; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 1995, vol. 28, no 1, p. 25-30.

BLANCO MIRANDA, D. A., & GIRALDO CARRILLO, D. F. *Desarrollo de una barra tipo granola a base de harina de grillo *Acheta domesticus* como principal fuente proteica*. Trabajo de titulación (Ingeniero en alimentos). Universidad de la Salle, Colombia. 2016. 94 p.

CARDOSO, C., MENDES, R., VAZ-PIRES, P. y Nunes, ML. Efecto de fibra dietética y MTGase en la calidad de geles de surimi de caballa. 2009. *Revista de la ciencia de la alimentación y la agricultura*, 89 (10), 1648–1658. doi:10.1002/jsfa.3636.

CHO, S., YOON, M. y KIM, S.-B. Effects of Rice Flour Milling Types and Addition Methods on Rheological and Sensory Properties of Surimi Products. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2013. vol. 46, no. 2, pp. 139-146. ISSN 0374-8111. DOI 10.5657/KFAS.2013.0139.

CONAPESCA. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. [en línea]. 2018. *Revista de internacional de tendencias en investigación y desarrollo científicos*. ISSN: 2456-6470. [Fecha de consulta: 21 de marzo del 2021]. Disponible en: <https://www.ijtsrd.com/other-scientific-research-area/other/23638/food-industry-an-introduction/matthew-n-o-sadiku>.

CUTZ CRUZ, Raisa Monserrat. *Calidad de la carne de guajolotes *Meleagris gallopavo* ALIMENTADOS CON *Trichanthera gigantea**. 2020. [en línea]. Tesis de Maestría. México, Yucatán: Instituto tecnológico de Conkal. [Fecha de consulta: 21 de octubre del 2021]. Disponible en: http://www.itconkal.edu.mx/images/POSGRADO_NEW/REPOSITORIO%20INSTITUCIONAL%20DE%20TESIS%20Y%20TRABAJO%20TERMINAL/2017-2019_Raisa%20Cutz%20Cruz.pdf.

DEÁN, Clara. Nuevas fuentes de proteínas de origen marino. [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Complutense Madrid, Facultad de farmacia, 2016. [Fecha de consulta: 02 de septiembre del 2020]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/51114/1/CLARA%20DEAN%20BARAHONA.pdf>.

DÍAZ ORTEGA, Jorge Luis. Propiedades nutricionales y funcionales de los alimentos. [en línea]. 2020. Universidad católica los Ángeles de Chimbote. [Fecha de consulta: 19 de marzo del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/17062/PROPIEDADES%20NUTRICIONALES%20Y%20FUNCIONALES%20DE%20LOS%20ALIMENTOS%20>

281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR3P3qmtocSAxQ8eTLY8vXztgslgOmVWFnOMtOt1KBsptSvuGb9C1jOYJYs.

ESCALANTE-RODRÍGUEZ, Miriam. Efecto del setting sobre las propiedades gelificantes de proteínas del manto del calamar gigante (*Dosidicus gigas*). [en línea]. 2016. Universidad de Sonora. Sonora. [Fecha de consulta: 10 de marzo del 2021]. Disponible en: <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/handle/unison/1995/escalanterodriguezmiriamfernandal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FAO. Estadísticas de pesca y acuicultura. [en línea]. 2018. Roma. [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/cb1213t/CB1213T.pdf>

FAY VASQUEZ, Flor marina *et al.* Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales. [en línea]. 2019. Ecuador. [Fecha de consulta: 26 de marzo del 2021]. Disponible en: <http://www.colloquium-biblioteca.com/index.php/web/article/view/43/39#>.

FLETA ZARAGOZANO, J. Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanid. Mil.* [en línea]. 2018, vol.74, n.1 [Fecha de consulta: 2021-03-22], pp.41-46. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712018000100041&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1887-8571. <http://dx.doi.org/10.4321/s1887-85712018000100008>.

