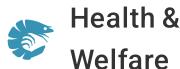




ALLIANCE™

(<https://www.globalseafood.org>).



Estudio evalúa cambios en la calidad del camarón blanco del Pacífico en una cadena de suministro simulada en vivo

21 July 2025

By Ping Zhang , Zian Jiang , Yuwei Zhang , Lele Leng , Ziyi Yin , Weining He , Daodong Pan and Xiaoqun Zeng

Los resultados sugieren que la mayor mortalidad (12%) se produjo después del transporte en vivo



Este estudio rastreó las fases críticas de la cadena de suministro de camarón vivo (*P. vannamei*), incluyendo la poscosecha, el postransporte, el posdescanso y la venta simulada a temperatura ambiente y baja. Los resultados sugieren que la mayor mortalidad (12 por ciento) se produjo después del transporte en vivo, mientras que el proceso de reposo se asoció con una mayor resiliencia al estrés intestinal. Este estudio ofrece información para optimizar las estrategias de la cadena de suministro del camarón y propone biomarcadores de la microbiota intestinal para mejorar la calidad muscular en la gestión acuícola. Foto: Darryl Jory.

El camarón vivo, como el camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*), es el **favorito de los consumidores** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740580>) en varios países asiáticos por sus cualidades sensoriales y su retención nutricional. Por lo tanto, en las cadenas de suministro de camarones vivos “de la granja a la mesa” (incluyendo la cosecha, el transporte, el descanso y la venta), maximizar la supervivencia del camarón y mantener su calidad son fundamentales.

Durante el transporte de camarones vivos a través de la cadena de suministro, se enfrentan a diversas **condiciones de estrés** (<https://doi.org/10.1002/jsfa.12963>) que probablemente se combinen para desencadenar deterioro fisiológico, pérdida de calidad muscular y desequilibrios en la microflora. Estudios previos han destacado factores que influyen en la pérdida de calidad poscosecha en camarones y peces, como el transporte prolongado, el hacinamiento, la fluctuación del oxígeno, los períodos de descanso antes del envío y las variaciones de temperatura durante el transporte. Por otro lado, el microecosistema intestinal actúa como un **regulador clave** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740537>) de la actividad del huésped, y la teoría propuesta del “eje intestino-músculo” proporciona una base fundamental para comprender los efectos interactivos entre la microbiota intestinal y la calidad muscular. Diversos estudios han reportado que las intervenciones dietéticas pueden mejorar la calidad muscular al regular el metabolismo de nutrientes y las respuestas inmunitarias mediadas por la microbiota intestinal.

El microecosistema intestinal sufre cambios inducidos por el estrés que afectan la absorción de nutrientes y las funciones antioxidantes, lo que conduce al deterioro muscular. Estudios recientes sobre la microbiota intestinal del camarón se han centrado en el seguimiento de diversas situaciones estresantes en el proceso de cultivo, como cambios en la salinidad, la composición nutricional, la temperatura de crecimiento y la alimentación con probióticos. En general, la mayoría de los estudios hasta la fecha se han centrado en etapas aisladas de la cadena de suministro o en factores de estrés individuales, con importantes lagunas en la comprensión de cómo las diferentes etapas de la cadena de suministro de camarones vivos afectan la calidad muscular, la microbiota y sus interacciones, en particular en *P. vannamei*.

Este artículo – [resumido](https://doi.org/10.3390/ani15101431) (<https://doi.org/10.3390/ani15101431>) de la [publicación original](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). [Zhang, P. et al. 2025. Changes in Muscle Quality and Gut Microbiota of Whiteleg Shrimp (*Penaeus vannamei*) Within a Live Supply Chain. *Animals* 2025, 15(10), 1431] – informa sobre un estudio que rastreó las fases críticas de la cadena de suministro de camarones vivos, incluyendo la poscosecha, el postransporte, el posdescanso y las ventas simuladas a temperatura ambiente y a baja temperatura.



(<https://bspcertification.org/>).

Configuración del estudio

Se cosecharon camarones *P. vannamei* ($14,2 \pm 2$ gramos) criados en un estanque en Ningbo Zhengda Agriculture Co., Ltd. (Ningbo, China), y se seleccionaron 1220 animales sanos que se transportaron al campus Meishan de la Universidad de Ningbo para el estudio.

Se模拟aron y rastrearon en el laboratorio diversas fases de la cadena de suministro de camarón blanco vivo, incluyendo las fases poscosecha (CP), postransporte (TP), posdescanso (PR) y ventas simuladas [temperatura ambiente (TA): 29 grados-C $\pm 0,3$ grados-C, y baja temperatura (BT): 23 grados-C $\pm 0,3$ grados-C]. Se evaluaron la tasa de supervivencia acumulada, los parámetros de calidad muscular [es decir, color, textura, pH y otros parámetros] y la microbiota intestinal.



