

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y
SALUD ANIMAL

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UNIDAD ACADÉMICA SISAL

**Efecto del reemplazo total y parcial de la harina de pescado por harinas
fermentadas de soya y canola en la dieta de camarón blanco del Pacífico
(*Litopenaeus vannamei*) sobre la digestibilidad y calidad del producto final**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

PRESENTA

RAFAEL ESCOBAR ALVAREZ

TUTOR PRINCIPAL

MARÍA DE LA SALUD RUBIO LOZANO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMITÉ TUTOR

DRA. MARTHA GABRIELA GAXIOLA CORTES

DR. JUAN CARLOS MALDONADO FLORES

FACULTAD CIENCIAS, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

AGOSTO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

"Somos lo que hacemos repetidamente. La excelencia, por tanto, no es un acto, sino un hábito".

Will Durant

A mi familia. Gracias por creer en mí y apoyarme incondicionalmente en cada proyecto que he emprendido. Mamá y Papá los éxitos que he alcanzado son fruto de sus enseñanzas, amor y apoyo constante, sin ustedes nada de esto sería posible. Gracias por seguir creyendo en ese niño que soñaba con ser veterinario.

A mis amigos. A mi familia sisaleña (Gis, Paty, Heber, Kenya, Ximena, Abraham, Mariana y Álvaro), gracias por acompañarme en este camino, por las risas, los bailes, las fogatas, los amaneceres y la felicidad interminable que me dieron, los llevo siempre en el pensamiento. Pero en especial gracias a Marce, mi confidente, compañera de aventuras y de viajes, maestra de química, psicóloga, etc. Sin duda mi vida en Sisal no hubiera sido lo que fue sin ti, eres una excelente persona y mejor amiga, te quiero.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Maria de la Salud Rubio Lozano. Gracias por haber creído en mí y por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto. Desde que acepto ser mi tutora recibí su apoyo incondicional, motivación y comprensión. Gracias por aceptar mis ideas, por escuchar mis problemas y por sus consejos. Me ha enseñado una filosofía de trabajo que pocos siguen y muchos deberíamos replicar. Ha sido una gran guía y amiga.

Dra. Gabriela Gaxiola Cortés. Gracias por recibirme en su equipo de trabajo y darme todas las facilidades para realizar este proyecto. Gracias por sus consejos, enseñanzas y por compartir toda su experiencia conmigo.

Dr. Juan Carlos Maldonado Flores. Gracias por toda tu ayuda y apoyo, por siempre estar disponible para escucharme y resolver mis dudas y complicaciones, fue un gusto trabajar contigo.

Dra. Diana Aguilera Rivera. Gracias por tu paciencia y ayuda, por siempre dejar lo que estabas haciendo para resolver mis dudas y necesidades, por tus consejos y buen humor. Eres mi ejemplo a seguir como MVZ y como persona.

Dr. Manuel Valenzuela Jiménez. Gracias por suministrar los organismos necesarios para realizar este proyecto.

M. en C. Karla Susana Escalante Herrera. Gracias por tu ayuda, capacitación, consejos y confianza durante la fase experimental de este proyecto.

Dr. Enrique Delgado Suárez. Gracias por tu apoyo en el procesamiento de datos y análisis estadístico.

M. en C. Álvaro Barreto. Gracias por tu apoyo, por enseñarme a utilizar el pH-Stat, por tus consejos en el laboratorio y por tenerme paciencia, pero sobre todo gracias por tu amistad.

Al equipo de investigación de Ciencia de la Carne del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, FMVZ, UNAM. Gracias por su apoyo técnico y financiero.

Al equipo del Programa Camarón y Laboratorio de Nutrición de la UMDI-Sisal. Gracias por su asesoría y apoyo técnico durante la fase experimental de este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Por la beca nacional brindada durante los dos años de duración de la Maestría y por la beca mixta para realizar la Estancia de Investigación.

A la FMVZ-UNAM. Por apoyar mi crecimiento profesional y académico desde la licenciatura y ahora en la maestría.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es conocer los efectos del reemplazo, total (100) y parcial (95), de la dieta comercial con harina de pescado (DC) por harinas vegetales (soya y canola, SC) y harinas vegetales fermentadas con *S. cerevisiae* (SCF) en la productividad y calidad de *L. vannamei*. Además se evaluó el efecto en la calidad de los camarones almacenados en refrigeración y congelación. Se utilizaron 855 juveniles *L. vannamei* (7 ± 0.25 g) distribuidos en 15 tanques (57/tanque). Se evaluó la supervivencia, ganancia de peso, digestibilidad *in vivo* y la actividad enzimática de los organismos. En el músculo del camarón se midió la fuerza de corte, el colágeno y la frescura y se realizó una evaluación sensorial en tres tiempos (cosecha refrigeración y congelación). Tal como se esperaba, los resultados mostraron que la fermentación de las harinas vegetales incrementó la digestibilidad *in vivo* de la proteína cruda, en comparación con las harinas no fermentadas ($P < 0.05$) (Medias \pm Desviaciones Estándar (DE): SC100: $85\pm 6.2\%$; SC95: 82 ± 1.6 ; SCF100: $93\pm 0.7\%$; SCF95: $92\pm 1.6\%$). Dicho efecto se vio reflejado en una ganancia de peso similar para todos los animales (Medias \pm DE: SC100: 15.7 ± 1.5 ; SC95: 16.7 ± 1.1 ; SCF100: 15.8 ± 0.6 ; SCF95: 15.4 ± 0.1 ; DC: 14.7 ± 0.3), aunque la dieta SC disminuyó la supervivencia (Medias \pm DE: SC100: $80.7\pm 1.5\%$; SC95: $70.7\pm 1.2\%$; DC: 92.9 ± 3.5). El músculo de los camarones alimentados con la dieta SCF tuvo la mayor calificación en cuanto a textura en la evaluación sensorial (Medianas: SCF: 6; SC: 5; DC 5), lo que coincidió con una mayor fuerza de corte y mayor contenido de colágeno. Los panelistas seleccionaron a la refrigeración como el método que mejor conservó las cualidades organolépticas de la carne de los camarones, aunque evidentemente, la congelación preservó la frescura de los camarones mejor que la refrigeración. En conclusión, con la fermentación de los ingredientes vegetales, es posible la sustitución parcial y total de la harina de pescado, permitiendo el correcto funcionamiento del sistema digestivo, sin comprometer el rendimiento zootécnico y la calidad de *L. vannamei*.

ABSTRACT

This study was designed to determine the effects of the total (100) and partial (95) replacement of commercial diet with fishmeal (DC), with plant meals (soybean and canola, SC) and fermented plants meals (SCF) with *S. cerevisiae*, on the performance and quality of *Litopenaeus vannamei*. In addition, the effect on the quality of the shrimp stored in refrigeration and freezing was evaluated. We used 855 *L. vannamei* (7 ± 0.25 g) distributed in 15 tanks (57/tank). Survival, weight gain, *in vivo* digestibility, and enzyme activity were measured on the organisms. Shrimp meat evaluation included shear force, freshness, and sensory evaluation at harvest and after refrigeration and freezing. As expected, results showed that fermentation of plant meals increased the *in vivo* digestibility of the crude protein compared to unfermented meals ($P < 0.05$) (Mean \pm standard deviations (SD): SCF100: $93 \pm 0.7\%$; SCF95: $92 \pm 1.6\%$; SC100: $85 \pm 6.2\%$; SC95: 82 ± 1.6). This effect was reflected in a similar weight gain for all treatments (Mean \pm SD: SC100: 15.7 ± 1.5 ; SC95: 16.7 ± 1.1 ; SCF100: 15.8 ± 0.6 ; SCF95: 15.4 ± 0.1 ; DC: 14.7 ± 0.3), though, the SC diet decreased survival rate (SC100: 80.7%; SC95: 70.7%; DC: 92.9%). Sensory evaluation shown that meat of shrimps fed with SCF diet had the highest texture score (Median: SCF: 6; SC: 5; DC 5), which coincided with higher shear force (Mean: SCF: 2,396 g/force; SC: 2,633 g/force; DC: 1,647 g/ force) and higher collagen content in muscle. Panelists chose refrigeration as the best storage method because it showed the highest organoleptic qualities; although, freezing preserved freshness of shrimp meat better than refrigeration. In conclusion, the partial and total replacement of fish meal with fermented plant meals is possible, allowing the good function of the digestive system of shrimps, without compromising the performance and quality of *L. vannamei*.

Key words: fermentation, plant meals, replacement, fish meal, quality, *L. vannamei*

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	X
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
Perspectiva de la camaronicultura mundial y nacional.....	4
Alimentación de <i>L. vannamei</i>	5
Uso de harinas de vegetales en la alimentación de <i>L. vannamei</i>	6
Calidad de <i>L. vannamei</i>	9
HIPÓTESIS.....	13
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
MATERIAL Y METODOS.....	15
Diseño experimental y dietas.....	15
Condiciones de cultivo.....	18
Preparación de los ingredientes.....	18
Fermentación	18
Ensilado de pescado	19
Digestibilidad <i>in vitro</i>	20
Análisis químico proximal de los ingredientes.....	21
Muestreo.....	21
Digestibilidad aparente (<i>in vivo</i>)	22
Actividad de enzimas digestivas.....	23
Fuerza de corte y tipo de colágeno en músculo	24
Análisis de fuerza de corte	24
Determinación del colágeno	25
Análisis de calidad de la carne del camarón	26
Color.....	26
Capacidad de retención de agua (CRA)	26
pH.....	27

Evaluación sensorial	27
Frescura.....	27
Análisis estadístico.....	28
RESULTADOS	30
Efecto del reemplazo total y parcial de la harina de pescado con harinas de soya y canola y harinas fermentadas de soya y canola sobre los parámetros productivos y fisiológicos de <i>L. vannamei</i>	30
Parámetros fisiológicos.....	30
Digestibilidad in vitro	30
Digestibilidad in vivo.....	31
Actividad de enzimas digestivas.....	32
Parámetros zootécnicos	33
Efecto del reemplazo total y parcial de la harina de pescado sobre los parámetros de calidad de la carne de <i>L. vannamei</i>	35
Efectos de la refrigeración y congelación sobre la calidad de la carne de los camarones alimentados con las dietas experimentales.....	39
DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
Anexo1. Análisis químico proximal de los ingredientes y formulaciones utilizados durante la fase de experimentación	66
Anexo 2. Formato de evaluación sensorial aplicada a camarón cocido, aplicada en 3 tiempos: control (día 0), refrigerados (día 8), congelados (día 30)	76

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. CQP de las dietas experimentales.	16
Cuadro 2. CQP de los ingredientes	17
Cuadro 3. CQP de las dietas experimentales y dieta control	17
Cuadro 4. Tratamientos de almacenamiento	22
Cuadro 5. CDA de las dietas experimentales	32
Cuadro 6. Actividad enzimática de <i>L. vannamei</i>	33
Cuadro 7. Resultados de parámetros zootécnicos de <i>L. vannamei</i>	34
Cuadro 8. Valores de <i>P</i> del análisis de varianza	35
Cuadro 9. Parámetros de calidad	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resultados de grado de hidrólisis de los ingredientes.....	31
Figura 2. Resultados fuerza de corte del músculo de <i>L. vannamei</i>	36
Figura 3. Electroforesis del colágeno extraído del músculo de <i>L. vannamei</i>	37
Figura 4. Evaluación sensorial de los camarones cocinados de los tratamientos de alimentación.....	42
Figura 5. Evaluación sensorial de los camarones cocinados de los tratamientos de almacenamiento.....	43

INTRODUCCIÓN

El suministro mundial de productos acuícolas ha aumentado en respuesta a una demanda creciente, que no puede ser cubierta por la pesca dada su limitación ambiental (Paéz-Osuna, 2005; WWF, 2019). La acuicultura, en consecuencia, ha presentado un crecimiento constante del 5.8% anual (FAO, 2018), produciendo el 53% (80 millones de toneladas) del total de productos del mar para consumo humano. Los crustáceos representan el 9.8% (7.9 millones de toneladas) de la producción acuícola mundial, siendo el camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*) la principal especie productiva, con 53% de la producción total de crustáceos (4.2 millones de toneladas) (Anderson *et al.*, 2017).

La harina de pescado ha sido considerada, desde el inicio del cultivo de camarón marino, como el ingrediente proteico principal de la dieta, debido a sus características nutricionales (Miles & Chapman, 2010; Cho & Kim, 2011). Lo que ha generado una dependencia importante de este insumo (Magaña, 2014). Dado que el crecimiento de estos organismos depende, casi estrictamente, del metabolismo proteico (Rosas *et al.*, 2000), los niveles de inclusión de este ingrediente son elevados. Pese a ello, su uso representa una serie de dificultades ambientales (por la sobre explotación pesquera), económicas (debido a la variación de precios y disponibilidad de la materia prima), recordando que la alimentación representa el 60% del costo de producción y de calidad (debido a distintos niveles de proteína y adulteración) (Laohabanjong *et al.*, 2005; Magaña, 2014; Index, 2018). Por lo tanto, su uso a corto plazo es insostenible. Lo anterior ha motivado a los nutricionistas a buscar alternativas de reemplazo viables.

Estudios anteriores han demostrado que la harina de pescado, se puede sustituir en formulaciones para camarones de 80 a 100%, con proteínas de origen vegetal (Bulbul *et al.*, 2016), siempre y cuando, los niveles de palatabilidad y digestibilidad sean adecuados. Las harinas de soya y canola, son ingredientes viables para la

sustitución, debido a sus atributos nutricionales (contienen la mayoría de los aminoácidos esenciales) y bajo costo, comparados con la proteína animal (Hassaan *et al.*, 2015; Shiu *et al.*, 2015; Sharawy *et al.*, 2016). Estos ingredientes han sido probados en las dietas de diferentes especies productivas, como: trucha, salmón, otros peces teleósteos y crustáceos, con resultados positivos (Mukherjee *et al.*, 2016; Zhu *et al.*, 2017; Van Nguyen *et al.*, 2018).

Aunado a esto, la fermentación de las harinas vegetales ha demostrado mejorar sus cualidades nutricionales, al aumentar la biodisponibilidad de las proteínas, y degradar los factores antinutricionales, abundantes en estos ingredientes (Silva *et al.*, 2018). La evaluación de la digestibilidad de estas propuestas alimenticias es de gran importancia, ya que, aunque parecen una fuente de nutrientes excelente, su aporte real se verá reflejado en la capacidad del animal de digerir y absorber los nutrientes.

Se sabe que, el nivel y calidad de las proteínas en la dieta, influyen en el crecimiento y desarrollo del camarón en cultivo. La inclusión de proteínas de alta calidad en las dietas de los camarones, promueve la digestibilidad, el crecimiento y disminuye la susceptibilidad a enfermedades (Brauer *et al.*, 2003; Ezquerria *et al.*, 2004). Se ha reportado que un porcentaje alto de proteína en la dieta, promueve la actividad de las enzimas digestivas, y que estas intervienen en la degradación muscular post mortem, esta actividad continúa incluso en congelación (Ezquerria *et al.*, 2004), lo cual acorta la vida de anaquel del producto, por tales motivos, los camarones (los organismos acuáticos en general) son señalados como alimentos susceptibles a la rápida desnaturalización de su proteína muscular. Se ha observado que los camarones almacenados en refrigeración a 0°C, tienen una vida de anaquel de 12 a 16 días (Fatima *et al.*, 1988), en comparación con la carne de res, que tiene una vida de anaquel de hasta 50 días, en condiciones similares de almacenamiento (2°C en refrigeración) (López *et al.*, 2013). Desarrollar métodos de

conservación más eficaces, para mantener la vida de anaquel del producto, además de asegurar la inocuidad del mismo es indispensable para la industria.

Sin embargo, pocos estudios han considerado evaluar el efecto de las harinas fermentadas, como principal fuente proteica en la dieta, sobre la calidad de la carne de *L. vannamei*, como producto final.

Estudios relacionados con la vida de anaquel, como el de Seabra *et al.* (2011) contribuyen al mejoramiento del manejo post cosecha de los productos del mar, en dicho estudio concluyen que la inclusión de romero deshidratado sobre el músculo del camarón, durante el almacenaje en congelación (180 días en congelación a -28.8°C) influyó favorablemente sobre las calidad organoléptica.

Por todo lo anterior, nuestro estudio se enfoca en conocer y comprender la relación entre el proceso de cultivo y el producto final, ya que las actividades realizadas durante el primero tendrán consecuencias sobre la calidad del producto final, ligando ambos procesos es posible obtener alimentos de alta calidad, con alto valor comercial y seguros para el consumidor.

ANTECEDENTES

Perspectiva de la camaronicultura mundial y nacional

En 2015, los estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, fijando objetivos relacionados a la contribución de la acuicultura en la seguridad alimentaria, en el cambio climático, en la incertidumbre económica y en el aumento de la competencia por los recursos naturales. En general, se propone que las producciones garanticen su desarrollo sostenible en términos económicos, sociales y ambientales.

La producción de alimentos del mar ha dejado de basarse en la captura, en contraste, la cría de especies cultivables va en aumento (Oxford, 2016; Román *et al.*, 2016). La acuicultura es responsable de un crecimiento significativo del suministro de pescados y mariscos para el consumo humano. En 2014, la producción acuícola fue de 73 millones de toneladas, presentando así, su menor diferencia con respecto a la pesca, que alcanzó su pico máximo de 93 millones de toneladas desde 2009 (FAO, 2018). China representa más del 60 % de la producción acuícola mundial, esta nación ha contribuido significativamente al desarrollo de técnicas y tecnologías aplicadas a esta industria.

El consumo mundial per cápita de pescados y mariscos aumentó de 9.9 kg en 1960 a 20 kg en 2015, debido a la reducción del desperdicio y a la mejora de los canales de distribución (FAO, 2018). Los crustáceos representan 7.9 millones de toneladas (9.8%) de la producción acuícola mundial, esto corresponde a 15 mil millones de dólares anuales. Los principales países productores de camarón en Latinoamérica incluyen a: México, que reportó una producción de 100 mil toneladas en 2017, Brasil alrededor de 80 mil toneladas y Ecuador que se destaca como el primer productor de la zona con 400 mil toneladas en 2017 (Valderrama & Anderson, 2017).

En la década de los 80s se inició el desarrollo de la camaronicultura en México, sobre todo en la región del Golfo de California. Los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit integran esta región, la cual cuenta con 260,000 hectáreas, aptas para el desarrollo de esta industria. Aunque SAGARPA en 2002, menciona que solo 51,049 hectáreas estaban en uso constante para esta actividad y que, el 89% de las unidades de producción son de tipo semi-intensivo. Estos estados, en conjunto, produjeron 196,000 toneladas, que equivalen al 92% de la producción nacional. Sinaloa es el estado más productor, con 37% del total nacional en 2011, para 2017 su aportación alcanzó el 47% (Arredondo, 2002; Barraza-Guardado *et al.*, 2013; SAGARPA, 2017).

El camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) ha sido el crustáceo peneido más exitoso en condiciones de cultivo. Es la especie más cultivada en el mundo, desde que China cambió su producción, anteriormente basada en especies nativas asiáticas. También, la producción camaronícola en México está basada en esta especie (Chávez & Higuera, 2003).

Alimentación de *L. vannamei*

Los requerimientos nutricionales de *L. vannamei* se basan en cinco grupos: proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. Sin embargo, el metabolismo proteico juega un papel determinante en la nutrición de *L. vannamei*, pues su crecimiento depende en gran medida de las proteínas, debido al uso de estas como fuente energética principal (Rosas *et al.*, 2000), por lo tanto los requerimientos de estos nutrientes son elevados (Siccardi *et al.*, 2006).

En la década de los 70's, inició la formulación de dietas para camarones en cautiverio. Con la determinación de los requerimientos nutricionales de los camarones, inicio la búsqueda de ingredientes potencialmente utilizables en la alimentación de estos organismos (Tsai *et al.*, 2007).

Las formulaciones comerciales están compuestas principalmente por ingredientes proteicos, como las harinas de soya, pescado, sangre o trigo, con inclusiones que van desde el 25 al 57%. En las formulaciones para *L. vannamei*, se utiliza un máximo de 45% de inclusión proteica (Bortone *et al.*, 2002). Estos requerimientos pueden satisfacerse con un número reducido de ingredientes, entre los que destacan la harina de soya y de pescado, siendo esta última el ingrediente más importante, con inclusiones que van de 6 a 21% (Tsai *et al.*, 2007). Los altos porcentajes de inclusión, representan un elevado costo para las unidades de producción. El precio de la harina de pescado ha aumentado de 23 mil pesos por tonelada en 2015 a 33 mil pesos para abril del 2020 (Index, 2020).

En consecuencia, la búsqueda de formulaciones libres de harina de pescado, se ha intensificado, siendo las harinas vegetales, la opción más viable (Tsai *et al.*, 2007). Mantener el aporte adecuado de aminoácidos es indispensable para el éxito de estas nuevas formulaciones (Fox *et al.*, 2006).

Uso de harinas de vegetales en la alimentación de *L. vannamei*

Debido a la limitación del uso de la harina de pescado y el aumento en la demanda de productos acuícolas, la necesidad de sustituir este ingrediente aumenta (Cuzon, 2006). En 2013 la Unión Europea (UE), con su iniciativa de no reciclaje dentro de la misma especie, prohibió el uso de harina de pescado para alimentación de peces y crustáceos. Además, ese mismo año se presentaron reportes de sobrepescas, en los que se menciona que el 80% de las poblaciones de peces del Mar Mediterráneo y el 47% de las poblaciones del Océano Atlántico, presentaron sobre exportación de las poblaciones silvestres, lo anterior apoyó la iniciativa de prohibición de la harina de pescado (Mallison, 2013).

Por lo general, la harina de pescado puede ser reemplazada desde 20 a 80% con una sola fuente de proteína vegetal (Plaipetch & Yakupitiyage, 2012; Bulbul *et al.*, 2016), sin que se afecte el rendimiento o la ganancia de peso (Shiu *et al.*, 2015;

Bulbul *et al.*, 2016; Van Nguyen *et al.*, 2018). Se han probado ingredientes como: lentejas (Flores-Miranda *et al.*, 2015), canola (Huynh & Nugegoda, 2011), maíz, trigo (Armenta Soto, 2012) e incluso insectos, como el gusano de la seda (Rahimnejad *et al.*, 2019). Martínez-Rocha *et al.* (2013) evaluaron la inclusión de harina de chícharo en la dieta de *L. vannamei*, probaron dietas con diferentes porcentajes de reemplazo de harina de pescado (5, 15, 30, 45, 60%), concluyeron que el reemplazo ideal fue del 45%, obteniendo crecimientos similares al de la dieta control (fórmula comercial).

La harina de soya ha sido regularmente utilizada en la alimentación de *L. vannamei*, ya que es rica en proteína, contiene casi todos los aminoácidos esenciales y es más barata que la proteína de origen animal. Sin embargo, su uso se ve limitado, debido a su elevado contenido de factores anti nutricionales (Yuan *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2018; Moniruzzaman *et al.*, 2019). Tomando en cuenta lo anterior, se ha buscado reemplazarla o mejorarla. Yuan *et al.* (2013) probaron reemplazar la harina de soya, por granos secos de sorgo de destilería con inclusión de 40%, obteniendo resultados poco alentadores. También se han sometido a procesos para mejorar su cualidades nutricionales, como la generación de concentrados proteicos, aunque es un proceso costoso (Shiu *et al.*, 2015). La fermentación ha sido un método muy recurrido para conservar y mejorar las características de los alimentos. Este proceso se utiliza en la industria pecuaria para mejorar el valor nutricional de ciertos ingredientes, aplicado a la harina de soya, se busca mejorar la biodisponibilidad de sus nutrientes, incrementar su contenido proteico y degradar los factores anti nutricionales (Chi & Cho, 2016). Para realizar dicho proceso se utilizan tanto bacterias como levaduras (Amadou *et al.*, 2015; Hassaan *et al.*, 2015). Las condiciones nutricionales y la calidad de la harina fermentada de soya varían dependiendo del microorganismo utilizado en dicho proceso. *Aspergillus spp* y *Saccharomyces spp* son las especies de hongos más utilizadas, debido a su capacidad de producir una amplia variedad de enzimas

(hemicelulosas, hidrolasas, pectinasas, proteasas, amilasas y lipasas), que contribuyen a la rápida fermentación de la soya. En el caso de las bacterias es común el uso de *Lactobacillus* y *Bacillus subtilis* (Mukherjee *et al.*, 2016)

Van Nguyen *et al.* (2018) determinó el remplazo óptimo de la harina de pescado con harina fermentada de soya, en la dieta de *L. vannamei*, utilizaron cuatro porcentajes de reemplazo, después de 75 días de prueba concluyeron que el nivel óptimo fue de 45%. El consumo de alimento fue significativamente mayor en los camarones alimentados con esta dieta, lo cual, fue atribuido a que la palatabilidad se mantuvo, a pesar del elevado contenido de la soya fermentada. En contraste, el peso final de estos animales fue menor, lo que concuerda con otros estudios, en los que se menciona que el crecimiento se ve afectado al aumentar el porcentaje de reemplazo de harina de pescado. Shiu *et al.* (2015) probaron dietas para *L. vannamei*, con inclusiones de harina de soya y harina de soya fermentada con *B. subtilis* E20. Obtuvieron bajo crecimiento en los organismos alimentados con las dietas con 80 y 100% de inclusión de harina de soya fermentada, aunque la supervivencia no se vio afectada. Mostraron que la sustitución óptima de harina de pescado con harina fermentada de soya, fue de 61%. En comparación, el reemplazo con harina de soya sin fermentar máximo fue de 37%. Por eso, concluyen que la fermentación mejoró la digestibilidad y el valor nutricional de la harina de soya, además de que este proceso neutralizó los factores antinutricionales, como la presencia de ácido fítico por acción de las fitasas de los bacilos.

Sin embargo, se ha comprobado que con la combinación de harinas vegetales, es posible aumentar los porcentajes de reemplazo de la harina de pescado, sin observar efectos negativos en la productividad, como Bulbul *et al.* (2016) demostraron, utilizando una mezcla de harina de soya y canola, logrando reemplazar la harina de pescado en 85%, en la dieta de camarón kuruma (*Marsupenaeus japonicus*). Suárez *et al.* (2009) probaron dicha mezcla de harinas

de soya y canola en la dieta de *L. vannamei*, obteniendo resultados satisfactorios en el rendimiento zootécnico, con un reemplazo de 80% de harina de pescado.

Sin embargo el elevado porcentaje de inclusión de las harinas vegetales en la sustitución de la harina de pescado, ocasiona la pérdida de palatabilidad y atractancia del alimento. Suárez *et al.* (2009) menciona que la inclusión mínima de harina de pescado para no perder estas características debe de ser de al menos 12%, por debajo de esto el peso y la ingesta de alimento se verán afectadas. Para mitigar dichos efectos, la inclusión de subproductos de pescado como: fracciones solubles y ensilados (Bulbul *et al.*, 2016; Van't Land *et al.*, 2017), además de la suplementación de aminoácidos como metionina, lisina y taurina (Suresh *et al.*, 2011; Bulbul *et al.*, 2016; Woyengo *et al.*, 2015), en las formulaciones es indispensable.

Calidad de *L. vannamei*

Al igual que con cualquier otro tipo de alimento, la calidad de la carne de camarón se apega a la presencia de atributos deseables para el consumidor como:

- Organolépticos: relacionados con la percepción del sabor, aroma, color y principalmente de la textura (Avila-Villa *et al.*, 2012).
- Nutricionales: este alimento es una fuente de proteína de alta calidad y con elevado contenido de ácidos grasos insaturados (EPA: 20:5n-3 y DHA: 22:6n-3) (Sriket *et al.*, 2007).
- De inocuidad: que el alimento sea apto para el consumo, libre de agentes (biológicos, físicos y químicos) que puedan representar un riesgo para la salud del consumidor (FAO, 2020).

El color del camarón es determinante en la decisión de compra, ya que es un atributo fácilmente reconocible para los consumidores (Parisenti *et al.*, 2011). La coloración depende de múltiples factores. Wade *et al.* (2012) observaron que los

cambios de tonalidad en los camarones se deben a mecanismos fisiológicos, morfológicos y alimenticios, relacionados con la presencia de crustacianina, un complejo caroteno-proteína que proporciona una coloración azulada al músculo, en estos organismos la astaxantina es el carotenoide más abundante (Meyers, 2000). Durante la cocción la crustacianina se rompe, liberando la astaxantina, causando enrojecimiento del músculo durante la cocción. Parisenti *et al.*, 2011 evaluaron la preferencia del consumidor en cuanto al color de la carne cruda y cocida de *L. vannamei*, por medio de una evaluación sensorial y medición de color instrumental (usando el sistema CIELab: L*: brillo; a*: verde/rojo; b*: azul/amarillo), encontraron que los consumidores prefirieron los camarones crudos con tonalidad gris claro (L*36.2, a*-2.54, b*4.90) y gris (L* 32.5, a* -3.63, b* 5.80) y los cocidos con coloración naranja (L*65.9, a*18.6, b*29.5) y naranja intenso (L* 61.4, a* 27.2, b* 38.3). Concluyen que los consumidores asocian el enrojecimiento de la carne del camarón con alta calidad, y que esto es uno de los principales factores para la aceptación del producto al momento de comprar.

La textura es el factor determinante de la calidad del camarón, es el atributo más importante para el consumidor (Avila-Villa *et al.*, 2012). Los músculos abdominales son la porción comestible de los camarones, estos están constituidos por proteínas sarcoplasmicas, estromales y miofibrilares que le confieren textura y firmeza (Díaz, 2005). Este atributo depende de múltiples factores que van desde el sistema de cultivo (Chan-Vivas *et al.*, 2019), manejo post cosecha (tipo de almacenamiento, método de preparación, etc.) (Erickson *et al.*, 2007) y tipo de alimentación suministrada durante el cultivo (Brauer *et al.*, 2003).

El contenido de colágeno en el músculo está relacionado con la textura del mismo. Mizuta *et al.*, 1994 menciona que el contenido de colágeno va desde 1.1 a 6.2% de la proteína total del tejido muscular en los camarones peneidos. Incluso el contenido de colágeno varía entre camarones de la misma especie. Sriket *et al.*, 2007 evaluaron la composición de la carne de *L. vannamei* y *Penaeus monodon*,

encontraron diferencias en el contenido de colágeno soluble en pepsina y colágeno insoluble, siendo *P. monodon* el que mayor contenido de ambos tipos de colágeno presentó, concluyen que lo anterior le confiere mayor estabilidad al músculo, lo que concuerda con lo reportado por Benjakul *et al.*, 2008 quienes evaluaron la fuerza de corte en los primeros segmentos abdominales de ambas especies, siendo la de *P. monodon* (2,200 a 2,959 gfuerza) mayor que la de *L. vannamei* (1,300 a 2,040 gfuerza).

Los hábitos alimenticios y el origen de la proteína dietética influyen directamente sobre la fuerza de corte y la composición del músculo. Brauer *et al.* (2003) descubrieron que el componente lipídico y proteico, presente en el músculo de *L. vannamei*, se ve influenciado por el tipo y calidad del alimento suministrado. En su investigación, evaluaron tres ingredientes proteicos (harinas de sardina, calamar y formula comercial) en la dieta de *L. vannamei*. Una vez concluido el periodo de alimentación y después de 10 días de almacenamiento en hielo (post cosecha), evaluaron la textura del músculo abdominal, siendo menor en la dieta comercial. Además, la actividad de la colagenasa disminuyó en la dieta con base de harina de calamar, la actividad de esta enzima es importante, ya que puede comprometer la proteína muscular del camarón. Maldonado Flores, 2011 evaluó el uso de harinas vegetales (harinas de soya, trigo y papa) en la dieta de *L. vannamei* y su efecto sobre la fuerza de corte y tipo de colágeno del músculo, los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$), la fuerza de corte fue la misma y el tipo de colágeno extraído de dichos camarones mostraron patrones de bandeo similares en la electroforesis.

Por otro lado, se ha observado que al suministrar dietas con alto contenido proteico, la actividad de enzimas proteolíticas del sistema digestivo se ve incrementada (Ezquerro *et al.*, 2004; Javahery *et al.*, 2019). En un estudio donde probaron el uso de harina de langostilla en la dieta de *L. vannamei*, encontraron que la inclusión de este ingrediente, aumentó la expresión de genes codificantes

de las principales enzimas digestivas en el intestino del camarón. También observaron aumento en la actividad de las proteasas digestivas, lo anterior fue atribuido, además de la expresión génica, al contenido de minerales como el magnesio, hierro y zinc en la harina de langostilla, ya que estos funcionan como cofactores para la activación de las proteasas digestivas (Ayala, 2014).

Aunado a la alimentación, el almacenamiento es determinante para el mantenimiento de las características de calidad. Al morir el animal, las proteínas musculares son degradadas por la acción de las enzimas endógenas, ocasionando pérdida de la integridad muscular al disminuir su capacidad de retención de agua. Los metabolitos resultantes de ambos procesos son utilizados, a su vez, por bacterias descomponedoras (Velu *et al.*, 2019), generando alteraciones en el producto, como la pérdida de textura y la presencia de compuestos nitrogenados como las aminas biógenas, las cuales pueden ser peligrosas para el consumidor (Díaz, 2006). La trimetilamina y el nitrógeno básico volátil total son compuestos nitrogenados derivados del metabolismo de los aminoácidos, que se utilizan como indicadores del deterioro y para evaluación de la frescura y calidad de los productos del mar (Taylor & Prester, 2011). La concentración de estos compuestos esta relacionada con la composición de la carne del camarón, en específico por su contenido de ácidos grasos poliinsaturados y aminoácidos esenciales (Sriket *et al.*, 2007), estos funcionan como sustratos para la actividad de las enzimas digestivas (Ezquerro *et al.*, 2004). Además, el pH (carne de camarón: 6.5-7; carne de res: 5.4-5.6) y el contenido de agua libre (A_w) (carne de camarón: 0.98; carne de res: 0.90-0.95), en la carne de camarón son elevados (Lawrie & Ledward, 2006; Campaña, 2010; Olaoye, 2011), lo que beneficia la proliferación de bacterias descomponedoras, acortando la vida de anaquel y afectando los atributos de calidad de este producto.

HIPÓTESIS

La fermentación de las harinas vegetales (soya y canola) tendrá un efecto positivo sobre dichos ingredientes, mejorando sus características nutricionales, permitiendo el remplazo total o parcial de la harina de pescado.

La inclusión de las harinas vegetales fermentadas en la dieta tendrá efectos nulos sobre los parámetros zootécnicos y fisiológicos de *L. vannamei*.

El tipo de proteína en la dieta de *L. vannamei* (animal/vegetal/vegetal fermentado) influenciará la textura y la composición del colágeno, lo cual, combinado con el tipo de almacenamiento afectará en la calidad del producto final.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos del reemplazo total y parcial de la harina de pescado, con harinas de soya y canola y harinas de soya y canola fermentadas, como principales fuentes de proteína, sobre los parámetros fisiológicos, productivos y de calidad del camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*), y determinar los efectos que la refrigeración y congelación tienen sobre dicha calidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar a través de la medición de parámetros fisiológicos y productivos, si el reemplazo total o parcial de la harina de pescado es posible, utilizando harinas vegetales y harinas vegetales fermentadas en la dieta de *L. vannamei*.
- b) Comprobar si la fermentación mejora la digestibilidad de los ingredientes en comparación con las harinas vegetales sin fermentar, y conocer las repercusiones de estas sobre el desempeño productivo del camarón y la calidad de producto final.
- c) Evaluar como el tipo de conservación, dependiendo de la dieta, influye en los parámetros de calidad en los camarones alimentados con harinas vegetales fermentadas y no fermentadas.

MATERIAL Y METODOS

Diseño experimental y dietas

La fase experimental se realizó en las instalaciones de la UMDI Sisal, Yucatán.

Se utilizó un diseño aleatorio de 5 tratamientos con 3 réplicas cada uno; cada tratamiento corresponde a una dieta (Cuadro 1): 4 dietas experimentales y una dieta comercial que cumple la función de dieta control:

- Dieta 1: 100% harina de soya y canola (SC100)
- Dieta 2: 95% de harina de soya y canola y 5% de HP (SC95)
- Dieta 3: 100% de soya y canola fermentada (SCF100)
- Dieta 4: 95% de soya y canola fermentada y 5% de HP (SCF95)
- Dieta 5 (control): con harina de pescado, Api-camarón®, Malta Cleyton (DC)

Los porcentajes de inclusión de las harinas vegetales en las dietas experimentales del presente estudio, fueron determinados con base en formulaciones realizadas previamente por el grupo Camarón de la UMDI Sisal. Dichas formulaciones se basaron en la utilización de harinas de soya y canola como fuentes proteicas principales, con niveles de inclusión del 90%. Dichas formulaciones fueron probadas suministradas a juveniles de *L. vanamei*, obteniendo resultados favorables.

En el presente estudio la inclusión de las harinas vegetales y vegetales fermentadas representó, en promedio, 57% del aporte proteico total de las dietas experimentales, por lo tanto fueron las fuentes proteicas principales.

En el Cuadro 2 se muestra la composición química proximal (CQP) de los ingredientes utilizados para integrar las dietas experimentales. Todas las dietas fueron isoprotéicas, con 36% de proteína cruda (Cuadro 3).

