



Boletín técnico

Información del Servicio Técnico de Phibro

Mecanismo de acción inmunitario y metabólico de PAQ-Protex™ en camarones

- PAQ-Protex™: protección natural para un desempeño de crecimiento superior.

PAQ-Protex™ es un aditivo alimenticio natural diseñado especialmente para camarones. Contiene una mezcla de saponinas de las plantas *Yucca schidigera* y *Quillaja saponaria*



PAQ-Protex™ Protección natural para un desempeño de crecimiento superior

La camaronicultura busca de manera constante mejorar la salud y la función biológica de los camarones para incrementar la productividad. Los suplementos alimenticios desempeñan un papel fundamental en esta actividad; sin embargo, algunos productos disponibles en el mercado no aportan los beneficios que puede ofrecer un producto completamente natural.

PAQ-Protex es una mezcla de saponinas de quillaja no tóxicas. Se obtiene a partir de dos plantas, *Quillaja saponaria* (quillaja) y *Yucca schidigera* (yuca), mediante un proceso sin disolventes que no contiene conservantes ni vehículos.

PAQ-Protex fue desarrollado para:

- Estimular el crecimiento y la supervivencia de peces y camarones
- Mejorar la absorción de nutrientes y la salud intestinal
- Favorecer el desarrollo de las vellosidades intestinales

Mecanismo de acción inmunológico

Las respuestas inmunitarias en los camarones se basan en varios mecanismos de defensa, como las lectinas en su función de moléculas de reconocimiento, la coagulación sanguínea, la melanización, la producción de formas reactivas de oxígeno, la fagocitosis y la encapsulación. Ante una lesión, las células sanguíneas inician el proceso de coagulación para proteger al camarón de una pérdida excesiva de líquidos y para capturar e inmovilizar a los microbios invasores.

Posteriormente, se secretan enzimas defensoras para matar a los patógenos, que luego son eliminados mediante fagocitosis y/o encapsulación.

Por último, el proceso de melanización deja a los patógenos en un estado inerte y los prepara para ser expulsados mediante la excreción cuticular o durante el siguiente ciclo de muda.

PAQ-Protex modula las respuestas inmunitarias innatas de los camarones a través de los componentes de quillaja y yuca. Las propiedades inmunomoduladoras de la quillaja se deben

- Incrementar la eficiencia alimentaria (mediante la reducción del nivel de la TCA)
- Disminuir las cargas de nitrógeno en los estanques de peces y camarones.

Los efectos beneficiosos de PAQ-Protex actúan sobre los procesos inmunomoduladores, metabólicos, antiinflamatorios y antioxidantes. PAQ-Protex ayuda a reducir la incidencia de enfermedades al iniciar una cascada inmunológica y activar una respuesta inmunitaria, lo que contribuye a la modulación del sistema inmunitario de los camarones. Además, mejora el desempeño productivo al favorecer la salud intestinal y la utilización de nutrientes. Al proporcionar una mezcla de compuestos fitoquímicos, como antioxidantes polifenólicos, glucósidos y saponinas de la quillaja, PAQ-Protex favorece la digestión del alimento y la absorción de nutrientes. Esto también contribuye a reducir la carga de nitrógeno (en forma de amoníaco y nitrito) en los estanques de cultivo (Cheeke, 1996).

a las saponinas, que pueden unirse a las proteínas y los receptores presentados en la célula y bloquear la infección por patógenos.

La respuesta inmunitaria celular de quillaja se debe al equilibrio entre sus partes lipofílicas (con afinidad por los lípidos) e hidrofílicas (con afinidad por el agua). Las partes hidrofílicas permiten el efecto inmunológico de las saponinas de quillaja, ya que pueden ser fácilmente absorbidas a través de la pared celular e integradas en la membrana celular del patógeno, donde forman complejos con el colesterol.

Estos procesos son esenciales para el control de patógenos internos como coccidios, gregarinas y bacterias, que presentan una alta concentración de colesterol en su membrana celular. Cuando las saponinas de quillaja penetran la membrana celular, promueven una respuesta proinflamatoria, que afecta la permeabilidad del patógeno o crea poros en su membrana celular. El resultado final es una alteración de la función biológica del patógeno.

Otro ejemplo de este proceso inmunitario ocurre cuando las bacterias intracelulares *Vibrio parahaemolyticus* logran escapar al citoplasma celular y proliferar, al silenciar al lisosoma. Las saponinas de quillaja pueden impedir este mecanismo y activar la actividad lisosómica al penetrar la célula epitelial gracias a su lado hidrofóbico. Esto inicia la fagocitosis por parte de los macrófagos, lo que representa la activación del sistema inmunitario innato en el camarón.

