

Comparison of Pond Production Efficiency, and Contaminants in *Litopenaeus vannamei* Fed a Prototype Organic Plant-based and Fish-meal-based Diets

Craig Browdy, Gloria Seaborn, Heidi Atwood, D. Allen Davis, Robert A. Bullis, Tzachi M. Samocha, Ed Wirth, John W. Leffler



Aerial shot of the Waddell Mariculture Center of the South Carolina Department of Natural Resources (photograph: Carolina Morning News)
Vista aérea del Centro de Maricultura Waddell del Departamento de Recursos Naturales de Carolina del Sur (fotografía: Carolina Morning News)

Most of the published shrimp diet studies focus on establishing an economically feasible shrimp diet formulation that will provide optimum production. The ability to achieve this with a plant-based, no-fish-meal diet has been demonstrated in this study.

Comparación de la eficiencia de la producción, perfiles de ácidos grasos y contaminantes en *Litopenaeus vannamei* alimentado con dietas prototipo orgánicas basadas en vegetales y dietas basadas en harina de pescado

Craig Browdy, Gloria Seaborn, Heidi Atwood, D. Allen Davis, Robert A. Bullis, Tzachi M. Samocha, Ed Wirth, John W. Leffler

La mayoría de los estudios publicados de dietas para camarón se enfocan en el establecimiento de una fórmula alimenticia económicamente viable que provea una producción óptima. En este estudio se ha demostrado la capacidad de alcanzar esta meta con una dieta basada en vegetales y libre de harina de pescado.

As shrimp consumption has increased in the United States, so has consumer awareness and concern over product quality. Attention has become focused on fish meal in aquaculture feeds, as aquaculture production escalates, operations become more intensive, and the sustainability of marine fish stocks is increasingly more questionable.

Furthermore, recent concerns over seafood consumption are the result of fears related to mercury content and possible presence of organochlorine compounds in fish meal fed farmed salmon. Fish meal is one of the principal ingredients in conventional shrimp feeds, supplying necessary amino acids and fatty acids (FAs).

Several essential long-chain FAs, especially DHA produced by fermentation of heterotrophic marine algae, are now commercially available. Therefore, an opportunity exists to develop contaminant-free, environmentally friendly diets while ensuring shrimp growth and FA content beneficial to human health.

Recent research at the Waddell Mariculture Center (WMC) in Bluffton, South Carolina, USA, conducted in cooperation with Advanced BioNutrition Corp., compared production of shrimp fed a plant-based diet derived primarily from organic, non-genetically modified (non-GM) ingredients with those fed a conventional commercial fishmeal-based feed.

Materials and Methods

Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were cultured in six matched 0.1-ha ponds at the WMC. In three ponds, shrimp were fed a commercial pelleted feed containing 35% protein, 7% lipid, and typical levels of fish meal and fish oil. Shrimp in the other three ponds were fed a custom commercially pelleted feed designed to contain 35% protein and 8% lipid formulated almost entirely from plant materials (Table 1). Small quantities of squid meal (1%) and liquid fish solubles (1%) were added to the formulation after initial studies indicated that palatability might be a problem.

While plant meals and oils can provide all the essential amino acids and most essential FAs, at present certain PUFAs must still be included from alternative sources. The experimental diet included 0.5% AquaGrow-schizochytrium-DHA_ and 0.13% AquaGrow-ARA_ (Advanced BioNutrition Corp.), derived by fermentation of marine algae

Ingredients	Percent by weight
Expelled soybean meal, 42/7, organic	58.1
Whole soft wheat, organic	12
Canadian feed pea meal, organic	10
Corn gluten meal, organic, non-GM	9
Flaxseed oil, organic	2
Dicalcium phosphate	2
Federal vitamin premix #30 w/o choline	1.8
Squid meal	1
Liquid fish solubles	1
AquaGrow-schizochytrium-DHA_	0.5
USFW #3 mineral mix	0.5
Lecithin, organic, non-GM	0.5
BetaFin BT-Danisco	0.5
Kelp meal, Acadian Seaplants Ltd	0.5
Soy oil, no additives, organic	0.2
Choline chloride	0.2
AquaGrow-ARA_	0.13
Stay C	0.07
Total	100
Protein	35%
Total lipid	8%

Non-GM 5 nongenetically modified

TABLE 1. Formulation of organic certifiable, plant-based grow-out diet for *Litopenaeus vannamei*.

Así como el consumo del camarón ha crecido en Estados Unidos, también lo ha hecho la preocupación en el consumidor acerca de la calidad del producto. Se ha enfocado la atención en la harina de pescado utilizada en los alimentos acuícolas conforme la actividad ha crecido, las operaciones se han intensificado y la sustentabilidad de las reservas de peces marinos son cada vez más cuestionables.

Además existe la reciente preocupación por el contenido de mercurio y la posible presencia de compuestos organoclorados encontrados en el salmón alimentado con harina de pescado, la cual, por otro lado, es uno de los principales ingredientes en los alimentos convencionales para camarón, ya que provee los aminoácidos y ácidos grasos (AG) necesarios.