Cuadro 1. Composición química proximal de las dietas experimentales. Valores expresados en peso seco (g/100g)

	SC100	SC95	SCF100	SCF95
Harina de pescado	0	5	0	5
Concentrado proteico de soya	27	27	27	27
Harina de soya	23	20	0	0
Harina de canola	23	20	0	0
Harina fermentada de soya	0	0	21	19
Harina fermentada de canola	0	0	21	19
Ensilado de cabeza de pescado	5	5	5	5
Lisina	1	1	1	1
Taurina	0.16	0.16	0.16	0.16
Aceite de pescado	8	8	8	8
Almidón de maíz	5	5	5	5
Premezcla de vitaminas y minerales	3	3	3	3
Carboximetil celulosa	1.5	1.5	1.5	1.5
Zeolita	1	1	1	1
Relleno	2.34	3.34	6.34	5.34
Total	100	100	100	100

SC100: soya y canola con 100% de reemplazo de harina de pescado, SC95: soya y canola con 95 % de reemplazo de harina de pescado, SCF100: soya y canola fermentada con 100% de reemplazo de harina de pescado, SCF95: soya y canola fermentada con 95% de reemplazo de harina de pescado.

Cuadro 2. Composición química proximal (% base húmeda) de los ingredientes utilizados para la formulación de las dietas experimentales

	Harina de soya	Harina de canola	Harina de soya fermentada	Harina de canola fermentada	Ensilado de pescado
Humedad	9.30	8.98	5.64	4.29	6.49
Proteína cruda	43.49	34.65	43.88	39.66	50.44
Extracto etéreo	1.66	3.44	1.34	3.04	21.23
Cenizas	6.55	6.48	1.11	2.74	0.53
Fibra cruda	2.36	6.30	-	-	-
Extracto libre de nitrógeno	36.63	40.16	-	-	-

Los requerimientos de ácidos grasos esenciales (EPA: 20:5n-3 y DHA: 22:6n-3), fueron incluidos con la adición de productos de origen animal (ensilado y aceite de pescado). Se adicionó almidón de maíz para cubrir los requerimientos de carbohidratos, debido a su alta digestibilidad (Cousin *et al.*, 1996) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición química proximal (% base húmeda) de las dietas experimentales y dieta control (DC)

	SC100	SC95	SCF100	SCF95	DC
Humedad	3.2	4.1	2.8	4.7	3.6
Proteína cruda	37	36.8	36.9	36.7	36.7
Extracto etéreo	8.78	8.96	8.4	8.6	6.4
Cenizas	13.1	14.6	15.1	15.8	7.2
Fibra cruda	7.2	6.9	7.9	8.02	5.01
Extracto libre de nitrógeno	27.8	26.5	26.7	25.4	41.3

SC100: soya y canola con 100% de reemplazo de harina de pescado, SC95: soya y canola con 95 % de reemplazo de harina de pescado, SCF100: soya y canola fermentada con 100% de reemplazo de harina de pescado, SCF95: soya y canola fermentada con 95% de reemplazo de harina de pescado, DC: dieta control.

El periodo de alimentación fue de 60 días, con un periodo previo de adaptación de 10 días. La ración diaria se determinó a partir de la biomasa de cada estanque (10%), ajustándose cada 15 días según los resultados de las biometrías. La dieta se suministró 3 veces al día (08:00, 14:00 y 20:00 horas).

Condiciones de cultivo

Se utilizaron 855 juveniles de *L. vannamei* (7 ± 0.25 g), distribuidos en 15 tanques de 500 L de capacidad. La densidad de siembra fue 57 camarones/tanque. Al inicio del experimento se pesaron todos los camarones, para registrar el peso inicial. Al final de la prueba (60 días) se contaron todos los camarones, para estimar la supervivencia y se pesaron, para determinar el peso final y la ganancia de peso (g/semana).

El cultivo se realizó en un sistema de recirculación cerrado. El agua se filtró con un filtro de arena (20 μ m) y pasó por una lámpara de luz ultra violeta. Con el fin de retirar los residuos orgánicos, el recambio de agua fue del 10%. La densidad de siembra fue 57 camarones/tanque. Los parámetros del agua se mantuvieron a $28\pm 1^\circ\text{C}$ para la temperatura, 35 ± 0.5 unidades prácticas de salinidad (psu) (Refractometer Vitalsine SR-6) y 6.5 ± 1 mgO₂/ml (Oxímetro Hach, modelo 40).

Preparación de los ingredientes

Fermentación

Las harinas de soya y canola fueron molidas y tamizadas (<500 μ m). La fermentación se realizó siguiendo el método descrito por Yabaya *et al.* (2009) modificado. Se tomaron 2 kg del ingrediente, 65 mg de levadura comercial con 3×10^6 UFC/g de *Saccharomyces cerevisiae* (Fermipan, Magidely®, MEXPORT,) y 1.1

L de agua destilada, la mezcla se homogenizó durante 15 minutos, después se incubó por 48 horas a 40°C (temperatura óptima de crecimiento de la levadura), en un recipiente metálico de 10 L de capacidad, cubierto con aluminio. A continuación, la harina fermentada pasó a unas charolas, donde se extendió para posteriormente ser secada a 65°C por 48 horas. Una vez seca, la harina se volvió a moler y a tamizar (<500 µm).

Ensilado de pescado

Con el fin de compensar la pérdida de palatabilidad al sustituir la harina de pescado, decidimos incluir el ensilado de pescado a la formulación de las dietas experimentales, utilizando desechos de pesquería, principalmente cabezas de pescado de diferentes especies (lisa y corvina), obtenidos de Puerto de Abrigo, Sisal, Yucatán.

Los 10 kg de cabezas congeladas se cortaron en pedazos pequeños, posteriormente se molieron (licuadora de volteo 17L, Tapisa®), buscando obtener una pasta homogénea, esta se colocó en un recipiente de metal de 20 L, donde se agregaron 100 ml de ácido clorhídrico, posteriormente se homogenizó manualmente, asegurándose de que todo el contenido del recipiente haya tenido contacto con el ácido. Transcurridas dos horas se tomó una muestra de la mezcla para medir el pH, que debería estar entre 3.5 y 4, si la mezcla no se encontraba en ese rango, se agregaba más ácido (homogenizando y volviendo a medir el pH), hasta alcanzar el intervalo de pH mencionado. Una vez alcanzado el rango adecuado de pH, el ensilado se almacenó en refrigeración y se monitoreó el pH dos veces al día, ajustando el pH de ser necesario, y homogenizando 3 a 4 veces al día, para evitar la descomposición de la materia orgánica que no estuviera en contacto con el ácido. Lo anterior se repitió durante 5 días, hasta que el pH fuera constante, una vez listo, el ensilado se secó a 65°C, se molió y tamizó (<500 µm).

Digestibilidad *in vitro*

El análisis de digestibilidad *in vitro* de los ingredientes (harinas de soya y canola, soya y canola fermentadas). Se realizó utilizando el método pH-Stat, cuyo fundamento consiste en medir el grado de hidrólisis (GH) del ingrediente, expresado en porcentaje, y que es resultado de la acción de las enzimas digestivas de los camarones.

Se utilizaron *L. vannamei* en etapa de engorde, para obtención de los extractos enzimáticos para las pruebas. Los organismos fueron suministrados por la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Sisal, Yucatán, los cuales fueron alimentados con una dieta comercial (36% PC).

Los camarones fueron insensibilizados por choque térmico (-10°C) y posteriormente sacrificados, para posteriormente ser diseccionados y obtener los hepatopáncreas, los cuales fueron almacenarlos en nitrógeno líquido a -40°C hasta su uso. Al momento del análisis, los hepatopáncreas se maceraron individualmente en agua destilada, utilizando un homogeneizador de tejidos (IKA T18 basic, ultraturrax); posteriormente el homogeneizado se centrifugó a 13300 revoluciones por minuto (rpm) durante 30 minutos a 4°C.

La actividad de proteasas totales se midió siguiendo el método propuesto por Jiang *et al.*, (2007). Se usó colágeno impregnado con 2,4% de azo-dye (Azocoll, Sigma A4341), como sustrato se usó buffer de fosfato de sodio 10 mM, pH 7 a 25°C, con una dilución 1:10. La actividad se midió con un espectrofotómetro (Spectrofotómetro Genesys 10 s UV, Thermo Scientific®) a una absorbancia de 520 nm punto final. La medición se realizó por triplicado.

Para determinar el grado de hidrólisis se utilizó la siguiente fórmula (Adler-Nissen, 1986):

$$DH\% = (B \times Nb \times 1.5/M (S/100)/8) 100$$

Dónde:

B: volumen de la base consumida (NaOH), expresado en ml

Nb: normalidad de la base utilizada (NaOH)

M: sustrato proteico expresado en gramos

S: porcentaje de proteína cruda del sustrato proteico

8: constante referente al contenido total de enlaces peptídicos de la caseína

Análisis químico proximal de los ingredientes

Todos los análisis se realizaron siguiendo la metodología AOAC, 1990. Los ingredientes a evaluar se homogenizaron a un tamaño de partícula de 250 µm. Para determinar la humedad se utilizó una termobalanza (Ohaus MB45). La determinación de cenizas se realizó por medio de incineración en mufla. La extracción de lípidos se realizó con el método Goldfish y el contenido proteico por el método Kjeldahl.

Muestreo

Los organismos se cosecharon al término de la prueba de alimentación (60 días), con 15±0.6 g de peso promedio; se insensibilizaron por choque térmico (-10°C), para registrar el porcentaje de supervivencia, posteriormente se les dio muerte y se registró el peso final.

Para realizar las pruebas de actividad enzimática se tomaron organismos en intermuda C o D0, para asegurar que estuvieran en dicha etapa se toman 2 urópodos de cada organismo y se observan al microscopio, a través del arreglo tisular se determinó la etapa adecuada para el muestreo. Los organismos seleccionados fueron diseccionados para obtener los hepatopáncreas.

A todos los camarones sometidos a las siguientes pruebas de calidad: fuerza de corte, tipo de colágeno y almacenamiento, se les retiro manualmente el cefalotórax.

Los camarones seleccionados para evaluar la fuerza de corte y tipo de colágeno se congelaron en nitrógeno líquido (-40°C) (para detener cualquier proceso adicional de deterioro, ocasionado por la actividad enzimática endógena), hasta su procesamiento.

A la cosecha (C), se realizaron los análisis de calidad (color, capacidad de retención de agua, pH, frescura y evaluación sensorial), cuya metodología se describirá posteriormente. Una vez concluido el periodo de rigor mortis (18 horas) (Díaz, 2006). A los organismos restantes se les aplicaron dos tratamientos de almacenamiento (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tratamientos de almacenamiento

Tratamiento	Condiciones
Refrigerados (R)	8 días a 4°C
Congelados (Co)	30 días a -18°C
Cosecha/control (C)	18 horas a 4°C

Digestibilidad aparente (*in vivo*)

Para determinar el coeficiente digestibilidad aparente (CDA) se recolectaron las heces de cada estanque (5 g), mediante sifoneo con un filtro de 400 µm, una hora después de la alimentación. Posteriormente las heces se lavaron con agua destilada y se secaron a 60°C.

La digestibilidad se midió usando el método de cenizas libres de carbono, insolubles en ácido (AIA), descrito por Atkinson *et al.* (1984), con zeolita como marcador inerte (Suárez *et al.*, 2009). Este método combina la incineración de las heces y el lavado de las cenizas con ácido clorhídrico. Las fórmulas empleadas para determinar los CDA de la materia seca (CDAMS), de la proteína (CDAP) y de la energía (CDAE) son las siguientes:

$$CDAP = 100 (1 - (\% \text{ zeolita alimento} / \% \text{ zeolita heces}) (\% \text{ proteína heces} / \% \text{ proteína alimento}))$$

$$CDAMS = 100 (1 - (\% \text{ zeolita dieta} / \% \text{ zeolita heces}))$$

$$CDAE = 100 (1 - (\% \text{ zeolita dieta} / \% \text{ zeolita heces}) (\text{energía heces} / \text{energía alimento}))$$

Actividad de enzimas digestivas

Los hepatopáncreas fueron disecados, congelados en nitrógeno líquido y almacenados a -40°C hasta su análisis. La preparación de los homogeneizados se llevó a cabo individualmente, adicionando 500 ml de agua destilada, usando un homogeneizador de tejidos (IKA T18 basic, ultra-turrax), después se centrifugó a 12000 rpm durante 20 minutos a 4°C, el sobrenadante se colectó para su posterior análisis.

Para determinar la actividad de las enzimas digestivas (proteasas totales, tripsina y quimotripsina), se determinó la concentración de proteína soluble de los hepatopáncreas, con un kit Bio-Rad-500-0006 y un espectrofotómetro a una absorbancia de 595 nm (Bradford®, 1976).

La actividad de las proteasas totales se midió siguiendo la metodología descrita por Jiang *et al.* (2007), usando colágeno impregnado con 2.4% de azo-dye (Azocoll, Sigma A4341®); como sustrato se usó buffer de fosfato de sodio 10 mM, pH 7 a 25°C, con una dilución 1:10. La actividad se midió con un espectrofotómetro (Spectrofotómetro Genesys 10s UV, Thermo scientific®), a una absorbancia 520 nm punto final.

La determinación de la actividad de la tripsina y quimotripsina se realizó siguiendo la metodología descrita por Maldonado Flores (2011), ambas con modificaciones para su lectura en microplacas. Para la actividad de la tripsina, se usó BAPNA de 100 mM (N-benzoil-L-arginina-p-nitro-anilida; Sigma B7632®) y como sustrato se utilizó buffer TRIS 0.1 M, pH 8 a 40°C. La actividad enzimática se midió usando un espectrofotómetro (BioTek Synergy HT Microplate Reader®), a una absorbancia 405 nm durante 2 minutos, con un coeficiente de extinción $\epsilon_{405} = 1.02 \text{ L mol}^{-1}$. La actividad de quimotripsina se midió con el mismo método, utilizando succinil-alanina-2-prolina-fenil-p-nitro-anilida, Sigma B7662® (SAPPNA) y un coeficiente de extinción de $\epsilon_{405} = 1.02 \text{ L mmol}^{-1}$.

Fuerza de corte y tipo de colágeno en músculo

Se utilizaron 12 camarones por tratamiento, los músculos abdominales se congelaron en nitrógeno líquido a -40°C, hasta su procesamiento. Las muestras se descongelaron en condiciones de refrigeración durante 12 horas, previo a su procesamiento.

Análisis de fuerza de corte

Se utilizó un texturómetro (Brookfield ct3®) con una cuchilla *craft knife* (TA-CKA), la cual permite un corte con cierto grado de deformación, el texturómetro se calibró a 8 g de fuerza, 9.9 mm de deformación y con una velocidad de 2.5 mm/segundo. Las mediciones se realizaron en los segundos segmentos abdominales, los cuales fueron pesados previamente de manera individual, posteriormente cada segmento se colocó en la charola del texturómetro, en posición transversal a la cuchilla, de modo que el corte se realizara a través de la fibra muscular. Los resultados se expresaron en gramos/fuerza (g/f). Estos segmentos abdominales se usaron para extraer el colágeno muscular.

Determinación del colágeno

Se siguió el método descrito por Torres-Arreola *et al.* (2008), en el que se extraen las proteínas miofibrilares, la fracción soluble en una base, en un ácido y la fracción soluble en pepsina, por medio de solventes y agitación constante, con las fracciones restantes se realizó la electroforesis del colágeno.

El músculo fue cortado en trozos pequeños y lavado con agua destilada; la muestra se homogenizó (IKA T18 basic, ultra-turrax) por 3 minutos a 0°C con Urea 6M en 0.5 M de acetato de sodio (pH 6.8) (CH₃COON), el homogeneizado se mantuvo en agitación magnética constante por 24 horas a 4°C, una vez concluido este periodo se centrifugó a 18,000 rpm por 40 minutos 4°C. El precipitado resultante fue tratado con buffer neutro (Tris 0.05M con NaCl 1M; pH 7.2) y puesto de nuevo en agitación magnética constante por 24 horas a 4°C. Este proceso se repitió adicionando ácido acético 0.5M (extracción de fracción soluble en ácido) y pepsina (10mg/g de tejido) (extracción de fracción soluble en pepsina). La fracción final fue liofilizada y se refrigeró hasta su uso.

Para visualizar las fracciones de colágeno, se utilizó la electroforesis en gel de dodecil-sulfato de sodio y poliacrilamida con geles de separación al 12% (Tris-HCl 1.5 M, pH 8.8, SDS al 0.4%) y geles de apilamiento al 5% (Tris-HCl 0.5 M, pH 6.8, 0.4% SDS), siguiendo el método descrito por Brauer *et al.* (2003).

Las muestras liofilizadas se disolvieron en agua libre de pirógenos (10 mg/ml de agua libre de pirógenos). Se calculó la concentración de proteínas con la curva de Bradford (descrita anteriormente), para estandarizar la cantidad de proteína en cada muestra.

Los geles se colocaron en una cámara de electroforesis vertical (MiniProtean II, BioRad®), con buffer de corrida SDS-PAGE. En cada pozo del gel se inyectan 20 µl de muestra, en el primer pozo se colocó el marcador de peso molecular de 2 a 250 kDa (Precision Plus Protein™ Dual Xtra Prestained Protein Standards). La

electroforesis se realizó a 80 volts por 120 minutos. Al concluir este proceso, los geles pasaron por una solución de tinte al 1% por 30 minutos, después por una solución de destinte por 12 horas, para su posterior lectura en un fotodocumentador (ChemiDoc XRS, Bio-Rad®).

Análisis de calidad de la carne del camarón

Los análisis se realizaron en tres tiempos, como se describe en el apartado de **Muestreo**.

Color

Los camarones se cocinaron en agua hirviendo durante 4 minutos, después se sumergieron en agua fría (4°C) durante 5 minutos, posteriormente el exoesqueleto se retiró manualmente. El color instrumental se midió con un espectrofotómetro portátil HunterLab® MiniScan EZ-4500L (Hunter Associates Laboratory), con condiciones de iluminante D65, observador a 10° y abertura de 25 mm, siguiendo la metodología descrita por (Benjakul *et al.*, 2008). Previo al inicio de las mediciones y después de 1 hora de uso, el espectrofotómetro fue calibrado. Se tomaron tres lecturas de la porción media (primeros tres segmentos abdominales), las mediciones se promediaron para determinar los valores CIELab (L*: brillo; a*: verde/rojo; b*: azul/amarillo).