De manera similar a la quillaja, la yuca contiene saponinas beneficiosas, oligosacáridos y polifenoles. Además, la yuca incluye resveratrol y yuccaoles, dos potentes antioxidantes. Los yuccaoles tienen una excelente capacidad para captar radicales libres.

Este proceso se inicia mediante el reconocimiento de las bacterias y los hongos. En general, su detección activa cascadas extracelulares que amplifican la señal y desencadenan moléculas posteriores, que finalmente estimulan la eliminación de los patógenos (Figura 1).

Esto lleva a la melanización de los patógenos, que quedan inertes para su expulsión. Sin embargo, la melanina es altamente reactiva y puede dañar otras células. El mecanismo para limitar este efecto depende de los yuccaoles y el resveratrol presentes en la yuca, que son capaces de restringir la actividad de la melanina exclusivamente a los agentes patógenos gracias a sus propiedades antioxidantes, para evitar así un mayor daño celular (Figura 1). PAQ-Protex también contiene fenoles, un sustrato para la producción de melanina.

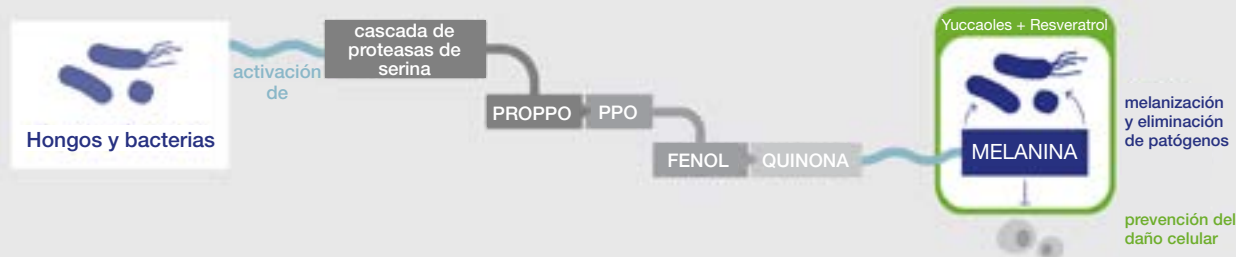


Figura 1. Captación de radicales libres por los yuccaoles

Las lisozimas son proteínas que catalizan reacciones mediante hidrólisis, lo que asegura propiedades inmunitarias y acción contra los virus, la inflamación y las células cancerosas. De este modo, las lisozimas presentan una actividad antimicrobiana contra las bacterias, incluidas las especies de *Vibrio* que son patógenas para los camarones. Se ha demostrado que PAQ-Protex tiene la capacidad de incrementar la actividad de las lisozimas y el recuento de hemocitos en camarones (Figura 2).

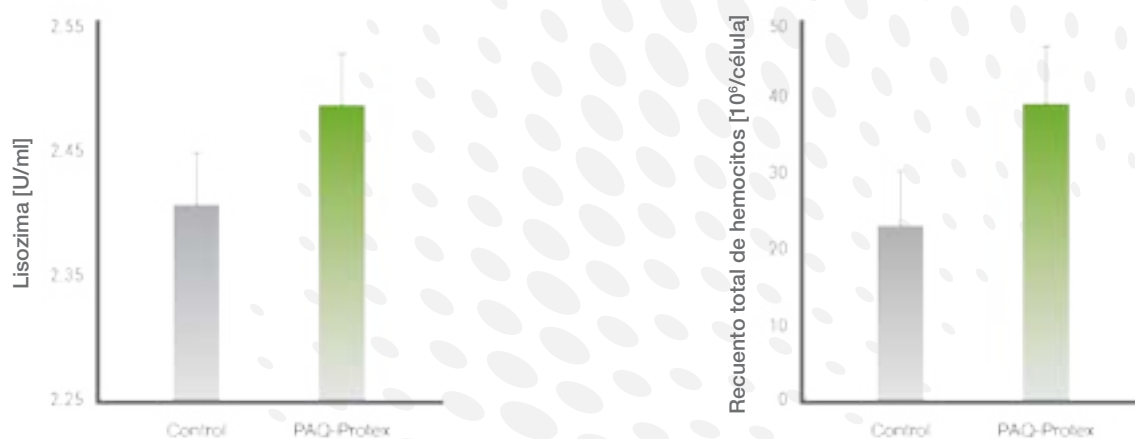


Figura 2. Datos inmunológicos sobre los efectos de PAQ-Protex sobre las lisozimas y los hemocitos en camarones.

