

Uso de *Ulva clathrata* en la nutrición del camarón blanco: revisión

Alberto Peña-Rodríguez, Armando León, Benjamin Moll, Mireya Tapia-Salazar, Martha G. Nieto-López, David Villarreal-Cavazos, Denis Ricque-Marie y L. Elizabeth Cruz-Suárez

Programa Maricultura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Cd. Universitaria F-67, San Nicolás de los Garza, Nuevo León 66450, México, E-mail:lucia.cruzsr@uanl.edu.mx

Abstract

The use of *Ulva clathrata* produced by Aonori Aquafarms, Inc. has been evaluated in white shrimp *L. vannamei* by the Programa Maricultura research team for the last 4 years. The chemical composition of *Ulva* under different production conditions has been analyzed. The inclusion of *Ulva* meal in shrimp feed formulations has resulted in improved pellet quality (higher water stability, higher water holding capacity and soft texture), higher feed intake, improved feed efficiency, better growth performance, higher animal product quality (higher pigmentation). The co-culture of *Ulva* with shrimp has been found as a potential sustainable alternative to improve water quality, to reduce the need for artificial feed and to improve product quality. The growth promoting effect of fresh *Ulva* as complementary natural food alone without other natural production has been demonstrated. The effect of the *Ulva* process and the feed manufacturing process on the *Ulva* growth factor has been also studied. Digestibility of *Ulva* meal dry matter, protein, and amino acids has been assessed. A review of these studies is presented in this paper.

Key words: green seaweed, complementary food, digestibility, shrimp

Resumen

En los últimos 4 años, el Programa Maricultura a evaluado en camarón blanco la macroalga *Ulva clathrata* producida por Aonori Aquafarms, Inc. Se ha analizado la composición química de la *Ulva* producida bajo diferentes condiciones de cultivo. Se ha mostrado que la inclusión de la harina de *Ulva* en alimentos para camarón resulta en una mejora en la calidad del pellet (mayor estabilidad en el agua, mayor absorción de agua y textura más suave), en el consumo de alimento en la eficiencia alimenticia, en la tasa de crecimiento, y en la calidad del camarón producido (mayor pigmentación). Se ha encontrado que el co-cultivo de *Ulva* y camarón representa una alternativa sustentable para mejorar la calidad de agua en los estanques, para reducir la necesidad de alimento artificial y para mejorar la calidad del producto. En medio controlado, se ha demostrado que la *Ulva* fresca tiene “*per se*” un efecto promotor del crecimiento como alimento natural complementario y este efecto se manifiesta aun en ausencia de producción natural. El efecto del procesamiento del alga y del proceso de manufactura del alimento sobre el factor de crecimiento de *Ulva* incluida en el alimento también ha sido estudiado. La digestibilidad aparente de la materia seca, proteína, y aminoácidos de la harina de *Ulva* se ha determinado. Una revisión de estos estudios es presentada en este artículo.

Introducción

El camarón blanco *Litopenaeus vannamei* es la especie más importante de camarón sembrado en todo el mundo, siendo México el segundo productor en el continente Americano, llegando a las 113 mil toneladas para el año 2007 (FAO, 2007). Por otro lado, la utilización global de macroalgas va en acenso, y en términos de biomasa cosechada por año, las macroalgas están entre los organismos marinos más aprovechados. El grupo de macroalgas mas explotado es el de las algas cafés con 6 millones de toneladas, seguido por las algas rojas con 3 millones de toneladas y en una porción menor las algas verdes con menos de 100 mil toneladas (Barsanti y Gualtieri, 2006). En general las macroalgas que han sido utilizadas como ingredientes en alimentos tanto para animales terrestres como acuáticos, poseen compuestos únicos o difíciles de encontrar en otras fuentes dietarias. *Ulva clathrata* (también conocida como *Enteromorpha clathrata*) es un alga verde de la familia *Ulvaceae*, y cuya distribución es mundial. Una ventaja importante de *U. clathrata* es que existe la tecnología para su cultivo y representa una alternativa como ingrediente práctico o alimento fresco para ser incluido en la dieta del camarón.

