



Nutrición de Lípidos en *Litopennaeus vannamei*: los ácidos biliares como una nueva oportunidad de mejorar la utilización del lípido y el estatus de salud

Mayra L. González-Félix, Martin Perez-Velazquez

Universidad de Sonora

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas





Tópicos cubiertos en esta presentación:

1. La función del hepatopaneas en *Litopenaeus vannamei*/ camarones, y los beneficios de un hepatopaneas saludable.
2. Nutrición de lípidos y el hepatopáncreas.
3. Protegiendo el hepatopáncreas (Runeon/BioPAC).





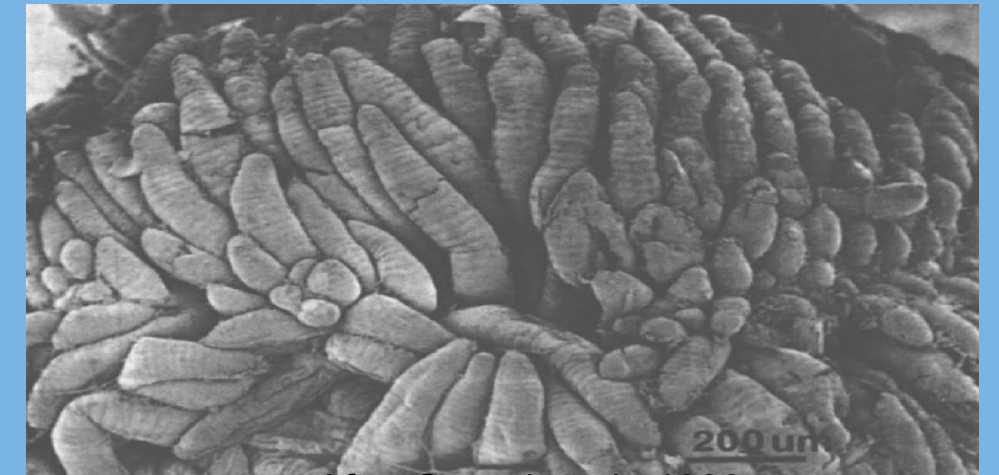
Introduction



Hepatopáncreas (HP)

- **HP** es la glándula digestiva más importante de *L. vannamei*/camarones.
- Representa entre 2-6% del peso corporal total.
- Su coloración depende del tipo de reservas almacenadas.
- Formado por 2 lóbulos separados por un septo delgado que se conecta con el final del estómago pilórico mediante el ducto principal o primario.
- El ducto principal se divide en ductos secundarios y túbulos hepatopancreáticos ciegos, rodeados de fibras musculares que permiten contracciones peristálticas para el movimiento de líquidos en su interior.
- Arterias hepáticas irrigan el HP.
- En sección transversal de la región media de un túbulo hepatopancreático se aprecia el lumen con forma de estrella.

(Gibson & Barker, 1979; Ceccaldi, 1989; Esteve & Herrera, 2000; Vasagam et al., 2007)



After Caceci et al., 1988.

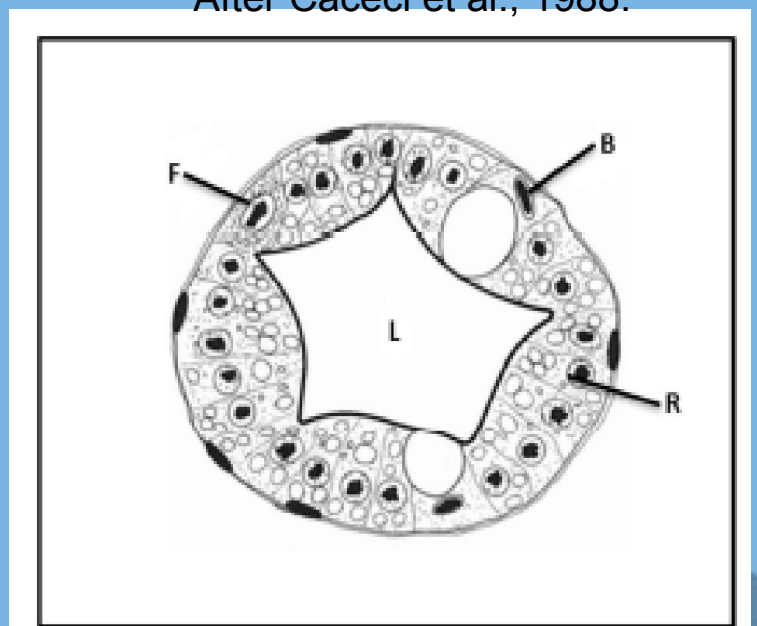


Fig. 8 Schematic representation of a cross section of the medial part hepatopancreatic tubule in the Decapoda. B = B-cell; F = F-cell; L = lumen; R = R-cell. Adapted from Johnson (1995).

- Las paredes de cada túbulo contienen **4 tipos celulares**: E, F, R y B.

E (*Embryonic cells*): generan los otros tipos celulares.

F (*Fibrillar cells*): son responsables de la síntesis de enzimas digestivas.

B (*Blister cells*): tienen función secretora y de absorción. Responsables de la endocitosis de nutrientes específicos y otras sustancias que interiorizan en la vacuola.

R (*Resorptive cells*): absorben y metabolizan nutrientes, almacenan energía de reserva y minerales, y sintetizan lipoproteínas para exportar nutrientes a otros órganos, detoxifican metales pesados y excretan sustancias.

(Barker & Gibson, 1977; Felgenhauer, 1992; Franceschini-Vicentini et al., 2009; Vogt, 2021)

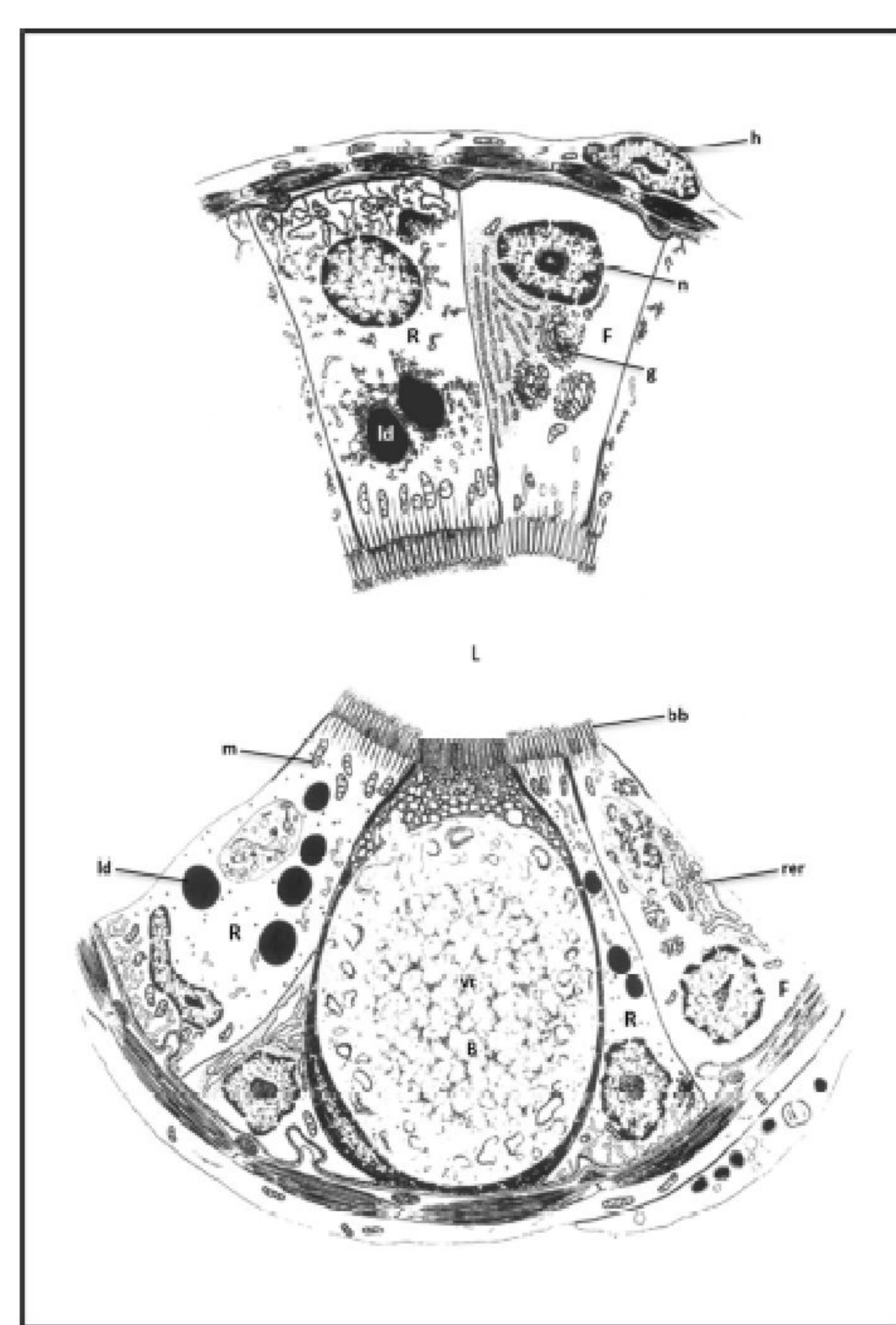
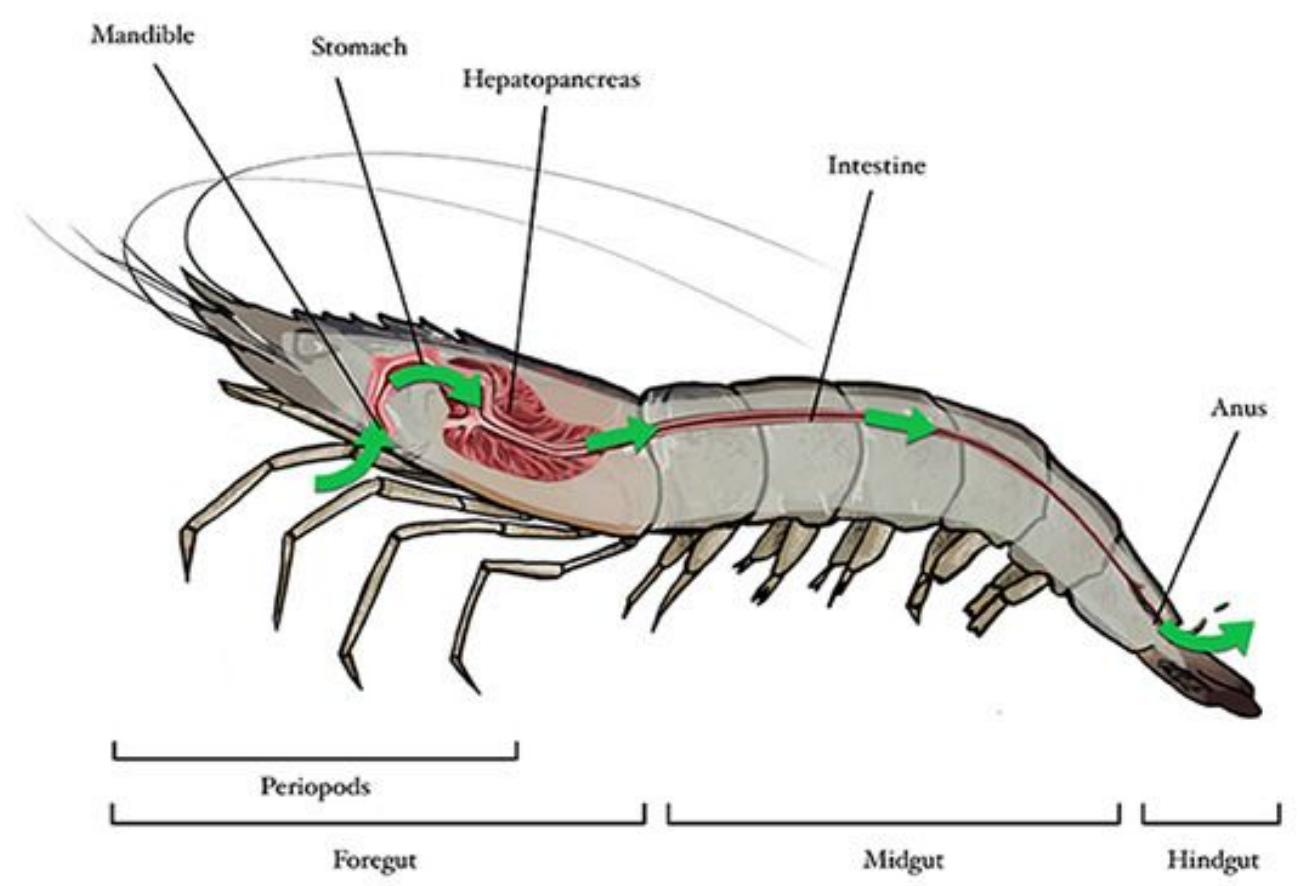


Fig. 10 Schematic representation of the ultrastructure of the medial zone of the hepatopancreas tubule in the Decapoda. B = B-cell; bb = brush boarder; F = F-cell; g = Golgi complex; h = haemocyte; L = lumen; ld = lipid droplet; m = mitochondria; n= nucleus; R = R-cell; rer = rough endoplasmic reticulum; vc = vacuole. Adapted from Dall & Moriarty (1983).