Investigación de los efectos del amoníaco, el nitrito y el sulfuro en juveniles de camarón blanco del Pacífico

Los resultados subrayan la importancia de la calidad del agua en los sistemas de acuacultura de camarón para aumentar la supervivencia y limitar el daño a diversos tejidos y órganos.



Global Seafood Alliance

Mediante la integración y el análisis de estos conjuntos de datos, esta investigación tuvo como objetivo investigar los cambios en la calidad y las comunidades bacterianas intestinales de *P. vannamei* a lo largo de la cadena de suministro de camarones vivos, centrándose especialmente en los efectos de las fluctuaciones de temperatura. Basándose en el análisis de la calidad muscular y los cambios en la microbiota intestinal de *P. vannamei* en la cadena de suministro de camarones vivos, este estudio proporciona puntos críticos de control y biomarcadores microbianos clave asociados con una alta calidad muscular, con el objetivo de mejorar las tasas de supervivencia y prolongar la vida útil en la gestión poscosecha y acuícola.

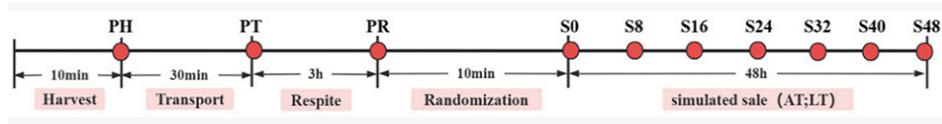


Fig. 1: Diagrama esquemático de toda la cadena de suministro poscosecha de camarones vivos. Los camarones cosechados se transportan, se les da un descanso, se asignan aleatoriamente y luego se les permite ingresar a la fase de venta. Los puntos rojos indican los puntos de muestreo. PH: poscosecha; PT: potransporte; PR: posdescanso; S0, S8, S16, S24, S32, S40 y S48: diferentes puntos temporales en la simulación de la fase de venta: 0, 8, 16, 24, 32, 40 y

48 horas, respectivamente. AT: temperatura ambiente; LT: baja temperatura.

Resultados y discusión

A medida que avanzaba la cadena de suministro simulada, las tasas de supervivencia acumulada del camarón disminuyeron gradualmente (Fig. 2A). En PT y PR, las tasas de supervivencia fueron del 88,19 por ciento \pm 0,33 por ciento y del 82,48 por ciento \pm 0,33 por ciento, respectivamente. Durante la fase de venta simulada, los grupos AT y LT mostraron tendencias similares: de S0 a S24, la mortalidad del camarón aumentó gradualmente y, después de S24, las tasas de supervivencia se estabilizaron. Entre S0 y S48, el grupo AT mostró una disminución significativa en la tasa de supervivencia, del 81,26 por ciento \pm 0,20 por ciento al 67,81 por ciento \pm 1,75 por ciento; de manera similar, la tasa de supervivencia del grupo LT disminuyó del 82,48 por ciento \pm 0,33 por ciento al 75,43 por ciento \pm 1,43 por ciento durante el mismo período. En S8, la tasa de supervivencia fue significativamente mayor en el grupo AT que en el grupo LT, pero entre S24 y S48, las tasas de supervivencia del grupo LT se mantuvieron consistentes y significativamente más altas que las del grupo AT.

