



ALLIANCE™

[.https://gsa.rakadev.com](https://gsa.rakadev.com)

Intelligence

Evaluación de los efectos del pH bajo en el sabor y la composición de aminoácidos del camarón tigre negro

29 November 2021

By Hsueh-Han Hsieh, Ph.D. , Veran Weerathunga , W. Sanjaya Weerakkody, Ph.D. , Wei-Jen Huang, Ph.D. , François L.L. Muller, Ph.D. , Mark C. Benfield, Ph.D. and Chin-Chang Hung, Ph.D.

Los resultados indican que *P. monodon* podría volverse menos apetecible debido a la acidificación del océano y la menor producción de algunos aminoácidos



Este estudio evaluó el efecto potencial del pH sobre la supervivencia, las propiedades corporales, y la composición de aminoácidos del camarón tigre negro (*Penaeus monodon*) y los resultados sugirieron que la acidificación del océano puede afectar su calidad y producción futuras. Foto de Pawar Pooja, vía Wikimedia Commons.

La acidificación de los océanos (OA) se ha convertido en un tema clave que se ha investigado ampliamente durante las últimas décadas. Según las proyecciones actuales, la absorción continua de dióxido de carbono atmosférico en los océanos puede conducir a una disminución del pH medio [una medida de cuán ácida / básica es el agua] del agua superficial del océano abierto de 0,4 a 0,5 a finales del siglo XXI. . Más allá de esas predicciones, las aguas costeras parecen estar acidificándose a **un ritmo mucho más rápido** (<https://doi.org/10.1111/gcb.12179>), que el océano abierto. Además, la tendencia decreciente del pH se superpone a una gran variabilidad natural del pH en las aguas costeras. Se pueden obtener conocimientos críticos sobre los impactos de la acidificación de los océanos (OA) investigando sus efectos sobre la **fisiología de los organismos marinos** (<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0084>), y cómo los mariscos pueden verse afectados.

Existe una gran cantidad de evidencia disponible sobre los impactos negativos de la OA proyectada sobre la supervivencia, el crecimiento, la calcificación, las respuestas inmunitarias y la reproducción de los organismos marinos. Sin embargo, solo recientemente, un número muy pequeño de estudios experimentales ha intentado estimar las posibles consecuencias socioeconómicas de la acidificación del OA debido a la calidad alterada de los mariscos, y un estudio reveló que el cultivo de camarones en agua de mar acidificada **afectó negativamente su sabor**. (<https://doi.org/10.2983/035.033.0320>). Existe una necesidad imperiosa de ampliar nuestra comprensión de los efectos de la acidificación en la calidad de los productos del mar.

El sabor de los productos de mar proviene principalmente de aminoácidos, nucleótidos, azúcares y sales minerales. Se cree que los aminoácidos en particular modulan las cualidades sensoriales de los camarones, incluido el dulzor, el amargor y el sabor "umami" [o el gusto, uno de los cinco sabores básicos, que se ha descrito como sabroso y es característico de las carnes y caldos cocidos]. En los seres humanos, los aminoácidos activan receptores específicos del gusto, así como la demanda de nutrientes. Como tal, las concentraciones y proporciones relativas de aminoácidos en camarones y otros mariscos pueden tener repercusiones importantes para los consumidores y productores de mariscos. Los investigadores que prueban cómo el OA podría afectar el sabor de los mejillones

marinos y su atractivo para los consumidores han informado que los atributos de los mejillones afectados por OA también tienden a determinar las preferencias de los consumidores y que las personas solo estarían preparadas para comprar mejillones afectados por OA si eran un 52 por ciento más baratos de lo que son en la actualidad.

El camarón tigre negro (*Penaeus monodon*) es una especie clave en la industria del camarón en todo el mundo, con una textura deseable y muy buen sabor, y con un comercio mundial de varios miles de millones de dólares estadounidenses al año. La especie habita de forma natural en ambientes salobres, estuarinos (juveniles) y marinos (adultos) que se extienden desde África hasta el sur de Asia. Cada vez más, el camarón tigre negro se cultiva en las regiones costeras y de humedales de los países del sur de Asia. Estas aguas costeras se ven afectadas actualmente por la rápida acidificación del océano que puede amenazar o afectar la salud, las tasas de producción y la calidad de la carne del futuro camarón tigre negro.