The Shrimp Digestive System

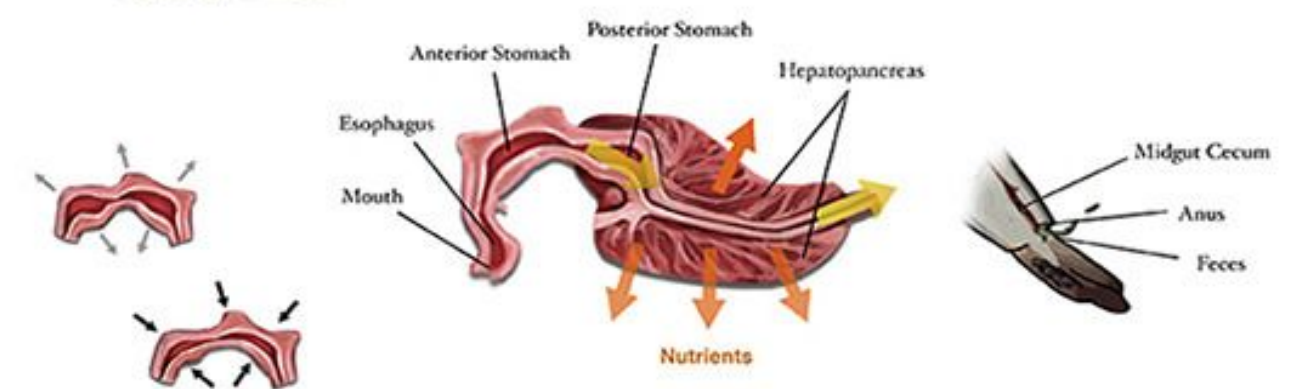
How Dendrobranchiata shrimp eat and digest food



Shrimp pick up food with their front pereopods and place it in their mandible to chew.

What do they eat?

Dendrobranchiata shrimp are bottom feeders. When the shrimp are young, they will eat plankton near the surface of the water as well as many different types of sea plants including seaweed. After growth of a year, they feed on worms, detritus material, shellfish, dead crabs or fish, and sometimes are cannibalistic. Shrimps have a long gut length since algae, which takes longer to digest, is a main part of their diet.



The stomach expands and contracts to push food into the midgut.

Nutrients are extracted and transported into the body using the hepatopancreas (functions as a liver and kidney). Food is then pushed through the midgut for nutrient absorption.

Food from the midgut enters the foregut where pellets are excreted from the anus.

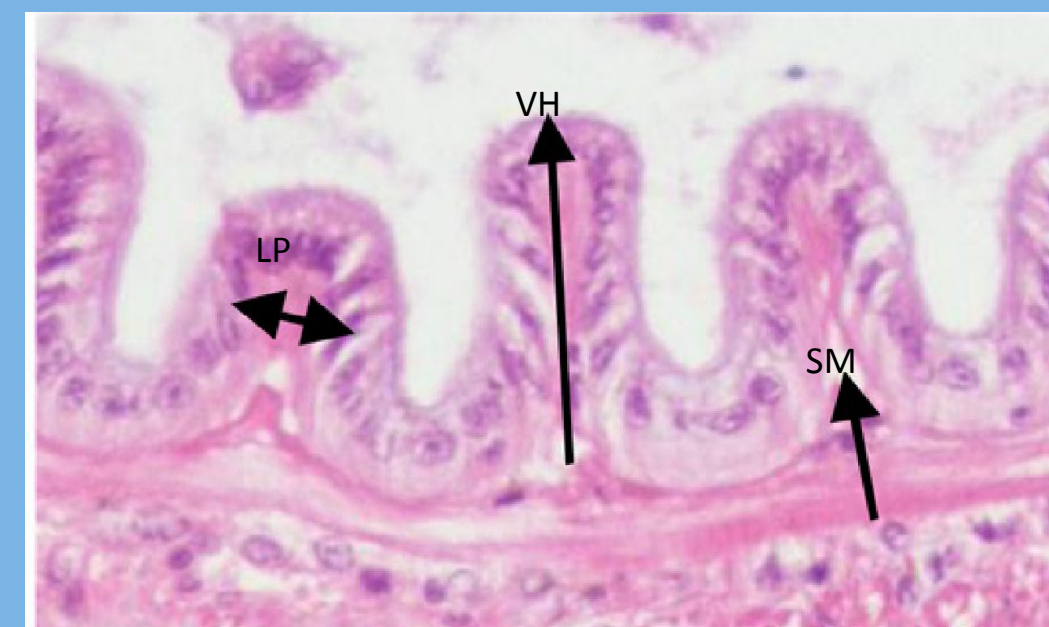
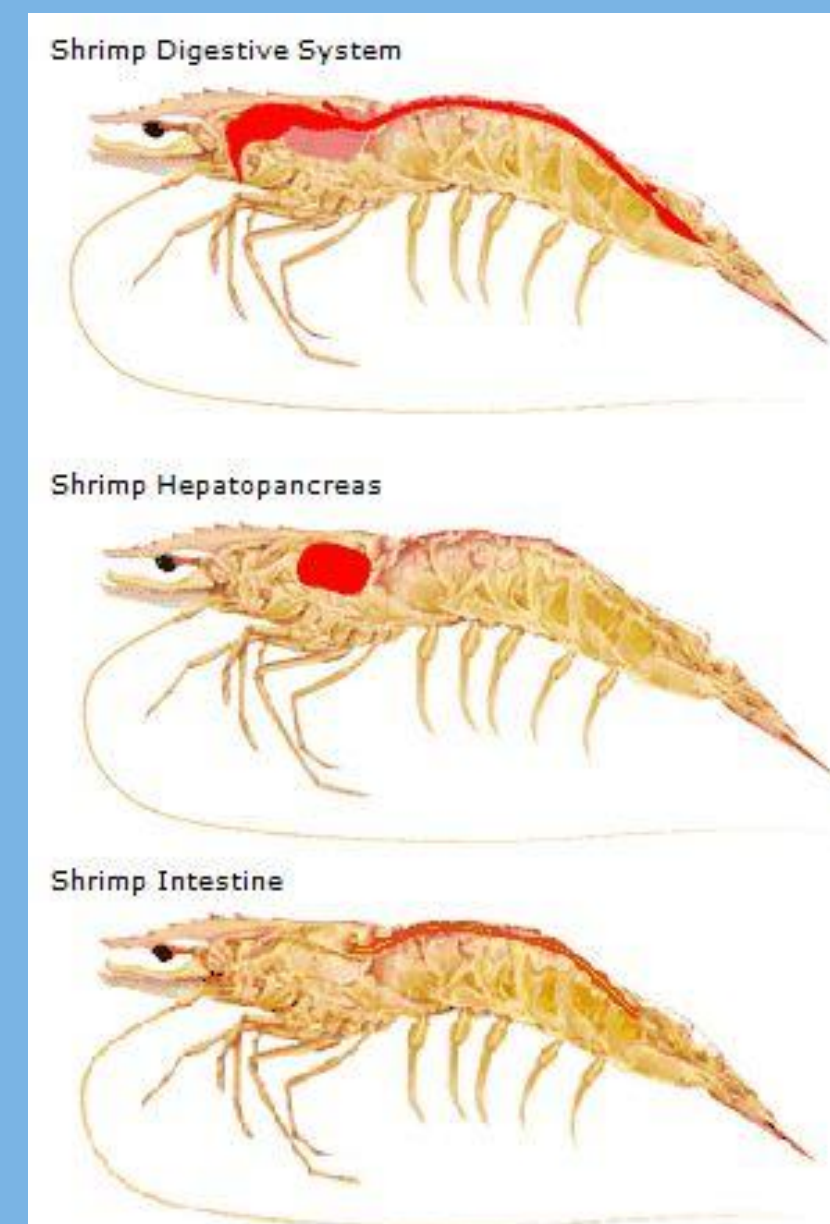
- El HP combina muchas funciones vitales para el camarón:
 - Secreción de enzimas digestivas
 - Digestión y absorción de nutrientes
 - Almacenamiento de energía
 - Detoxificación
- También es el principal órgano inmune y excretor del camarón.
- La apariencia y condición normal del HP son importantes indicadores de la salud del camarón.





Salud del Hepatopancreas

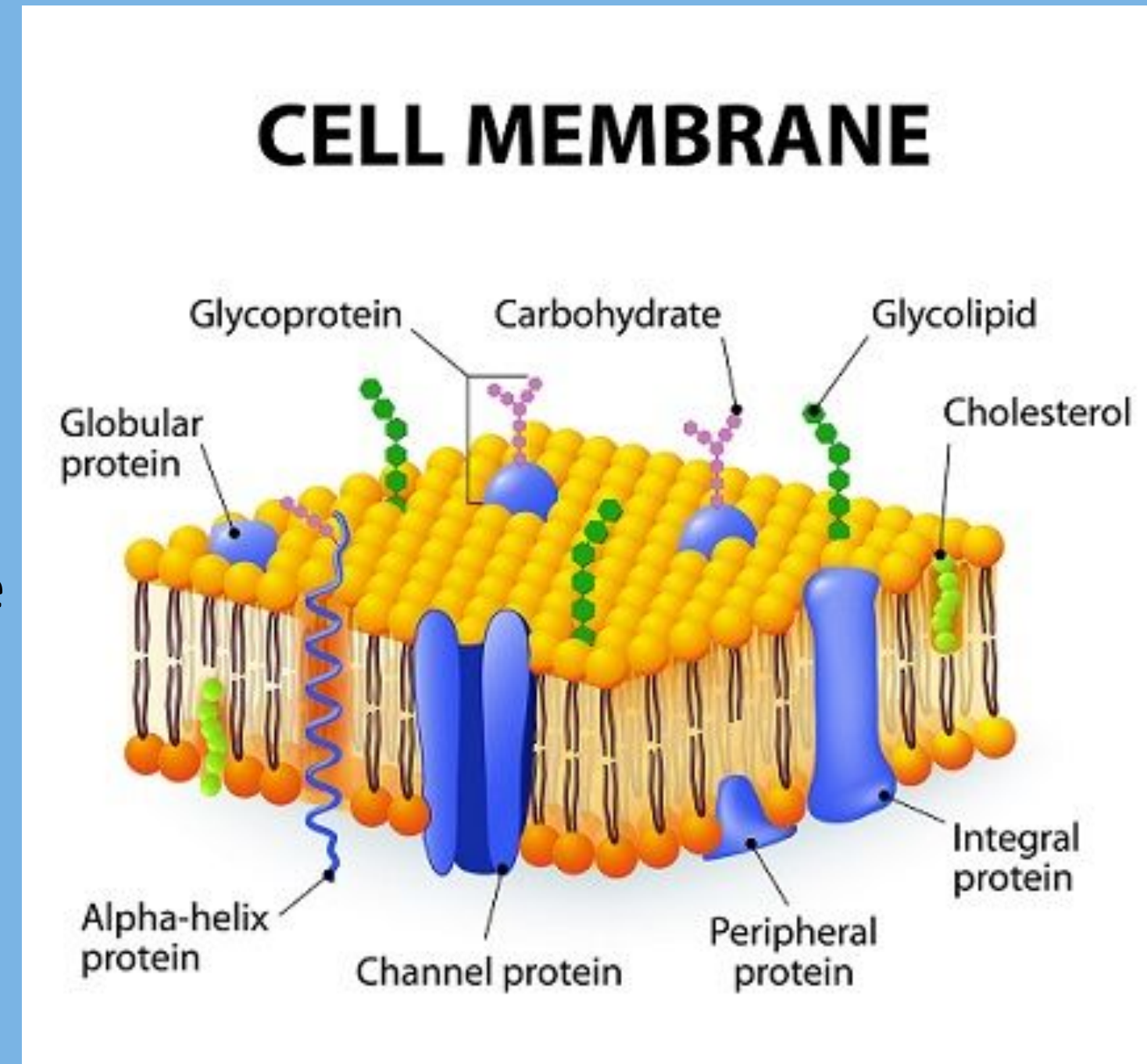
- Las funciones del HP están íntimamente relacionadas al metabolismo de nutrientes y procesos biológicos como el desempeño en crecimiento y producción al final del ciclo, además de la salud del camarón. Todo ello depende de la salud del HP.
- La digestión de nutrientes mediante la secreción de enzimas y su absorción dependen del adecuado funcionamiento del HP.
- La detoxificación de toxinas o compuestos nocivos mantiene una condición saludable en el camarón. El HP descompone toxinas presentes en el alimento que de otra manera pueden dañar los *villi* del epitelio intestinal y limitar la absorción de nutrientes.
- Los nutrientes almacenados en un HP saludable proveerá recursos energéticos durante periodos de ayuno.
- Beneficios generales:
 - ↑ mejora en crecimiento, sobrevivencia, inmunidad, producción.
 - ↓ disminución del FCA, brotes de enfermedades.



Intestinal histology of *L. vannamei* f: VH, SM, LP are villus height, submucosa and lamia propria, After Chen et al., (2020).

Utilización de lípidos en camarón

- En general, el camarón no tolera altos niveles dietarios de grasa, 6%-8% es el nivel de inclusión recomendado.
- Niveles > 10% de lípido dietario reducen el crecimiento.
- El camarón tiene una muy limitada capacidad de biosintetizar moléculas lipídicas esenciales, incluyendo el colesterol (CHO), ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) de cadena larga (LC-PUFA/HUFA) y fosfolípidos (PL).