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se utilizaron el quinto y sexto segmentos abdominales de cada camarón, estos fueron pesados (peso inicial), después se cortaron longitudinalmente y se centrifugaron a 28,000 rpm a 4°C durante 30 minutos, luego se volvieron a pesar (peso final); para obtener el porcentaje de capacidad de retención de agua se utilizó la siguiente ecuación (Díaz, 2006):

$$\% \text{ CRA} = (1 - (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / (\text{Peso inicial})) \times 100$$

pH

La prueba se realizó mediante la técnica de homogenización de tejidos. Se tomaron 10 g de camarón crudo con 20 ml de agua destilada, se homogenizó durante 1 minuto con una licuadora comercial (4655 classica, Oster®). Posteriormente, con un potenciómetro previamente calibrado (Starter 3100, OHAUS®), se midió el pH por duplicado (Díaz, 2006).

Evaluación sensorial

Los camarones se cocinaron como se describe en el apartado *Color*, posteriormente se lavaron para retirar cualquier resto del exoesqueleto.

Previo a la evaluación sensorial los panelistas recibieron una capacitación teórica y práctica de una hora de duración. Se ofreció una muestra de carne de camarón a cada panelista y se describieron los atributos a evaluar. Con esto los panelistas obtuvieron la habilidad de detectar alguna propiedad sensorial en la carne de camarón.

El panel semi-entrenado, estuvo conformado por 30 miembros, los cuales calificaron los atributos sensoriales utilizando la metodología descrita por Erickson *et al.* (2007). Se pidió a los panelistas que expresaran su preferencia en cuanto a sabor, el color, el aroma, la textura y la aceptación general, de las degustaciones ofrecidas utilizando una escala hedónica de siete puntos (Anexo 2).

Frescura

Para determinar la frescura se midió el nitrógeno básico volátil total (NBVT), utilizando el método de microdestilación de extracto desproteínizado, descrito por Botta *et al.* (1984) modificado. Se molieron 15 g de muestra de carne de camarones con 45 ml de ácido tricloroacético al 5%, esta mezcla se pasó por un proceso de destilación por arrastre con vapor, con una unidad de destilación (Büchi K-350®) con ácido bórico al 3%. El destilado recogido se tituló con ácido clorhídrico

hasta que el color verde cambió a rosa. El contenido de NBVT se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$NBVT \left(\frac{mg}{100g} \right) = \frac{V_1 - V_0 \times 0.14 \times 2 \times 100}{25}$$

V1 = Volumen de solución de ácido clorhídrico 0.01 mol en ml para muestra

V0 = Volumen de solución de ácido clorhídrico 0.01 mol en ml para blanco

Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA), para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos, cuando estas se presentaron se aplicó la prueba post-hoc de rangos múltiples de Tukey, con un nivel de probabilidad de 95%.

Al no observar diferencias significativas en el ANOVA en los análisis de calidad, entre los tratamientos con los mismos ingredientes y diferentes porcentajes de reemplazo (SC100 vs SC95; SCF100 vs SCF95), el procesamiento de los datos de las siguientes pruebas: y tipo de colágeno en músculo, CRA, color pH, ES y frescura se realizó agrupando los tratamientos:

- Soya y canola (SC)
- Soya y canola fermentada (SCF)
- Dieta control (DC)

Los resultados de las pruebas de calidad se analizaron usando ANOVA de una vía. Cuando los efectos principales presentaron diferencias significativas se aplicó la prueba LSD y para las interacciones, se realizaron comparaciones planificadas de medias, utilizando el método Dunn-Sidák, comparando los tratamientos de alimentación (SC, SCF, CDC) para cada tratamiento de almacenamiento (C, R, Co) ($P < 0.05$).

La evaluación sensorial se analizó mediante la prueba de comparación medianas (Mann-Whitney) (Álvarez *et al.*, 2009).

RESULTADOS

Efecto del reemplazo total y parcial de la harina de pescado con harinas de soya y canola y harinas fermentadas de soya y canola sobre los parámetros productivos y fisiológicos de *L. vannamei*

Parámetros fisiológicos

Digestibilidad in vitro

El porcentaje de grado de hidrólisis de los ingredientes proteicos, utilizados para la formulación de las dietas experimentales, se presenta en la Figura 1. Se observa que los ingredientes que pasaron por el proceso de fermentación tuvieron mayor grado de hidrólisis, en comparación con los ingredientes sin fermentar ($P<0.05$); así mismo, la harina de canola presentó mayor porcentaje de hidrólisis que la harina de soya, sin importar si se aplicó o no el tratamiento de fermentación. El estudio de digestibilidad *in vitro* de ambos ingredientes mostró como la fermentación favorece dicha digestibilidad.

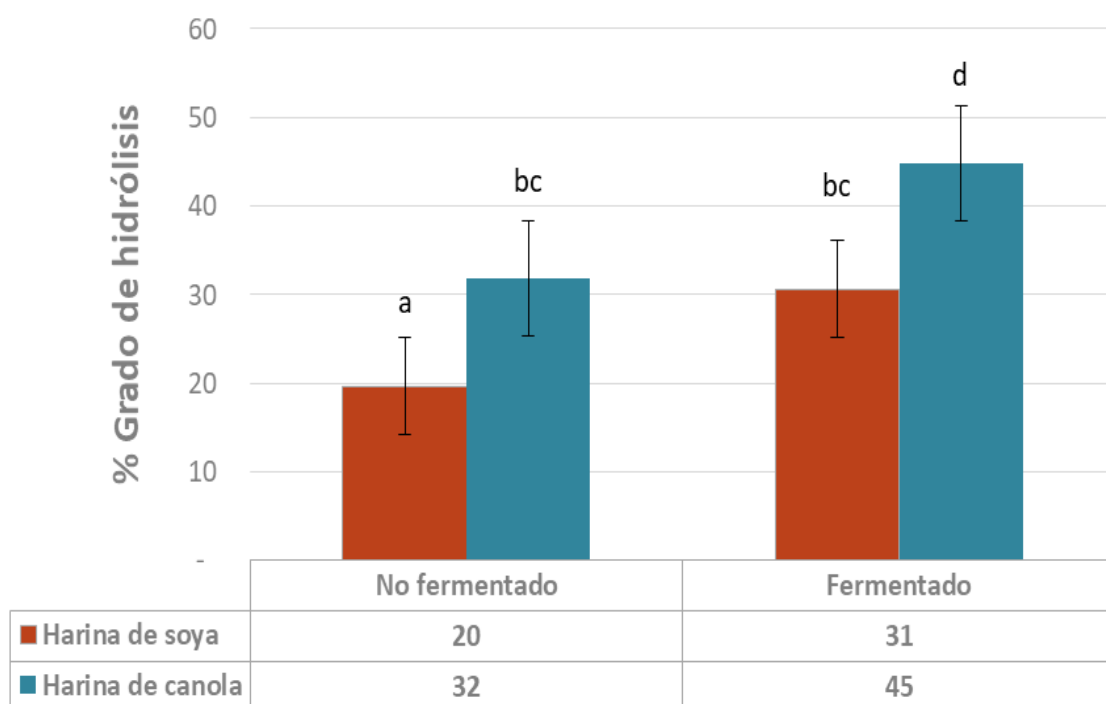


Figura 1. Medias y desviaciones estándar del porcentaje de grado de hidrólisis de los ingredientes utilizados en la formulación de las dietas experimentales (n=36). Las letras distintas indican diferencias significativas ($P<0.05$) entre los ingredientes

Digestibilidad in vivo

La fermentación de las harinas vegetales no tuvo efecto sobre los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, lo cual indica que la cantidad total de nutrientes digeridos y absorbidos por los camarones fue la misma en todas las dietas. Es importante tener este coeficiente en cuenta, ya que por lo regular los componentes de los ingredientes y formulaciones no son digeridos en la misma proporción (Jannathulla *et al.*, 2018).

En cuanto a la digestibilidad de la proteína cruda, se observó que las dietas con harinas vegetales fermentadas con ambos niveles de inclusión, fueron similares ($P>0.05$) a la dieta control. Este resultado es determinante, pues indica que mediante la fermentación de los ingredientes vegetales, es posible conseguir digestibilidades proteicas equiparables a las de formulaciones dietéticas comerciales, con contenido de harina pescado, recordando que la proteína es la fuente de energía principal en los organismos acuáticos.

Por último, la inclusión de harinas vegetales fermentadas redujo los coeficientes de digestibilidad aparente de la energía, comparados con las dietas vegetales sin fermentar. Además, los resultados (Cuadro 5) sugieren que el reemplazo parcial de la harina de pescado, favorece la digestión de los elementos energéticos de la dieta.

Cuadro 5. Medias y desviaciones estándar de los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca, proteína cruda y energía de las dietas experimentales suministradas a *L. vannamei* durante 60 días de tratamiento

CDA (%)	SC100 (n=9)	SC95 (n=9)	SCF100 (n=9)	SCF95 (n=9)	DC (n=9)	P
Materia seca	42.8±8.2	33.9±3.9	40.8±6.2	39.4±7.6	52.6±7.2	0.53
Proteína cruda	85±6.2 ^{ab}	82.3±1.6 ^a	93.3±0.7 ^b	92.6±1.6 ^b	94.7±0.4 ^b	0.001
Energía	77.4±5.8 ^b	78.6±8.6 ^b	68.2±7.1 ^{ab}	73.9±7.6 ^b	56±7.9 ^a	<0.001

a

^{a,b} Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). SC100: soya y canola con 100% de reemplazo de harina de pescado, SC95: soya y canola con 95 % de reemplazo de harina de pescado, SCF100: soya y canola fermentada con 100% de reemplazo de harina de pescado, SCF95: soya y canola fermentada con 95% de reemplazo de harina de pescado, DC: dieta control

Actividad de enzimas digestivas

Las dietas con harinas vegetales fermentadas y sin fermentar no influyeron en la actividad de las proteasas totales de los camarones (Cuadro 6). No obstante, las actividades de la tripsina y quimotripsina si se vieron influenciadas por los ingredientes y por el porcentaje de reemplazo, ya que las dietas con harinas de soya y canola fermentadas, con reemplazo total y parcial, presentaron mayor actividad enzimática, con respecto a la dieta control. Lo anterior puede ser atribuido a la reducción de los factores antinutricionales (ácido fítico y el factor inhibidor de la tripsina), durante la fermentación de las harinas de soya y canola.

Cuadro 6. Medias y desviaciones estándar de la actividad enzimática de proteasas totales, tripsina y quimotripsina de *L. vannamei* alimentados con las dietas experimentales

Actividad Enzimática (mU/mg de proteína)	SC100 (n=9)	SC95 (n=9)	SCF95 (n=9)	SCF100 (n=9)	DC (n=9)	P
Proteasas totales	37.4±5.4	35.1±13.9	37.7±9.1	28.3±7.6	32.6±5.4	0.34
Tripsina	1.38±1.5 ^{ab}	0.31±0.26 ^a	3.32±3.2 ^b	2.76±1.6 ^{ab}	1.81±1.5 ^{ab}	0.01
Quimotripsina	12.5±5.5 ^a	20.2±5.2 ^{ab}	22.5±4.2 ^b	18.8±4.5 ^{ab}	15.9±3.6 ^{ab}	0.02

^{a,b} Medias con distintas letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$). SC100: soya y canola con 100% de reemplazo de harina de pescado, SC95: soya y canola con 95% de reemplazo de harina de pescado, SCF100: soya y canola fermentada con 100% de reemplazo de harina de pescado, SCF95: soya y canola fermentada con 95% de reemplazo de harina de pescado, DC: dieta control

Parámetros zootécnicos

Dado que el peso inicial de los camarones fue estadísticamente igual y la calidad del agua se mantuvo dentro de los intervalos recomendados para el cultivo *L. vannamei* marinos (Rosas *et al.*, 1998), los resultados presentados en el Cuadro 7 se atribuyen al efecto de las dietas suministradas durante la fase experimental.

Los resultados indican que las dietas con harinas vegetales y con harinas vegetales fermentadas, con reemplazo total o parcial, no tuvieron influencia sobre la ganancia de peso de los organismos con respecto a la dieta control; excepto, el peso final de los camarones alimentados con soya y canola con reemplazo parcial (SC95), que fue el más alto con respecto a las otras dietas vegetales fermentadas y la control ($P > 0.05$).

Los camarones alimentados con la dieta de soya y canola fermentada, con reemplazo total de harina de pescado, tuvieron un porcentaje de supervivencia similar (89%) al de la dieta control (93%) ($P < 0.05$). La supervivencia fue menor en el tratamiento SC95 debido a la pérdida de organismos en un estanque, debido un fallo en el aporte de oxígeno.

Los resultados nos indican que la formulación con soya y canola fermentadas (SCF100), libre de harina de pescado, cubrió los requerimientos nutricionales de *L. vannamei*, igualando el desempeño de los organismos alimentados con una dieta comercial.

Cuadro 7. Medias y desviaciones estándar de los parámetros zootécnicos de *L. vannamei*, al término del periodo de alimentación (60 días)

	SC100 (n=171)	SC95 (n=171)	SCF100 (n=171)	SCF95 (n=171)	DC (n=171)	<i>P</i>
Peso inicial	7.61±0.16	7.39±0.36	7.33±0.26	7.36±0.17	7.26±0.32	0.42
Ganancia de peso (g/semana)	1.02±0.18	1.1±0.1*7	1.06±0.08	1.01±0.04	0.94±0.08	0.32
Peso final	15.7±1.5 ^{ab}	16.7±1.1 ^{b*}	15.8±0.67 ^{ab}	15.4±0.13 ^{ab}	14.7±0.39 ^a	0.02
Supervivencia (%)	80.7±1.5 ^{ab}	70.7±1.2 ^{a*}	89.4±1.7 ^b	84.7±4.4 ^{ab}	92.9±3.5 ^b	0.03

^{a,b} Medias con distintas letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$). SC100: soya y canola con 100% de reemplazo de harina de pescado, SC95: soya y canola con 95% de reemplazo de harina de pescado, SCF100: soya y canola fermentada con 100% de reemplazo de harina de pescado, SCF95: soya y canola fermentada con 95% de reemplazo de harina de pescado, DC: dieta control. *parámetros calculados con base a n=127.

Efecto del reemplazo total y parcial de la harina de pescado sobre los parámetros de calidad de la carne de *L. vannamei*

Como se menciona en el apartado de **Análisis estadístico**, y debido a que no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$), al comparar las medias de los tratamientos con los mismos ingredientes y diferentes porcentajes de reemplazos (Cuadro 8), los resultados se muestran agrupados en tres tratamientos:

- Soya y canola (SC)
- Soya y canola fermentada (SCF)
- Dieta control (DC)

Cuadro 8. Valores de *P*, resultado del análisis de varianza entre porcentajes de reemplazo de las harinas de soya y canola, y las harinas fermentadas de soya y canola.

<i>P</i>	SC100 vsSC95	SCF100 vsSCF95
Fuerza de corte	0.85	0.63
L*	0.10	0.34
a*	0.27	0.87
b*	0.78	0.29
CRA	0.20	0.98
pH	0.07	0.07
Frescura (NBVT)	0.09	0.07

SC100vsSC95: soya y canola con 100% de reemplazo de harina de pescado VS soya y canola con 95% de reemplazo de harina de pescado; SCF100vsSCF95: soya y canola fermentada con 100% de reemplazo de harina de pescado VS soya y canola fermentada con 95% de reemplazo de harina de pescado. L*: brillo; a*: verde/rojo; b*: azul/amarillo, CRA: capacidad de retención de agua, NBVT: nitrógeno básico volátil total.

Los resultados derivados del análisis de fuerza de corte, mostraron que las dietas con harinas vegetales y harinas vegetales fermentadas, aumentaron la fuerza de corte de la carne de camarón (2,396 a 2,633 g/fuerza), comparados con la dieta control (1,647gf); además, la dieta con inclusión de harinas fermentadas fue la que mayor fuerza de corte presentó (2,633 g/fuerza) (Figura 2).

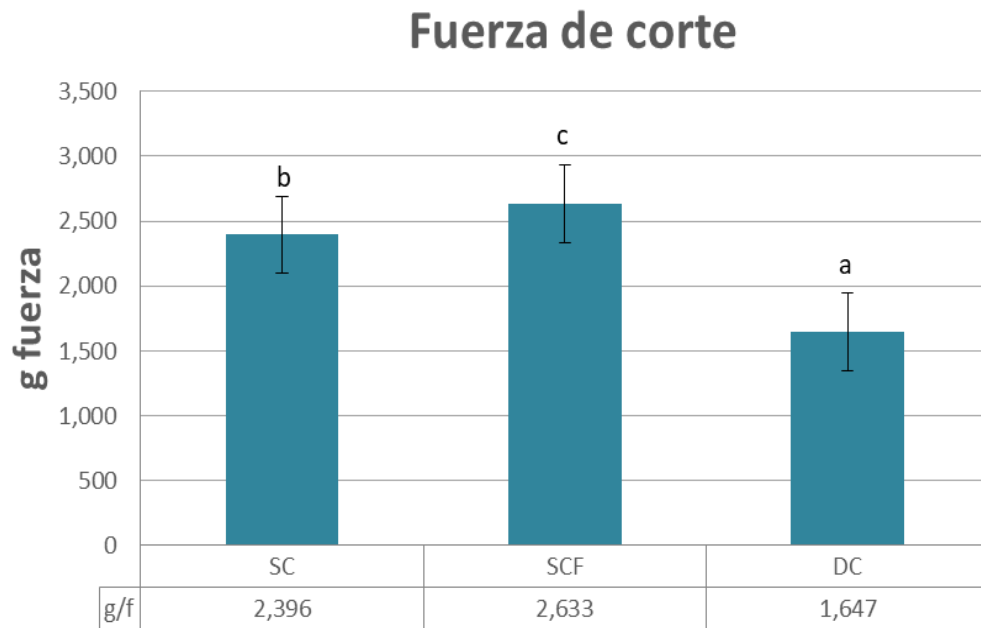


Figura 2. Medias y desviaciones estándar de la fuerza de corte del músculo de *L. vannamei*, bajo diferentes tratamientos de alimentación. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias ($P < 0.05$). SC: soya y canola con 100% de reemplazo de harina de pescado (n=24), SCF: soya y canola fermentada con 100% de reemplazo de harina de pescado (n=24), DC: dieta control (n=24)

La fuerza de corte de la carne de camarón está estrechamente relacionada con la composición estructural del músculo (Brauer *et al.*, 2003; Peng *et al.*, 2019). Por lo que determinar el tipo de colágeno presente en el músculo es importante, para comprender de mejor manera las diferencias en la fuerza de corte entre los tratamientos. En la Figura 3 se aprecian los patrones electroforéticos obtenidos de los segundos segmentos abdominales de los camarones, las bandas cercanas a los

100 kDa son asociadas con cadenas alfa, elementos que constituyen el colágeno Tipo I; las bandas cercanas a los 75 kDa están relacionadas con el colágeno Tipo V. En la Figura 3 se observan patrones congruentes con colágeno tipo I y V en el músculo de los camarones de todos los tratamientos. Sin embargo, se aprecia un patrón más marcado en las columnas de los tratamientos con harinas vegetales y harinas vegetales fermentadas, lo que nos indica una mayor presencia de colágeno Tipo I y V, en comparación con la dieta control. Estos resultados sugieren que la deposición de colágeno en el músculo, está relacionada con los ingredientes de las dietas suministradas.