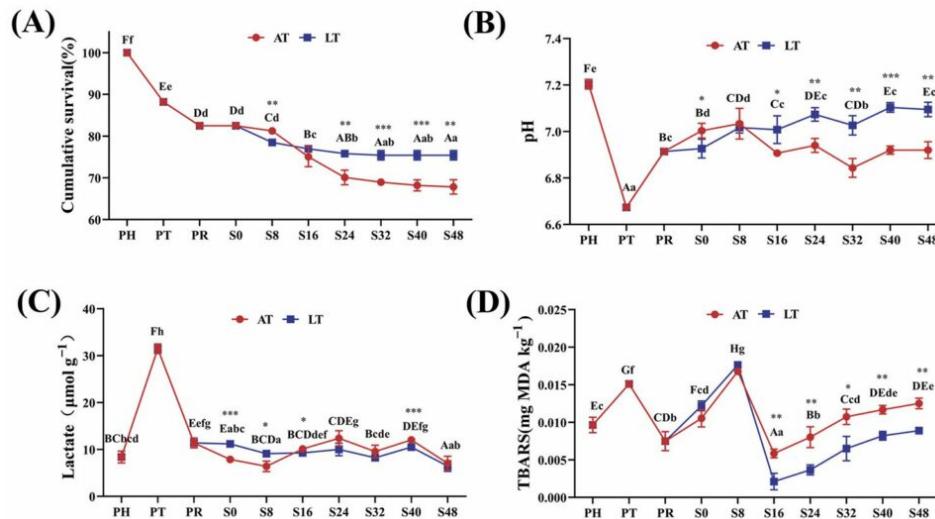


Fig. 2 (A-D): Tasa de supervivencia acumulada de camarones (A), pH (B), contenido de lactato (C) y TBARS (D) en el músculo. PH: poscosecha; PT: potransporte; PR: posdescanso; S0, S8, S16, S24, S32, S40, S48: diferentes puntos temporales en la simulación de la etapa de venta, que son 0, 8, 16, 24, 32, 40 y 48 h, respectivamente; TA: temperatura ambiente; LT: baja temperatura. Las diferencias intragrupales se indican con letras: mayúsculas para LT y minúsculas para TA. Las diferencias intergrupales se indican con asteriscos: * para $p < 0,05$, ** para $p < 0,01$ y *** para $p < 0,001$.

La Fig. 2C muestra los cambios en el contenido de lactato muscular a lo largo del tiempo. El contenido de lactato aumentó de $8,41 \pm 1,25 \mu\text{mol/g}$ a pH a $31,48 \pm 1,02 \mu\text{mol/g}$ a TP, seguido de una marcada disminución a PR. Desde el período PR hasta la semana 48, los niveles de lactato se mantuvieron relativamente estables, fluctuando alrededor de $10 \mu\text{mol/g}$ en los grupos AT y LT. La

figura 2D ilustra los cambios en el contenido muscular de TBARS (sustancia reactiva al ácido tiobarbitúrico; formada como subproducto de la oxidación lipídica) a lo largo de la cadena de suministro en vivo.

Fig. 3. Valor de L* (luminancia) (A), valor de a* (rojo-verde) (B), valor de b* (amarillo-azul) (C), valor de ΔE^* (diferencia total de color) (D), dureza (E), gomosidad (F), masticabilidad (G) y elasticidad (H) en músculo de camarón. PH: poscosecha; PT: postransporte; PR: posreceso; S0, S8, S16, S24, S32, S40, S48: diferentes puntos temporales en la simulación de la etapa de venta, que son 0, 8, 16, 24, 32, 40 y 48 horas, respectivamente. AT: temperatura ambiente; LT: baja temperatura. Las diferencias intragrupo se indican con letras: mayúsculas para LT y minúsculas para AT. Las diferencias entre grupos se indican con asteriscos: * para $p < 0,05$, ** para $p < 0,01$ y *** para $p < 0,001$.

La tasa de supervivencia acumulada es un indicador clave de la eficiencia del transporte, que refleja el daño por estrés en el camarón. Las altas tasas de mortalidad observadas durante la fase de transporte probablemente se deban a la manipulación brusca, la alta densidad de población, la hipoxia localizada y las lesiones fisiológicas inducidas por la cosecha, todo lo cual impone un estrés severo que puede superar la capacidad de adaptación del camarón. Tras las 24 horas de ventas simuladas, la tasa de supervivencia acumulada se estabilizó, probablemente debido a la activación de estrategias adaptativas en el camarón, que gradualmente restauraron la homeostasis fisiológica, lo que condujo a una reducción de la mortalidad.

Las TBARS representan un indicador importante para evaluar la oxidación lipídica y el deterioro del sabor. Su aumento se debe principalmente a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en las membranas celulares, lo que conduce a la formación de peróxidos tóxicos que pueden inducir la apoptosis (muerte celular) y activar la respuesta inmunitaria, contribuyendo así a la degradación muscular. Los niveles de TBARS se mantuvieron bajos a lo largo de la cadena de suministro de camarones vivos y no alcanzaron los umbrales que se sabe que afectan el sabor (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139403>), probablemente debido al bajo contenido lipídico inherente de *P. vannamei*.

El color y la textura son parámetros de calidad importantes para el camarón, y los consumidores prefieren músculos más brillantes, firmes y elásticos. En nuestro estudio, el brillo muscular se deterioró en el PT, lo cual concuerda con los hallazgos relacionados con el estrés por hacinamiento. La textura muscular se deterioró principalmente debido a la caída del pH, la liberación de la hormona cortisol y la activación de las enzimas proteasas. Durante la fase de venta, la textura empeoró en el grupo AT, pero se vio menos afectada en el grupo LT, posiblemente debido a la inhibición de la actividad de la enzima proteasa y la fenoloxidasa (PO, un importante sistema de defensa en muchos invertebrados) a bajas temperaturas.