Este artículo— adaptado y resumido de la **publicación original** (<https://doi.org/10.1038/s41598-021-00612-z>). (Weerathunga, V. et al. 2021. The effects of low pH on the taste and amino acid composition of tiger shrimp. Sci Rep 11, 21180 (2021)) – reporta sobre un estudio que compara la tasa de supervivencia, las propiedades del caparazón y las propiedades sensoriales de la carne y la composición de aminoácidos del camarón *P. monodon* expuesto durante 28 días a condiciones de pH que cubren las condiciones de pH promedio presentes (pH 8,0) y futuras (pH 7,5) en los ecosistemas costeros.

Configuración del estudio

Larvas de *P. monodon* se cultivaron en estanques durante 11 meses en la Universidad Nacional Sun Yat-Sen, Kaohsiung, Taiwán. Los animales ($19,7 \pm 1,4$ cm de longitud corporal, $41,8 \pm 10,2$ gramos de peso corporal) se transfirieron luego a cuatro tanques de 1000 litros con agua costera que fluía, y había dos tanques replicados por tratamiento de pH. Se sembraron sesenta camarones por tanque, para una densidad de población de 53 camarones por metro cuadrado. Fueron alimentados con un alimento comercial al 5 por ciento de su peso cuatro veces al día, y los tanques se limpiaron de alimento no consumido y detritos que se habían depositado en el fondo.

Después de una semana de aclimatación, los camarones pertenecientes al grupo de pH alto se mantuvieron en agua de mar costera fluyendo naturalmente a un pH ~ 8.0 (sin dióxido de carbono agregado y se midió el pH una vez al día. Los camarones en los tanques acidificados se expusieron a una disminuyendo el pH de 8.0 a 7.5 (disminuyendo en 0.1 por día) usando un sistema comercial de retroalimentación de pH automático. Los camarones muertos y el alimento no consumido se retiraron antes de cada alimentación. Al final del experimento de exposición de 28 días, se recolectaron varias muestras de varios tipos de los camarones para su análisis.

Para información detallada sobre el diseño experimental y la cría de animales; determinación del espesor de la cutícula del camarón [caparazón o exoesqueleto] y contenido de carbono; extracción y medición de aminoácidos; evaluación de la calidad sensorial del camarón bajo tratamientos de pH-8.0 y pH-7.5; y análisis estadísticos, consulte la publicación original.

Resultados y discusión

Evaluamos los cambios de supervivencia, crecimiento, concentración de aminoácidos de la carne y calidad sensorial de la carne en camarones tigre negro en condiciones de pH bajo en comparación con condiciones de pH alto. Se realizó una prueba de degustación a ciegas para detectar cambios sensoriales, mientras que las concentraciones de aminoácidos se utilizaron como un proxy para

rastrear los cambios. Los diferentes aminoácidos tienen diferentes cualidades gustativas dominantes. Básicamente, los aminoácidos treonina, serina, glicina, alanina, arginina y prolina son los responsables del dulzor; valina, leucina, tirosina y fenilalanina para el amargor, mientras que el ácido glutámico y el ácido aspártico brindan el sabor umami. Presumimos que las diferencias observadas en el sabor de los camarones se explicarían por las concentraciones de los aminoácidos anteriores.

Los valores medios de pH medidos en los tanques experimentales de pH 8,0 y 7,5 a lo largo del experimento fueron $7,96 \pm 0,03$ y $7,51 \pm 0,04$, respectivamente. El porcentaje de supervivencia en pH 8,0 y pH 7,5 después de 28 días fue 80,8 y 72,5 por ciento, respectivamente. Los tanques de pH 8,0 disminuyeron linealmente con el tiempo durante todo el período de 28 días. La tasa de mortalidad media fue del 0,7 por ciento por día, donde el porcentaje se refiere al número total inicial de camarones, no al número total de camarones en el día de la medición. En los tanques de pH 7,5, las poblaciones de camarones disminuyeron al mismo ritmo que en los tanques de pH 8,0 hasta el día 18. Sin embargo, del día 18 al 28, la mortalidad se produjo a un ritmo más rápido, aunque lineal, de 2,0 por ciento por día (Fig. 1).