FREIRE RODRÍGUEZ, Maria J. Desarrollo de emulsiones dobles y emulsiones dobles gelificadas como análogos de grasa y su aplicación en productos cárnicos funcionales. [en línea]. 2018. Universidad Complutense de Madrid. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2022]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/49912/1/T40546.pdf?fbclid=IwAR1i408UoEpBySg4dzTdJBA4gpET6Dsl3giQu8IKXXzFWNUId5pQthoCukQ>.

GAO, Ruichang *et al.* Assessing gel properties of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) surimi prepared by high-temperature setting (40 °C) for different durations. 2020. DOI 10.1002/jsfa.10349.

GONZÁLEZ, Lucas, FERNÁNDEZ LÓPEZ J, PÉREZ ÁLVARES JA *et al.* Efecto de los procesos de secado en las propiedades químicas, fisicoquímicas, tecnofuncionales y antioxidantes de harina de grillo casero (*Acheta domesticus*). 2019. *Eur food Res Technol.* 245, 1451-1458. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>.

GUEVARA NUÑEZ, Jorge Luis. Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos cárnicos. [en línea]. 2021. Trabajo de titulación. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [fecha de consulta: 14 de octubre del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32590/1/AL%20776.pdf>.

GUZMÁN MENDOZA, Rafael; CALZONTZI-MARIN, Josefina; SALAS-ARAIZA, Manuel Darío y MARTINEZ-YANEZ, Rosario. La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zool. Mex* [en línea]. 2016, vol.32, n.3 [Fecha de consulta 2021-02-15], pp.370-379. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372016000300370&lng=es&nrm=iso. ISSN 2448-8445.

GRANATO, D, BARBA, FJ, KOVACEVIC, DB, LORENZO, JM, CRUZ, AG y PUTNIK, P. Alimentos funcionales: desarrollo de productos, tendencias tecnológicas, pruebas de eficacia y seguridad. 2020. Revisión anual de ciencia y tecnología de los alimentos, 11 (1).

HAIMEI Liu, YANA Nie & HONGXIA Chen. Effect of Different Starches on Colors and Textural Properties of Surimi-Starch Gels. 2014. *International Journal of Food Properties*, 17:7, 1439-1448, DOI: 10.1080/10942912.2012.680224.

HERNÁNDEZ ROBLEDO, Verónica; URESTI-MARIN, Rocío M.; MARTINEZ-MALDONADO, Miguel Ángel y VELAZQUEZ, Gonzalo. Efecto de la transglutaminasa microbiana sobre las propiedades mecánicas de geles de carne de jaiba cocida. *CienciaUAT* [en línea]. 2015, vol.10, n.1 [Fecha de consulta: 2022-09-25], pp.93-103. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200778582015000200093&lng=es&nrm=iso. ISSN 2007-7858.

HUR, S., CHO, S., KUM, J.-S., PARK, J. W., & KIM, D.-S. Rice flour . A functional ingredient for premium crabstick. *Food Science and Biotechnology*. 2011. 20(6), 1639–1647. doi:10.1007/s10068-011-0226-z.

ILLANES, A. Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista colombiana de biotecnología*. 2015. 17 (1), 5-8.

IGLESIAS-AGUIÑO, Nuria. Señalización de Calidad, Valorización y Diferenciación de Productos Pesqueros. Fundamentos Teóricos y Estudio de Casos. 2014. Trabajo de fin de grado. Universidad de Coruña. Pp.57.

JING CHUNG Chen *et al.* Phenolic Content and DPPH Radical Scavenging Activity of Yam-containing Surimi Gels Influenced by Salt and Heating. 2007. Universidad de Asia, Taiwán. Asian Journal of Health and Information Sciences. Vol. 2, 1-4 pp.

KETO, Lissa. *et al.* Ailot study: consumer acceptability of Polish style cooked sausages containing house cricket flour. [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 07 de agosto del 2022]. Disponible en; <https://journal.fi/smst/article/view/73139/35022>.

KIM Hyun *et al.* Efecto de la adición de harina de grillo doméstico (*Acheta domestica*) sobre las propiedades fisicoquímicas y de textura de la emulsión cárnica bajo diversas formulaciones. [en línea]. 2017. Revista Food Science. Vol. 82, numero 12. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960>.