En resumen, PAQ-Protex tiene la capacidad de mejorar la inmunidad gracias a sus componentes de quillaja y yuca, que activan mecanismos y vías inmunitarios que actúan en distintos niveles del sistema inmunitario de los camarones (Figura 3).



Figura 3. Resumen del mecanismo de acción inmunológico de PAQ-Protex.

Mecanismo de acción metabólico

Las enzimas digestivas (como amilasa y lipasa) desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de los camarones. Se ha demostrado que el aumento de la actividad de estas enzimas mejora el desempeño de crecimiento, la tasa de conversión alimenticia (TCA) y el consumo de alimento en diferentes especies de camarones (Akbari *et al.*, 2017; Sankar *et al.*, 2011).

Las saponinas promueven la actividad de estas enzimas y aumentan la permeabilidad de las células intestinales, lo que mejora la absorción de nutrientes (Augustin *et al.*, 2011).

Los beneficios metabólicos de PAQ-Protex también se deben a la acción de las saponinas de quillaja y yuca, que mejoran la digestión del alimento mediante:

- Aumento de la actividad enzimática.
- Aumento de la síntesis proteica.
- Promoción de la absorción de nutrientes en las células epiteliales del tracto digestivo.
- Aumento de permeabilidad de la membrana celular.
- Mejora del nivel y la retención de proteínas.

Un mecanismo de acción sugerido para las saponinas de quillaja y yuca es que estimulan la absorción intestinal de aminoácidos y ácidos grasos tras la digestión enzimática. Esto se relaciona con una mayor síntesis proteica, mejor absorción de nutrientes en las células epiteliales y mayor permeabilidad de membrana, lo que explica la mayor retención de nutrientes (Francis *et al.*, 2001).

Se han realizado varios estudios para evaluar los efectos de PAQ-Protex en los camarones. Un ensayo realizado en Vietnam midió el impacto de PAQ-Protex sobre la actividad enzimática del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

El estudio comparó un alimento comercial suplementado con 2 g/kg de PAQ-Protex con un alimento comercial normal. Se midió la actividad enzimática de los camarones en hepatopáncreas e intestino. Los resultados mostraron un aumento significativo de la actividad enzimática de la amilasa y la lipasa en el hepatopáncreas y el intestino tras 28 días (Tabla 1).

Tabla 1. Los resultados de un estudio científico demuestran que PAQ-Protex mejora la actividad enzimática en el intestino y el hepatopáncreas de *Litopenaeus vannamei*.

Actividad enzimática en hepatopáncreas (UI/g)

Enzima	Control	PAQ-Protex™
Amilasa	311.79 ± 175	378.63 ± 129*
Lipasa	58 ± 28	57.03 ± 42

Actividad enzimática en intestino (UI/g)

Enzima	Control	PAQ-Protex™
Amilasa	1242 ± 384	1811 ± 312*
Lipasa	104 ± 25	123 ± 50*

*indica diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados demuestran el importante papel que desempeña PAQ-Protex en la modulación enzimática de los camarones, en particular, en la actividad de la amilasa y la lipasa. Sin embargo, aún no se comprende completamente cómo funcionan las enzimas y las vías bioquímicas involucradas en la biosíntesis de saponinas. Una hipótesis sostiene que las saponinas de quillaja desencadenan la activación de la amilasa. La amilasa desdobla el almidón en azúcares, lo que produce un componente primario de la quitina, una molécula clave para la muda. Al intervenir en el ciclo de la muda, la actividad de la amilasa afecta el crecimiento: cuanto más alta es la actividad de la amilasa, mayor es la síntesis de quitina y la muda inducida, lo que en definitiva mejora el crecimiento (Figura 4).



Figura 4. Las saponinas de quillaja inducen la activación de la amilasa, lo que produce un mayor nivel de crecimiento en los camarones.

La actividad enzimática significativamente mayor de la lipasa registrada en el intestino con la suplementación de PAQ-Protex también es de gran valor para la producción de camarones. Esto se debe a que el metabolismo del camarón no tolera altos niveles de grasa dietaria, por lo que los lípidos del alimento se deben limitar a un nivel del 5-8%.