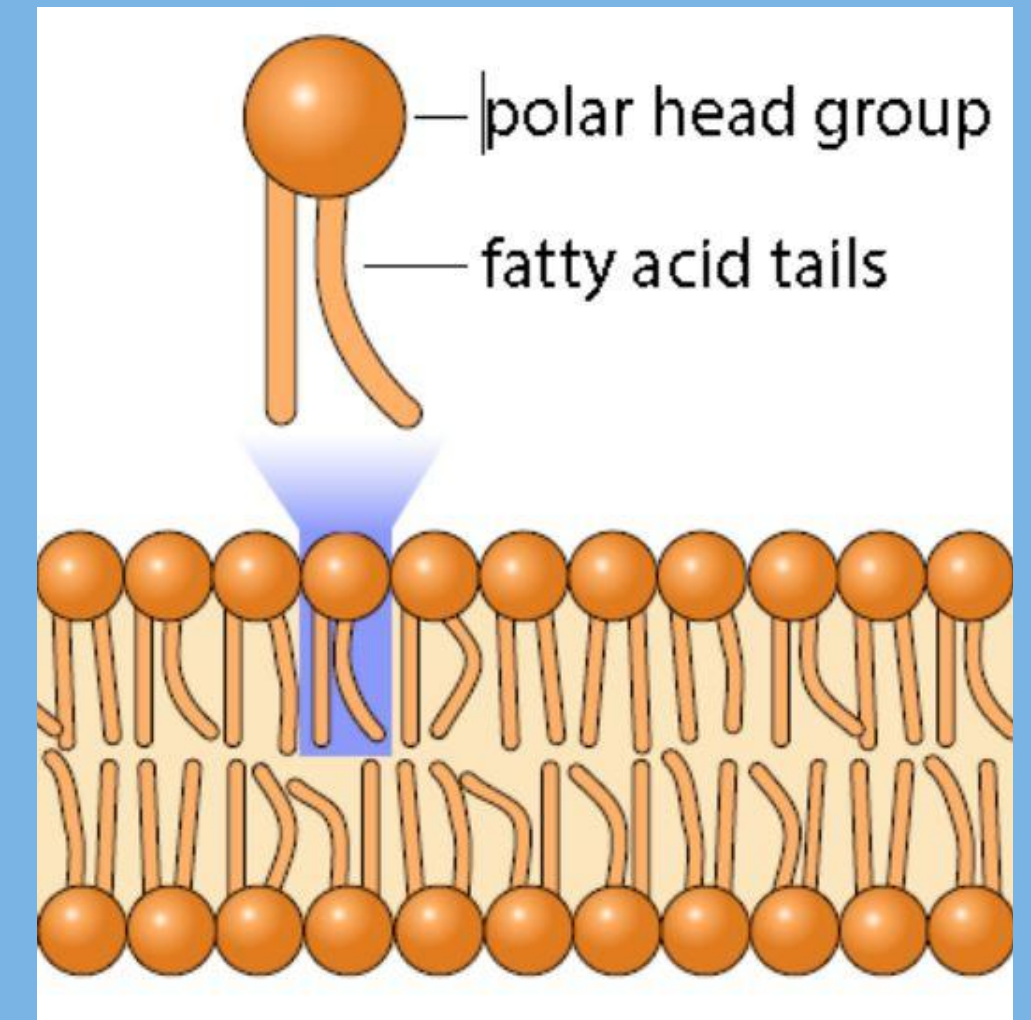
(Gong et al., 2004)



Fosfolípidos (PL)

- Son constituyentes de membranas celulares; más del 50% del total de lípidos en músculo de camarón son PL.
- Son los principales componentes de las lipoproteínas que permiten el transporte de lípidos en el cuerpo a través de la hemolinfa.
- El requerimiento de PL en la dieta de camarones es de alrededor de 1-2%.

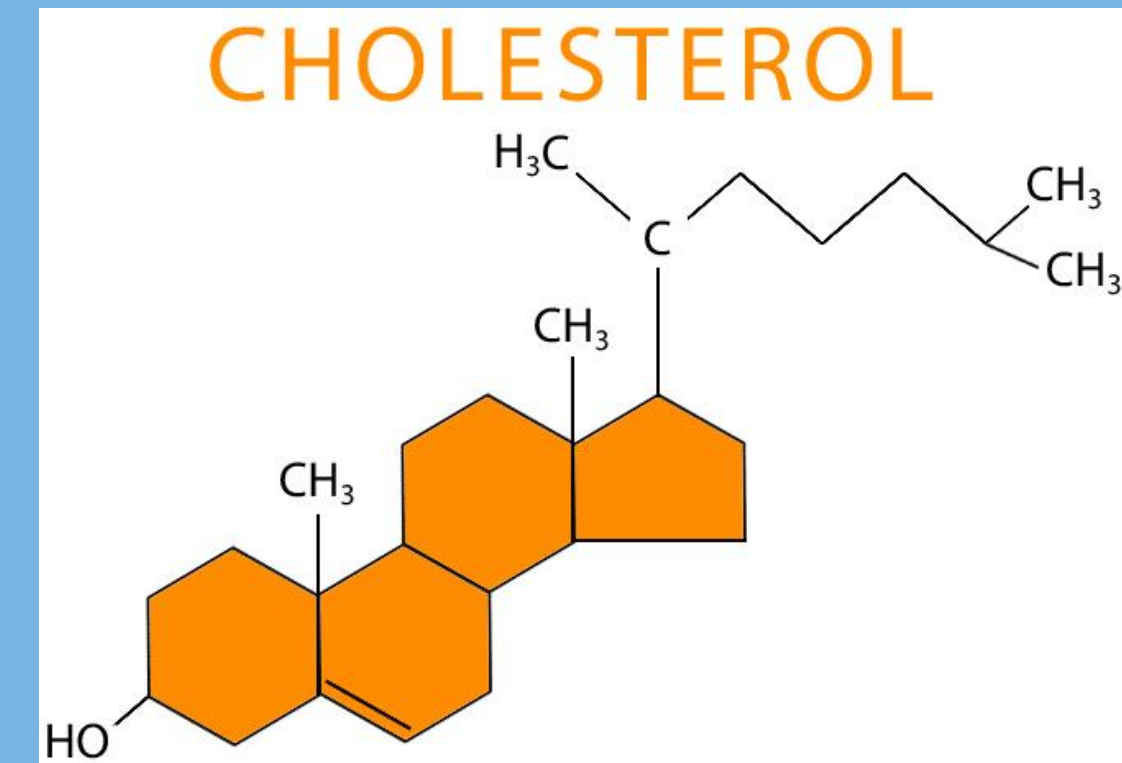
(Gong *et al.* 2000)





Colesterol (CHO)

- También es constituyente de membranas celulares, participa en el transporte de lípidos y es el precursor de hormonas esteroideas (reproducción) y de la muda (crecimiento).
- Nivel mínimo recomendado en la dieta: 0.2%-0.5%.
- Los crustáceos no pueden sintetizar CHO *de novo*; las más importantes fuentes dietarias de CHO son la harina y aceite de pescado, harina de calamar, etc.
- Niveles dietarios subóptimos de CHO y PL son perjudiciales para el desempeño del camarón. Se ha reportado una interacción en el requerimiento nutricional de ambos nutrientes.
- Suplementar CHO en forma química pura es práctica común en las formulaciones de crustáceos, y es una práctica costosa. Añadir un 0.2% incrementa el costo total de la dieta en más del 10%.
- Optimizar el uso del CHO reducirá el costo total de la alimentación.



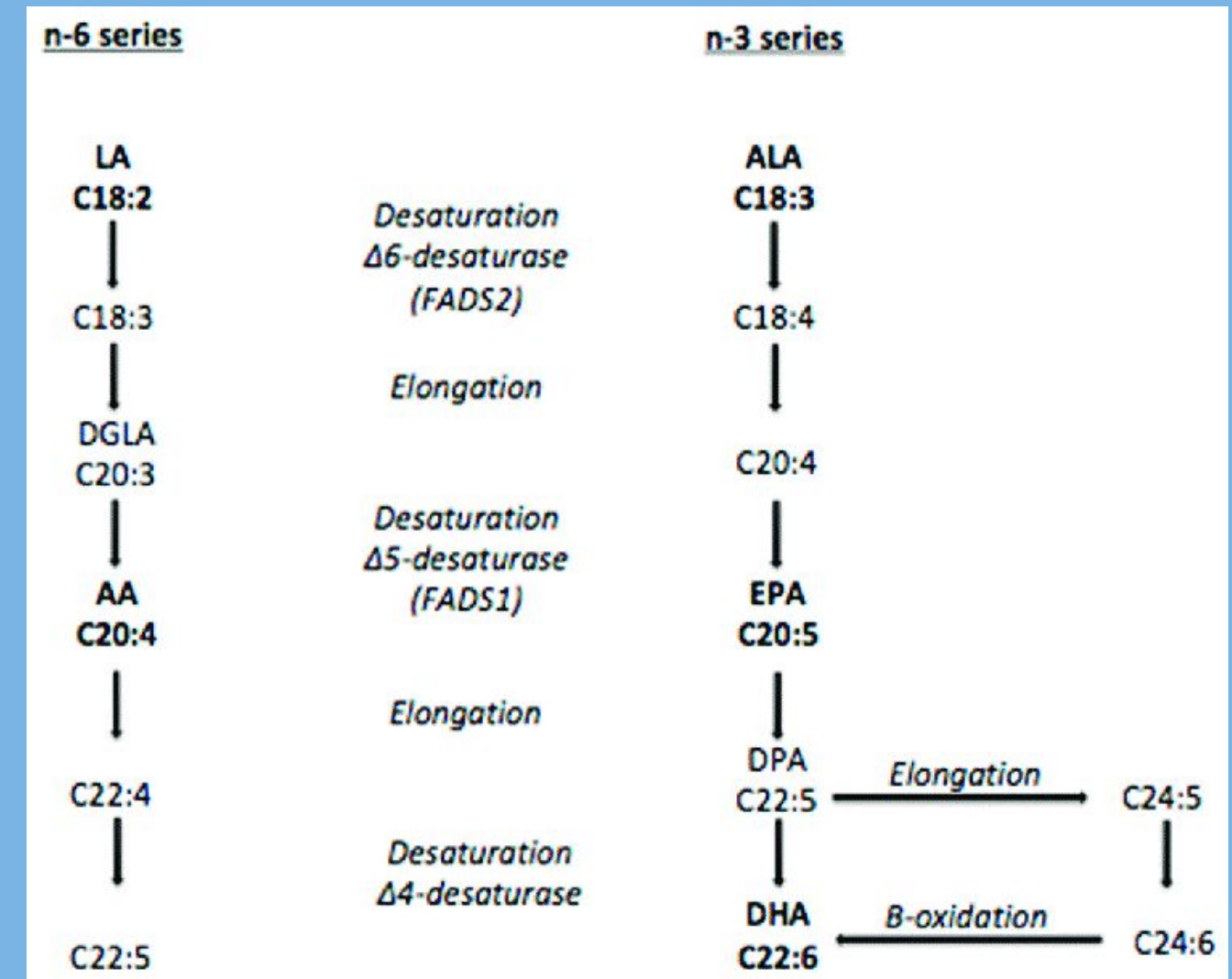


Ácidos grasos esenciales (EFA)

- Los camarones tiene una muy limitada capacidad de sintetizar *de novo* PUFA y HUFA, aunque poseen la capacidad enzimática para elongar y desaturar el los precursores.
- Los HUFA han demostrado mayor valor nutritivo para el camarón.

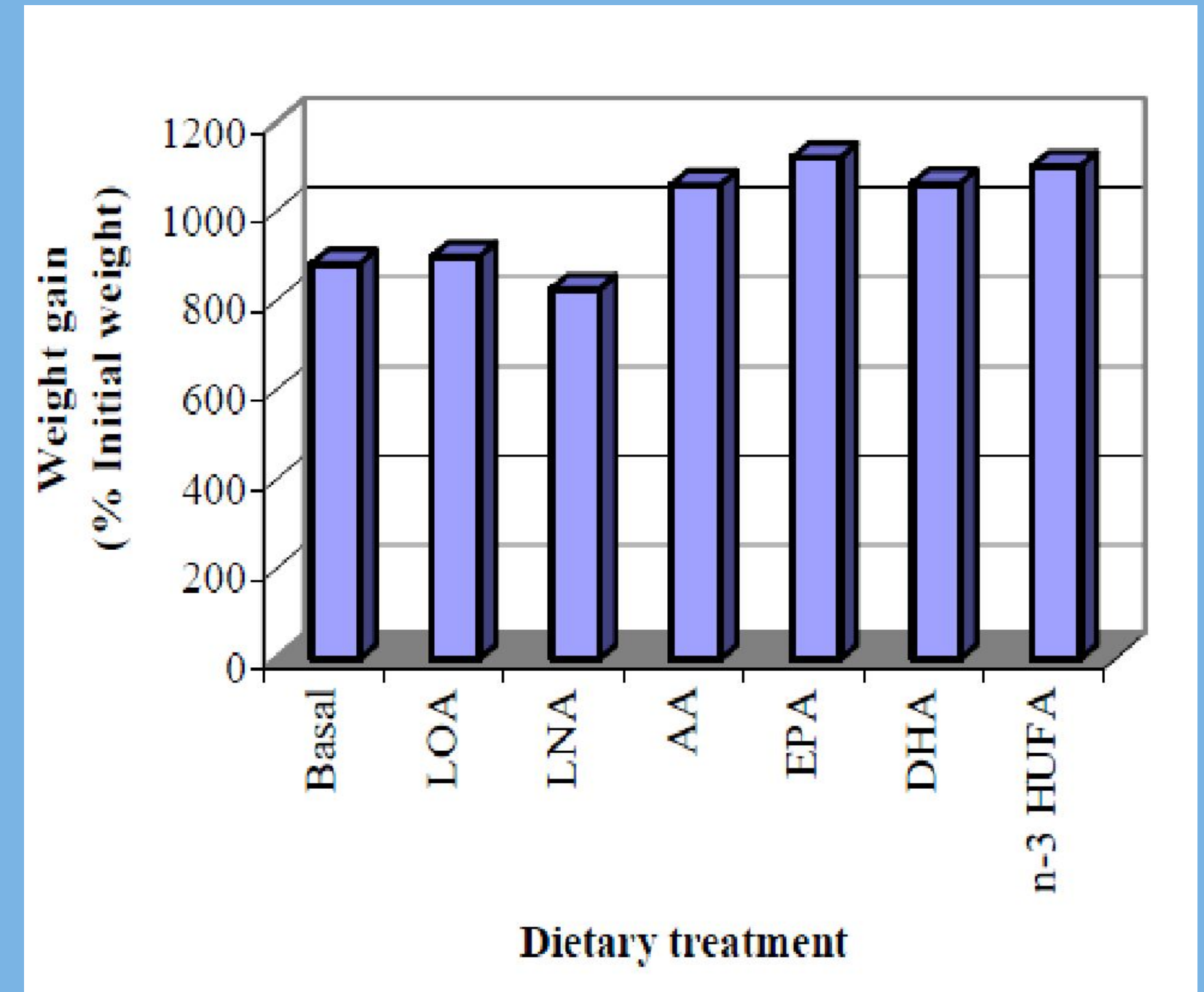
(González-Félix & Pérez-Velázquez, 2004)