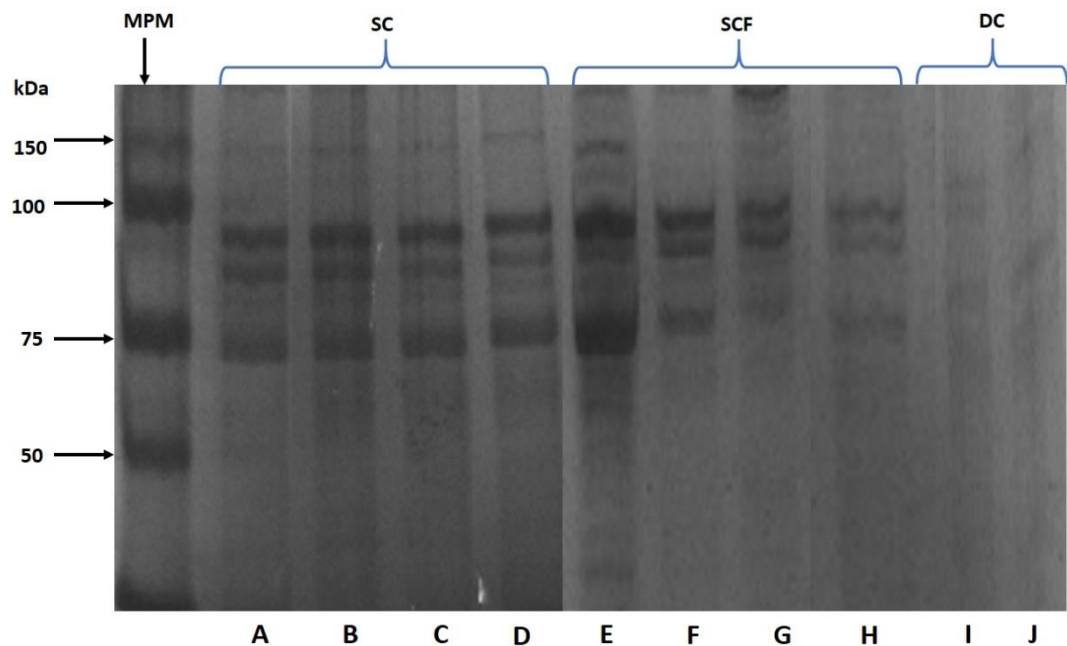


Figura 3. Electroforesis en gel de dodecilsulfato de sodio y poliacrilamida (SDS-PAGE) del colágeno extraído del músculo del camarón blanco del Pacífico. Líneas A, B, C y D: muestras de camarones alimentados con harina de soja y canola (SC); líneas E, F, G y H: muestras de camarones alimentados con harina de soja y canola fermentada (SCF); líneas I y J: muestras de camarones alimentados con dieta de control (DC)

Por otro lado, se observó que las dietas con harinas vegetales y harinas vegetales fermentadas influyeron en el color (instrumental) de la carne de los camarones, específicamente en el valor de a^* (+rojo/-verde), cuya cantidad fue menor ($P < 0.05$) en los tratamientos con harinas vegetales (SCF: 24.5 ± 1.07 ; SC: 25.7 ± 1.7), en relación a la dieta control (33.4 ± 0.5). Lo anterior significa que la carne de los animales alimentados con la dieta control, mostró una coloración roja más intensa; esto es importante, ya que el color es determinante para la aceptación del producto por parte de los consumidores (Parisenti *et al.*, 2011). En contraste, la alimentación por sí sola no influyó en la CRA, ni en el pH de la carne, los efectos de la interacción de alimentación y tipo de almacenamiento se revisaran más adelante.

Respecto a los resultados de la evaluación sensorial, se observó que la alimentación influyó en los parámetros sensoriales evaluados, ya que los camarones alimentados con harinas fermentadas, fueron mejor calificados por los panelistas en cuanto a textura y agrado general (6 promedio general en ambos), dos aspectos determinantes de la calidad y aceptación del producto. La evaluación del color visual mostró que, los panelistas calificaron como “más agradable” el color de la carne de los camarones alimentados con harinas vegetales y harinas vegetales fermentadas (6 promedio general en ambos), con respecto al control (5 promedio general en ambos). Al parecer, la menor intensidad del color rojo en la carne resultó ser más atractiva para los consumidores. Con respecto al sabor, los panelistas consideraron que los camarones alimentados con las harinas fermentadas y la dieta control sabían mejor. Por último, el aroma mejoró en los camarones alimentados con harinas fermentadas, seguido de las harinas sin fermentar, siendo la dieta control la peor evaluada en este aspecto (Figura 4). En resumen, los camarones alimentados con harinas de soya y canola fermentadas fueron los mejor calificados por los panelistas (5.8 promedio general).

La prueba de frescura nos brindó información sobre el contenido compuestos nitrogenados presentes en la carne de los camarones, en este caso se midió por medio de la cantidad de NBVT (mgN/100g). Los resultados mostraron (Cuadro 9) que los camarones alimentados con harinas vegetales (SCF: 16.7 ± 0.89 mgN/100g; SC: 16.9 ± 0.89 mgN/100g) aumentaron la cantidad de este compuesto, duplicando el valor presente en la dieta control (8.54 ± 1.2 mgN/100g).

Efectos de la refrigeración y congelación sobre la calidad de la carne de los camarones alimentados con las dietas experimentales

Como se menciona anteriormente, la alimentación influyó en el color medido instrumentalmente. En el caso de la interacción entre los tratamientos de almacenamiento y las dietas, los resultados mostraron que el color rojo más intenso (a^*), se presentó en la carne de los camarones alimentados con harinas vegetales y harinas vegetales fermentadas, en ambos tipos de almacenamiento, siendo los valores obtenidos de las muestras en congelación los más elevados (SC: 27.5 ± 0.4 , SCF: 27.1 ± 0.4). Por otro lado, el valor de a^* disminuyó después de la refrigeración y congelación, en las muestras de la dieta control (Cuadro 9).

Los tratamientos de almacenamiento tuvieron un efecto significativo ($P < 0.001$), en la CRA hubo tendencia a la baja en la CRA de la carne en congelación. Se observó una reducción importante en el porcentaje de CRA en la carne congelada, lo que podría tener repercusiones en aspectos de calidad, como el sabor y textura (Díaz, 2006). El pH de la carne de los camarones congelados fue mayor al de los refrigerados. No hubo interacción entre la dieta y el almacenamiento.

El almacenamiento tuvo efecto sobre los resultados de la evaluación sensorial, ya que los camarones refrigerados fueron los mejor calificados por los panelistas, ya que se observaron valores altos en los aspectos de sabor, color, textura y agrado general, en la escala hedónica establecida en la encuesta; excepto en el aroma, dado que, ambos tratamientos de almacenamiento fueron calificados con la misma

puntuación (Figura 5). Los resultados indican que la refrigeración mejora las cualidades organolépticas de la carne de camarón evaluada, generando mayor aceptación por parte de los panelistas.

Con relación a la evaluación de frescura, el método de conservación influyó en la formación de NBVT, pues la congelación retrasó la formación de este compuesto, en comparación con la carne de los camarones refrigerados, los cuales presentaron los valores más altos, es importante mencionar que las cantidades de NBVT, observadas en la carne almacenada (R y Co), son mayores ($P < 0.05$) a las observadas en la cosecha. Las diferencias entre los tipos de almacenamiento, en este caso, pueden ser debidas a procesos enzimáticos endógenos post-mortem (Altissimi *et al.*, 2017).

La interacción mostró que la alimentación con harinas vegetales aumentó la cantidad del NBVT en la carne, en ambos tipos de almacenamiento, en comparación con los alimentados con la dieta control..

Cuadro 9. Medias y desviaciones estándar de los parámetros de calidad según los tratamientos de alimentación (Dietas) y los tratamientos de almacenamiento (A).

	A	Dietas			P		
		Dieta Control	Soya y canola fermentada	Soya y canola	D	A	DxA
L* (n=90)	C	49.2±0.5	48.6±0.5	48.02±0.6	0.63	0.06	0.43
	R	49±1.1	49.4±0.7	50.2±0.5			
	Co	49.5±0.7	50±0.7	51.1±0.4			
a* (n=90)	C	33.4±0.5 ^b	24.5±1.07 ^{a,x}	25.7±1.7 ^{a,x}	0.04	0.57	0.01
	R	23.3±0.4	27.3±0.4 ^y	26.9±0.5 ^y			
	Co	24.5±0.4	27.5±0.4 ^y	27.1±0.4 ^y			
b* (n=90)	C	25.06±0.05	24.9±0.2	24.8±0.3	0.55	0.91	0.75
	R	24.5±0.2	24.9±0.1	24.9±0.2			
	Co	24.5±0.2	25.05±0.1	25.06±0.2			
CRA (%) (n=60)	C	89.1±2.1 ^{yx}	76.9±4.2	75.05±4.2	0.85	<0.001	0.34
	R	91.4±2.1 ^y	89.5±4.2	83.2±4.2			
	Co	58.3±2.1 ^x	82.8±4.2	77.6±4.2			
pH (n=60)	C	6.86±0.05 ^x	6.82±0.04 ^x	6.78±0.04 ^x	0.05	<0.001	0.05
	R	7.71±0.05 ^y	7.53±0.04 ^y	7.54±0.04 ^y			
	Co	7.99±0.05 ^z	8.02±0.04 ^z	7.91±0.04 ^z			
NBVT (n=90)	C	8.54±1.26 ^{a,x}	16.7±0.89 ^{b,x}	16.9±0.89 ^{b,x}	0.04	<0.001	<0.001
	R	20.6±1.26 ^{a,z}	21.2±0.89 ^{a,z}	22.1±0.89 ^{b,z}			
	Co	18.4±1.26 ^{a,y}	19.2±0.89 ^{a,y}	21.7±0.89 ^{b,y}			

^{a,b,c} Medias diferentes letras dentro de la misma fila, indican una diferencia significativa ($P \leq 0.05$). ^{x,y,z} Medias diferentes letras dentro de la misma columna, indican una diferencia significativa ($P \leq 0.05$). (A): cosecha (C), refrigerada (R) y congelada (Co). Color: (L*, a* y b*), CRA: capacidad de retención de agua, NBVT: nitrógeno básico volátil total (mgN/100g).

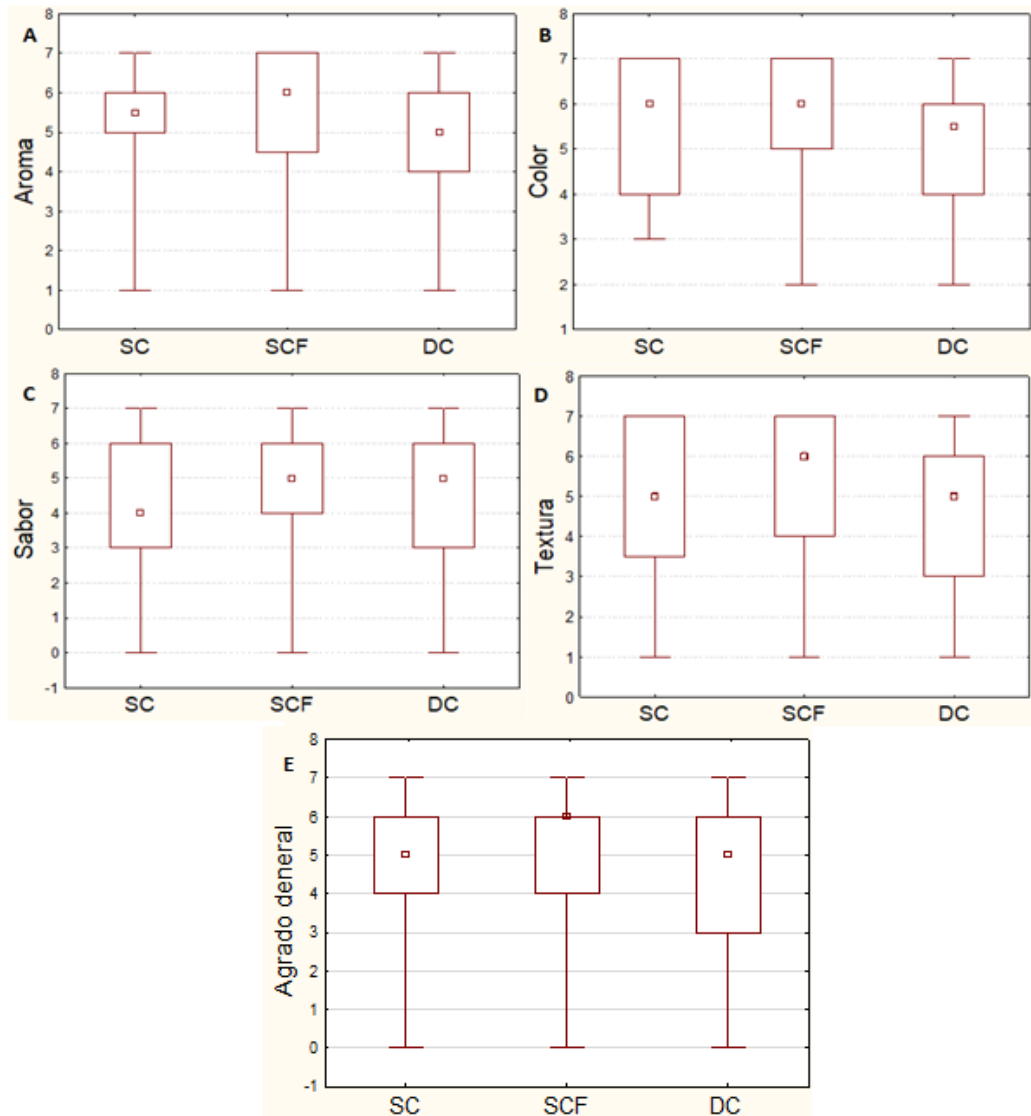


Figura 4. Medianas de los parámetros medidos en la evaluación sensorial por los panelistas (n=90). A: aroma; B: color; C: sabor; D: textura; E: agrado general, de camarones cocinados de los tratamientos de alimentación: harina de soya y canola (SC); harina de soya fermentada y canola (FSC); dieta de control (CD).

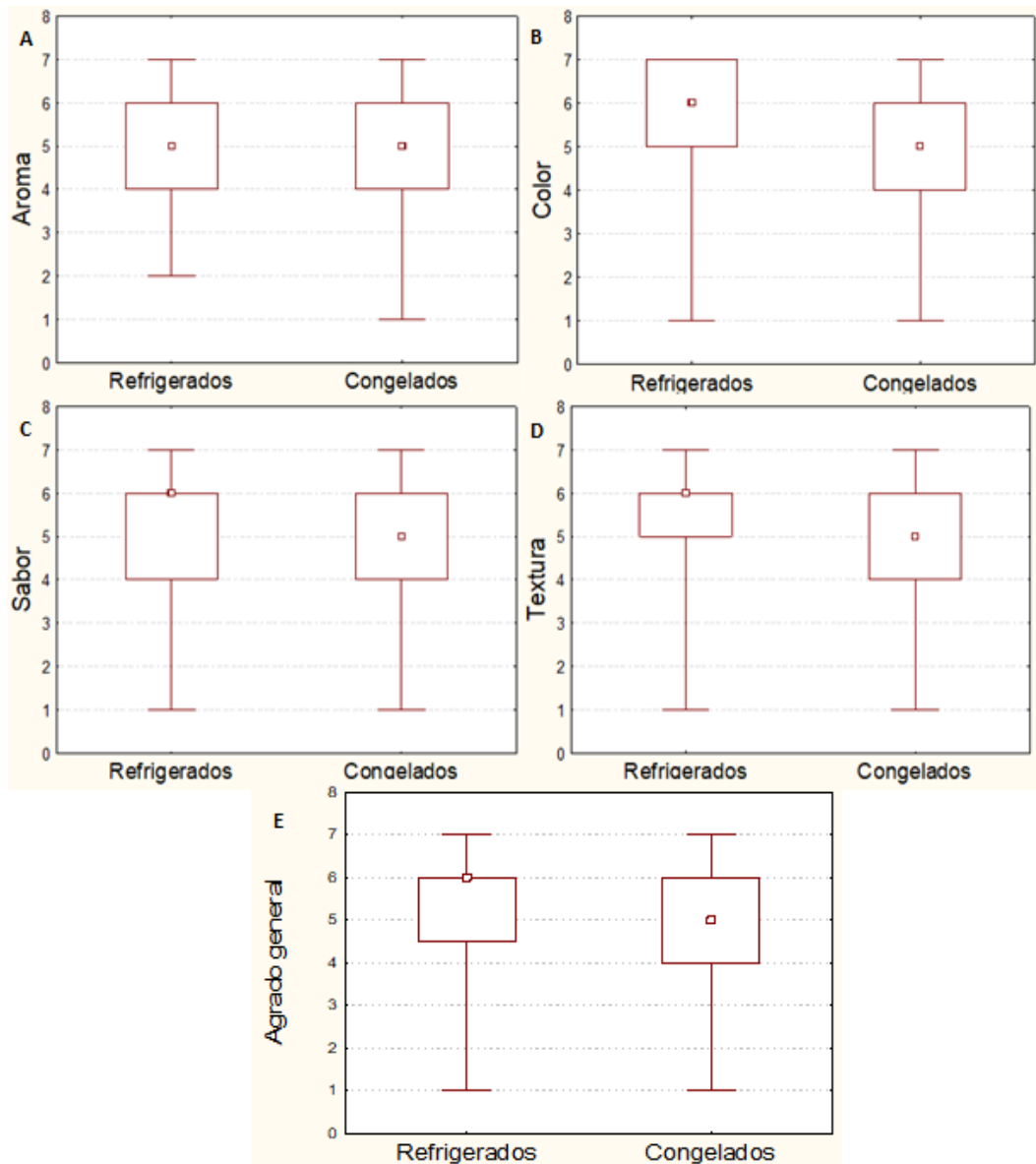


Figura 5. Medianas de los parámetros medidos en la evaluación sensorial por los panelistas (n=180). Recuadro A: Aroma; B: color; C: sabor; D: textura; E: agrado general, de camarones cocinados de los tratamientos de almacenamiento: Refrigerados (R) y Congelados (Co).