KIM, Hyun. Larvas de gusanos de la harina y pupas de gusanos de seda pretratadas como ingrediente proteico novedoso en salchichas en emulsión. [en línea]. 2016. Innovative Food Science and Emerging Technologies (2016), doi: 10.1016/j.jifset.2016.09.023.

MARTINEZ-CRUZ, Nives del socorro. Manual de prácticas de biotecnología funcional. [en línea]. 2020. Universidad Veracruzana. [Fecha de consulta: 28 de marzo del 2021]. Disponible en: <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/10/Manual-Bromatologia-Funcional.pdf>.

Martínez, M. A., Robledo, V., Velázquez, G., Ramírez, J. A., Vázquez, M., and Uresti, R. M. (2014). Effect of precooking temperature and microbial transglutaminase on the gelling properties of blue crab (*Callinectes sapidus*) proteins. *Food Hydrocolloids* 35(1): 264-269.

MEDINA MILIAN. Prototipo agroindustrial de harina de grillo *Acheta domestica* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano. 2020. Tesis para optar el grado de Ingeniera Agroindustrial. Universidad del Salvador. Pp.66.

MELÉNDEZ SOSA, Miriam, *et al.* Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutracéuticos en México. *Revista RD*. Vol. 6, No. 1, pp. 114-136, 2020. [Fecha de Consulta: 25 de febrero del 2021]. Disponible en: <http://www.apps.buap.mx/ojs3/index.php/rdicuap/article/view/1745>.

MEJIA CANO Denisse, *et al.* *Efecto de los porcentajes y tipos de extensores cárnicos en las características físicas y rendimiento de nuggets de camarón*. [en línea]. 2021. Tesis de licenciatura. Calceta: Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. [Fecha de consulta: 21 de octubre del 2021]. Disponible en: http://190.15.136.145/bitstream/42000/1280/1/T*TAI04D.pdf.

MORENO GARCIA, D. M., SOTO SIMENTAL, S., AYALA MARTINEZ, M., ARELLANES ROBLEDO, J., & ZEPEDA BASTIDA, A. Los alimentos de insectos como una alternativa para el cáncer o principal. [en línea]. 2019. *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 5(10), 15-17. <https://doi.org/10.29057/icap.v5i10.4579>

MISHYNA, Maryia. *et al.* Propiedades tecnofuncionales de proteínas comestibles de insectos y efectos del procesamiento. [en línea]. 2021.[Fecha de consulta: 07 de agosto del 2022]. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2021.101508>. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359029421000923?via%3Dihub&fbclid=IwAR1A29QWAZCV91KAqmZtUOch_teKkhhJPGWVq4PksFPCyT5kqNOT3Bm_ZkE.

NAVARRO DEL HIERRO, J., GUTIÉRREZ-DOCIO, A., Otero, P., Reglero, G., & Martín, D. 2019. Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domestica* and *Tenebrio molitor*. *Food Chemistry*, 125742. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125742.

NIÑO, María Catalina, REDDIVARI, Lavanya, FERRUZZI, Mario G. and LICEAGA, Andrea M. Caracterización fenólica dirigida y bioactividad antioxidante de extractos de *Acheta domestica* comestible. *Alimentos* [en línea]. 2021. vol. 10, núm. 10, pág. 2295. DOI 10.3390/alimentos10102295.

LÓPEZ ALTAMONTE, *et al.* Cría de insectos comestibles ¿Oportunidad para el desarrollo de tecnología en México? [en línea]. 2020. Instituto politécnico Nacional. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2022], Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/349898829_Cria_de_insectos_comestibles_Oportunidad_para_el_desarrollo_de_tecnologias_en_Mexico.

LEYTON PORTILLO, Dayana Elizabeth. Evaluación del efecto de la temperatura de cocción sobre la sinéresis producida en el chorizo parrillero durante su almacenamiento. [en línea]. 2017. Tesis de licenciatura. Ecuador: Universidad Técnica del norte. [Fecha de consulta 21 de octubre del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7108/1/03%20EIA%20445%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

PANPIPAT, W., CHEONG, L.-Z. y CHAIJAN, M. Impact of lecithin incorporation on gel properties of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi. 2021. *International Journal of Food Science Technology*, vol. 56, no. 5, pp. 2481-2491. ISSN 1365-2621. DOI 10.1111/ijfs.14882.