Varios AG esenciales de cadena larga, especialmente el DHA producido por fermentación de algas marinas heterotróficas, están ahora disponibles comercialmente, por lo que existe una oportunidad de desarrollar dietas no contaminantes y ambientalmente amigables, al tiempo que se asegura el crecimiento del camarón y su contenido de AG benéficos para la salud humana.

En una investigación reciente en el Centro de Maricultura Waddell (WMC) en Bluffton, Carolina del Sur, EE.UU., llevada a cabo en cooperación con Advanced BioNutrition Corp., se comparó la producción de camarón alimentado con una dieta basada en

vegetales, derivada principalmente de ingredientes orgánicos, no modificados genéticamente (no MG) con aquella alimentada con un alimento comercial convencional basado en harina de pescado.

Materiales y Métodos

Se cultivaron camarones (*Litopenaeus vannamei*) en seis estanques de 0.1 ha en el WMC. En tres de ellos se utilizó un alimento peletizado comercial con 35% de proteína, 7% de lípidos y niveles normales de harina y aceite de pescado. En los otros tres estanques se utilizó un alimento peletizado diseñado para contener 35% proteína y 8% lípidos, formulado casi exclusivamente de materiales vegetales (Tabla 1). Se añadieron pequeñas cantidades de harina de calamar (1%) y solubles líquidos de pescado (1%) después de los primeros estudios que indicaron que la palatabilidad podría ser un problema.

La dieta experimental incluyó 0.5% de AquaGrow-schizochytrium-DHA y 0.13% AquaGrow-ARA (Advanced BioNutrition Corp.), derivados de la fermentación de algas marinas y hongos, para proveer una fuente de AG esenciales, DHA y ácido araquidónico (AA). Se incluyó también una mezcla estándar de vitaminas y minerales en la fórmula. Ambos alimentos fueron manufacturados por Zeigler Bros., Inc.

Resultados

No se encontraron diferencias estadísticas entre el peso promedio de los

A fish-meal free, plant-based diet supplemented with sources of DHA and AA, among others, can be a fully equivalent or superior shrimp production grow-out feed compared to conventional fish-meal-based diets.

and fungus, to provide a source of the essential FAs, DHA and arachidonic acid (AA). A standard mix of vitamins and minerals was also included in the formulation. Both feeds were manufactured by Zeigler Bros., Inc. (Gardners, PA, USA).

Results

There were no significant differences among the average weight of shrimp at harvest, the total production per hectare, the growth rate, survival, and FCR of the ponds fed the plant-based diet versus those receiving the fish-meal-based diet. This demonstrates that a fish-meal free, plant-based diet supplemented with sources of DHA and AA and very small amounts of squid meal and liquid fish solubles for palatability can be a fully equivalent or superior shrimp production grow-out feed compared to conventional fish-meal-based diets.

Ingredientes	Porcentaje en peso
Harina de soya extruida 42/7, orgánica	58.1
Trigo entero suave, orgánico	12
Harina de chícharo, orgánico	10
Harina de gluten de maíz, orgánica, no MG	9
Aceite orgánico de linaza	2
Fosfato dicálcico	2
Premezcla de vitaminas No.30 sin colina	1.8
Harina de calamar	1
Solubles líquidos de pescado	1
AguaGrow-schizochytrium-DHA-	0.5
Mezcla de minerales USFW No. 3	0.5
Lecitina orgánica, no MG	0.5
BetaFin BT-Danisco	0.5
Harina de quejpo, Acadian Seaplants, Ltd	0.5
Aceite de soya sin aditivos, orgánico	0.2
Cloruro de colina	0.2
AquaGrow-ARA-	0.13
Stay C	0.07
Total	100
Proteína	35%
Lípidos totales	8%

No MG = no modificado genéticamente

Tabla 1. Formulación de la dieta de engorda para *Litopenaeus vannamei* a base de vegetales, certificable como orgánica.

camarones a la cosecha, la producción total por ha, la tasa de sobrevivencia, crecimiento y Conversion Alimenticia (FCA) de los estanques alimentados con la dieta vegetal versus la dieta con base en harina de pescado. Esto demuestra que una dieta libre de harina de pescado, basada en vegetales, complementada con fuentes de DHA y AA, y muy pequeñas cantidades de harina de calamar y solubles de pescado para la palatabilidad, puede ser un alimento completamente equivalente o

superior en comparación con las dietas convencionales.

Los niveles de lípidos tampoco mostraron diferencia entre las dos dietas, sin embargo los perfiles de AG sí fueron significativamente diferentes. De cualquier manera, los camarones claramente pertenecen a la categoría de especies bajas en grasas.

Discusión

La diferencia predominante en la composición de AG de los dos grupos



Bob Bullis, Craig Browdy and Al Stokes at pond harvest
Bob Bullis, Craig Browdy y Al Stokes en la cosecha del estanque.