Elongation and desaturation of fatty acids





- Una suplementación dietaria de HUFA (EPA: 20:5n-3 y DHA: 22:6n-3) de alrededor de 0.8-1% de la dieta se requiere para un crecimiento óptimo de camarones.
- Para *L. vannamei*, ni el ácido LA (18:2n-6) ni el ALA (18:3n-3), mejoran significativamente el crecimiento, en comparación con el ácido palmítico (16:0) y ácido esteárico (18:0).
- HUFA (ARA, EPA, y DHA) de ambas familias (n-6 y n-3), solos o en combinación, provistos al 0.5% de la dieta, mostraron un mayor valor nutricional que los PUFA (LA y ALA), produciendo un mayor peso final ($P < 0.05$).





Valor nutricional de PUFA y HUFA de las familias n-3 y n-6 para juveniles de *L. vannamei*

Lípido total (%) presente en hepatopaneas y músculo de juveniles de *L. vannamei*

Diet designation	Hepatopaneas Total lipid (%)	Muscle Total lipid (%)
Basal	5.79	1.28 ^c
0.5% LA	6.37	1.28 ^c
0.5% ALA	5.80	1.20 ^c
0.5% ARA	8.20	1.52 ^{ab}
0.5% EPA	7.47	1.69 ^a
0.5% DHA	6.33	1.64 ^a
0.5% HUFA	6.21	1.31 ^{bc}

- Mayor cantidad de lípido depositado en músculo de camarones alimentados con HUFA.





Aquaculture 207 (2002) 151–167

www.elsevier.com/locate/aqua-online

Aquaculture

Effect of dietary phospholipid on essential fatty acid requirements and tissue lipid composition of *Litopenaeus vannamei* juveniles

Mayra L. González-Félix^{b,*}, Delbert M. Gatlin III^b,
Addison L. Lawrence^{a,b}, Martin Perez-Velazquez^{a,b}

^aTAES Shrimp Mariculture Project, Texas A&M University System, 1300 Port Street,
Port Aransas, TX 78373, USA

^bDepartment of Wildlife and Fisheries Sciences, 210 Nagle Hall, Texas A&M University,
College Station, TX, 77843-2258, USA

Received 22 May 2001; received in revised form 31 August 2001; accepted 4 September 2001

Current Status of Lipid Nutrition of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*.

Mayra L. González-Félix and Martin Perez-Velazquez

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora
(DICTUS). Rosales y Niños Héroes S/N, Col. Centro A.P. 1819, C.P. 83000 Hermosillo,
Sonora, México. Tel: (01-662) 212-1995 Fax: (01-662) 212-3271.
mgonzale@correom.uson.mx

ABSTRACT

In the Americas *Litopenaeus vannamei* is the leading farm-raised shrimp species. To promote the expansion of this industry it is necessary to develop nutritionally complete diets, therefore knowledge of the species' nutritional requirements is essential, and so far, incomplete. Early research on lipid nutrition was performed on closed thelycum species like *Marsupenaeus japonicus*, *Fenneropenaeus chinensis*, *F. indicus* and *Penaeus monodon*, while *L. vannamei* in contrast, is an open thelycum species. Because there are differences in feeding habits among penaeids, even among developmental stages,



Aquaculture Nutrition 2003 9; 115–122

Nutritional evaluation of fatty acids for the open thelycum shrimp, *Litopenaeus vannamei*: II. Effect of dietary n-3 and n-6 polyunsaturated and highly unsaturated fatty acids on juvenile shrimp growth, survival, and fatty acid composition

M.L. GONZÁLEZ-FÉLIX^{1,2}, D.M. GATLIN III², A.L. LAWRENCE^{1,2} & M. PEREZ-VELAZQUEZ^{1,2}

¹ TAES Shrimp Mariculture Project, Texas A & M University System, Port Aransas Tx, USA; ² Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A & M University, College Station, TX, USA

JOURNAL OF THE
WORLD AQUACULTURE SOCIETY

Vol. 33, No. 3
September, 2002

Effect of Various Dietary Lipid Levels on Quantitative Essential Fatty Acid Requirements of Juvenile Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*

MAYRA L. GONZÁLEZ-FÉLIX¹

Texas Agricultural Experiment Station, Shrimp Mariculture Project,
Texas A&M University System, 1300 Port Street, Port Aransas, Texas 78373 USA

DELBERT M. GATLIN III

Department of Wildlife and Fisheries Sciences, 210 Nagle Hall, Texas A&M University,
College Station, Texas, 77843-2258 USA

ADDISON L. LAWRENCE AND MARTIN PEREZ-VELAZQUEZ²

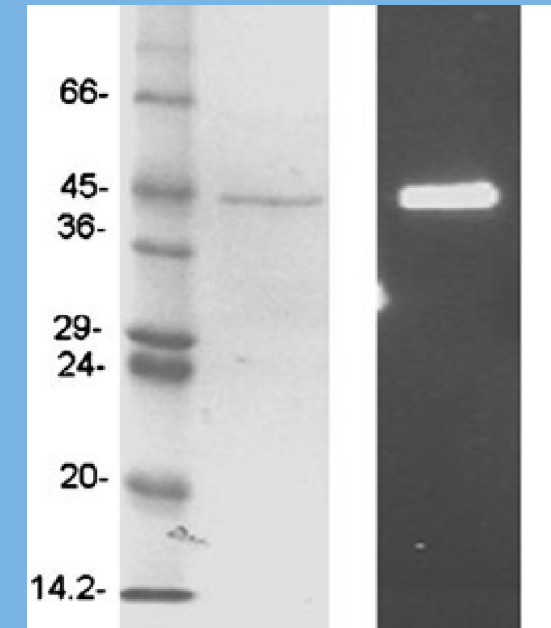
Texas Agricultural Experiment Station, Shrimp Mariculture Project,
Texas A&M University System, 1300 Port Street, Port Aransas, Texas 78373 USA



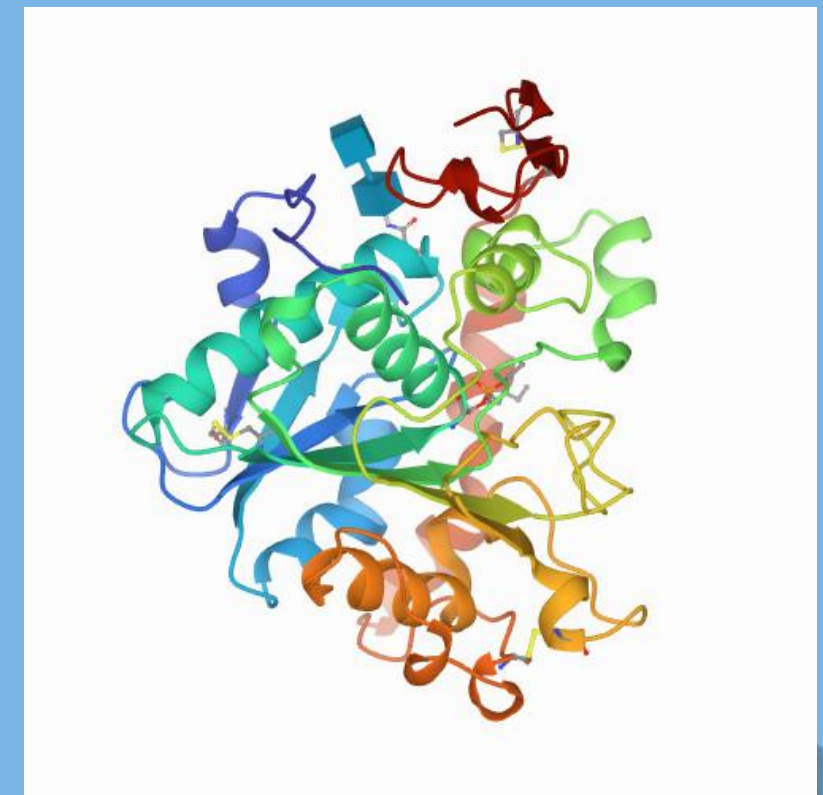
Lipasas

- En crustáceos, las lipasas son liberadas por la células **B** del **HP** al lumen del túbulo y viajan hacia el estómago donde inician la digestión de lípidos en el alimento ingerido.
- En *L. vannamei* ha sido descrita una **lipasa de 44.8 kDa** que hidroliza triacilgliceroles (TAG) con ácidos grasos de cadena larga o corta, y derivados del naftol.
- TAG son de naturaleza hidrofóbica; se requieren emulsificadores durante su hidrólisis. En peneidos no se han reportado **emulsificadores** de grasa, sin embargo en otros decápodos se ha descrito la secreción de aciltaurinas para este propósito.
- Por su parte, las lipasas de vertebrados exhiben una amplia gama de especificidades en los sustratos sobre los que actúan y pueden depender de **sales biliares** (LPDSB) o de **colipasa** (LPDC), una coenzima. La colipasa no ha sido descrita en invertebrados.
- Muchos detalles del proceso lipolítico en crustáceos aún se desconocen, pero es aparente que hay diferencias marcadas entre las lipasas de vertebrados e invertebrados.

(Lozzi & Peterson, 1971; Dall & Moriarty, 1983; Ollis et al., 1992; Holm et al. 2000; Rivera-Pérez et al., 2011)



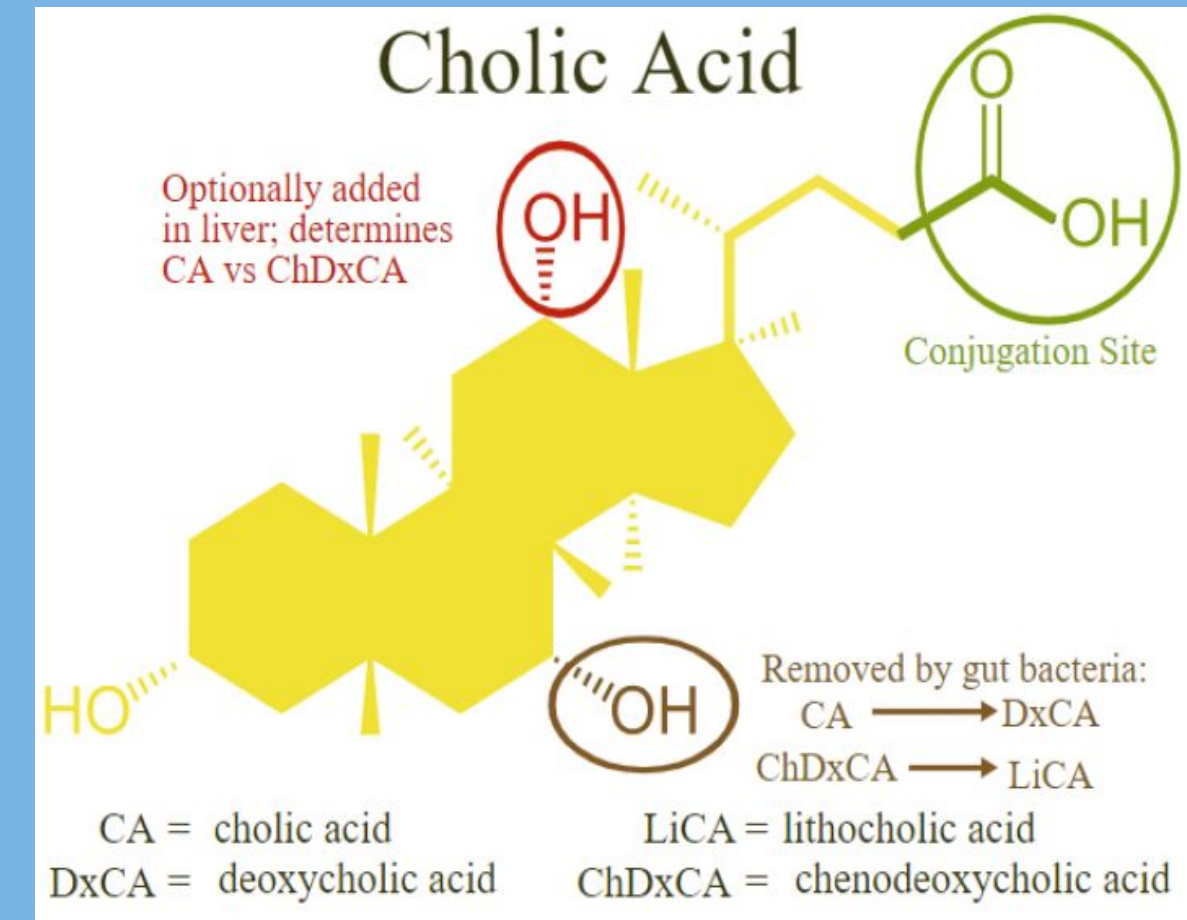
Pure *L. vannamei* lipase, separated by SDS-PAGE, after Rivera-Pérez et al., 2011.