PÉREZ HORCAJO, Iván. *Caracterización de la harina de grillo común (Acheta domestica) y el estudio de las propiedades nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales al introducirla en una crema de cacao saludable*. [en línea] 2018. Trabajo de fin de grado. Escuela politécnica superior de Orihuela. [Fecha de consulta: 25 de febrero del 2021]. Disponible en: http://193.147.134.18/bitstream/11000/5339/1/TFG%20P%C3%A9rez%20Horcajo%20C%20Iv%C3%A1n.pdf?fbclid=IwAR0HQ290F7EGy1LurZeN28L27cOL8jMCS_dOTcKsI9iyGZ2_l8eo2DkkXc.

PÉREZ VÁZQUEZ, Arturo; LEYVA TRINIDAD, Doris Ariana y GÓMEZ MERINO, Fernando Carlos. Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [en línea]. 2018, vol.9, n.1 [Fecha de consulta: 2021-02-15], pp.175-189. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000100175&lng=es&nrm=iso. ISSN 2007-0934.

PORTILLO RIVERA, Edwin. Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (*Acheta domestica*), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador. Tesis para optar el título sw Ingeniero en Administración. Honduras. 2017. Pp.23.

PULIDO BLANCO, Víctor camilo, *et al.* Insects: Resources from the Past that Could Be a Nutrition Solution for The Future. [en línea]. 2020. Avances en investigación agropecuaria. [Fecha de consulta: 18 de marzo del 2021]. ISSN 0188789-0. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/343567831_Insectos_Recursos_del_pasado_que_podrian_ser_una_solucion_nutricional_para_el_futuro_Insects_Resources_from_the_Past_that_Could_Be_a_Nutrition_Solution_for_The_Future.

QUINTEROS MENESES, María Fernanda. Evaluación de las actividades biológicas in vitro de los aislados proteicos obtenidos a partir de la harina de grillo (*Gryllus assimilis*). [en línea]. Tesis para obtener el grado de Master en Tecnología de Alimentos. 2021. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8126/1/MUTC-001035.pdf>.

RE, Roberta, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 1999, vol. 26, no 9-10, p. 1231-1237.

SANTURINO FONSECA, C. Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos. 2016. Universidad autónoma de Madrid. Instituto de investigación en ciencias de la alimentación (CIAL). Vol. 23, N° 2, pp 50-56.

SANTOS, Ramón, et al. Tratamiento térmico de productos cárnicos en moldes. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. [en línea]. 2019. La Habana: Vol. 29, No. 3, 2019. [Fecha de consulta: 21 de octubre del 2021]. ISSN: 1816-7721. Disponible en: <https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/73>.

SINGLETON, Vernon L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. En *Methods in enzymology*. Academic press, 1999. p. 152-178.

STRI. *Albula vulpes*, El macabí. [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 19 de marzo del 2021]. Disponible en: https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/thefishes/species/2769?fbclid=IwAR3ipUcsR_Houd4y-GpC3I4uO4fnDt7_ClqIrALeT8MUAgOGyhEp7cPNg5Y.

TALENS OLIAG, P. Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura. 2017. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/83513>.

TRESCASTRO-LOPEZ, Eva María y BERNABEU-MESTRE, Josep. Alimentos funcionales: ¿necesidad o lujo? *Rev Esp Nutr Hum Diet* [en línea]. 2015, vol.19, n.1 [Fecha de consulta: 2021-03-17], pp.1-3. Disponible en:

<http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452015000100001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2174-5145. <http://dx.doi.org/10.14306/renhyd.19.1.153>.

VACA MONTEROS, Jhony. Evaluación de dietas en la cría y reproducción de grillos (*Acheta domestica Linnaeus*) para la obtención de harina en la granja experimental la praderachaltura. Universidad Técnica del Norte. Tesis para Obtener el título de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra. 2020. Pp. 71.