Mean lipid content for shrimp fed the plant-based diet and for shrimp fed the fish-meal-based diet was not significantly different between diet groups, but the results indicate that FA profiles of shrimp fed fish-meal-based and plant-based diets were significantly different. In all cases, however, shrimp would clearly fall within the category of a low-fat species.

Discussion

The predominant difference in the FA composition of the two feed groups in this study was the substantially higher percentages of LA and LnA in shrimp fed the plant-based diet. It appears that dietary LA was readily incorporated into shrimp tissue somewhat proportionally to that contained in their diet.

AA, EPA, and DHA were significantly lower in tissue of the shrimp fed the plant-based diet than those fed the fish-meal-based diet. However, this difference was substantially less than that might be expected based on the differences in levels of these FAs in their respective diets. It is becoming generally recognized that natural pond productivity may contribute significantly to *L. vannamei* nutrition and it is quite possible that natural pond production provided these FAs equally to both feed groups in this study.

While the plant-based diet was fully equivalent to the fish-meal-based diet in terms of production efficiencies and equally safe in regard to chemical contaminant risks, concentrations of EPA and DHA, and the n-6:n-3 ratio were less than optimal. Since shrimp have a low fat content, the absolute amounts of EPA and DHA that they provide are correspondingly low compared to many finfish, but clearly exceed those of beef, chicken and pork. Compared to these alternative protein sources, differences in the lipid profiles of shrimp raised on either diet may be insignificant since both offer increased human health benefits. Nevertheless, efforts to develop a no-fish-meal reared shrimp must be cautious about maintaining a fatty acid profile that is at least equivalent to that of shrimp raised on a fish-meal-based diet, and ideally mimics the profile of wild shrimp. Future research into the use of finishing diets at the end of grow out to restore human-health-optimal FA ratios to shrimp raised on fish-meal-free formulations might also prove productive in addressing this issue. [pam](#)

Article based on: Browdy Craig, Seaborn Gloria, et al. "Comparison of Pond Production Efficiency, Fatty Acid Profiles, and Contaminants in *Litopenaeus vannamei* Fed Organic Plant-based and Fish-meal-based Diets" Journal of the World Aquaculture Society, Vol. 37, No. 4, December, 2006



Experiments are underway at the Waddell Mariculture Center to adapt these non-fish-meal based feeds to super-intensive raceway systems.

En el Centro de Maricultura Waddell se llevan a cabo experimentos para adaptar las dietas libres de harina de pescado a sistemas racewaysuper intensivos.

Una dieta libre de harina de pescado, basada en vegetales y complementada con fuentes de DHA y AA, entre otros, puede ser un alimento completamente equivalente o superior en comparación con las dietas convencionales.

estudiados fue el mayor porcentaje de ácido linoléico (LA) y ácido linolénico (LnA) en los camarones alimentados con la dieta vegetal. Al parecer, el LA dietario es fácilmente incorporado en el tejido del camarón de alguna manera proporcional al contenido de éste en su dieta.

El AA, el EPA y el DHA fueron significativamente menores en el tejido de los camarones alimentados con la dieta vegetal que con la de harina de pescado. Esta diferencia fue, sin embargo, sustancialmente menor de lo que se esperaba, por las diferencias de niveles de estos AG en los alimentos. Se ha reconocido que la productividad natural de los estanques puede contribuir significativamente a la nutrición de *L. vannamei*, y es muy probable que la producción natural proveyera estos AG

por igual a ambos grupos de estudio.

Mientras que la dieta vegetal fue completamente equivalente a la dieta con harina de pescado en términos de eficiencia de producción e igualmente segura respecto a los riesgos de contaminantes químicos, el producto alimenticio que resultó fue inferior en términos de consideraciones importantes para la salud humana, concentraciones de EPA y DHA, y la relación n-6:n-3.

Al parecer, una reducción de LA en las dietas para cultivo de camarón en combinación con niveles mejorados de EPA y DHA pueden resultar en un producto excepcionalmente saludable que pueden acercarlos más a los camarones silvestres. Mientras que los niveles de EPA y DHA en los organismos en este estudio fueron modestos, es un reflejo de la formulación de la dieta. Se pueden añadir suplementos a los alimentos para adecuarlas con el fin de obtener el perfil deseado; de cualquier manera esas modificaciones pueden no resultar eficaces en cuestión de costos. Investigaciones futuras en el uso de dietas a utilizar al final de la engorda para obtener relaciones de AG óptimos para la salud humana en camarones crecidos con dietas libres de harina de pescado pueden también demostrar la importancia de dirigirse a este tema. [pam](#)

Artículo basado en: Browdy Craig, Seaborn Gloria, et al. "Comparison of Pond Production Efficiency, Fatty Acid Profiles, and Contaminants in *Litopenaeus vannamei* Fed Organic Plant-based and Fish-meal-based Diets" Journal of the World Aquaculture Society, Vol. 37, No. 4, Diciembre, 2006