Lipase E.C.3.1.1.3.

Ácidos biliares (BA)

- Los ácidos biliares son anfifílicos (hidrofílicos -OH, -COOH y lipofílicos -CH₃/CH₂), es decir, tienen afinidad por agua y por grasa.
- Juegan un papel importante en la emulsificación en el lumen acuoso del intestino, promoviendo la formación de glóbulos de grasa (**micelas**).
- En vertebrados, la digestión de grasa depende de las lipasas producidas por el páncreas.
- La pro-lipasa de la LPDSB secretada por el páncreas, se convierte en la enzima activa mediante la participación de las sales biliares.



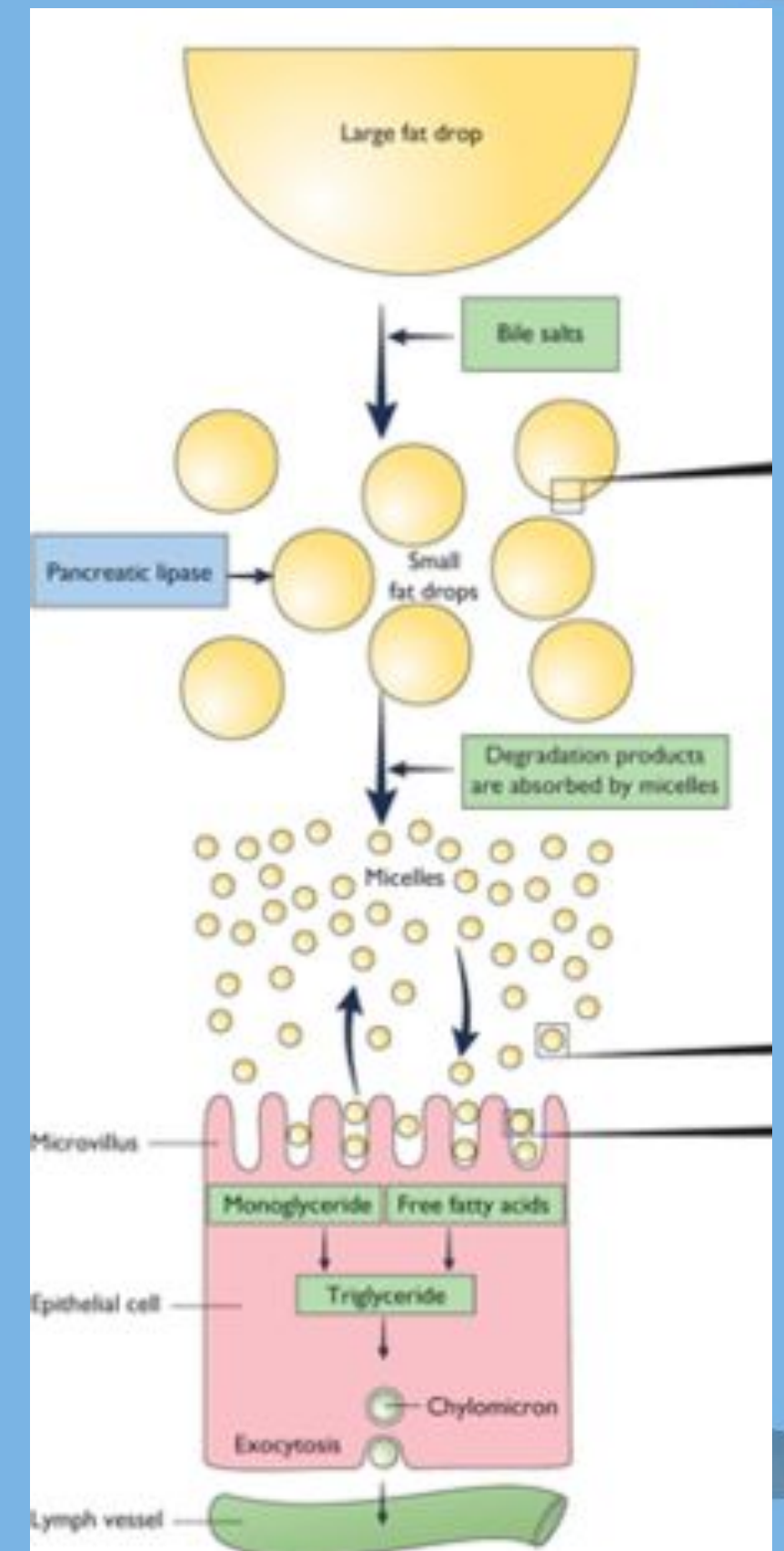
(Kortner et al., 2013; Alrefai & Gill, 2007; Su et al., 2021)



Ácidos biliares (BA)

- La LPDSB hidroliza el glicerol y ácidos grasos, que se combinan con fosfolípidos, ácidos biliares y colesterol para formar micelas solubles en agua.
- Las **micelas** son transportadas al epitelio intestinal donde penetran la membrana de enterocitos en los *villi*, completando así la absorción de los ácidos grasos.
- Los camarones no secretan ácidos biliares, por lo que su capacidad de absorción de grasa es limitada.
- Sin embargo, cuando se incluyen BA en su dieta se ha observado un incremento en la actividad de la lipasa, una mejora en la digestión y utilización de la grasa en el HP, un incremento en el almacenamiento de energía, y también la protección de la salud del órgano.

(Kortner et al., 2013; Alrefai & Gill, 2007; Su et al., 2021; <https://quizlet.com/gb/538203906/4-digestion-lipids-flash-cards/>)





Mecanismos de protección de los ácidos biliares sobre el hepatopáncreas de camarones



- Los ácidos biliares promueven el desarrollo del HP en camarones: promueven la absorción y almacenamiento de ácidos grasos y especialmente del colesterol, de manera que la apariencia del HP e intestinos es turgente, llena, y bien definida.
- Proveen energía para el crecimiento y metabolismo de células hepáticas, promueve la regeneración de células hepáticas y previenen sintomatología de hígado rojo, hígado blanco y la atrofia hepatopancreática.
- Promueven la detoxificación del HP. Los ácidos biliares se unen a toxinas fomentando su eliminación del intestino; reduce la acumulación de toxinas en intestino e hígado y restaura la salud del HP.
- Promueven la síntesis de ecdisona, que a su vez facilita la muda eficaz de camarones y previenen el fracaso de este proceso.



Comparación de camarones con y sin suplementación de ácidos biliares

Con BA

Sin BA



Con BA



Con partículas lipídicas abundantes

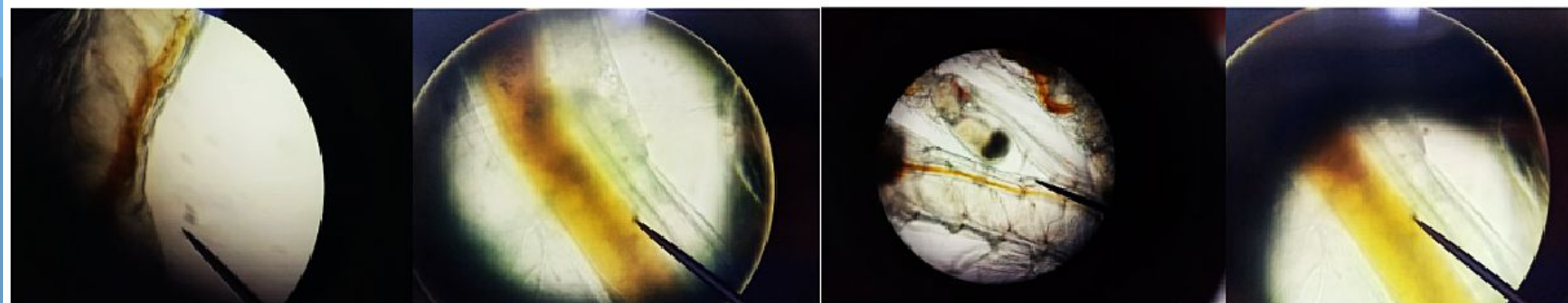
Sin BA



Presencia pobre de partículas lipídicas



Experimental: adición de ácidos biliares, plenitud intestinal, alta deposición de lípidos en el tracto digestivo,



Control: sin ácido biliar agregado, intestino turbio, delgado, con interrupciones



RUNEON

BioPAC  SAIS BILIARES

¿Cómo funciona Runeon[®]
(Biopac) ?

Evidencia Científica





Efecto de la suplementación de ácidos biliares sobre el desempeño y parámetros bioquímicos del camarón *(Su et al., 2021; Aquacult Nutr)*



Camarón (*L. vannamei*)

60 d experimentación

5 tratamientos; 3 réplicas

1. Control

2. BA1 100 g/ton -BioPAC 333 g/ton

3. BA2 200 g/ton -BioPAC 666 g/ton

4. BA3 300 g/ton -BioPAC 1000 g/ton

5. BA4 500 g/ton -BioPAC 1666 g/ton

Temp: 26.8-27.3°C

Salinidad: 31‰

pH: 7.8-8.1

Resultados - Desempeño

Index	Treatment					One-way ANOVA	
	Control	BA1	BA2	BA3	BA4	F value	p value
SR%	95.56 ± 2.55	93.33 ± 1.67	90.56 ± 6.94	89.44 ± 0.96	92.78 ± 4.19	1.139	.392
Initial weight/g	1.09 ± 0.04	1.09 ± 0.04	1.09 ± 0.04	1.09 ± 0.04	1.09 ± 0.04	0.000	1.000
Final weight/g	8.67 ± 0.21 ^a	8.92 ± 0.30 ^{ab}	9.41 ± 0.51 ^b	9.33 ± 0.36 ^b	9.29 ± 0.24 ^{ab}	4.356	.011
WG%	697.55 ± 19.16 ^a	720.86 ± 27.79 ^{ab}	765.64 ± 46.61 ^b	758.9 ± 33.24 ^b	754.91 ± 21.70 ^{ab}	4.356	.011
SGR/(%/d)	3.46 ± 0.04 ^a	3.51 ± 0.06 ^{ab}	3.60 ± 0.09 ^b	3.58 ± 0.06 ^b	3.58 ± 0.04 ^b	4.338	.011
FCR	1.77 ± 0.11 ^a	1.79 ± 0.12 ^a	1.63 ± 0.06 ^b	1.60 ± 0.08 ^b	1.69 ± 0.10 ^{ab}	3.365	.024

Data are presented as mean ± SD. Data with different letters are significantly different (p < .05) among groups.