Composición química del alga

La composición química de las algas varía conforme a las especies, hábitats, maduración y las condiciones del medio (Ito y Hori, 1989). Las condiciones ambientales influyen de manera directa el contenido de proteína, carbohidratos, lípidos, fibra, ceniza y nitrógeno en las algas (Marinho-Soriano *et al.*, 2006; Cruz-Suárez *et al.*, 2009). Se ha reportado la composición bromatológica de diferentes especies del genero *Ulva* obtenidas del medio natural y de cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Composición bromatológica de algas del genero *Ulva*, extraídas del medio natural y cultivadas.

| | Medio natural | | | Cultivada |
|------------------------|--|--|-----------------------------------|---|
| Especie | <i>U. lactuca</i> | <i>U. rigida</i> | <i>U. pertusa</i> | <i>U. clathrata</i> |
| Proteína cruda | 29 ^m , 21.1 ^f , 15-25 ^e , 10-21 ^c , 7.06 ⁱ | 5.9-6.4 ^g , 29.5 ^l | 20 ^c , 26 ^d | 27.2ⁿ, 20.7^o |
| Lípidos totales | 0.5 ^m , 1.7 ^f , 1.64 ⁱ , 0.6- 0.7 ^e | 1.7 ^h , 0.3-0.6 ^g , 1.4 ^l | | 1.1ⁿ, 1.5^o |
| Fibra cruda | 2.8 ^m , | 4.7 ^h | | 5.4ⁿ, 5.6^o |
| Ceniza | 17.8 ^m , 17.5 ^f , 13-22 ^e , 21.3 ⁱ , 23.6 ^j , 21a, 20 ^b | 52-47 ^g | 29.9 ^k | 18.6ⁿ, 38.4^o |
| Carbohidratos | 14.6 ⁱ | 14.1 ^h , 18.1-17.3 ^g | | |
| Energía bruta* | 15.7^m, 14.1^f | | | |

Todos los valores están expresados en % de materia seca, excepto energía* MJ kg⁻¹

^aPaine y Vadas (1969); ^bCarefoot (1973); ^cArasaki y Arasaki (1983); ^dNisizawa *et al.* (1987); ^eIndeergard y Minsaas (1991); ^fVentura y Castañón (1998); ^gFoster y Hodson (1998); ^hVentura *et al.* (1994); ⁱWong y Cheung (2000); ^jLamare y Wing (2001); ^kPengzhan *et al.* (2003); ^lValente *et al.* (2006); ^mMarsham *et al.* (2007); ⁿCruz-Suarez *et al.* (2008); ^oCruz-Suarez *et al.* (2010).

El contenido de proteína en las algas cafés es generalmente bajo, entre 5 y 15% de la materia seca; en contraste el contenido de proteína en las algas verdes como *Ulva sp.* puede ser 2 o 3 veces mayor que en las cafés (Burtin, 2003). Para la especie *Ulva lactuca*, se ha reportado valores de 1.77, 6.33 y 5.14% para metionina, lisina y arginina respectivamente del total de aminoácidos presentes en el alga (Mai *et al.*, 1994). Peña-Rodríguez *et al.* (submitted, 2010) reportan un incremento de hasta 37% más metionina con respecto al total de aminoácidos en *U. clathrata* muestreada de un sistema de cultivo en estanque de camarón respecto a una proveniente de un sistema controlado de laboratorio. En este mismo estudio se observó que los aminoácidos esenciales más abundantes son arginina (6.09% a 7.29% de proteína), valina (4.20% a 5.55% de proteína) y leucina (4.53 a 5.35% de proteína). Aguilera-Morales *et al.* (2005) encontraron que en *Enteromorpha sp.*, 9 de los 10 aminoácidos esenciales en porcentaje de la proteína están presentes en mayor proporción que en la proteína de soya.

Los lípidos solo representan del 1 al 5% de la materia seca del alga, y muestran una composición de ácidos grasos principalmente insaturados ricos en omega 3 y omega 6 los cuales juegan un papel crucial como componentes de fosfolípidos y como precursores de prostaglandinas en el camarón (Akiyama, *et al.*, 1991). Para *U. lactuca* se ha reportado valores de 66.3% de ácidos grasos polinsaturados del total de ácidos grasos (Wahbeh, 1997). Para *Enteromorpha sp.* se ha reportado valores de 6.9-9.1% y 3.5-6.4% para ácido linoléico (C18:2n-6) y linolénico (C18:3n-3) respectivamente y valores entre 2.8 y 5.7% para EPA (C20:5n-3) (Aguilera-Morales *et al.*, 2005). Cruz-Suarez *et al.* (2010) reportan valores de 9.6% y 14.5% para ácido linoléico y linolénico del total de ácidos grasos de *U. clathrata* cocultivada con camarón.