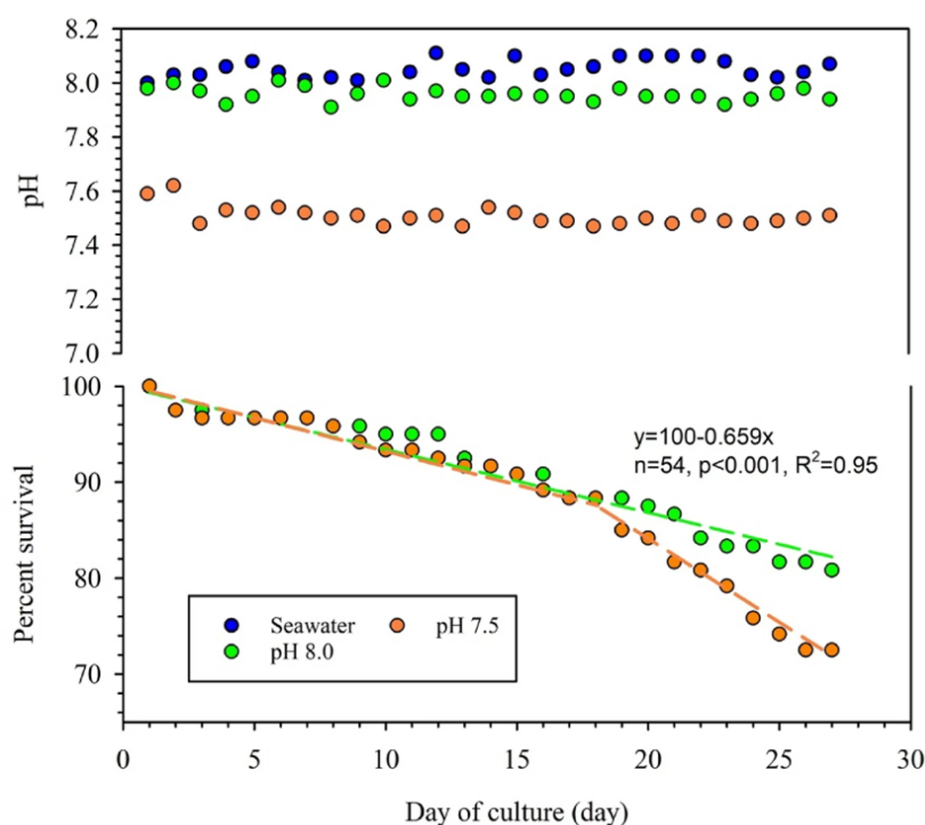


Fig. 1: Evolución temporal del pH y porcentaje de supervivencia de los camarones durante los períodos de cultivo. Círculos azules = fuente de agua de mar; círculos verdes = agua de mar en tanques de pH 8.0; círculos naranjas = agua de mar en tanques de pH 7.5. Las líneas discontinuas verde y naranja son líneas de regresión que representan el porcentaje de camarones supervivientes en los tanques de pH 8.0 y pH 7.5, respectivamente.

En general, *P. monodon* completará un ciclo de muda en 6 a 12 días. La inhibición de la muda en cultivos de pH bajo se ha reportado en estudios previos en otras especies de camarones, donde en realidad resultó en una cutícula más gruesa, y esto también se observó en otros crustáceos. Otros estudios de decápodos también han demostrado que su tasa de conversión alimenticia, tasa de crecimiento y tasa de supervivencia disminuyó significativamente cuando el pH cayó significativamente por debajo de 8.0. Incluso la exposición a corto plazo de los crustáceos a un pH bajo puede inducir la disolución de su CaCO_3 exoesquelético en un intento de amortiguar los protones y mantener la homeostasis de la hemolinfa. Se puede anticipar que el costo energético del camarón para mantener la homeostasis del pH aumentará como consecuencia de la OA. También es probable que esta carga energética de acidificación conduzca a una mayor mortalidad en los camarones expuestos a un pH más bajo.