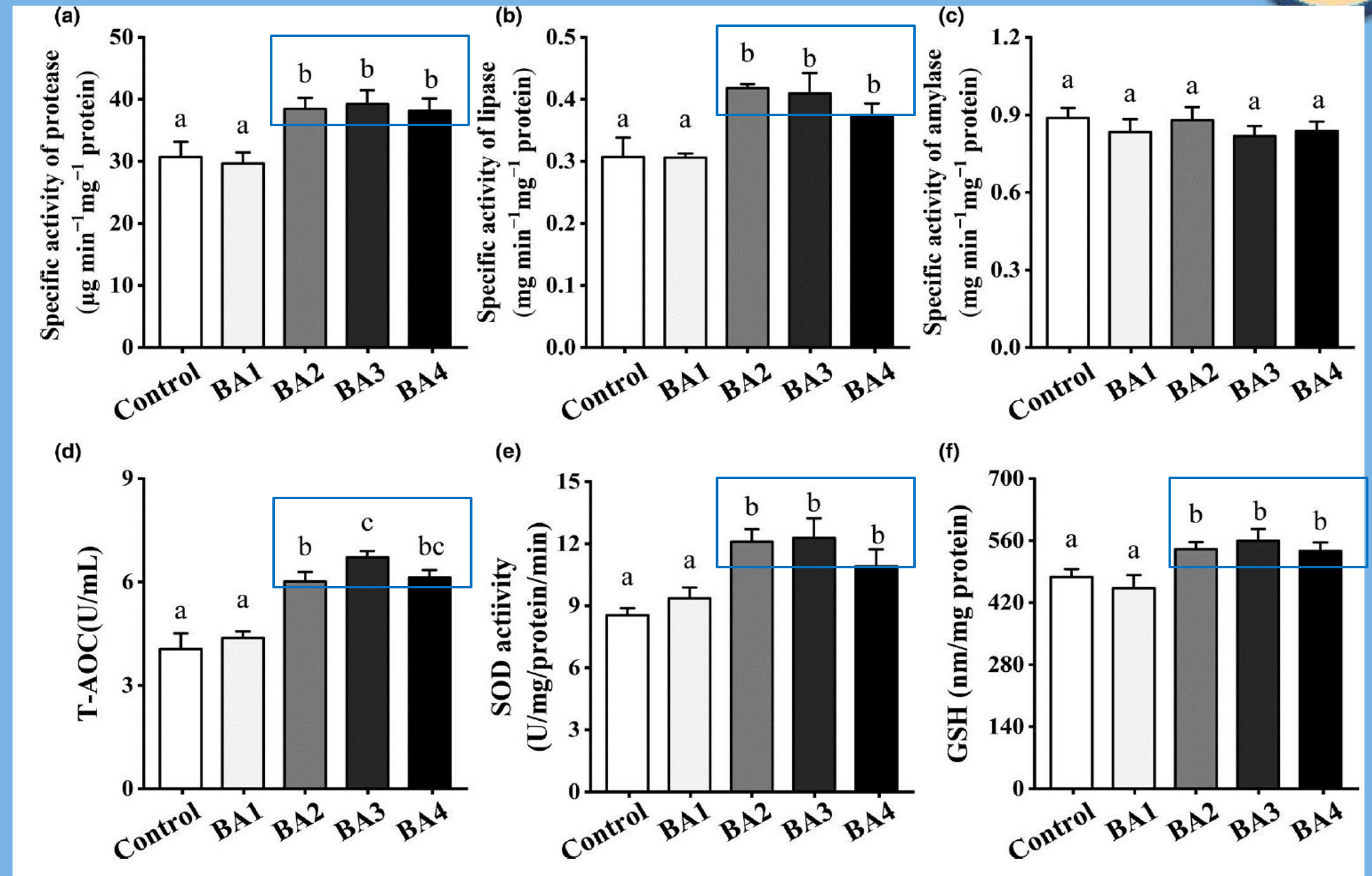
Comentarios

- La inclusión de BA **mejoró** significativamente el desempeño del camarón, incluyendo la tasa de crecimiento y FCA.
- Los mejores resultados se obtuvieron con las dosis de BA de 200 y 300 g/ton (666 y 1000 g/ton de BioPAC) de alimento.

Efecto de la suplementación de ácidos biliares sobre el desempeño y parámetros bioquímicos del camarón (*Su et al., 2021; Aquacult Nutr*)

Resultados – Actividad de enzimas digestivas y sistema antioxidante

Fig. Effects of dietary bile acids on **digestive enzyme activity** (a–c) and the **antioxidant system** (d–f) of *L. vannamei*. Values are presented as mean \pm S.D. (a: Protease activity; b: Lipase activity; c: Amylase activity; d: Total antioxidant capacity (T-AOC); e: Superoxide dismutase (SOD) activity; f: glutathione (GSH) content).



Comentarios

- La inclusión de BA \geq 200 g/ton (BioPAC \geq 666 g/ton) de alimento **mejoró** ($P < 0.05$) la actividad de la **proteasa** y **lipasa** en el tracto digestivo del camarón.
- El uso de BA a niveles \geq 200 g/ton (BioPAC \geq 666 g/ton) de alimento **mejoró** ($P < 0.05$) el estatus del **sistema antioxidante** del camarón.



Efecto de la suplementación de ácidos biliares sobre el desempeño y parámetros bioquímicos del camarón (*Su et al., 2021; Aquacult Nutr*)

Resultados – parámetros inmunológicos

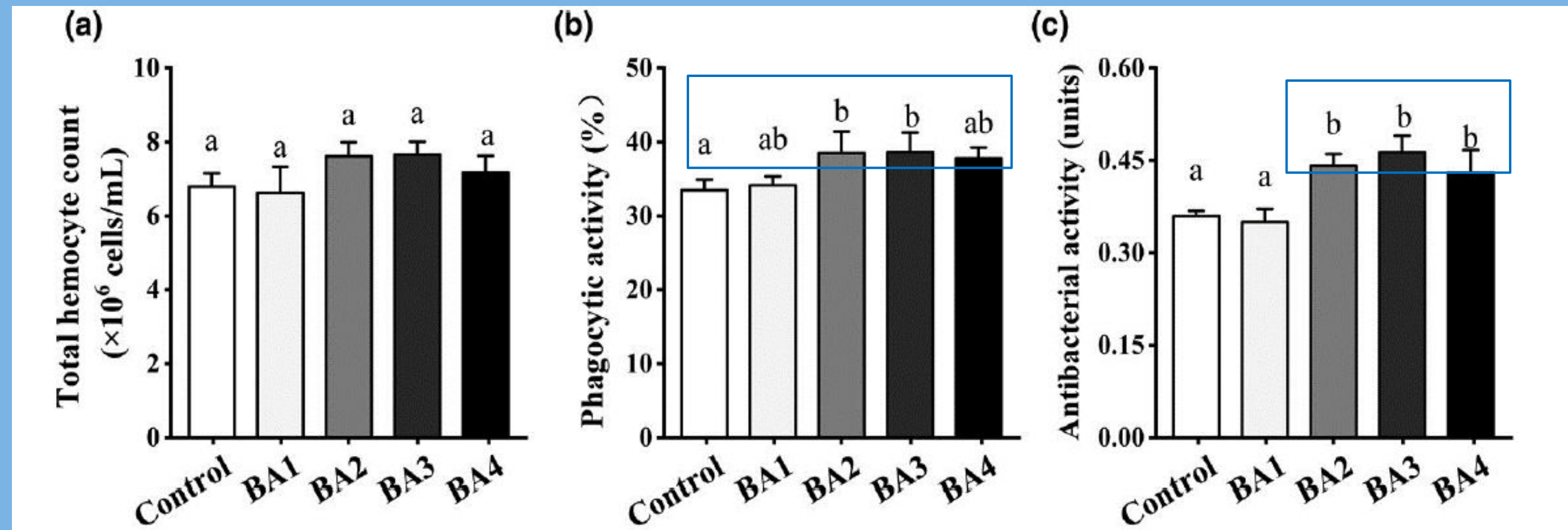


Fig. Effects of dietary bile acids on immune parameters of *L. vannamei*. Values are presented as mean \pm S.D. Bars with different letters are significantly different among groups ($p < .05$). a: Total haemocyte count (THC); b: Phagocytic activity; c: Antibacterial activity.

Comentarios

- La inclusión de BA a dosis ≥ 200 g/ton (BioPAC ≥ 666 g/ton) de alimento **incrementó** ($P < 0.05$) la **capacidad antibacteriana** en plasma de camarones. Resultados similares pero no consistentes se observaron en la **actividad fagocítica**.





Conclusiones

- Se observaron resultados positivos con la adición de **ácidos biliares** al alimento de camarón en su desempeño biológico, fisiología, parámetros inmunológicos y en la diversidad de la microbiota digestiva, que indica que su uso en alimento para camarón es recomendable.
- La suplementación de 200-300 g/ton de ácidos biliares (666-1000 g/ton de BioPAC) puede promover el crecimiento, el metabolismo de lípidos, la capacidad antioxidante y mejorar la respuesta inmune de camarones.
- Basándose en los resultados de este estudio, la dosis de inclusión recomendada de BA en alimento balanceado para camarón es de 200-300 g/ton de alimento (666-1000 g/ton BioPAC).

Received: 17 April 2021 | Revised: 19 July 2021 | Accepted: 21 August 2021

DOI: 10.1111/anu.13338

ORIGINAL ARTICLE

Aquaculture Nutrition  WILEY

Effects of bile acids on the growth performance, lipid metabolism, non-specific immunity and intestinal microbiota of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Chen Su¹ | Xintian Liu² | Jinbao Li¹ | Mengyu Zhang¹ | Luqing Pan¹  | Yusong Lu¹ | Yuxuan Wang¹ | Yanjun Ding¹

¹The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao, China

²Fishery Technical Extension Station of Weihai, Weihai, China

Abstract

Effects of dietary bile acids on the growth performance, lipid metabolism, non-specific immunity and intestinal microbiota of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were studied. Five diets were formulated to contain 0, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.5 g kg⁻¹





Efecto de la suplementación de ácidos biliares en camarones intoxicados con aflatoxina B₁ (Su et al., 2022a; Food Chemistry)



- Camarones de 1 a 3 g
- 60 d de experimentación
- 5 tratamientos; 3 réplicas
 1. Control feed 70 d
 2. AF: Control feed 60 d; AFB₁ 2000 µg/kg 10 d
 3. ALB: BA 50 g/ton 60 d; AFB₁ 2000 µg/kg 10 d
 4. AMB: BA 150 g/ton 60 d; AFB₁ 2000 µg/kg 10 d
 5. AHB: BA 250 g/ton 60 d; AFB₁ 2000 µg/kg 10 d
- Temp: 21-25°C
- Salinidad: 31‰
- pH: 7.8-8.1

Table 1

Effects of dietary BAs on the AFB₁ residues in hepatopancreas and muscle of juvenile and sub-adult *L. vannamei*.¹

Index	AFB ₁ content (ppb)			
	AF ²	ALB ³	AMB ⁴	AHB ⁵
Juveniles				
Hepatopancreas	1.19 ± 0.08 ^b	1.17 ± 0.07 ^b	0.98 ± 0.12 ^{ab}	0.93 ± 0.12 ^a
Muscle	ND ⁶	ND	ND	ND
Sub-adults				
Hepatopancreas	1.56 ± 0.17 ^b	1.53 ± 0.03 ^b	1.34 ± 0.05 ^{ab}	1.25 ± 0.11 ^a
Muscle	ND	ND	ND	ND

¹ Data are presented as the average of three replicates ± standard deviation (SD). Rows with the same letter are not significantly different ($P > 0.05$) while rows with different letters (^a, ^b) are significantly different between each other ($n = 3 \times 5$ shrimp per treat; *Duncan* test; $P < 0.05$).

² AF group received basal diet for the first 60 days and received AFB₁-contaminated diet for the following 10 days.

³ ALB group received 0.05 g/kg BAs for the first 60 days and received AFB₁-contaminated diet for the following 10 days.

⁴ AMB group received 0.15 g/kg BAs for the first 60 days and received AFB₁-contaminated diet for the following 10 days.

⁵ AHB group received 0.25 g/kg BAs for the first 60 days and received AFB₁-contaminated diet for the following 10 days.

⁶ ND: Not detected (below the LOD 0.01 µg/L).

Comentarios

- La inclusión de BA a 250 g/ton (BioPAC a 833 g/ton) **redujo** ($P < 0.05$) los **residuos de AFB₁** en el HP después de 10 d de alimentación con la dieta contaminada con 2000 µg/kg de AFB₁





Efecto de la suplementación de ácidos biliares en camarones intoxicados con aflatoxina B₁ (Su et al., 2022a; Food Chemistry)



Resultados – Desempeño

Comentarios

- La inclusión de BA a 150 g/ton (BioPAC a 500 g/ton) **mejoró** ($P < 0.05$) el desempeño en crecimiento del camarón intoxicado con AFB₁ (2000 µg/kg).
- Los camarones alimentados con 50 o 250 g/ton no fueron diferentes del tratamiento control.

Table 2

Effects of dietary BAs on the growth performance of juvenile and sub-adult *L. vannamei*.¹

Index	Control	ALB ²	AMB ³	AHB ⁴
Juveniles				
SR% ⁵	90.00 ± 1.36 ^a	91.11 ± 2.83 ^a	89.44 ± 0.79 ^a	91.11 ± 4.16 ^a
Final weight/g	3.62 ± 0.18 ^a	3.68 ± 0.11 ^a	4.11 ± 0.14 ^b	3.81 ± 0.06 ^{ab}
WG% ⁶	277.08 ± 19.00 ^a	283.33 ± 11.51 ^a	328.47 ± 15.03 ^b	297.22 ± 6.38 ^{ab}
SGR/(%/d) ⁷	2.21 ± 0.08 ^a	2.24 ± 0.05 ^a	2.42 ± 0.06 ^b	2.30 ± 0.03 ^{ab}
Sub-adults				
SR%	91.67 ± 4.41 ^a	91.11 ± 2.83 ^a	93.89 ± 2.55 ^a	95.00 ± 1.36 ^a
Final weight/g	6.13 ± 0.01 ^a	6.11 ± 0.10 ^a	6.80 ± 0.02 ^b	6.36 ± 0.27 ^a
WG%	96.37 ± 0.40 ^a	95.83 ± 3.09 ^a	117.84 ± 0.80 ^b	103.85 ± 8.65 ^a
SGR/(%/d)	1.12 ± 0.00 ^a	1.12 ± 0.03 ^a	1.30 ± 0.01 ^b	1.19 ± 0.07 ^a

¹ Data are presented as the average of three replicates ± standard deviation (SD). Rows with the same letter are not significantly different ($P > 0.05$) while rows with different letters (^{a, b}) are significantly different between each other ($n = 3 \times 5$ shrimp per treat; Duncan test; $P < 0.05$).

² ALB group received 0.05 g/kg BAs for the first 60 days and received AFB₁-contaminated diet for the following 10 days.

³ AMB group received 0.15 g/kg BAs for the first 60 days and received AFB₁-contaminated diet for the following 10 days.

⁴ AHB group received 0.25 g/kg BAs for the first 60 days and received AFB₁-contaminated diet for the following 10 days.

⁵ Survival rate (%) = Number of survival shrimp / Total shrimp × 100.

⁶ wt gain (%) = (Weight of day 60 - Weight of day 0) / Weight of day 0 × 100.

