



ALLIANCE™

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



Organismos marinos sub-utilizados como posibles ingredientes de alimentos acuícolas

17 May 2021

By Dedi Jusadi, Ph.D. , Julie Ekasari, Ph.D. , Muhammad Agus Suprayudi, Ph.D. , Mia Setiawati, Ph.D. and Ichsan Achmad Fauzi, Ph.D.

Estudio identifica muchos organismos marinos nutricionalmente adecuados como ingredientes de alimentos acuícolas



Este artículo revisa el potencial de varios organismos marinos sub-utilizados como candidatos para ingredientes de alimentos acuícolas, enfatizando las especies de bajo nivel trófico no alimentadas. Los ejemplos incluyen varias especies de macroalgas pardas o algas marinas como *Macrocystis* spp., *Ascophyllum nodosum* y *Sargassum* spp. (en la foto). Foto de Filo gèn, vía Wikimedia Commons.

Actualmente, gran parte de la producción acuícola mundial es para organismos alimentados que dependen en gran medida de piensos formulados. Por tanto, el aumento de la producción acuícola tiene una relación generalmente lineal con el **aumento en la producción de alimentos acuícolas** (<http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en>). La inclusión de harina y aceite de pescado, una fuente común de proteínas y lípidos en los alimentos acuícolas por décadas, ha disminuido sustancialmente y la mayoría de las materias primas en los alimentos acuícolas son ahora productos agrícolas producidos en sistemas terrestres.

El ecosistema marino ofrece amplias oportunidades para la producción de productos del mar y materias primas para alimentos acuícolas. La intensa competencia por las materias primas debido a otros usos humanos, que afecta el suministro de alimentos acuícolas, es una de las principales motivaciones para que el sector de la acuicultura genere sus propias materias primas para alimentos a partir de fuentes marinas.

La demanda de materiales de alta calidad para diversas aplicaciones relacionadas con los seres humanos ha ido en aumento, creando más oportunidades para que el sector de la acuicultura produzca materias primas de alta calidad de origen marino para diversas necesidades humanas, incluidos otros sectores de producción de alimentos como la ganadería. La exploración de materias primas para los alimentos acuícolas debe centrarse en los organismos marinos no alimentados, que pueden actuar como biorremediadores que extraen los nutrientes de desecho del medio ambiente y los convierten en biomasa beneficiosa que puede utilizarse como materia prima para los alimentos acuícolas.

Este artículo, adaptado y resumido de la **publicación original** (<https://doi.org/10.3389/fmars.2020.609471>). (Jusadi, J. et al. 2021. Potential of Underutilized Marine Organisms for Aquaculture Feeds. *Front. Mar. Sci.*, 11 de Febrero de 2021), analiza el uso potencial de algunos organismos marinos sub-utilizados como candidatos para ingredientes de alimentos acuícolas, con especial énfasis en los organismos de bajo nivel trófico no alimentados, como los mariscos, las algas y los microorganismos.

Criterios de selección de materias primas para alimentos acuícolas

Se deben tener en cuenta los siguientes criterios al seleccionar las materias primas adecuadas para alimentos acuícolas: (1) valor nutricional en relación con los requisitos del animal cultivado y su digestibilidad por parte del animal objetivo; (2) la presencia de factores anti-nutricionales (ANF) y contaminantes; (3) confiabilidad del suministro; y (4) volatilidad de precios. La composición nutricional y la digestibilidad de las materias primas para alimentos tienen efectos sinérgicos sobre los resultados del crecimiento de las especies acuícolas alimentadas. Además, las cualidades físicas y nutricionales de los ingredientes también deben incluir sus características durante los procesos de fabricación y cómo afectan la calidad del pellet.

La alta digestibilidad asegura una alta biodisponibilidad y utilización de nutrientes por parte del animal. La presencia de factores anti-nutricionales, es decir, sustancias que podrían interferir con la utilización de los alimentos y afectar negativamente la salud y la producción de los animales, es un factor importante que determina la viabilidad nutricional de una materia prima para alimentos acuícolas. Además, los ingredientes de origen marino pueden conllevar el riesgo de contaminación por metales pesados y toxinas, con posibles efectos adversos directos o indirectos sobre los organismos alimentados y los consumidores finales.

En la industria de alimentos acuícolas, el uso de ingredientes con suministro rutinario y constante es fundamental para reducir los riesgos de fluctuaciones en la calidad y especificación del producto, contaminación cruzada y escasez de suministro durante la fabricación. Por lo tanto, el suministro continuo de una materia prima, en particular en cantidades a granel, debe ser una de las principales consideraciones al seleccionar la materia prima potencial para la alimentación acuícola.