Otro estudio realizado en Tailandia investigó el efecto de PAQ-Protex sobre las enzimas proteolíticas proteasa, tripsina y quimiotripsina, y sobre la digestibilidad de las proteínas de una

dieta basada en harina de soja en el camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*). En este estudio, se usaron tres grupos de tratamiento: un grupo de control basado en harina de pescado (HP), un grupo basado en harina de soja y un grupo con una dieta basada en harina de soja más 0,1% de PAQ-Protex.

Tras evaluar la composición corporal, el crecimiento y el nivel de supervivencia, la inclusión dietaria de PAQ-Protex dio lugar a niveles más altos de proteína total, quimiotripsina, actividad proteasa y la suma de todos los aminoácidos esenciales (AAE) medidos (Figura 5).

Tabla 2. PAQ-Protex aumenta la digestibilidad proteica en *L. vannamei*.

	Control (inclusión de HP)	Control negativo (A base de soja)	A base de soja + PAQ-Protex 0.1%
Proteína	75.8	75.0	75.3
Arginina	7.74	7.93	8.95
Histidina	0.71	0.73	0.74
Isoleucina	1.2	1.3	1.59
Leucina	1.99	1.93	2.44
Lisina	3.69	3.76	4.44
Metionina	0.79	0.81	0.85
Fenilalanina	1.37	1.34	1.17
Treonina	1.21	1.36	1.07
Triptófano	0.53	0.39	0.42
Valina	1.21	0.35	1.32
Suma de AAE	20.4	19.9	22.9

*AAE: aminoácidos esenciales

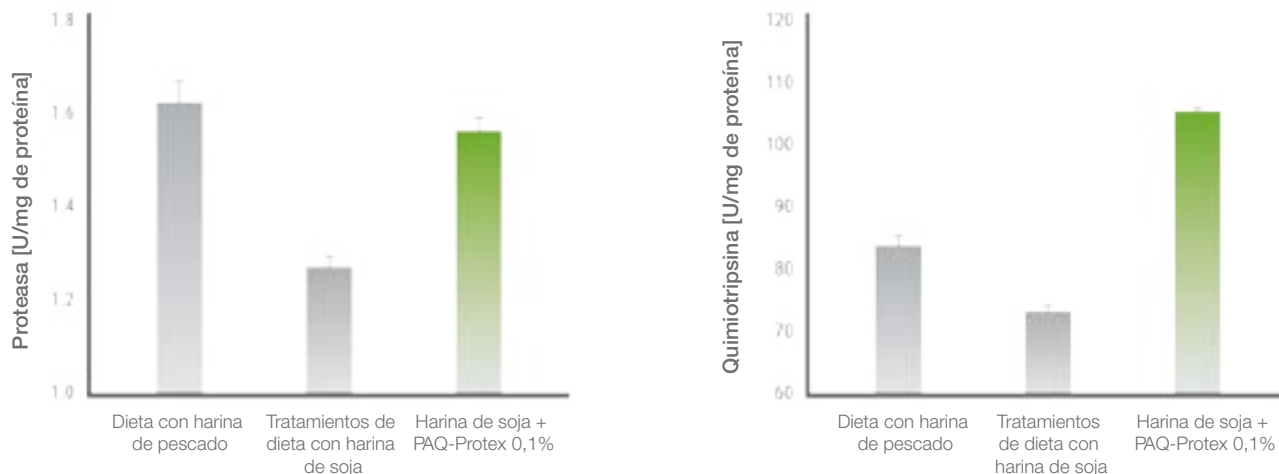


Figura 5. PAQ-Protex aumenta la actividad enzimática en *L. vannamei*.

En un estudio adicional realizado en Indonesia, se efectuó un análisis metabólico de camarones suplementados con PAQ-Protex, donde se comparó un alimento comercial con el mismo alimento suplementado con 2 g/kg de PAQ-Protex. Después de 60 días, se detectaron mayores niveles de proteína y retención de proteína en el grupo de PAQ-Protex (Figura 6).