⁷ Specific growth rate (SGR) (%/d) = 100 × (Ln weight of day 60 - Ln weight of day 0) / Duration of experiment days.



Efecto de la suplementación de ácidos biliares en camarones intoxicados con aflatoxina B₁ (Su et al., 2022a; Food Chemistry)

Resultados – Capacidad antioxidante

Comentarios

- AFB₁ **redujo** ($P < 0.05$) la **capacidad antioxidante** del HP.
- La inclusión de **BA** **mejoró** la **capacidad antioxidante** en camarones juveniles y sub-adultos intoxicados con AFB₁ (2000 µg/kg).

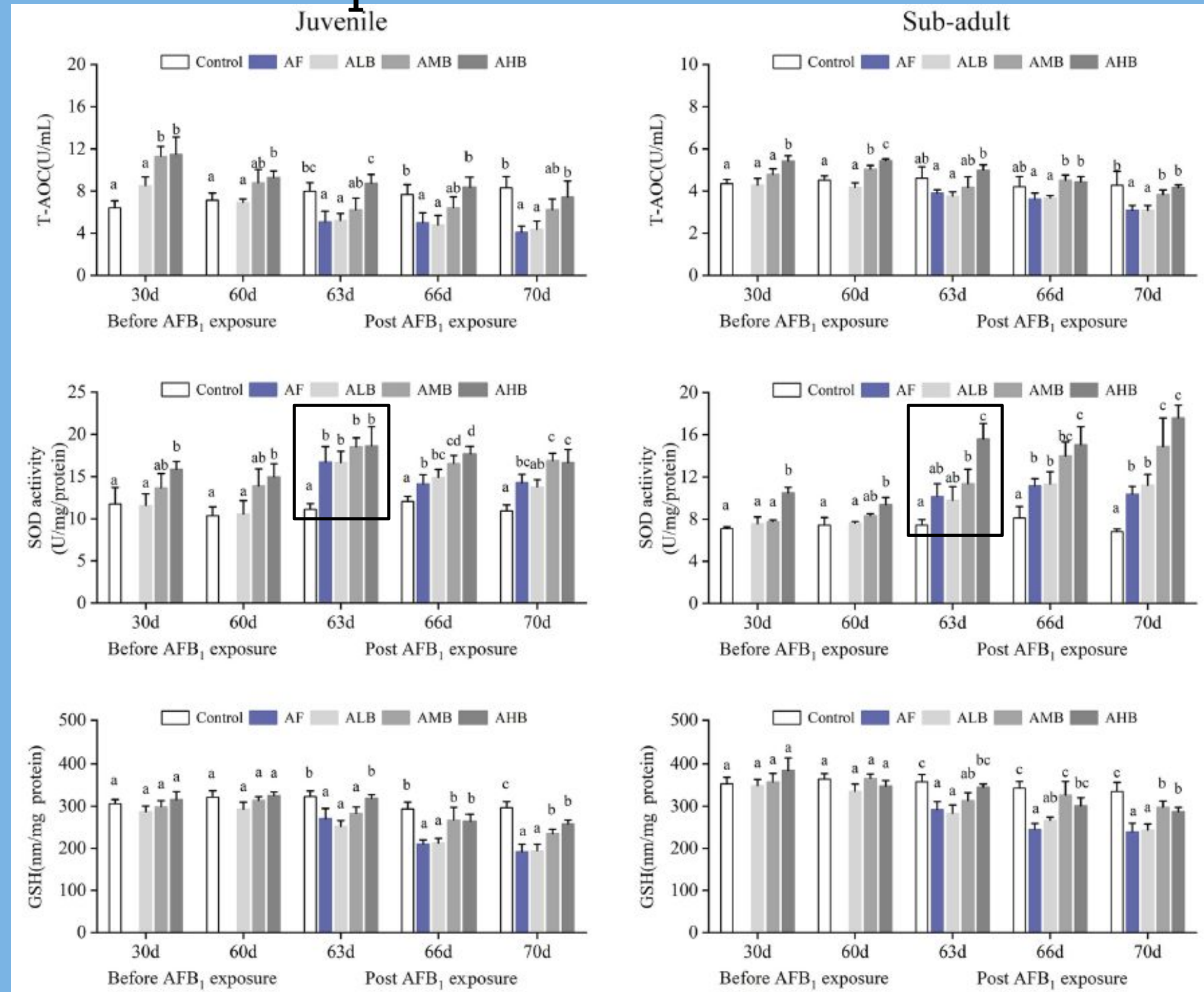


Fig. 3. Effects of BA and AFB₁ on the total antioxidant capacity (T-AOC), superoxide dismutase (SOD) activity and glutathione (GSH) content in hepatopancreas of juvenile and subadult shrimp.



Conclusiones

- Los **ácidos biliares** pueden mejorar de manera efectiva la capacidad metabólica de detoxificación de la aflatoxina B₁ in *L. vannamei*.

Food Chemistry 371 (2022) 131169

Contents lists available at ScienceDirect

Food Chemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchem

Effects of bile acids on aflatoxin B1 bioaccumulation, detoxification system, and growth performance of Pacific white shrimp

Chen Su^a, Yusong Lu^a, Jinbao Li^{a,b}, Yuxuan Wang^a, Luqing Pan^{a,*}, Mengyu Zhang^a

^a The Key Laboratory of Mariculture (Ocean University of China), Ministry of Education, Qingdao, Shandong 266003, China
^b Longchang Animal Health Products Co., Ltd, Jinan, Shandong 250000, China

ARTICLE INFO

Keywords:
Aflatoxin B1
Litopenaeus vannamei

ABSTRACT

The potential of bile acids (BAs) to reduce aflatoxin B₁ (AFB₁) residues and toxicity in *Litopenaeus vannamei* was evaluated. Both juveniles and subadults were treated with 0, 0.05, 0.15 and 0.25 g/kg BAs for 60 days followed





Efecto de la suplementación de ácidos biliares en el desempeño biológico del camarón *(Aquaculture Laboratory, South China Agricultural University, 2010)*



- 400 camarones (*L. vannamei*) 0.3 g
- 2 tratamientos; 5 réplicas
 1. Control
 2. Runeon® (BioPAC) 700 g/ton
- Temp: 25-30°C
- Salinidad: 31‰
- pH: 7.2 – 7.7

Resultados:

- BA mejoraron significativamente el **crecimiento**, la **sobrevivencia** y el **FCA**.
- La actividad de la **lipasa** incrementó significativamente (**+55%**) con BA.
- BA incrementaron significativamente la actividad de la **lisozima**.

Conclusión

Añadir **BA** en el alimento de *L. vannamei* puede mejorar significativamente el **crecimiento**, la actividad de la **lipasa**, la **inmunidad**, mejorar la resistencia a enfermedades y mantener la salud del camarón.

2.1 Effects of Runeon on the growth performance of *Litopenaeus vannamei*

Form 2 growth performance and digestive enzyme index

	Control group	Experiment group
Quantity (numbers)	200	200
Initial weight (g)	0.32a	0.31a
Final weight (g)	15.17a	16.01b
Survival rate (%)	80.51a	90.12b
FCR	1.48b	1.41a
Lipase (U/mg pr.)	14.73a	22.87b

PS: there are different alphabets in same line means remarkable difference (p<0.05)

2.3 Effects of Runeon on biochemistry and non-specific immune indexes

Form 4 biochemistry and non-specific immune indexes

	Control group	Experiment group
alkaline phosphatase (U/100ml)	2.35a	2.52a
<u>lysozyme (U/ml)</u>	276.33a	331.68b
SOD (U)	0.24a	0.28a



Efecto de la suplementación de ácidos biliares en el requerimiento de colesterol y su reemplazo (Su *et al.*, 2022b; Aquaculture)



Description of Dietary Treatments

- **Camarón (*L. vannamei*)**
- Inicial BW = 1.27 g
- **Final** BW = 6-8g
- 8 semanas de experimentación
- **9 tratamientos**; 3 réplicas
- **Temp:** 26.8 – 27.3°C
- **Salinidad:** 31‰
- **pH:** 8.0 – 8.1

Treatments	CHO %	BA %
1	0.15	0
2	0.15	0.02
3	0.15	0.03
4	0.2	0
5	0.2	0.02
6	0.2	0.03
7	0.3	0
8	0.3	0.02
9	0.3	0.03



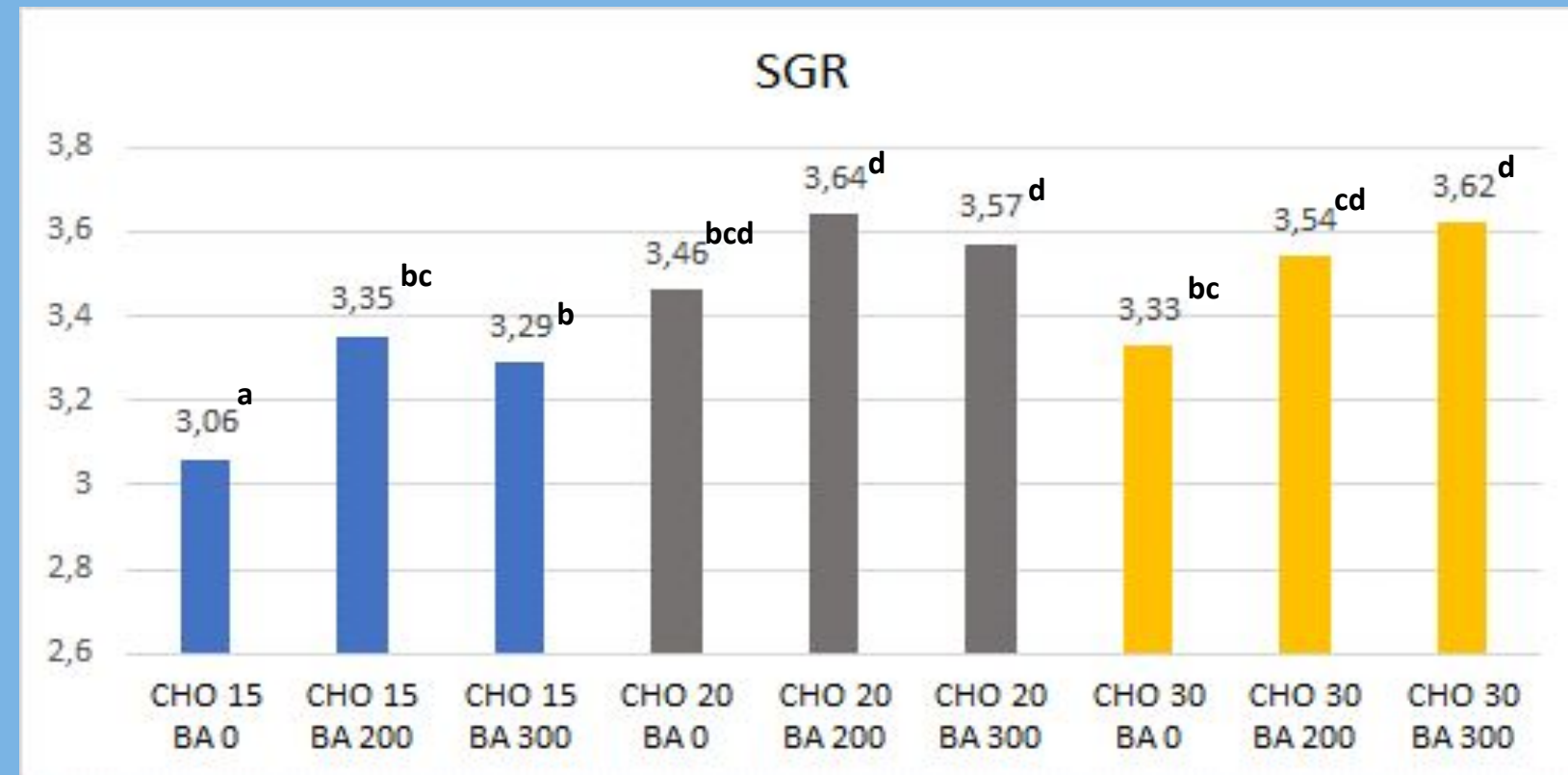


Efecto de la suplementación de ácidos biliares en el requerimiento de colesterol y su reemplazo (Su *et al.*, 2022b; Aquaculture)