La volatilidad de los precios de una materia prima, que está fuertemente influenciada por su oferta y demanda, es el principal factor económico que afecta la rentabilidad en la fabricación de alimentos acuícolas. En el contexto de la producción de ingredientes, el suministro de una materia prima a granel a un precio asequible implica que la productividad del cultivo, es decir, la producción por unidad de área o por unidad de agua, y el costo de procesamiento de la materia prima de origen marino debe ser comparable al de la producción de materias primas terrestres existentes. La forma en que las nuevas materias primas influyen en la sostenibilidad ambiental y social de los alimentos acuícolas también son consideraciones críticas en el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

Algunas fuentes animales

Las materias primas de origen animal marino para alimentos acuícolas se utilizan principalmente como fuentes de aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales para la mayoría de los animales acuícolas. Hay al menos tres materiales de origen animal que tienen el potencial de ser utilizados como fuente de proteínas en alimentos acuícolas: mejillones, Artemia y anfípodos. Estos animales son organismos de bajo nivel trófico que extraen nutrientes de productores primarios como microalgas y / o materia orgánica particulada en el medio acuático.

Los mejillones, como los mejillones verdes y azules, son organismos extractivos que crecen rápidamente en entornos ricos en nutrientes y actúan como agentes biorremediadores que convierten los nutrientes de desecho en proteínas. Los mejillones contienen niveles considerablemente altos de proteína [50 a 70 por ciento de peso seco (PS)] y lípidos (5 a 16 por ciento de PS), con contenidos de aminoácidos esenciales y ácidos grasos comparables a los de la harina de pescado. Varios estudios han demostrado que los mejillones son una fuente de proteínas prometedoras en los alimentos acuícolas, con un nivel máximo de inclusión reportado de hasta el 25 por ciento. Desde una perspectiva ecológica, se ha considerado que los mejillones desempeñan un papel importante en la fijación de carbono y la mitigación de la eutrofización de los océanos.



Los mejillones verdes y otros son organismos extractivos de rápido crecimiento que prosperan en ambientes ricos en nutrientes y actúan como agentes biorremediadores, transformando los nutrientes de desecho en proteínas. Foto de Tord Remme de Noruega / Tailandia, CC0, a través de Wikimedia Commons.

Los nauplios de artemia se han utilizado como un alimento vivo importante en casi todas las producciones de los criaderos acuícolas. Sin embargo, el suministro de nauplios de artemia ha dependido en gran medida de los quistes recolectados en la naturaleza. Por lo tanto, se han realizado muchos esfuerzos para cultivar artemia para producir quistes. Además, el uso de artemia adulta como alimento ha comenzado a llamar la atención. La Artemia se puede cultivar con una productividad relativamente alta (aproximadamente 2 toneladas por hectárea por cultivo) en estanques poco profundos utilizando subproductos o desechos como alimento. El contenido de proteína de la biomasa de artemia es relativamente alto, por ejemplo, un rango de 51 a 61 por ciento de PS, con un contenido de lípidos que varía de 5 a 10 por ciento de PS.

Los anfípodos son otros pequeños crustáceos que puede crecer rápidamente en áreas ricas en nutrientes. Un estudio reciente mostró que los anfípodos cultivados con microalgas y estiércol de vaca podrían usarse como único alimento para las postlarvas del camarón blanco del Pacífico.

Los anfípodos cultivados tienen mucho potencial como ingredientes de alimentos acuícolas. Foto de Michal Mañas, vía Wikimedia Commons.

Macroalgas

Algunas especies de macroalgas (algas marinas) se han estudiado intensamente como materias primas para alimentos acuícolas, ya sea como aditivos que aportan compuestos bioactivos como flavonoides, prebióticos y carotenoides, o como fuente de macro y micronutrientes. Las algas también se conocen como bio-absorbentes de nutrientes efectivos que eliminan varios nutrientes de su entorno circundante.

Los miembros del género *Ulva* spp. son las algas marinas con mayor potencial como materia prima para alimentos acuícolas. Estas macroalgas verdes tienen una alta productividad anual (~ 838 gramos de carbono por metro cuadrado por año) y tienen el potencial de ser utilizadas como materia prima y para otros usos humanos. Por ejemplo, con su alta capacidad de remoción total de nitrógeno amoniacal (89 por ciento) y fosfato (44 por ciento), *U. pertusa* tiene el potencial de ser cultivada como fitorremediador en estanques intensivos de peces o camarones, en zonas costeras, y / o para ser cultivada en sistemas integrados de acuicultura multitrofica (IMTA). El contenido de proteínas de *Ulva* spp. puede alcanzar hasta 32 por ciento de peso seco, con un contenido de lípidos de <2 por ciento de peso seco, y se han estudiado varias especies como materia prima para algunas especies acuícolas, con un nivel máximo de inclusión reportado de 25 por ciento.