Fig. 2: Espesor y contenido de carbono de la cutícula en tratamientos de pH 8.0 y pH 7.5. Izquierda: grosor de la cutícula, donde la altura de cada columna representa la media $\pm$ S.E. ($n = 30$) y los asteriscos indican una diferencia significativa en $p < 0,001$. Derecha: concentración de carbono total (TC), carbono orgánico particulado (POC) y carbono inorgánico particulado (PIC) en la cutícula del camarón, donde las alturas de las columnas son medias $\pm$ SE ($n = 6$). No se encontraron diferencias significativas entre los valores de TC, POC o PIC medidos en los tratamientos de pH 8.0 y pH 7.5.

En nuestro estudio, encontramos una clara disminución en las concentraciones de varios aminoácidos en la carne de los camarones tras la exposición a un pH bajo. Esto puede haber estado relacionado con la alta concentración de dióxido de carbono, que alteró la composición química del agua de mar, limitando potencialmente la capacidad de los animales para mantener la capacidad de sus células para mover iones, así como otros procesos fisiológicos importantes. Estudios anteriores han demostrado que la expresión de ciertas proteínas y otros compuestos disminuyó mientras los camarones estaban bajo estrés ácido. De manera similar, se informó una notable supresión de las vías de digestión y absorción de proteínas y carbohidratos en agua con pH bajo. En vista de estos hallazgos, se puede especular que la mayor energía gastada por los camarones para mantener su metabolismo en condiciones de estrés de pH puede haber llevado a las concentraciones bajas observadas de varios aminoácidos presentes en la carne del camarón.

Fig. 3: Concentraciones de aminoácidos en el músculo del camarón tigre negro a dos tratamientos de pH diferentes (8.0 y 7.5). Los valores son medias $\pm$ S.E (n = 6). Asterisco: estadísticamente significativo (* p <0.05, ** p <0.01, *** p <0.001). Asp (ácido aspártico), Thr (treonina), Ser (serina), Glu (ácido glutámico), Gly (glicina), Ala (alanina), Cys (cisteína), Val (valina), Met (metionina), Ile (isoleucina), Leu (leucina), Tyr (tirosina), Phe (fenilalanina), Lys (lisina), His (histidina), Arg (arginina).

Hasta donde sabemos, esta es la primera evidencia de un posible vínculo entre (1) el pH del agua de mar, (2) el contenido de aminoácidos en la carne del camarón tigre negro y (3) las propiedades sensoriales de los camarones. La expresión de aminoácidos puede verse potencialmente afectada por la salinidad y, por tanto, afectar el sabor de *P. monodon*. Aquí encontramos que los niveles elevados de dióxido de carbono deprimen la producción del aminoácido responsable del sabor umami. Esto no es del todo sorprendente dado que los aminoácidos se encuentran comúnmente en los aromas artificiales de mariscos. En la naturaleza, varias vías metabólicas de los aminoácidos involucran una serie de reacciones que producen carbohidratos, alcoholes, aldehídos y ácidos carboxílicos que agregan sabor extra al camarón.

Los aminoácidos en la carne del camarón proporcionaron una fuerte evidencia para observar el impacto del agua acidificada en el camarón tigre negro. Los aminoácidos metionina y cisteína juegan un papel importante en la expresión de enzimas importantes. La disminución de metionina observada en nuestro estudio podría reducir el estrés antioxidante en el camarón tigre negro en un ambiente acidificado. Y desde la perspectiva del consumidor, esta disminución de aminoácidos redujo el valor nutritivo de los camarones.

Los resultados de este estudio son muy convincentes y proporcionan información sobre los posibles cambios en los aminoácidos y el sabor correspondiente de la carne y la alteración de la estructura del exoesqueleto del camarón tigre bajo la futura acidificación del océano. Sin embargo, no podemos

extender estos cambios observados a otras especies de camarones debido a las respuestas específicas de los organismos marinos a la acidificación de los océanos. Por ejemplo, se observó un aumento de la calcificación en el exoesqueleto de algunas especies de camarones, mientras que la calcificación se mantuvo sin cambios en otras. Por otro lado, las tasas de crecimiento no se alteraron en la mayoría de las especies de camarón estudiadas hasta la fecha en condiciones de pH bajo. Teniendo en cuenta estas limitaciones, recomendamos encarecidamente realizar estudios exhaustivos sobre los impactos de la acidificación del océano en las composiciones de aminoácidos y el sabor de otros camarones, especialmente especies de importancia comercial.