SINGLETON , R. ORTHOFER , R. LAMUELA-RAVENTÓS. Análisis de Fenoles Totales y Otros Sustratos de Oxidación y Antioxidantes Mediante el Reactivo de Folin-Ciocalteu. Métodos en Enzimología , 299 (1999) , pp 152 – 179.

WARNER, RD. *La calidad alimentaria de la carne: IV capacidad de retención de agua y jugosidad. La ciencia de la carne de Lawrie*, 2017. 419–459. doi: 10.1016 / b978-0-08-100694-8.00014-5.

XIONG, Y.L. Muscle proteins. [en línea]. University of Kentucky, United states. [Fecha de consulta: 11 de marzo del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081007228000061?fbclid=IwAR2Vl0CUhkh-wc8TAzyTQH4E9GAUtcCP85VC6u7wHquLDIEluP4panPUCcQ>

ZALDÍVAR, Beatriz. Estudio de la utilización del glucomanano en la reestructuración del músculo de pescado. 2019. Tesis doctoral. Universidad complutense Madrid. Facultad de farmacia.

ZUMBADO ARRIETA, Manuel, *et al.* Insectos de importancia agrícola. [en línea]. 2018. Guía básica de entomología. [Fecha de consulta: 15 de febrero del 2021]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)

Material y equipo:

Texturómetro

Muestras

Procedimiento:

Las propiedades mecánicas se determinarán siguiendo el método descrito por (Martínez *et al.*, 2014), usando un analizador, es decir un Texturómetro (Stable Micro Systems Texturometer, Modelo TAXT2i, Vienna Court, England, UK). El tamaño de las muestras de geles fue de 1.87 cm de diámetro y 3 cm de longitud y se equilibraron a temperatura ambiente por 30 min, en bolsas de plástico, para evitar la deshidratación antes de las mediciones. El análisis del perfil de textura (TPA), se realizó comprimiendo las muestras al 50 % de su altura inicial, usando una sonda cilíndrica de aluminio (P/50), con 50 mm de diámetro y una velocidad de cabezal de 60 mm/min. Posteriormente se reportaron los valores de dureza, cohesividad, resortividad y masticabilidad para cada tratamiento. Se analizaron 3 muestras por cada tratamiento.

ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

Material y equipo:

Hojas de papel (7.5 x 10 cm)

Centrifuga (HERMLE Z-323-K)

Balanza analítica

Muestras

Procedimiento:

La determinación se realizó de acuerdo al método de (Hur *et al.*, 2011); Se pesó 3 g (P_i) de muestra y se envolvió con 5 capas de papel; posteriormente las muestras se centrifugaron a 1000 rpm por 5 min a temperatura ambiente. Después de la centrifugación, se pesaron nuevamente las muestras (P_f) y se calculó la capacidad de retención de agua mediante la siguiente formula:

$$\%CRA = 100 - \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \right)$$

ANEXO 3. DETERMINACIÓN DE PERDIDA POR COCCIÓN

Material y equipo:

Tubos falcón de 15 ml

Balanza analítica

Equipo de baño maría

Termómetro

Procedimiento:

La determinación se realizó de acuerdo con (Gao *et al.*, 2020); Se introdujo aproximadamente 5 g (Pi) de muestra en un tubo de falcón (previamente pesado); posteriormente se sometieron los tubos de ensayo con las muestras a tratamiento térmico durante 30 minutos a 90°C. Finalmente se separaron y desecharon los fluidos exudados, para pesar de nuevo las muestras (Pf) y se determinó la pérdida por cocción utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Pérdida por cocción: } \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100$$

ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES

Elaboración de extractos

Previo a la determinación de fenoles totales por el método Folin-Ciocalteu de acuerdo con (Singleton *et al.*, 1999), se realizaron extractos de cada tratamiento, por triplicado, los extractos se realizaron con 100 miligramos de muestra en 500 microlitros de solvente, (agua/etanol) Posteriormente se agitó 10 segundos en un vortex, enseguida se homogenizó a 50 rpm por una hora, por último, se centrifugó a 5000 rpm por 8 minutos y se extrajo el sobrenadante para su análisis correspondiente.