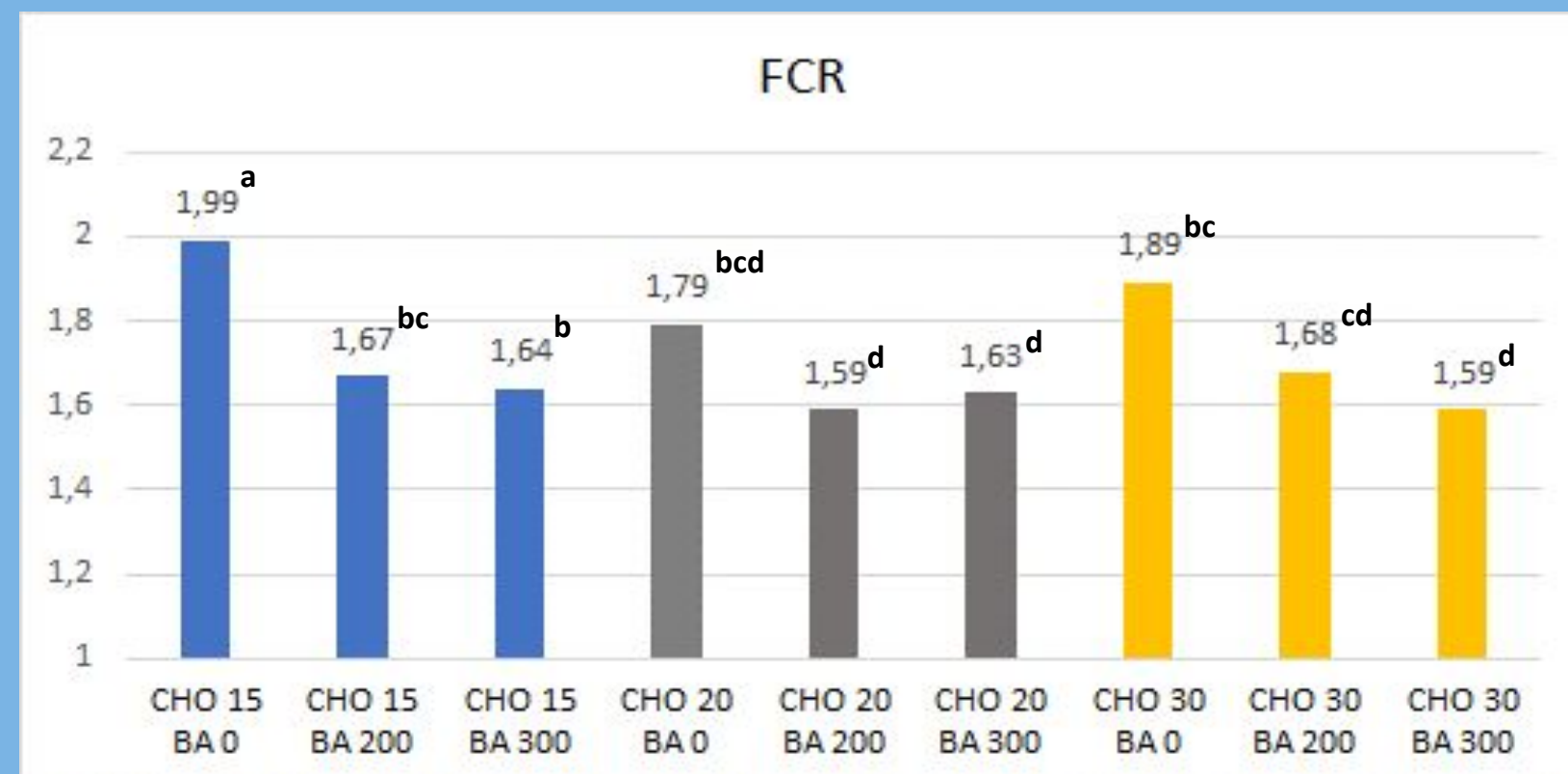


Resultados – Desempeño

- Tasa específica de crecimiento (SGR, %/d) y FCA **mejoraron** ($P < 0.05$) con la adición de BA a 200 g/ton (BioPAC a 666 g/ton). No se observó un beneficio adicional con 300 g de BA/ton (BioPAC a 1000 g/ton) de dieta.
- Los resultados mostraron que 200 g de BA/ton ejercieron un **efecto ahorrador** de colesterol.
- En dietas con bajo CHO, la inclusión de 0.02-0.03% de BA en el alimento ahorró aproximadamente **0.05%** de colesterol para **crecimiento**.



a,b,c,d $P < 0.05$

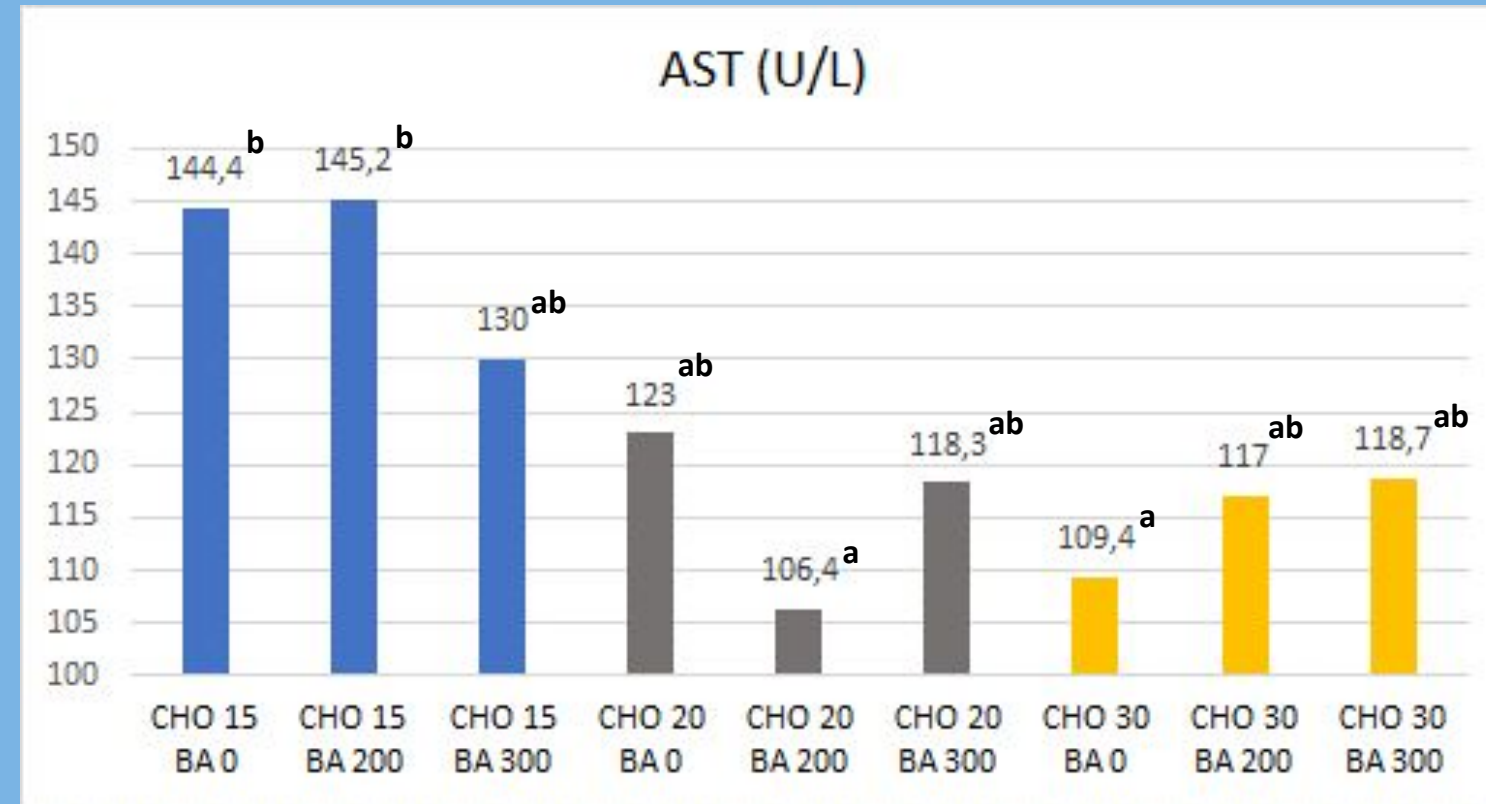


a,b,c,d $P < 0.05$

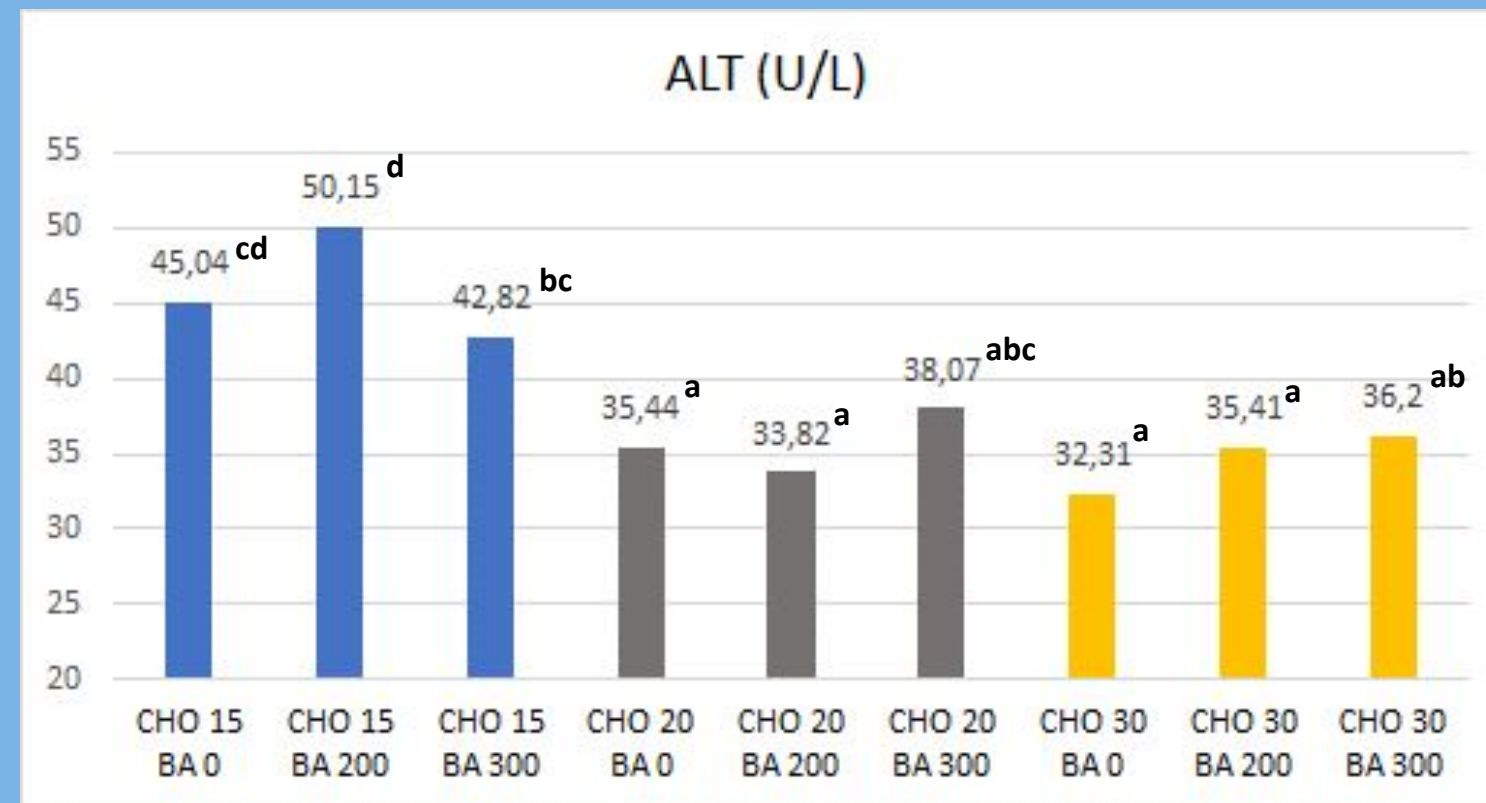
Efecto de la suplementación de ácidos biliares en el requerimiento de colesterol y su reemplazo (Su et al., 2022b; Aquaculture)

Resultados – Indicadores bioquímicos en suero

- La actividad de la **aspartato aminotransferasa (AST)** y **alanina aminotransferasa (ALT)** se redujo significativamente con la adición de colesterol.
- Los resultados muestran que 200 g de ácidos biliares/ton (BioPAC a 666 g/ton) de alimento pueden reemplazar un **0.05%** de colesterol, promoviendo una mejor **salud hepática**.
- El efecto ahorrador de CHO pudiera reducir el costo del alimento en aproximadamente \$20-30 US dólares/ton en un estimado inicial, pero pudiera ser aún mayor ($\approx 0.1\%$).



a,b P < .05



a,b,c P < .05





Conclusiones


- Los resultados de este estudio mostraron que 200 g de ácidos biliares/ton (BioPAC a 666 g/ton) de alimento pueden ahorrar **0.05% y hasta 0.1% (por confirmar)** de colesterol en la dieta, y reducir significativamente el costo del alimento para camarón.

Aquaculture 547 (2022) 737412

Contents lists available at ScienceDirect

 Aquaculture 

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aquaculture



Interactive effects of dietary cholesterol and bile acids on the growth, lipid metabolism, immune response and intestinal microbiota of *Litopenaeus vannamei*: Sparing effect of bile acids on cholesterol in shrimp diets

Chen Su, Jinbao Li, Yusong Lu, Yuxuan Wang, Yanjun Ding, Luqing Pan*, Mengyu Zhang

The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, PR. China

ARTICLE INFO

Keywords:
L. vannamei
Cholesterol

ABSTRACT

Cholesterol (CHO) is an expensive essential nutrient for shrimp and bile acids (BA) are emulsifiers responsible for lipid absorption in vertebrates. This study was carried out to investigate the interactive effects of dietary CHO





Conclusiones Generales

El uso de ácidos biliares tiene los siguientes beneficios en el camarón:

- Promueve la salud del hepatopáncreas.
- Promueve la digestión de lípidos, su absorción y metabolismo.
- Mejora el desempeño y producción del camarón.
- Reduce los efectos perjudiciales de toxinas.
- Reemplaza parte del requerimiento dietario de colesterol.

Runeon/BioPAC Contiene = 30% de ácidos biliares

Los ácidos biliares utilizados en los experimentos son todos de Lachance Group.

Dosis recomendada en alimento para camarón = 666-1000 g/ton





¡Gracias!

Obrigada!