Los filos predominantes en el intestino del camarón incluyeron Proteobacteria, Firmicutes, Actinobacteria y Bacteroidetes, en consonancia con estudios previos. La alta abundancia de Gammaproteobacteria en el intestino del camarón adulto (hasta un 40 por ciento) es característica de las alteraciones del microbioma intestinal. Los actinomicetos son cruciales para la homeostasis intestinal, y su rápido crecimiento sugiere posibles problemas en el microbioma intestinal. Este estudio también reveló que el predominio cambió de Proteobacteria (en PH) a Actinobacteria (en PT) y Firmicutes (en PR).

Es fundamental integrar y analizar diversos indicadores para evaluar los cambios en la cadena de suministro de camarones vivos y extraer conclusiones prácticas de estos cambios. Entre las diversas etapas de la cadena de suministro, la fase de transporte mostró la mayor reducción en la tasa de supervivencia, durante la cual el camarón contrarrestó el estrés asociado al mejorar las defensas antioxidantes mediadas por la microbiota intestinal, los mecanismos de resistencia al estrés y las vías del metabolismo energético. Mientras tanto, observamos que, durante el período de comercialización simulado, la calidad muscular cambió, y las etapas de transporte, venta de 24 horas y venta de 40 horas se identificaron como tres posibles puntos críticos de control. Estos puntos clave pueden utilizarse para optimizar las condiciones o ajustar las estrategias de venta en la cadena de suministro de camarón vivo para maximizar su calidad y vida útil.

Además, el descanso post-transporte alivió eficazmente el estrés del transporte y la disfunción de la microbiota intestinal, lo que indica que un procedimiento de descanso estandarizado es beneficioso para la supervivencia del camarón, especialmente durante el transporte a larga distancia. Durante el

período de venta simulado, el grupo LT presentó mayores tasas de supervivencia y mejores parámetros de calidad. Estos hallazgos demuestran que un ambiente de baja temperatura mejora la resistencia del camarón al estrés y estabiliza las interacciones entre la microbiota intestinal y el huésped.

En general, mantener una temperatura de 23 grados-C en el grupo LT es una estrategia eficaz, viable y alineada con la industria para mejorar la supervivencia y la calidad del camarón vivo. Cabe destacar que el enriquecimiento de Xanthomonadales y Oscillospirales en el grupo LT, junto con su correlación positiva con las tasas de supervivencia y los indicadores de calidad muscular, sugiere que estos taxones bacterianos podrían servir como biomarcadores para evaluar la adaptación del camarón a bajas temperaturas y el mantenimiento de la calidad muscular. Los resultados del estudio proporcionan herramientas esenciales y nuevas perspectivas para futuras estrategias de control de la calidad muscular basadas en la microbiota intestinal.

Perspectivas

En este estudio, las etapas de transporte, venta de 24 horas y venta de 40 horas se identificaron como tres posibles puntos críticos de control. Por otro lado, el descanso post-transporte fue eficaz para aliviar el estrés del transporte y se recomienda para su estandarización en la cadena de suministro de camarones vivos. Cabe destacar que el grupo LT (23 grados-C) mostró una mayor supervivencia, mayor dureza muscular y pH, y redujo los niveles metabólicos intestinales, lo que lo convierte en una solución eficaz y viable.

Se especula si la mejor condición fisiológica del grupo LT podría estar relacionada con el enriquecimiento de los órdenes bacterianos Xanthomonadales y Oscillospirales, que podrían servir como biomarcadores de la calidad muscular. Dado que este estudio se centró en el transporte de corta distancia, se requiere una mayor validación a distancias más largas. En el futuro, la integración de parámetros de calidad del agua, indicadores fisiológicos del camarón y la metabolómica ayudará a esclarecer las interacciones entre el huésped y la microbiota, impulsando así las estrategias de control de calidad basadas en la microbiota en la cadena de suministro de camarones vivos y la acuacultura.

Authors



PING ZHANG

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211, China



ZIAN JIANG

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211,
China



YUWEI ZHANG

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211,
China



LELE LENG

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211,
China



ZIYI YIN

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211,
China



WEINING HE

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211,
China



DAODONG PAN

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211,
China



XIAOQUN ZENG

Corresponding author

State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-Products, Ningbo University, Ningbo 315211,
China

zengxiaoqun@nbu.edu.cn (<mailto:zengxiaoqun@nbu.edu.cn>)

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.