DISCUSIÓN

La industria de producción de alimentos balanceados, destinados a la producción acuícola tiene una dependencia importante hacia la harina de pescado, pero su uso a corto plazo es insostenible (Index, 2018; Magaña, 2014; Laohabanjong *et al.*, 2005). Múltiples han sido los esfuerzos por reemplazar este ingrediente de las dietas de los camarones, siendo las harinas vegetales (harina de soya principalmente), los ingredientes más viables para lograrlo, sin embargo su inclusión se ve limitada (hasta 40%), principalmente por el contenido de factores antinutricionales, como ácido fítico, factor inhibidor de la tripsina, oligosacáridos, etc. (Dersjant-Li, 2002), que impactan directamente sobre el desempeño zootécnico de los organismos. Por medio de la fermentación de las harinas vegetales, se ha buscado disminuir los efectos de dichos factores antinutricionales y con ello aumentar los porcentajes de inclusión (hasta 60%) (Shiu *et al.*, 2015; Van Nguyen *et al.*, 2018;). También con la combinación de harinas vegetales se han alcanzado porcentajes altos de sustitución de la haría de pescado (85%), sin efectos negativos en el desempeño productivo del camarón kuruma (*Marsupenaeus japonicus*) y *L. vannamei*. Suárez *et al.* (2009) mencionan que la combinación de soya y canola es una buena elección, debido a su contenido de aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y taurina), determinantes para el crecimiento y supervivencia de los organismos.

Avanzando un paso más en la búsqueda de reemplazos de la harina de pescado, nuestro estudio buscaba determinar sí la fermentación de los ingredientes vegetales mejoraba su digestibilidad, y el efecto de estos ingredientes en los parámetros zootécnicos y de calidad de la carne de los camarones. Para responder esta cuestión, la digestibilidades *in vitro* e *in vivo*, nos permitió conocer el potencial uso de los ingredientes en las formulación de dietas (*in vitro*), y la capacidad de

digerir y asimilar las dietas por parte de los organismos (*in vivo*) (Maldonado Flores, 2011; Cruz Suárez, 2012; Wang *et al.*, 2019).

En este estudio, la harina de soya presentó un grado de hidrólisis bajo (20%) comparado con lo descrito por Siccardi *et al.* (2006), quienes reportan mayor porcentaje de digestibilidad de este ingrediente (48%). La reducción en la hidrólisis de la harina de soya en nuestra prueba, pudo ser atribuida a una falla durante el procesamiento industrial del frijol de soya para obtener harina de soya, en específico durante el tratamiento térmico, este se aplica para desnaturalizar los factores antinutricionales lábiles de la soya, la falta de calor no desnaturaliza por completo estos factores y la sobre exposición al calor, pudo afectar la calidad y digestibilidad de la proteína. Por ejemplo, Lemos *et al.* (2004) atribuyen el bajo grado de hidrólisis de la harina de soya, al elevado contenido de inhibidores de proteasas. Dichos inhibidores afectaron la actividad de las enzimas digestivas durante la digestibilidad *in vitro*; dicha prueba se realizó con dos tipos de concentrados enzimáticos (enzimas de *Farfantepenaeus paulensis* y enzimas comerciales). Por lo anterior, es posible que esto se relacione con la menor actividad de la tripsina y quimotripsina observada en los camarones alimentados con dietas con inclusiones de harina de soya y canola (SC100 y SC95), en este estudio, comparado con las dietas con harinas vegetales fermentadas y la dieta control. Un indicador del correcto funcionamiento del proceso de digestión es la actividad de las enzimas proteolíticas, su adecuada actividad promueve la absorción de los nutrientes requeridos para llevar a cabo los procesos fisiológicos (Rocha *et al.*, 2019). Dado que la tripsina y quimotripsina son responsables de buena parte del proceso digestivo en los camarones, era de esperarse que una reducción en su actividad impactara en los coeficientes de digestibilidad aparente, principalmente en el de la proteína cruda (obtenidos de la digestibilidad *in vivo*), ya que estos fueron menores en los animales alimentados con las dietas con inclusiones de harinas vegetales (SC100, SC95), en comparación con sus

equivalentes fermentados (SCF100, SCF95) y la dieta control. Por lo tanto, bajo las condiciones del presente estudio hubo un efecto negativo en la digestibilidad de la proteína cruda, en los camarones al suministrar dietas con inclusiones elevadas de harinas vegetales sin fermentar.

En cuanto a las harinas vegetales fermentadas, el incremento del grado de hidrólisis fue evidente (12% promedio), comparadas con las harinas no fermentadas. *S. cerevisiae* durante la fermentación de las harinas de soya y canola, además de reducir los factores antinutricionales, mediante la acción de enzimas presentes en estos microorganismos (fosfatasas y fitasas) (Nova, 2014; Mukherjee *et al.*, 2016), también mejoró la disponibilidad de los nutrientes, al aumentar el contenido de aminoácidos libres de los ingredientes (Amadou *et al.*, 2010), rompiendo las proteínas de cadena larga, formando péptidos pequeños (menores a 15 kDa), lo que facilitó la actividad enzimática (Mukherjee *et al.*, 2016) y por lo tanto, hizo más eficiente el proceso de hidrólisis de la proteína. Nieto *et al.* (2005) evaluaron la efectividad de las técnicas de digestibilidad *in vitro* e *in vivo*, utilizados en la determinación de la calidad de los ingredientes y dietas de *L. vannamei*, además de concluir que estos métodos son adecuados para determinar la calidad nutricional de los alimentos, mencionan que los camarones pueden digerir rápidamente los componentes de las dietas e ingredientes que han sido pre-hidrolizados, y esto es básicamente lo que se obtuvo al fermentar las harinas de soya y canola.

Es ampliamente conocido que la actividad de las enzimas proteolíticas de los camarones se ve influenciada por factores endógenos (propios de la especie) y exógenos, como la disponibilidad y tipo de alimento (Muhlia-Almazán *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2010; Peixoto *et al.*, 2018;). Como se observó en este estudio, la actividad de la tripsina y quimotripsina fue mayor en los camarones alimentados con harinas vegetales fermentadas, superando las actividades enzimáticas

observadas en las dietas control y las de harinas vegetales. Este aumento de la actividad, no solo fue consecuencia de la disminución de los factores antinutricionales, también de la pre-hidrólisis del alimento durante la fermentación. Ayala Borboa, 2014 menciona que el proceso de pre-hidrólisis del alimento contribuye a la liberación de metabolitos como el zinc y fósforo, que funcionan como cofactores que promueven la actividad de las enzimas proteolíticas, como la tripsina. Según Amadou *et al.* (2015), quienes evaluaron la digestibilidad *in vitro* de la harina de soya fermentada y la harina de soya fermentada, adicionada con proteasas comerciales, concluyeron que ambos tratamientos incrementaron el grado de hidrólisis de la harina de soya, aunque la adición de proteasas no contribuyó significativamente en mejorar el grado de hidrólisis de la harina de soya. Además, mencionan que la fermentación por sí misma mejora las características del ingrediente, por lo que no es necesaria la adición de proteasas. Pero este no es el único parámetro que se ve beneficiado por la fermentación de los ingredientes. Qiu & Davis (2017) evaluaron la adición de carbohidrasas comerciales en dietas con harina de soya, como ingrediente proteico principal para *L. vannamei*, y concluyeron que la adición de 0.2% de estas enzimas a la dieta, aumentó significativamente el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda. Si tomamos en cuenta que *S. cerevisiae*, cuenta con un paquete enzimático completo (con varios tipos de lipasas, proteasas y carbohidrasas), era de esperarse que de la fermentación de las harinas de soya y canola, favoreciera el proceso digestivo de los camarones en este estudio, dando como resultado que los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína cruda incrementaran, en los organismos alimentados con las dietas con harinas vegetales fermentadas (SCF 95 y 100), igualando el coeficiente de la dieta control.

Con lo anterior queda claro que la fermentación de los ingredientes favoreció los parámetros fisiológicos (digestibilidad *in vivo*, *in vitro* y actividad enzimática) de los camarones, mejorando la disponibilidad de nutrientes como las proteínas y

aminoácidos (Jannathulla *et al.*, 2018) y dado que, el crecimiento de estos organismos depende en gran medida del metabolismo proteico (Rosas *et al.*, 2000), estos parámetros influenciaron el desempeño zootécnico de los camarones e impactaron en la calidad del producto final.

En relación a los parámetros productivos, se observó que la ganancia de peso fue igual en todos los tratamientos respecto a la dieta control, sin embargo, el peso final de los camarones alimentados con harina de soya y canola con reemplazo parcial ($16.78 \pm 1.1g$), fue mayor comparado con la dieta control ($14.76 \pm 0.3g$), aunque, esta diferencia no fue significativa, al compararla con las otras dietas (SC100, SCF100, SC95), ya que se observan pesos similares.

La reducción del porcentaje de supervivencia en el tratamiento SC95, pudo deberse a la pérdida de organismos en uno de los tanques experimentales, sin embargo, los porcentajes de supervivencia de las réplicas del mismo tratamiento también fueron bajos, al compararlos con las réplicas de los demás tratamientos. Por lo tanto la baja supervivencia de los camarones alimentados con SC95, también esta relacionada con la pobre digestión y absorción de los nutrientes por parte de los organismos (Suárez *et al.*, 2009; Sharawy *et al.*, 2016); en contraste, las dietas con harinas vegetales fermentadas mostraron porcentajes de supervivencia similares al observado en la DC ($P > 0.05$), al mejorar los procesos digestivos de los ingredientes y a su vez la disponibilidad de los nutrientes indispensables en el metabolismo de los camarones. Los porcentajes de supervivencia observados en los camarones alimentados con harinas vegetales sin fermentar (SC100 y SC95), aunque bajos, son comparables con los encontrados en otros estudios, esto es atribuido a la capacidad adaptativa del sistema digestivo de *L. vannamei* (Javahery *et al.*, 2019; Wujie *et al.*, 2020). Si bien es cierto que la actividad de la tripsina y quimotripsina, y las digestibilidades *in vitro* e *in vivo*, se vieron afectadas por la elevada inclusión de las harinas vegetales sin fermentar, los resultados de este

estudio mostraron que la actividad de las proteasas totales no se vio influenciada por las dietas, lo que indica una adaptación del sistema digestivo. Al respecto Maytorena-Verdugo, (2016) reporto que al ver disminuida la actividad de las principales enzimas digestivas (tripsina, quimotripsina), el sistema digestivo promueve la activación de cisteíno (catepsina B y L), serino (colagenasa) y metalo (zinc peptidasa) peptidasas, además de subtipos de tripsina (A, B, C), siendo la isotripsina C la que presenta mayor eficiencia fisiológica

En resumen, al utilizar la mezcla de harina de soya y harina de canola en las formulaciones y con el proceso de fermentación, fue posible realizar el reemplazo total de la harina de pescado, sin efectos adversos, sobre los parámetros zootécnicos.

Acerca de la calidad de la carne de camarón, esta se define por su textura, sabor, olor y color, entre otras características. Sin embargo, desde 1984, Sikorski *et al.* definen a la textura como el factor más importante de la calidad del camarón. De hecho aún se consideran a la textura y a la frescura como los elementos fundamentales para la comercialización de los camarones (Avila-Villa *et al.*, 2012; Altissimi *et al.*, 2017).

Se ha comprobado que el tipo de proteína suministrada en la dieta determina la textura de la carne, influyendo en la actividad de las enzimas proteolíticas (calpainas-calpastinas, catepsinas-cisteinas, y proteosomas), así como en el contenido de proteínas sarcoplasmicas, estromales (colágeno), y miofibrilares en el músculo (Avila-Villa *et al.*, 2012; Chan-Vivas *et al.*, 2019). Maldonado *et al.* (2011) encontraron que la digestión y la absorción de los nutrientes son diferentes según el tipo y la calidad de la proteína suministrada en la dieta, principalmente debido a diferencias en su biodisponibilidad y por lo tanto genera un efecto sobre la textura del músculo abdominal.

En la presente investigación, las dietas con harinas vegetales y harinas vegetales fermentadas mejoraron la textura, ya que mostraron valores más altos de fuerza de corte, con patrones electroforéticos del colágeno tipo I y V fuertemente marcados. Sriket *et al.* (2007) informaron que el colágeno tipo V, es el más abundante en el músculo de los crustáceos y tal como se observó en el presente estudio, los patrones electroforéticos relacionados con el colágeno tipo V fueron muy marcados en las dietas con harina vegetales (SC, SCF) y aparecieron con menor intensidad en la dieta control. Maldonado (2011) observó los patrones electroforéticos de colágeno extraído de camarones (*L. vannamei*), alimentados con diferentes ingredientes proteicos (harinas de soya, trigo, papa, spirulina, y calamar), descubrió que en la carne de camarones alimentados con harina de soya, los patrones de bandeo eran tenues (100 y 75 kDa); sin embargo, en el presente estudio, la combinación de harinas de soya y canola y sus versiones fermentadas, derivaron en un patrón electroforético del colágeno I y V muy marcado. Y por el contrario, en la dieta control la fuerza de corte fue menor y el patrón de bandeo del colágeno fue más tenue. Tal como lo menciona Jannathulla *et al.*, (2018), la fermentación de los ingredientes (como se realizó en el presente estudio) pudo haber modificado la disponibilidad de los nutrientes en el alimento, lo cual favoreció la digestión (grado de hidrólisis y CDA de la proteína cruda principalmente), generando un efecto sobre la fuerza de corte del músculo.

Otro factor relacionado con la textura es la CRA, ya que son las proteínas miofibrilares las encargadas de retener el agua dentro del músculo, estas normalmente se ven afectadas por el tipo de almacenamiento (Ramírez-Guerra *et al.*, 2012). Díaz (2005) encontró una correlación positiva directa entre CRA y la firmeza del músculo del camarón. Esta correlación se ve afectada principalmente por el proceso de congelación, y sugiere que la congelación por convección es mejor para preservar la calidad de la carne, ya que evita la formación de grandes cristales de hielo intramuscular, que generalmente dañan las proteínas musculares.

En el presente estudio observamos que durante el almacenamiento, tanto en congelación y refrigeración, hubo una reducción en la CRA, siendo mayor en la carne congelada. Esta disminución de la CRA es atribuida a la pérdida de funcionalidad de las proteínas musculares (Díaz, 2006), sobre todo por la congelación, la cual deriva en el ablandamiento excesivo de la carne, detectado en la evaluación sensorial por los panelistas.

También se ha atribuido la disminución de la textura de la carne, durante el almacenamiento, a la actividad de las enzimas digestivas (tripsina y quimotripsina principalmente), las cuales, una vez muerto el organismo, migran desde el cefalotórax hacia los dos primeros segmentos abdominales de *L. vannamei*, donde presentan actividad proteolítica hasta los 4 días de almacenamiento incluso a 0°C (Peng *et al.*, 2019). Sin embargo, en el presente estudio, al retirar el cefalotórax de los camarones para el almacenamiento, esto no influyó en la textura de la carne.

Como se mencionó anteriormente, la frescura es importante para determinar la calidad de la carne de camarón. Esta se midió usando NBVT, el cual se deriva de la cuantificación de bases volátiles nitrogenadas como la trimetilamina (producida por el deterioro bacteriano), dimetilamina (producida por la acción de enzimas autolíticas durante el almacenamiento) y amoníaco (producido por desaminación de aminoácidos libres), entre otros (Tapia, 2016). En el presente estudio observamos que el contenido de NBVT (a las 16 horas de la cosecha) en los camarones alimentados con las dietas vegetales y vegetales fermentadas, fue mayor al del control. Este efecto es atribuido a la presencia de aminoácidos libres en la carne del camarón (Triki, 2013), derivados de la inclusión de ingredientes proteicos vegetales en la dieta de los camarones, y el aumento de la digestibilidad de los mismos (como quedo reflejado en el CDA de la proteína cruda y la mayor actividad enzimática de la tripsina y quimotripsina de los tratamientos SC y SCF) (Suárez *et al.*, 2009; Cho & Kim, 2011).

Sin embargo, el almacenamiento juega un papel importante en la formación de NVBT (Triki, 2013). La carne refrigerada durante 8 días (4°C) mostró los valores más altos de NVBT, comparados con los de la carne congelada durante 30 días (-18°C). Según Velu *et al.* (2019), la menor formación de NBVT durante la congelación está asociada con la reducida actividad de las proteasas del músculo (elastasas y colagenasas; Maldonado *et al.*, 2012) y de bacterias descomponedoras (fundamentalmente *Actinobacter spp*; Yang *et al.*, 2017).

Es importante mencionar que los valores de NBVT en el presente estudio fueron más altos que los reportados en otras investigaciones (Le *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2017; Sharifian *et al.*, 2019); en cualquier caso, los resultados, en todos los tratamientos, están por debajo del límite máximo aceptable (30mgN/100g) (Gallardo *et al.*, 2015).

En este estudio, la influencia positiva de las dietas sobre la fuerza de corte, aunado a las condiciones adecuadas de cultivo, cosecha y matanza, fueron premiadas por los panelistas en la evaluación sensorial, siendo la carne de los camarones alimentados con harinas vegetales fermentadas, la mejor calificada en cuanto a textura y agrado general.

Mantener un buen manejo del producto hasta su consumo es importante, ya que todo el beneficio obtenido durante la fase alimentación se puede perder durante el almacenamiento, e influir en la aceptación del producto por parte del consumidor. Zeng *et al.* (2005) evaluaron los cambios de calidad en el camarón boreal (*Pandalus borealis*), en diferentes condiciones de enfriamiento durante el almacenamiento, encontraron que los panelistas calificaron como “inaceptables para consumo” a los camarones almacenados durante 6 días en hielo. Algo similar ocurrió en este estudio, ya que la carne congelada fue la peor calificada en aspectos de textura, sabor y agrado general. La disminución de las cualidades organolépticas en la carne congelada en este estudio, podría estar relacionada con la reducción en la CRA en

la carne, ya que esta es atribuida a la pérdida de funcionalidad de las proteínas musculares por el almacenamiento, que derivó en el ablandamiento de la carne. Esta reducción en la textura fue detectada por los panelistas, generando una menor calificación (5 promedio) en comparación con la carne refrigerada (6 promedio). Cabe mencionar que si bien, la carne congelada presentó pérdida de las cualidades organolépticas, la calificación obtenida es positiva, lo que significa que sigue siendo aceptable para el consumidor.

Con respecto al aroma, nuestros panelistas no detectaron diferencias entre los tratamientos de almacenamiento. Dichos resultados se asemejan a los encontrados en un estudio similar (Erickson *et al.*, 2007), en el que realizaron la evaluación sensorial de camarones capturados (refrigerados 10 días a 5°C) y comerciales (congelados a -18°C), la evaluación fue realizada por panelistas entrenados, quienes no detectaron diferencias en cuanto al aroma de los diferentes tratamientos.