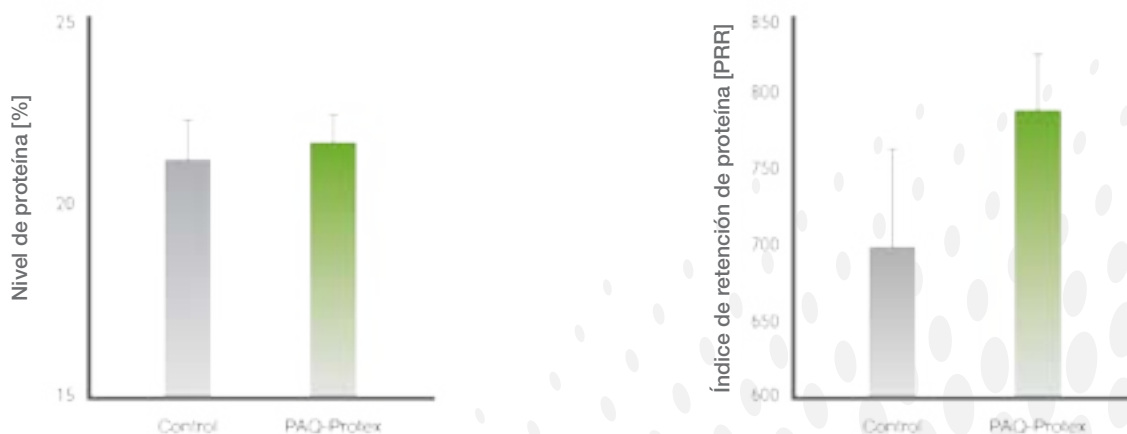


Figura 6. PAQ-Protex mejora el nivel y la retención de proteínas en los camarones.

Estos resultados sugieren que PAQ-Protex contribuye a aumentar la actividad de las enzimas digestivas, lo que a su vez mejora la absorción de nutrientes, un hecho que corrobora los resultados obtenidos en los estudios mencionados más arriba. Estos cambios en los parámetros enzimáticos y proteicos suelen estar asociados con cambios en los principales ingredientes utilizados en los grupos dietarios. Dado que estos cambios significativos se observaron con bajas tasas de inclusión, los resultados de este ensayo subrayan la capacidad de PAQ-Protex para mejorar la salud de los camarones.



Figura 7. Resumen del mecanismo de acción metabólico de PAQ-Protex.



Conclusiones

PAQ-Protex estimula la eficiencia alimentaria y el crecimiento y la supervivencia de los camarones, lo que contribuye a aumentar la productividad total y la rentabilidad de la producción.

Al mejorar la absorción de nutrientes, la salud intestinal y la eficiencia del uso del alimento, PAQ-Protex también reduce el aporte de compuestos de nitrógeno en los estanques acuícolas, lo que promueve un entorno más saludable para el crecimiento y el desarrollo de los camarones.

PAQ-Protex proporciona las herramientas necesarias para mejorar la inmunomodulación a través de un mecanismo accionado por saponinas.

El mecanismo de acción metabólico de este producto se basa en los efectos beneficiosos de las saponinas de quillaja y yuca, que ejercen un efecto positivo sobre la actividad enzimática y la salud general de los camarones.

Por último, además de poseer propiedades moleculares beneficiosas y de su origen totalmente natural, PAQ-Protex es altamente palatable y presenta características muy estables, lo que permite su fácil incorporación al alimento antes de los procesos de extrusión y peletizado. Esto refuerza las ventajas de adoptar PAQ-Protex como suplemento para el alimento de los camarones.

Referencias

- Akbary, P., Shoghi, M., & Fereidouni, M. S. (2017). Growth performance and digestive enzymes activities of Pacific white leg shrimp (*Litopenaus vannamei*) juveniles fed dietary mixtures of four medicinal plants. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(4), 1157–1163.
- Augustin, J. M., Kuzina, V., Andersen, S. B., & Bak, S. (2011). Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. *Phytochemistry* 72(6):435-57. doi:10.1016/j.phytochem.2011.01.015.
- Cheeke P.R. (1996). Biological effects of feed and forage saponins and their impacts on animal production. *Advances in Experimental Biology* 405, 377–385.
- Marzocco, S., Piacente, S., Pizza, C., Oleszek, W., Stochmal, A., Pinto, A., Sorrentino, R., & Autor, G. (2004). Inhibition of inducible nitric oxide synthase expression by yuccaol C from *Yucca schidigera roezl.* *Life Sciences*, 75(12), 1491–1501. <https://doi.org/10.1016/J.LFS.2004.03.013>
- Sankar, G., Elavarasi, A., Sakkaravarthi, K., & Ramamoorthy, K. (2011). Biochemical changes and growth performance of black tiger shrimp larvae after using *Ricinus communis* extract as feed additive. *International Journal of Pharmacology Technology Research*, 3(1), 201–208.