Gracilaria sp. es una de las algas rojas más cultivadas. Los miembros de este género se han consumido y utilizado para producir agar y pueden contener proteínas hasta un 18,9 por ciento de peso seco con un contenido de lípidos de <1% de peso seco. Se ha reportado que la digestibilidad de la proteína de *Gracilaria vermiculophylla* es de aproximadamente 87,8 y 51,4 por ciento en la trucha arco iris y la tilapia del Nilo, respectivamente. La utilización de *Gracilaria* spp. para alimentos acuícolas se ha probado en varias especies acuícolas, con el nivel de inclusión más alto reportado en la lubina europea en alrededor del 25 por ciento.

Otros estudios de géneros de macroalgas en alimentos acuícolas se han centrado en algunas algas pardas, como *Macrocystis* spp., *Ascophyllum nodosum* y *Sargassum* spp. Sin embargo, se ha reportado que los niveles de inclusión de estos grupos de macroalgas eran más bajos en relación con *Ulva* o *Gracilaria*.

Especies de macroalgas verdes *Ulva* spp. – como *Ulva pertusa* que se muestra aquí – son algas marinas con el mayor potencial como materias primas para alimentos acuícolas. Foto del Museo de Auckland, vía Wikimedia Commons.

Microorganismos

Los ingredientes de origen microscópico se derivan de microorganismos como microalgas, levaduras, cianobacterias y bacterias. Las microalgas contienen varios nutrientes esenciales como aminoácidos, ácidos grasos y vitaminas, así como compuestos bioactivos que son beneficiosos tanto para los animales acuícolas como para los seres humanos. Varios estudios han demostrado recientemente la posibilidad de generar biomasa de microalgas utilizando aguas residuales, que podrían no ser aptas para usos humanos pero podrían usarse como materia prima.

Entre las microalgas marinas ampliamente estudiadas, varias especies que tienen un alto potencial como materias primas para alimentos acuícolas incluyen *Nannochloropsis* spp., *Chlorella* spp., *Schizochytrium* spp., *Tetraselmis* spp. e *Isochrysis* spp. *Nannochloropsis* spp. se conocen como una fuente de ácidos grasos altamente insaturados omega-3 (HUFA) que pueden cultivarse con alta productividad (33,6 a 84,0 toneladas por hectárea por año). Los miembros de este género podrían utilizarse como ingredientes de alimentos acuícolas con un nivel de inclusión de hasta el 82 por ciento. Un estudio reciente mostró que el uso de *Nannochloropsis oculata* desgrasada (un subproducto de la extracción de aceite para nutracéuticos) y células enteras de *Schizochytrium* sp. para sustituir la harina de pescado y el aceite de pescado en la dieta de la tilapia del Nilo resultó en un 48 por ciento más de peso corporal final y un 8 por ciento menos en el costo del alimento por kilogramo de producción de pescado.

Microalgas marinas como *Nannochloropsis* spp. pueden cultivarse con alta productividad, son una buena fuente de ácidos grasos omega-3 y podrían usarse como material de alimentos acuícolas con un nivel de inclusión de hasta el 82 por ciento. Foto de CSIRO, vía Wikimedia Commons.

Arthrospira (*Spirulina*) spp. son cianobacterias con una productividad sustancial (de 20 a 90 toneladas por hectárea por año) que se han cultivado y utilizado como alimentos y suplementos alimenticios. Con la alta capacidad para eliminar fosfato (99,97 por ciento) y nitrato (81,10 por ciento) en el agua, este grupo de cianobacterias tiene el potencial de cultivarse en integración con otras producciones acuícolas como biorremediador. Las especies de *Arthrospira* también son conocidas por sus beneficios nutricionales. Por ejemplo, se ha reportado que *A. platensis* tiene un contenido de proteína significativamente alto (alrededor del 60 por ciento de PS) y varios compuestos bioactivos de alto valor que incluyen vitaminas, lípidos esenciales y pigmentos naturales. *Arthrospira* spp. se han probado en varias especies acuícolas con el nivel de inclusión más alto registrado en el bagre africano, alrededor del 30 por ciento, y pueden sustituir completamente el uso de harina de pescado.

Aunque recientemente se han identificado algunas levaduras y bacterias marinas, la mayoría de los estudios que involucran a estos microorganismos como materias primas para alimentos acuícolas no son específicos de las especies marinas. Las harinas bacterianas disponibles comercialmente se producen principalmente a partir de la fermentación del gas natural mediante el uso de una o varias especies de metanótrofos, algunos de los cuales también se pueden encontrar en el medio marino. La harina bacteriana es una proteína unicelular que se puede utilizar en la dieta de varios animales, incluidas las especies acuícolas.