Por otro lado, el sabor de la carne de camarón está relacionado con el contenido de aminoácidos en la misma, especialmente con la presencia de glutamato (o ácido glutámico), que le confiere buena parte del sabor característico a los productos del mar (Albarracín *et al.*, 2016). En el presente estudio observamos que, el sabor de la carne de los camarones alimentados con harinas vegetales fermentadas y la dieta control, fue calificado igual (5 promedio). En cuanto al almacenamiento, calificaron con menor sabor a la carne de camarón congelada (5 promedio), esto pudo deberse a la pérdida de componentes solubles, como el glutamato, durante el proceso de descongelación. Según Erickson *et al.* (2007) la pérdida de estos compuestos, en los exudados de descongelación, ocasiona la disminución del sabor dulce, jugosidad y dureza de la carne del camarón.

CONCLUSIONES

En este estudio se ha probado que gracias a la fermentación de los ingredientes vegetales de la dieta, es posible la sustitución parcial y total de la harina de pescado sin comprometer el rendimiento zootécnico y la calidad de *L. vannamei*. Dicha fermentación mejoró las cualidades nutricionales de las harinas soya y canola, permitiendo el óptimo funcionamiento del sistema digestivo del camarón, lo cual favoreció el reemplazo de un ingrediente que, cada vez parece ser menos indispensable en la alimentación de estos organismos. El uso de las harinas de soya y canola fermentadas en la sustitución de la harina de pescado en la dieta control se tradujo en mejores calificaciones por parte de los panelistas en la evaluación sensorial, ya que la textura y el colágeno del músculo se vieron favorecidos por esta alimentación. Este estudio permite confirmar que la congelación disminuye los atributos de calidad, determinantes para la aceptación del consumidor.

Para conocer a mayor profundidad el efecto de las dietas diseñadas en este proyecto, es necesario evaluar los perfiles y la digestibilidad de los aminoácidos, para así poder recomendar su posible uso a largo plazo para otras etapas (reproductores en mantenimiento) y especies productivas.

BIBLIOGRAFÍA

Siccardi III, A.J., Lawrence, A.L., Gatlin III, D.M., Fox, J.M., Castille, F.L., Perez-Velazquez, M. y González-Félix, M. L. (2006). Digestibilidad Aparente de Energía, Proteína y Materia Seca de Ingredientes Utilizados en Alimentos Balanceados para el Camarón Blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. *Nutrición Acuicola*, 1(5), 213–237.

Adler-Nissen, J. (1986). *Enzymic Hydrolysis of Food Protein*. January 1986.

Albarracín, S. L., Baldeón, M. E., Sangronis, E., Petruschina, A. C., & Reyes, F. G. R. (2016). L-Glutamato: Un aminoácido clave para las funciones sensoriales y metabólicas. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 66(2), 101–112.

Altissimi, S., Mercuri, M. L., Framboas, M., Tommasino, M., Pelli, S., Benedetti, F., Di Bella, S., & Haouet, N. (2017). Indicators of protein spoilage in fresh and defrosted crustaceans and cephalopods stored in domestic condition. *Italian Journal of Food Safety*, 6(4), 217–221. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2017.6921>

Álvarez, I., De La Fuente, J., Cañeque, V., Lauzurica, S., Pérez, C., & Díaz, M. T. (2009). Changes in the fatty acid composition of *M. longissimus dorsi* of lamb during storage in a high-oxygen modified atmosphere at different levels of dietary vitamin E supplementation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(1), 140–146. <https://doi.org/10.1021/jf801940c>

Amadou, I, Kmara, M. T., Amza, T., Foh, M. B. K., & Le, G. W. (2010). Physicochemical and Nutritional Analysis of Fermented Soybean Protein Meal by *Lactobacillus plantarum* Lp6. In *Word Journal of Dairy and Food Sciences* (Vol. 5, Issue 2, pp. 114–118).

Amadou, Issoufou, Amza, T., Foh, M., & Le, M. (2015). Influence of *Lactobacillus plantarum* Lp6 fermentation on the functional properties of soybean protein meal. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 22(6), 456. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v22i6.4663>

Anderson, J. L., Valderrama, D., & Jory, D. (2017). Shrimp Aquaculture Production by World Region: 2000-2017 (FAO Data). *Goal* 2017, 54. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000200013>

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists. In AOAC (15th ed., Vol. 1, Issue Volume 1). <https://doi.org/10.1016/b0-12-765490-9/00006-9>

Arredondo-Figueroa, J. L. (2002). El cultivo de camarón en México, actualidades y perspectivas. *ContactoS*, 43, 41–54. <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n43ne/camaron.pdf>

Atkinson, J. L., Hilton, J. W., & Slinger, S. J. (1984). Evaluation of acid-insoluble ash as an indicator of feed digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(9), 1384–1386. <https://doi.org/10.1139/f84-170>

Avila-Villa, L. A., Garcia-Sanchez, G., Gollas-Galvan, T., Hernandez-Lopez, J., Lugo-Sanchez, M. E., Martinez-Porchas, M., & Pacheco-Aguilar, R. (2012). Textural changes of raw and cooked muscle of shrimp, *litopenaeus vannamei*, infected with necrotizing hepatopancreatitis bacterium (NHPB). *Journal of Texture Studies*, 43(6), 453–458. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2012.00355.x>

Ayala Borboa, E. G. (2014). Efecto de la inclusión de harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en el alimento sobre la expresión y actividad enzimática digestiva en el intestino del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Centro de investigaciones biológicas del noroeste.

Barraza-Guardado, R. H., Arreola-Lizárraga, J. A., López-Torres, M. A., Casillas-Hernández, R., Miranda-Baeza, A., Magallén-Barrajas, F., & Ibarra-Gómez, C. (2013). Effluents of shrimp farms and its influence on the coastal ecosystems of bahía de Kino, Mexico. *The Scientific World Journal*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/306370>

Bortone, E., Cruz-Suárez, L., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M., & Simoes, N. (2002). Interacción de ingredientes y procesos en la producción de alimentos hidroestables para camarones. Cruz-Suárez, Le; Ricque-Marie, D.; Tapia-Salazar, M, 407–437. <http://www.nutricionacuicola.uanl.mx/numeros/6/A25.pdf>

Botta, J. R., Lauder, J. T., & Jewer, M. A. (1984). Effect of Methodology on Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) Determination as an Index of Quality of Fresh Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science*, 49(3), 734–736. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13197.x>

Brauer, J. M. E., Leyva, J. A. S., Alvarado, L. B., & Sández, O. R. (2003). Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *European Food Research and Technology*, 217(4), 277–280. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0739-7>

Bulbul, M., Kader, M. A., Asaduzzaman, M., Ambak, M. A., Chowdhury, A. J. K., Hossain, M. S., Ishikawa, M., & Koshio, S. (2016). Can canola meal and soybean meal be used as major dietary protein sources for kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*? *Aquaculture*, 452, 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.036>

Campaña Torres, A. (2010). Efecto del alimento natural exógeno en la producción, respuesta fisiológica, inmune y calidad post-cosecha del camarón blanco del pacífico *litopenaeus vannamei* (boone, 1931) y en la calidad del agua del sistema.

[Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste]. In Nutrition. <https://doi.org/10.3945/an.110.000109.78>

Chan-Vivas, E., Edén, M. G., Maldonado, C., Escalante, K., Gaxiola, G., & Cuzon, G. (2019). Does Biofloc Improve the Energy Distribution and Final Muscle Quality of Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1883)? *Journal of the World Aquaculture Society*, 50(2), 460–468. <https://doi.org/10.1111/jwas.12522>

Chávez Sánchez, M. C., & Higuera Ciapara, I. (2003). Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Camarón para la Inocuidad Alimentaria (Centro de). SENASICA.

Chi, C. H., & Cho, S. J. (2016). Improvement of bioactivity of soybean meal by solid-state fermentation with *Bacillus amyloliquefaciens* versus *Lactobacillus* spp. and *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 619–625. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.002>

Cho, J. H., & Kim, I. H. (2011). Fish meal - nutritive value. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95(6), 685–692. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01109.x>

COMMISSION REGULATION (EC) No 2074/2005. (2005). Official Journal of the European Union, 2074.

Cruz Suárez, E. (2012). Enzimas digestivas y estudios sobre digestibilidad para organismos acuáticos. In *Avances en Nutrición Acuícola III*.

Dabadé, D. S., den Besten, H. M. W., Azokpota, P., Nout, M. J. R., Hounhouigan, D. J., & Zwietering, M. H. (2015). Spoilage evaluation, shelf-life prediction, and potential spoilage organisms of tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) at different storage temperatures. *Food Microbiology*, 48, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.11.005>

Dersjant-Li, Y. (2002). The Use of Soy Protein in Aquafeeds. In *Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola* (pp. 541–558).

Díaz Tenorio Lourdes Mariana. (2006). Cambios post-mortem en el músculo de camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) y el efecto de procesos post-cosecha en su textura. CIBNOR.

Doyle, J. P. (1995). Seafood Shelf Life as a Function of Temperature. *Marine Fisheries Review*, 1989(30), 30–35. <https://doi.org/10.4027/sslft.1989>

Erickson, M. C., Bulgarelli, M. A., Resurreccion, A. V. A., Vendetti, R. A., & Gates, K. A. (2007). Sensory differentiation of shrimp using a trained descriptive analysis panel. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10), 1774–1783. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.12.007>

Ezquerro, J. M., García-Carreño, F. L., & Haard, N. F. (1997). Effects of feed diets on

digestive proteases from the hepatopancreas of white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Journal of Food Biochemistry*, 21(2), 401–419. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1997.tb00206.x>

Ezquerro, M., Bringas, L., Burgos, a, & Rouzaud, O. (2004). Control de la Composición Química y Atributos de Calidad de Camarones Cultivados. *Control*, 1, 441–462.

FAO. (2018a). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. <https://doi.org/CC BY-NC-SA 3.0 IGO>

FAO. (2018b). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018.

Fatima, R., Khan, M. A., & Qadri, R. B. (1988). Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored in ice (0° C) and partially frozen (-3° C). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 42(3), 235–247.

Fox, J. M., Davis, D. A., Wilson, M., & Lawrence, A. L. (2006). Current status of amino acid requirement research with marine penaeid shrimp. *Avances En Nutrición Acuícola*, 8, 182–196.

Gallardo, J., López, M., Pastoriza, L., & Gonzalez, P. (2015). Determinación de bases volátiles en productos pesqueros. *Inf. Tbcn. Inst. Inv. Pesq*, 65(1), 65. http://digital.csic.es/bitstream/10261/90693/1/Bases_volatiles.pdf

Hassaan, M. S., Soltan, M. A., & Abdel-Moez, A. M. (2015). Nutritive value of soybean meal after solid state fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Animal Feed Science and Technology*, 201, 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.007>

Hicks, D. (2016). Seafood Safety and Quality: The Consumer's Role. *Foods*, 5(4), 71. <https://doi.org/10.3390/foods5040071>

Index, M. (2020). Fishmeal - Monthly Price (Mexican Peso per Metric Ton) - Commodity Prices - Price Charts, Data, and News - IndexMundi. <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=fish-meal&months=120¤cy=mxn>

ISO, P. E. D. (2014). ISO IEC 90003 2004 Software QMS Definitions. <http://www.praxiom.com/iso-90003-2004-defns.htm>

Jannathulla, R., Dayal, J. S., Vasanthakumar, D., Ambasankar, K., & Muralidhar, M. (2018). Effect of fungal fermentation on apparent digestibility coefficient for dry matter, crude protein and amino acids of various plant protein sources in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, July 2017, 1–12. <https://doi.org/10.1111/anu.12669>

Javahery, S., Noori, A., & Hoseinifar, S. H. (2019). Growth performance, immune response, and digestive enzyme activity in Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*

- Boone, 1931, fed dietary microbial lysozyme. *Fish and Shellfish Immunology*, 92(February), 528–535. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.06.049>
- Jiang, N., Tan, N. S., Ho, B., & Ding, J. L. (2007). Azocoll protease activity assay. *Protocol Exchange*, October 2016, 4–6. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.484>
- Laohabanjong, R., Srichanun, M., Kuprasert, S., Tantikitti, C., & Supamattaya, K. (2005). Fish meal quality evaluated by chemical analysis and feed microscopy techniques. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology (SJST)*, 27(Suppl.1), 25–44.
- Lawrie, R. A., & Ledward, D. (2006). *Lawrie's Meat Science: Seventh Edition*. In *Lawrie's Meat Science: Seventh Edition*. <https://doi.org/10.1533/9781845691615>
- Le, N. T., Doan, N. K., Nguyen Ba, T., & Tran, T. V. T. (2017). Towards improved quality benchmarking and shelf life evaluation of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Food Chemistry*, 235, 220–226. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.055>
- Lemos, D., Ezquerro, J. M., & Garcia-Carreño, F. L. (2000). Protein digestion in penaeid shrimp: Digestive proteinases, proteinase inhibitors and feed digestibility. *Aquaculture*, 186(1–2), 89–105. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00371-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00371-3)
- Lemos, D., Navarrete Del Toro, A., Córdova-Murueta, J. H., & Garcia-Carreño, F. (2004). Testing feeds and feed ingredients for juvenile pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: In vitro determination of protein digestibility and proteinase inhibition. *Aquaculture*, 239(1–4), 307–321. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.032>
- Lim, C., Beames, R.M., Egles, J.G., Predergast, A.F., McLeese, J.M., Shearer, K.D., Higgs, D.A. (1997). Nutritive value of low and high fibre canola meals for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 3, 269–279.
- López Hernández, L. H., Braña Varela, D., & Hernández. Isabel. (2013). Estimación de la vida de anaquel de la carne (L. H. López Hernández (Ed.); Primera Ed, Issue 11). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Magaña Gallegos, E. (2014). Determinación del valor nutricional del floc en el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) y el camarón rojo del Caribe (*Farfantepenaeus brasiliensis*). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Maldonado, C., Guillen, S., Pantoja, O., Arena, L., Ezquerro-Bauer, M., Alvarez-González, C. A., Cuzon, G., & Gaxiola, G. (2012). Effect of plant protein concentrates on nutrition physiology of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1883) juveniles. *Aquaculture Research*, 43(8), 1209–1222. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02925.x>
- Maldonado Flores, J. C. (2011). Evaluación de concentrados proteicos vegetales en

la nutrición de *L. vannamei*: aspectos de digestibilidad, fisiológicos, bioquímicos y calidad. Universidad Nacional Autónoma de México.

Mallison A. (2013). La Union Europea autoriza las proteínas animales procesadas de cerdo y avícola en el alimento acuícola (Issue 243). [http://www.iffonet.es/system/files/Febrero 243.pdf](http://www.iffonet.es/system/files/Febrero%20243.pdf)

Martínez-Rocha, L., Gamboa-Delgado, J., Nieto-López, M., Ricque-Marie, D., & Cruz-Suárez, L. E. (2013). Incorporation of dietary nitrogen from fish meal and pea meal (*Pisum sativum*) in muscle tissue of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed low protein compound diets. *Aquaculture Research*, 44(6), 847–859. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03083.x>

Maytorena-Verdugo, C. I. (2016). Efecto de solventes orgánicos y temperatura en la actividad enzimática de las lipasas digestiva e Intracelular de *Penaeus vannamei*. CIBNOR.

Miles, R. D., & Chapman, F. A. (2010). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets 1 Protein Quality of Fishmeal Benefits of Fishmeal Incorporated into Fish Diets. June, 1–6.

Moniruzzaman, M., Damusaru, J. H., Won, S., Cho, S. J., Chang, K. H., & Bai, S. C. (2019). Effects of partial replacement of dietary fish meal by bioprocessed plant protein concentrates on growth performance, hematology, nutrient digestibility and digestive enzyme activities in juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10141>

Muhlía-Almazán, A., & García-Carreo, F. L. (2002). Influence of molting and starvation on the synthesis of proteolytic enzymes in the midgut gland of the white shrimp *Penaeus vannamei*. *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology*, 133(3), 383–394. [https://doi.org/10.1016/S1096-4959\(02\)00163-X](https://doi.org/10.1016/S1096-4959(02)00163-X)

Mukherjee, R., Chakraborty, R., & Dutta, A. (2016). Role of fermentation in improving nutritional quality of soybean meal - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(11), 1523–1529. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0627>

Nieto L, Lizabeth, L. E., Suárez, C. S., Ariel, D. R. M., & Rauer, M. A. E. Z. B. (2005). TÉCNICA DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO EN INGREDIENTES Y ALIMENTOS PARA CAMARÓN. *CIENCIA UANL*, VIII(1).

Nova Cacho, J. I. (2014). Búsqueda y caracterización de la estabilidad de una fitasa fúngica producida por Fermentación en Medio Sólido.

Olaoye, O. A. (2011). Meat: An overview of its composition, biochemical changes and associated microbial agents. *International Food Research Journal*, 18(3), 877–

885.

Oxford, U. of. (2016). Seafood production: wild fish catch vs aquaculture. University of Oxford. <https://ourworldindata.org/grapher/capture-fisheries-vs-aquaculture-farmed-fish-production>

Páez-Osuna, F. (2005). The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture : Causes , Effects , and Mitigating Alternatives. *Environmental Management*, 28(1), 131–140. <https://doi.org/10.1007/s002670010212>

Parisenti, J., Beirão, L. H., Tramonte, V. L. C. G., Ourique, F., da Silveira Brito, C. C., & Moreira, C. C. (2011). Preference ranking of colour in raw and cooked shrimps. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(12), 2558–2561. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02781.x>

Parlapani, F. F., Kormas, K. A., & Boziaris, I. S. (2015). Microbiological changes, shelf life and identification of initial and spoilage microbiota of sea bream fillets stored under various conditions using 16S rRNA gene analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(12), 2386–2394. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6957>

Peixoto, S., Silva, E., Costa, C. B., Nery, R. C., Rodrigues, F., Silva, J. F., Bezerra, R., & Soares, R. (2018). Effect of feeding frequency on growth and enzymatic activity of *Litopenaeus vannamei* during nursery phase in biofloc system. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 579–585. <https://doi.org/10.1111/anu.12591>

Peng, Y., Chen, S., Ji, H., & Liu, S. (2019). Localization of trypsin-like protease in postmortem tissue of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and its effect in muscle softening. *Food Chemistry*, 290(March), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.147>

Plaipetch, P., & Yakupitiyage, A. (2012). Use of Yeast-Fermented Canola Meal to Replace Fishmeal in the Diet of Asian Sea Bass *Lateolabrax japonicus* (Bloch, 1790). *J Aquac Res Development*, 3(2). <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000125>

Qiu, X., & Davis, D. A. (2017). Effects of Dietary Carbohydrase Supplementation on Performance and Apparent Digestibility Coefficients in Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(2), 313–319. <https://doi.org/10.1111/jwas.12361>

Rahimnejad, S., Hu, S., Song, K., Wang, L., Lu, K., Wu, R., & Zhang, C. (2019). Replacement of fish meal with defatted silkworm (*Bombyx mori* L.) pupae meal in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 510(43), 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.054>

Ramírez-Guerra, H. E., García-Sifuentes, C. O., Pacheco-Aguilar, R., Ramirez-Suarez, J. C., Lugo-Sánchez, M. E., & Scheuren-Acevedo, S. M. (2012). The influence of ante-mortem hypoxia on the physicochemical stability of myofibrillar proteins in the muscle tissue of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exposed to multiple

freeze-thaw cycles. *European Food Research and Technology*, 235(1), 37–45. <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1702-2>

Rocha, J. V., Silva, J. F., Barros, C., Peixoto, S., & Soares, R. (2019). Compensatory growth and digestive enzyme activity of *Litopenaeus vannamei* submitted to feeding restriction in a biofloc system. *Aquaculture Research*, 50(12), 3653–3662. <https://doi.org/10.1111/are.14323>

Román, G., López, P., & Leyva, G. (2016). Pasado y presente de la acuicultura en Yucatán. *Bioagrobiencias*, 9(2), 27–34.