Material y equipo:

Microplacas

Papel aluminio

Espectrofotómetro

Reservorio multicanal 50 ml

Micropipetas

Puntas para micropipeta

Extractos

Sustancias y reactivos

Folin-Ciocalteu 1 N

Carbonato de sodio 20 %

Acido gálico (0.1 mg/mL)

Agua destilada

Procedimiento: Elaboración de curva de calibración Para la elaboración de la curva de calibración se prepararon diluciones de acuerdo a la tabla 11

Tabla 11: Diluciones para realizar curva de calibración

Tubo/pozo	Acido gálico (uL)	Agua destilada (uL)	Reactivo Folin-Ciocalteu (uL)	Carbonato de sodio (uL)	Concentración final (mg/mL)
0	0	75	37.5	187.5	0
1	3	72	37.5	187.5	0.001
2	6	69	37.5	187.5	0.002
3	9	66	37.5	187.5	0.003
4	12	63	37.5	187.5	0.004
5	15	60	37.5	187.5	0.005
6	18	57	37.5	187.5	0.006
7	21	54	37.5	187.5	0.007
8	24	51	37.5	187.5	0.008

Para el análisis de cada una de las muestras se tomó 10 microlitros de extracto, supliendo esta cantidad por el ácido gálico, que se utilizó para la curva de calibración.

Posteriormente se dejó reposar las diluciones durante 20 minutos protegiéndose de la luz para evitar la oxidación; por último, se leyeron las diluciones a 765 nm; los resultados de absorbancia se graficaron para obtener la ecuación de la recta.

ANEXO 5. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS (Re *et al.*, 1999).

Material y equipo

Microplacas

Papel aluminio

Espectrofotómetro

Reservorios multicanal de 50 ml

Micropipetas

Puntas para micropipetas

Extractos

Reactivos

Solución estándar de trolox

ABTS

Persulfato de potasio

Agua destilada

Metanol

Etanol

Procedimiento

Preparación de reactivos

Solución estándar de trolox 1mM: se pesó 2.5 miligramos de trolox y se aforó a 10 mililitros con metanol

Solución acuosa de ABTS 7mM: Se pesó 19.2 mg de ABTS y se aforó a 5 ml con agua destilada

Solución acuosa de persulfato de potasio 140 mM: se pesó 189.2 mg de persulfato de potasio y se aforó a 5 ml con agua destilada.

Solución A: se mezcló 5 ml de ABTS y 88 ul de persulfato de potasio en un recipiente forrado de aluminio y se guardó en un lugar oscuro durante 24 h a temperatura ambiente para generar el radical.

Solución B: una vez pasado el tiempo se ajustó el ABTS (solución A) a una absorbancia de 0.7 ± 0.02 a 734nm mezclando 500 microlitros de la solución A con 25-50 ul de etanol (si la absorbancia es mayor a la indicada se debe ajustar añadiendo más etanol).

Elaboración de la curva de calibración

Se prepararon concentraciones deseadas de trolox añadiendo metanol en tubos eppendor de acuerdo a la tabla 12

Tabla 12: Diluciones para preparar curva de calibración por el método ABTS

Tubo/celda	Concentración Um	Solución estándar trolox ul	Metanol Ul
1	50	50	950
2	100	100	900
3	200	200	800
4	300	300	700
5	400	400	600
6	500	500	500
7	600	600	400
8	700	700	300
9	800	800	200

Posteriormente se elaboraron las siguientes disoluciones

Blanco 1: 20 ul metanol +230 ul de agua destilada

Blanco 2: 20 ul agua +230 ul de metanol

Control 1: 20 ul metanol +230 ul de solución B

Control 2: 20 ul agua + 230 ul de solución B

Trolox: 20 ul de cada concentración de trolox +230 ul ABTS ajustado

Muestra: 20 ul de cada muestra + 230 ul ABTS ajustado

Por último, se dejaron reposar las disoluciones durante 6 minutos antes de su lectura a 734 nm y se graficó usando la concentración conocida de trolox (eje x) y el porcentaje de inhibición (eje y), el cual se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ inhibicion: } \left(\frac{\text{Abs control} - \text{Abs muestra}}{\text{Abs control}} \right) \times 100$$