La acidificación del océano también puede afectar el tiempo de generación o reproducción de comunidades enteras.

Los dos primeros factores que los clientes consideran al elegir camarones son la apariencia y el sabor. A medida que se intensifica la acidificación del océano, nuestros resultados sugieren que ambas cualidades pueden verse afectadas negativamente. Una reducción en la satisfacción de los clientes con el camarón cultivado o cosechado en condiciones de acidificación del océano afectará potencialmente a la industria mundial de la acuicultura de productos del mar. Por ejemplo, el comercio mundial de camarón tigre probablemente disminuirá si el camarón se ve y sabe peor.

Por otro lado, si nuestras observaciones se limitan solo a especies específicas de camarón, es posible que algunas otras especies encuentren una manera de adaptarse a la mayor acidez proyectada que beneficiaría tanto a la industria camaronesa como a la camaronesa. En tales circunstancias, el cultivo intensivo de especies como el camarón tigre negro puede disminuir debido a la caída esperada en la demanda, mientras que las especies más adaptativas pueden volverse populares entre los productores. Por lo tanto, es incluso posible que la OA pueda llevar a la industria acuícola mundial a cultivar especies diferentes de las actualmente favorecidas.

El camarón tigre silvestre se distribuye ampliamente por el Océano Índico y el Pacífico occidental y es una especie invasora en el Golfo de México y a lo largo de la costa atlántica del sureste de los Estados Unidos. Pasa su historia de vida temprana como larva en ambientes estuarinos antes de moverse a aguas de plataforma más profundas (~ 25 metros) donde comienza su crecimiento como adulto joven. Las condiciones ambientales ampliamente fluctuantes en los estuarios significan que el camarón tigre negro está razonablemente bien adaptado a los cambios en la salinidad, el pH y otras variables hidroquímicas, aunque durante su ciclo de vida temprano.

Cuando los camarones se trasladan a aguas más profundas, encuentran variaciones mucho más pequeñas en el pH ambiental. Para nuestros experimentos de cultivo, el proveedor comercial nos proporcionó larvas de camarón tigre negro mantenidas en salinidad baja-media, que luego ajustamos lentamente hasta que la salinidad fue la misma que en las aguas costeras cercanas. El valor exacto del pH fue más difícil de controlar debido a los muchos factores que afectan el pH, entre ellos la fotosíntesis en el fitoplancton y la respiración microbiana de la materia orgánica, lo que resultó en algunas fluctuaciones de pH muy grandes a corto plazo (7.57 a 8.63) en nuestros tanques de cultivo de pH 7,5.

Perspectivas

Los resultados de nuestro estudio, y los de otros, reportan el efecto potencial de la acidificación del océano en la fisiología, morfología y otras características de los organismos marinos, pero también se debe considerar que la OA también puede afectar el tiempo de generación o reproducción de comunidades enteras. También debe tenerse en cuenta que el tiempo de exposición en nuestro

experimento fue relativamente corto en comparación con la vida útil del camarón tigre adulto. Sin embargo, nuestros resultados indican una clara conexión entre la acidificación y el perfil de aminoácidos del camarón *P. monodon* y su supervivencia.

Authors



HSUEH-HAN HSIEH, PH.D.

Department of Oceanography, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan, ROC



VERAN WEERATHUNGA

Department of Oceanography, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan, ROC



W. SANJAYA WEERAKKODY, PH.D.

Department of Oceanography, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan, ROC; and
Department of Fisheries and Aquaculture, Faculty of Fisheries and Marine Sciences and Technology,
University of Ruhuna, Matara, Sri Lanka



WEI-JEN HUANG, PH.D.

Department of Oceanography, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan, ROC



FRANÇOIS L.L. MULLER, PH.D.

Department of Oceanography, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan, ROC



MARK C. BENFIELD, PH.D.

Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge,
70803, LA USA



CHIN-CHANG HUNG, PH.D.

Corresponding author
Department of Oceanography, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan, ROC

cchung@mail.nsysu.edu.tw (<mailto:cchung@mail.nsysu.edu.tw>).

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.