Rosas, C., Cuzon, G., Gaxiola, G., & Pascual, C. (2000). El metabolismo de los carbohidratos de *Litopenaeus setiferus*, *L.vannamei* y *L.stylostris*. *Avances En Nutrición Acuícola V. Memorias Del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 1998, 340–359.

SAGARPA. (2017). Aumenta Producción de Camarón 65.5 por ciento en cuatro años. In *Boletines SAGARPA*. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sonora/boletines/Paginas/2017B00046.aspx>

Sánchez, D., & Ching, C. (2006). Análisis sobre la sustitución de harina de pescado como fuente proteica y el futuro de la industria del camarón. *Boletín Nicovita*, Parte I.

Seabra, L. M. J., Damasceno, K. S. F. S. C., Andrade, S. A. C., Dantas, M. M. G., Soares, N. K. M., & Pedrosa, L. F. C. (2011). Effect of Rosemary on the Quality Characteristics of White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*). *Journal of Food Quality*, 34(5), 363–369. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00402.x>

Sharawy, Z., Goda, A. M. A. S., & Hassaan, M. S. (2016). Partial or total replacement of fish meal by solid state fermented soybean meal with *Saccharomyces cerevisiae* in diets for Indian prawn shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Postlarvae. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.009>

Sharifian, S., Shabanpour, B., Taheri, A., & Kordjazi, M. (2019). Effect of phlorotannins on melanosis and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food Chemistry*, 298(March). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124980>

Shiu, Y. L., Wong, S. L., Guei, W. C., Shin, Y. C., & Liu, C. H. (2015). Increase in the plant protein ratio in the diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus subtilis* E20-fermented soybean meal as a replacement. *Aquaculture Research*, 46(2), 382–394. <https://doi.org/10.1111/are.12186>

Siccardi, A. J., Lawrence, A. L., Gatlin, D. M., Fox, J. M., Castille, F. L., Perez-Velazquez, M., & González-Félix, M. L. (2006). Requerimientos de Energía y

Proteína Digerible para Crecimiento y Mantenimiento de Subadultos de *Litopenaeus vannamei*. 238–281.

Sikorski, Z. E., Scott, D. N., & Buisson, D. H. (1984). The Role of Collagen in the Quality and Processing of Fish. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 20(4), 301–343. <https://doi.org/10.1080/10408398409527393>

Silva, F. de O., Miranda, T. G., Justo, T., Frasão, B. da S., Conte-Junior, C. A., Monteiro, M., & Perrone, D. (2018). Soybean meal and fermented soybean meal as functional ingredients for the production of low-carb, high-protein, high-fiber and high isoflavones biscuits. *LWT - Food Science and Technology*, 90(December 2017), 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.035>

Soares, M., Fracalossi, D. M., Lima de Freitas, L. E., Santos Rodrigues, J. C. R., Pedreira Muriño, J. L., Quadros Seiffert, W., & Nascimento Vieira, F. do. (2015). Replacement of fish meal by protein soybean concentrate in practical diets for Pacific white shrimp. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(10), 343–349. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015001000001>

Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Kijroongrojana, K. (2007). Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *Food Chemistry*, 103(4), 1199–1207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.039>

Suárez, J. A., Gaxiola, G., Mendoza, R., Cadavid, S., Garcia, G., Alanis, G., Suárez, A., Faillace, J., & Cuzon, G. (2009). Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*, 289(1–2), 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.001>

Sudaryono, Tsvetnenko, & Evans. (1999). Evaluation of potential of lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile *Penaeus monodon* diets. *Aquaculture Nutrition*, 5(4), 277–285. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1999.00117.x>

Tapia, E. (2016). Determinación de Nitrógeno Básico Volátil Total en productos de la pesca [Facultad de Ciencias Veterinarias]. In Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/625>

Taylor, P., & Prester, L. (2011). Food Additives & Contaminants : Part A Biogenic amines in fish , fish products and shellfish : a review. *Food Additives and Contaminants*, November, 37–41.

Tenorio, L. M. D. (2005). Cambios post-mortem en el músculo de camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) y el efecto de procesos post-cosecha en su textura. In Cambios post-mortem en el músculo de camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) y el efecto de procesos post-cosecha en su textura. CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.

- Torres-Arreola, W., Pacheco-Aguilar, R., Sotelo-Mundo, R. R., Rouzaud-Sández, O., & Ezquerro-Brauer, J. M. (2008). CARACTERIZACIÓN PARCIAL DEL COLÁGENO EXTRAÍDO A PARTIR DEL MANTO, ALETA Y TENTÁCULOS DE CALAMAR GIGANTE (*Dosidicus gigas*) PARTIAL CHARACTERIZATION OF COLLAGEN FROM MANTLE, FIN, AND ARMS OF JUMBO SQUID (*Dosidicus gigas*). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 6(2), 101–108. <https://doi.org/10.1080/11358120809487634>
- Triki, M. (2013). AMINAS BIÓGENAS EN PRODUCTOS CÁRNICOS MÁS SALUDABLES EN BASE A SU CONTENIDO LIPÍDICO. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.
- Tsai García Galano, H. V.-C., & Fenucci, J. L. (2007). Manual De Ingredientes Proteicos Y Aditivos Empleados En La Formulacion De Alimentos Balanceados Para Camarones Peneidos. 1 (Universidad del Mar del Plata (Ed.); primera, Vol. 1). https://www.cibnor.mx/images/stories/biohelis/pdfs/MANUAL_INGREDIENTES_PR OTEICOS.pdf
- Valderrama, D., & Anderson, J. L. (2011). Shrimp Production Review. *Goal* 2011, 38. <http://www.gaalliance.org/update/GOAL11/DiegoValderrama.pdf>
- Van Nguyen, N., Hoang, L., Van Khanh, T., Duy Hai, P., & Hung, L. T. (2018). Utilization of fermented soybean meal for fishmeal substitution in diets of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, October 2017, 1–9. <https://doi.org/10.1111/anu.12648>
- Velu, S., Cheong Yew, C., Zaman, M. Z., & Abu Bakar, F. (2019). Inhibition of Melanosis, Microbial and Quality Changes of White Shrimp (*Penaeus vannamei*) via Effect of Key Lime Juice and Vacuum Packaging at $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(4), 427–437. <https://doi.org/10.1080/10498850.2019.1595800>
- Wade, N. M., Anderson, M., Sellars, M. J., Tume, R. K., Preston, N. P., & Glencross, B. D. (2012). Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon*. *Journal of Experimental Biology*, 215(2), 343–350. <https://doi.org/10.1242/jeb.064592>
- Wang, Y., Liu, M., Wang, B., Jiang, K., Wang, M., & Wang, L. (2019). A global view of hepatopancreas and intestinal reveals the potential influencing mechanism of aflatoxin B1 on nutrition and metabolism in *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25(12), 1–14. <https://doi.org/10.1111/jwas.12615>
- Woyengo, T. A., Beltranena, E., Zijlstra, R. T., Armenta Soto, S. de J., Robertson, L., Bray, W., Leung-Trujillo, J., Lawrence, A., Salze, G. P., Davis, D. A., Ortiz-Guillén, S., Martínez, A., Romero, Y., Castillo, T., Mascaró, M., López-Rull, I., Simões, N., Arcega-Cabrera, F., Gaxiola, G., ... Seiffert, W. Q. (2015). Taurine: A critical nutrient for future fish feeds. *PLoS ONE*, 437(9), 180–185. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1987.tb00437.x>

- Wujie Xu, Yu Xu, Haochang Su, Xiaojuan Hu, Yunna Xu, Zhuojia Li, Guoliang Wen, Y. C. (2020). Effects of feeding frequency on growth, feed utilization, digestive enzyme activity and body composition of *Litopenaeus vannamei* in biofloc-based zero-exchange intensive systems. *Математические Заметки*, 74(5), 782–786. <https://doi.org/10.4213/mzm599>
- WWF. (2019). Farmed Shrimp | Industries | WWF. Farmed Shrimp. <https://www.worldwildlife.org/industries/farmed-shrimp>
- Yang, S. P., Xie, J., & Qian, Y. F. (2017). Determination of Spoilage Microbiota of Pacific White Shrimp During Ambient and Cold Storage Using Next-Generation Sequencing and Culture-Dependent Method. *Journal of Food Science*, 82(5), 1178–1183. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13705>
- Yuan, Y. C., Lin, Y. C., Yang, H. J., Gong, Y., Gong, S. Y., & Yu, D. H. (2013). Evaluation of fermented soybean meal in the practical diets for juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. *Aquaculture Nutrition*, 19(1), 74–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00939.x>
- Zeng, Q. Z., Thorarinsdottir, K. a., & Olafsdottir, G. (2005). Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored in ice (0° C) and partially frozen (-3° C). *Journal of Food Science*, 70(7), S459–S466. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11493.x>
- Zhang, P., Zhang, X., Li, J., & Gao, T. (2010). Effect of refeeding on the growth and digestive enzyme activities of *Fenneropenaeus chinensis* juveniles exposed to different periods of food deprivation. *Aquaculture International*, 18(6), 1191–1203. <https://doi.org/10.1007/s10499-010-9333-8>
- Zhu, J., Gao, M., Zhang, R., Sun, Z., Wang, C., Yang, F., Huang, T., Qu, S., Zhao, L., Li, Y., & Hao, Z. (2017). Effects of soybean meal fermented by *L. plantarum*, *B. subtilis* and *S. cerevisiae* on growth, immune function and intestinal morphology in weaned piglets. *Microbial Cell Factories*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0809-3>

Anexo1. Análisis químico proximal de los ingredientes y formulaciones utilizados durante la frase de experimentación



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-013/19

Hoja 01/01

DRA. MARÍA DE LA SALUD RUBIO
FMVZ-UNAM

Muestra.: NUT-013
HARINA DE SOYA

Fecha de recepción: 10.01.19

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	90.70%
Humedad	9.30%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	43.49%
Extracto Etéreo	1.66%
Cenizas	6.55%
Fibra Cruda	2.36%
Extracto Libre de Nitrógeno	36.63%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Teresa Martínez Martínez

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLA UNO EN ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Ux, a 24 de Enero de 2019

21 ENE 2019

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Departamento de Nutrición Animal
y Bioquímica

Dr. Luis Corona Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y
Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-012/19

Hoja 01/01

DRA. MARÍA DE LA SALUD RUBIO
FMVZ-UNAM

Muestra.: NUT-012
HARINA DE CANOLA 13.12.18

Fecha de recepción: 10.01.19

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	91.02%
Humedad	8.98%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	34.65%
Extracto Etéreo	3.44%
Cenizas	6.48%
Fibra Cruda	6.30%
Extracto Libre de Nitrógeno	40.16%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Teresa Martínez Martínez

Atentamente
"POR MI RAZA HABRÁ EN EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. México, a 24 de Enero de 2019

24 ENE 2019

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Departamento de Nutrición Animal
y Bioquímica

Luis Corona Gochi
Cefe de Departamento de Nutrición Animal y
Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-714/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-714
HARINA FERMENTADA SOYA

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	94.36%
Humedad	5.64%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	43.88%
Extracto Etéreo	NA
Cenizas	NA
Fibra Cruda	NA
Extracto Libre de Nitrógeno	NC

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Nohemí Rodríguez Illescas

“POR MI RAZA HABITANTE EN EL ESPÍRITU”
Cd. Universidad, Cd. Mx., a 28 de Noviembre de 2018

8 NOV 2018

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

Luis Corona Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.

Av. Universidad 3000, Col. UNAM, C.U., Del. Coyacán, Cd. Mx., CP 04510.
Tel./Fax: 01 (55) 5622 5806 y 5622 5807. Tel.: 5622 5879

FRP-DNAB-MV-002 Rev. 5



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-715/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-715
HARINA FERMENTADA CANOLA

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	95.71%
Humedad	4.29%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	39.66%
Extracto Etéreo	NA
Cenizas	NA
Fibra Cruda	NA
Extracto Libre de Nitrógeno	NC

Los resultados se expresan en Base Húmeda
*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11)
NA = NO ANALIZADO
NC = NO CALCULADO
Analizó: Nohemí Rodríguez Illescas

Atentamente
"POR FAVOR HABLE EN ESPañOL"
Cd. Univeritaria, Cd. F.M.R. a 28 de Noviembre de 2018

[Firma manuscrita] 28 NOV 2018 *[Firma manuscrita]*

Q.A. Águeda García Pérez Responsable del Laboratorio
Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica
Luis Corona Gochi
Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.

Av. Universidad 3000, Cal. UNAM, C.U., Del. Copacalpan, Cid. Mex., CP 04510.
Tel./Fax: 01 (55) 5622 5906 y 5622 5907. Tdl.: 5622 5879

FRP/DNAB-INV-002 Rev. 5



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-716/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-716
ENSILADO DE PESCADO

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	93.51%
Humedad	6.49%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	50.44%
Extracto Etéreo	NA
Cenizas	NA
Fibra Cruda	NA
Extracto Libre de Nitrógeno	NC

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Nohemí Rodríguez Illescas

Atención a la Maestra
"POSGRADUADA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA"
Cd. Universidad, Cd. México, a 28 de Noviembre de 2018

28 NOV 2018

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Departamento de Nutrición Animal
y Bioquímica

Dr. Luis Corona Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y
Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.

Av. Universidad 3000, Col. UNAM, C.U., Del. Coyoacán, Cd. México, CP 04510.
Tel./Fax: 01 (55) 5622 5906 y 5622 5907. Tel.: 5622 5879

FRP-DNAB-MIV-002 Rev. 5



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-717/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-717
DIETA 1

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	96.81%
Humedad	3.19%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	37.03%
Extracto Etéreo	8.78%
Cenizas	13.13%
Fibra Cruda	7.28%
Extracto Libre de Nitrógeno	27.82%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Ángel Mendoza Vilchis

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÉ A ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. México, 03 de Diciembre de 2018

(Firma manuscrita)
03 DIC 2018
(Firma manuscrita)

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio.

Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

Dr. Luis Corona Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-718/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-718
DIETA 2

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	95.90%
Humedad	4.10%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	36.80%
Extracto Etéreo	8.96%
Cenizas	14.67%
Fibra Cruda	6.94%
Extracto Libre de Nitrógeno	26.59%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Ángel Mendoza Vilchis

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria, Cd. MXD 800 de Diciembre de 2018

VETERINARIA Y ZOOTECNIA

01 DIC 2018

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Departamento de Nutrición Animal
y Bioquímica

Dr. Luis Corona Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y
Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.

Av. Universidad 3000, Col. UNAM, C.U., Del. Coyoacán, Cd. Mx., CP 04510.
Tel./Fax: 01 (55) 5622 5906 y 5622 5907. Tel.: 5622 5879

FRP-DNAB-MV-002 Rev. 5



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-719/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-719
DIETA 3

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	97.19%
Humedad	2.81%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	36.90%
Extracto Etéreo	8.48%
Cenizas	15.13%
Fibra Cruda	7.93%
Extracto Libre de Nitrógeno	26.72%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Ángel Mendoza Vilchis

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. México, 30 de Diciembre de 2018

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA

07 DIC 2018

Departamento de Nutrición Animal
y Bioquímica

Dr. Luis Gerardo Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y
Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin la autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-720/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-720
DIETA 4

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	95.24%
Humedad	4.76%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	36.70%
Extracto Etéreo	8.60%
Cenizas	15.82%
Fibra Cruda	8.02%
Extracto Libre de Nitrógeno	25.48%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Ángel Mendoza Vilchis

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 05 de Diciembre de 2018

(Firma manuscrita)
DEC 10 2018
(Firma manuscrita)

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Departamento de Nutrición Animal
y Bioquímica

Dr. Luis Corona Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y
Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin la autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-721/18

Hoja 01/01

DRA. MA DE LA SALUD RUBIO
UMDI SISAL

Muestra.: NUT-721
DIETA 5

Fecha de recepción: 23.11.18

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	96.35%
Humedad	3.65%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	36.70%
Extracto Etéreo	6.48%
Cenizas	7.26%
Fibra Cruda	5.01%
Extracto Libre de Nitrógeno	41.33%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

*Método AOAC 2016 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Antonio Venancio Enríquez

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria, Cd. México 30 de Noviembre de 2018

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

30 NOV 2018

Q.A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Dr. Luis Corona Gochi
Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.

Anexo 2. Formato de evaluación sensorial aplicada a camarón cocido, aplicada en 3 tiempos: control (día 0), refrigerados (día 8), congelados (día 30)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia/ Unidad Multidisciplinaria de
 Docencia e Investigación- Sisal
 Laboratorio de ciencias de la carne/Laboratorio de Nutrición



**FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL
 CARNE DE CAMARÓN**



Gracias por participar, tu opinión es muy valiosa para nuestra investigación.

Datos de participante, marcar con una (x):

Edad	Género	Cada cuanto consumes carne de camarón
<30 años ()	Masculino ()	< de 1 vez por mes ()
31-50 años ()	Femenino ()	1-2 veces por mes ()
>50 años ()		> de 2 veces por mes ()

A continuación se presentan 5 muestras de carne de camarón identificadas cada una con un número. Por favor evalúa cada muestra por separado y anote el número en el inciso donde corresponde. **Antes de comer el trozo, por favor evalúa el aroma.** Luego come un poco de galleta y enjuaga tu boca con agua. Ahora comience la prueba probando el camarón y luego indica el nivel de agrado para cada una de las características que se indican en el siguiente cuadro, marca con una (x) en el lugar que corresponda. Entre cada muestra come un poco de galleta y enjuaga tu boca con agua.

Muestra No.:

Nivel de agrado	Aroma	Color (anaranjado/rojo)	Sabor	Textura	Agrado en general
1.Me disgusta mucho					
2.Me disgusta moderadamente					
3.Me disgusta ligeramente					
4.Ni me disgusta ni me gusta					
5.Me gusta ligeramente					
6.Me gusta moderadamente					
7.Me gusta mucho					