ANEXO 6. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH (BRAND *wiliams et al.*, 1995)

Material y equipo

Microplacas

Papel aluminio

Espectrofotómetro

Reservorios multicanal de 50 ml

Micropipetas

Puntas para micropipetas

Extractos

Reactivos:

Solución estándar de Trolox

Metanol

DPPH

Agua destilada

Procedimiento

Preparación de reactivos

Solución estándar de trolox 1mM: se pesó 2.5 miligramos de trolox y se aforó a 10 mililitros con metanol

Solución DPPH: Se tomó una pizca del radical DPPH y se disolvió en metanol, usando el volumen necesario para obtener una absorbancia de 0.75 a 0.78 a 517 nm.

Elaboración de la curva de calibración

Se prepararon concentraciones deseadas de trolox añadiendo metanol en tubos eppendor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 13: Preparación de curva de calibración

Tubo/celda	Concentración uM	Solución estándar trolox ul	Metanol Ul
1	50	50	950
2	100	100	900
3	200	200	800
4	300	300	700
5	400	400	600
6	500	500	500
7	600	600	400
8	700	700	300
9	800	800	200

Posteriormente se elaboraron las siguientes disoluciones:

Blanco: 200 ul de agua destilada + 20 ul de metanol

Control: 20 ul de metanol + 200 ul de solución DPPH

Trolox: 20 ul de cada concentración de trolox + 200 ul de solución DPPH

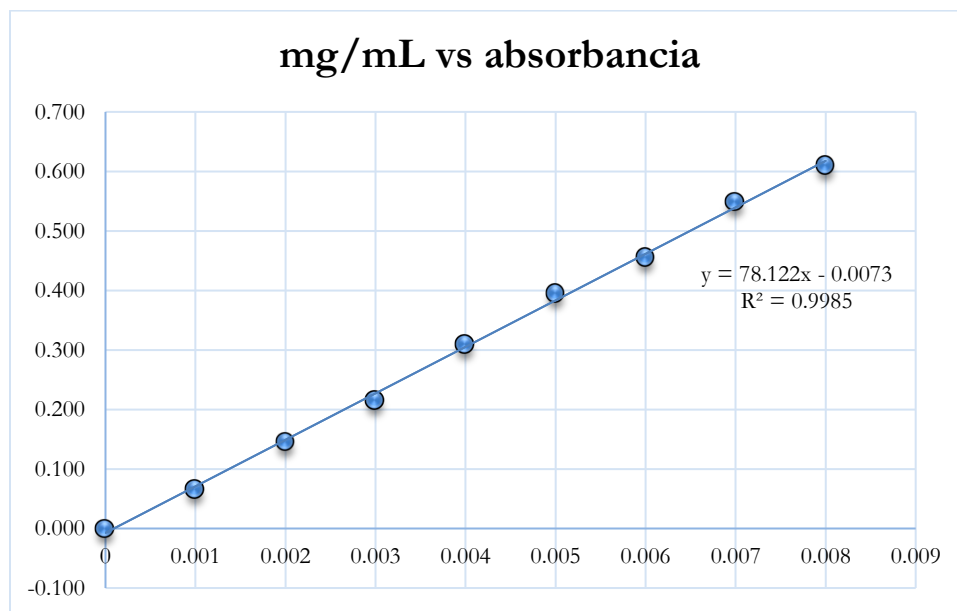
Muestras: 20 ul muestra + 200 ul de solución DPPH

Por último, se dejaron reposar las disoluciones durante 20 minutos antes de su lectura a 517 nm y se graficó usando la concentración conocida de trolox (eje x) y el porcentaje de inhibición (eje y), el cual se calculó mediante la siguiente fórmula:

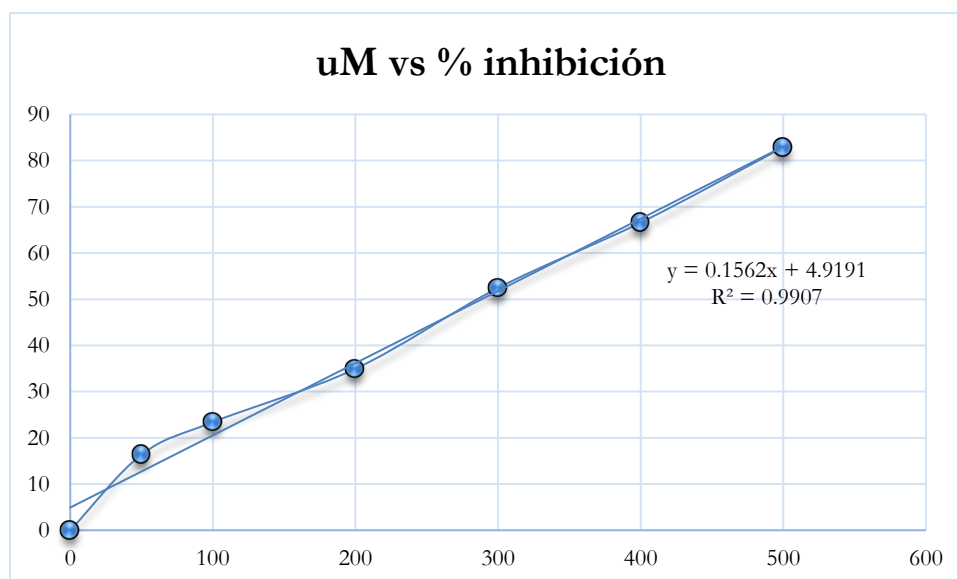
$$\% \text{ inhibicion: } \left(\frac{\text{Abs control} - \text{Abs muestra}}{\text{Abs control}} \right) \times 100$$

ANEXO 7. CURVAS DE CALIBRACIÓN PARA FENOLES TOTALES, ABTS Y DPPH

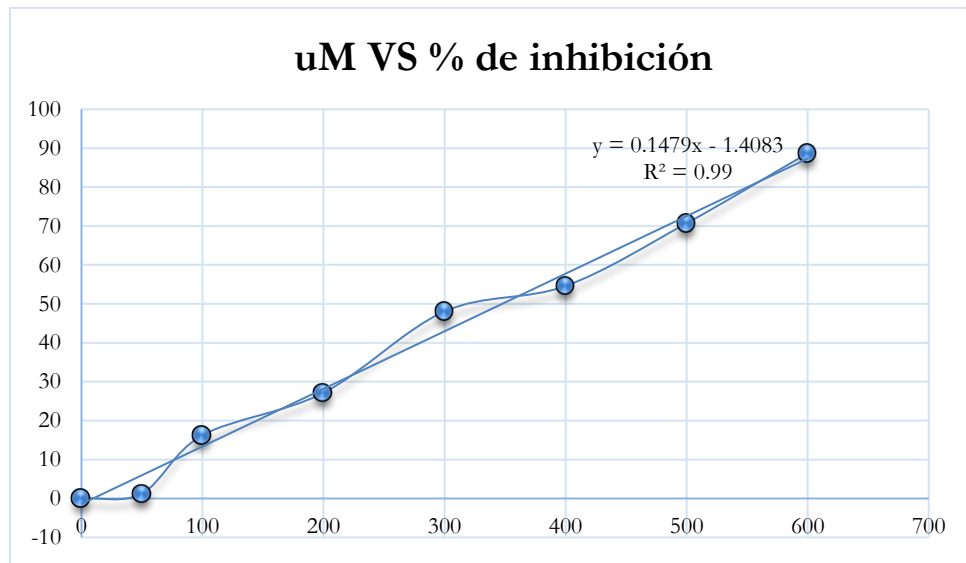
Curva de calibración para fenoles totales



Curva de calibración DPPH



Curva de calibración para ABTS



ANEXO 8. FOTOGRAFÍAS

Elaboración de reestructurados