Una materia prima notable para los alimentos acuícolas es la harina de biofloc, que consiste principalmente en una mezcla heterogénea de bacterias. El biofloc se puede generar a partir del tratamiento de aguas residuales de peces o camarones y tiene un contenido de proteínas en el rango de 23 a 49 por ciento de PS. Este material podría usarse en la alimentación de camarones a un nivel de inclusión de hasta el 60 por ciento.

Desafíos

La utilización de organismos marinos como materia prima no está exenta de desafíos. El uso de cada material está asociado con desafíos específicos que pueden limitar su uso en alimentos acuícolas; estos incluyen (1) la composición nutricional y la productividad, que pueden depender en gran medida del medio ambiente; (2) riesgo de contaminación por toxinas y metales pesados; y (3) presencia de factores anti-nutricionales.

La productividad y la composición nutricional de los materiales basados en macroalgas y microbios podrían depender en gran medida de la cantidad de nutrientes y la composición del agua, que son específicas del lugar y de la estación. Asimismo, la productividad y composición nutricional de los mejillones podría depender de la cantidad de materia orgánica, la composición de las microalgas y la presencia de factores estresantes en su entorno. Esto implica que la selección del sitio es una estrategia esencial para mantener una alta productividad y calidad de las materias primas de origen marino. Los entornos ricos en nutrientes también están asociados con una mayor posibilidad de absorción de toxinas y metales pesados por parte de organismos marinos extractivos, lo que puede reducir la seguridad de las materias primas.

Las tecnologías de fermentación y biorrefinería que se han desarrollado bien en diversas tecnologías alimentarias podrían aplicarse a estos materiales para mejorar su valor nutricional y optimizar la digestibilidad de los nutrientes, así como eliminar los peligros potenciales. Si bien algunas de estas materias primas, en particular las de origen macroalgas, son típicamente más bajas en proteínas que las fuentes actuales, el desarrollo de concentrados de proteínas para ingredientes emergentes puede ayudar a reforzar su uso en futuros alimentos acuícolas. Se podrían aplicar varios procesos a estos materiales para eliminar posibles contaminantes como metales pesados y toxinas para garantizar su seguridad para los organismos alimentados y, en última instancia, para el consumo humano.

Conclusiones y direcciones futuras

Muchas materias primas de origen marino son ingredientes prometedores para el desarrollo de alimentos acuícolas. Desde un punto de vista nutricional, muchos materiales de origen marino son relativamente similares, si no superiores, a los materiales de origen terrestre. La producción de materiales de origen marino no alimentados no requiere agua dulce y puede permitir la recuperación de nutrientes de desecho del medio ambiente, lo que permite un uso más eficiente de los nutrientes, reduce los impactos negativos de la acuicultura en el medio ambiente y promueve la sostenibilidad de la acuicultura marina en general.

Algunas de las materias primas para alimentos acuícolas de origen marino ya están disponibles comercialmente, como algas, microalgas o harinas de bacterias; sin embargo, el precio de estos productos sigue siendo alto y no es competitivo con otras materias primas para alimentos más convencionales. Por lo tanto, se deben desarrollar tecnologías para la producción y procesamiento de estos materiales que permitan su uso comercial. También se necesitan más investigaciones sobre los requisitos ambientales y nutricionales de estos organismos para mejorar la productividad y dilucidar estrategias para mejorar la calidad nutricional de estos materiales.

El desarrollo de tecnologías de pre-tratamiento y procesamiento reducirá los riesgos de contaminación y factores anti-nutricionales, así como mejorará la calidad nutricional de los productos. Las tecnologías de biorrefinería que podrían permitir la utilización de todos los componentes valiosos de una materia prima en un proceso en cascada económicamente viable, con un desperdicio limitado a cero, podrían desarrollarse para la producción eficiente de muchos materiales de alta calidad para la producción de alimentos acuícolas.

Authors

**DEDI JUSADI, PH.D.**

Department of Aquaculture
Faculty of Fisheries and Marine Sciences
Bogor Agricultural University
Bogor, Indonesia

**JULIE EKASARI, PH.D.**

Corresponding author
Department of Aquaculture
Faculty of Fisheries and Marine Sciences
Bogor Agricultural University
Bogor, Indonesia

j_ekasari@apps.ipb.ac.id (mailto:j_ekasari@apps.ipb.ac.id)

**MUHAMMAD AGUS SUPRAYUDI, PH.D.**

Department of Aquaculture
Faculty of Fisheries and Marine Sciences
Bogor Agricultural University
Bogor, Indonesia

**MIA SETIAWATI, PH.D.**

Department of Aquaculture
Faculty of Fisheries and Marine Sciences
Bogor Agricultural University
Bogor, Indonesia



ICHSAN ACHMAD FAUZI, PH.D.

Department of Aquaculture
Faculty of Fisheries and Marine Sciences
Bogor Agricultural University
Bogor, Indonesia

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.