La composición de carotenoides de las algas verdes es similar a aquella de las plantas superiores: los principales carotenoides presentes son el B-caroteno, luteína, violaxantina, antheraxantina, zeaxantina y neoxantina (Burtin, 2003). El contenido de carotenoides totales se vio disminuido en *U. clathrata* cultivada en estanques de camarón comparado con *Ulva* cultivada en un sistema a menor escala en condiciones de laboratorio (Peña-Rodríguez *et al.*, submitted, 2010).

Enteromorpha sp. tiene un contenido de calcio 28 veces más elevado que las espinacas y 26 veces más que el nopal (Morales de León *et al.*, 2000). En muestras de *U. clathrata* cultivada en estanques de camarón se reporta hasta 1.8% del peso seco del alga (Peña-Rodríguez *et al.*, Submitted, 2010). En el caso del fósforo, *Enteromorpha sp.* contiene más de 30 veces la cantidad de cualquier vegetal común, por lo que esta alga es una buena fuente de fósforo y calcio (Aguilera-Morales *et al.*, 2005).

Inclusión de *Ulva* en el alimento para camarón

Se han utilizado una gran variedad de harinas de algas como aditivos en alimentos para camarón. El nivel óptimo de inclusión puede variar dependiendo de la especie de alga y de camarón (Cuzon *et al.*, 1994; Peñaflorida and Golez, 1996; Briggs and Funge-Smith, 1996). En los alimentos peletizados, existen diversos factores que pueden afectar la

capacidad de absorber agua como el tipo de ingredientes, la presencia y origen del aglutinante, el proceso de manufactura, presentación del alimento entre otros. La capacidad de absorción de agua de las algas está modulada por el tipo y cantidad de polisacáridos presentes (Percival, 1968; Ray y Lahaye, 1995a,b; Suziki *et al.*, 1996; Paradossi *et al.*, 1999; Jimenez-Escrig y Sanchez-Muñiz, 2000; Wong y Cheung, 2001).

Recientemente Cruz Suárez *et al.* (2008) evaluaron en camarones *L. vannamei*, tres alimentos con 3.3% harina de algas; *Ulva clathrata*, *Macrocystis pyrifera* y *Ascophyllum nodosum*. Encontraron que la inclusión de 3.3% de harina de *Ulva* en el alimento generaba mejores propiedades aglutinantes y un 17% más retención de agua que la inclusión de harinas de *Ascophyllum* y *Macrocystis*. En los camarones alimentados con la dieta con *Ulva* se observó un aumento aparente en el crecimiento con respecto a los camarones alimentados con dietas suplementadas con harinas de *Ascophyllum* y *Macrocystis*. La tasa de conversión alimenticia obtenida con un alimento con *Ulva* fue significativamente menor que la obtenida con *Macrocystis* y *Ascophyllum*, mientras que la eficiencia de retención de proteína del alimento con *Ulva* fue mayor que con las otras algas. Adicionalmente, los camarones que consumieron el alimento con *Ulva* resultaron con una mayor pigmentación después de un proceso de cocción.

En otro estudio, Peña-Rodríguez *et al.* (2009) evaluaron el efecto del procesado del alimento, en dietas con *Ulva clathrata* a un nivel de inclusión de 3%. Se observaron diferencias en la estabilidad del alimento en el agua, teniendo una disminución significativa ($p < 0.05$) de pérdida de materia seca y un aumento significativo ($p < 0.05$) en la retención de agua cuando la *Ulva* era agregada antes del proceso de peletizado. Camarones *L. vannamei* alimentados con una dieta recubierta con *Ulva* fresca licuada, presentaron un aumento significativo en el crecimiento comparados con camarones alimentados con dietas donde la *Ulva* fue incluida antes de la peletización ($p < 0.05$). En este trabajo se sugiere que el valor nutricional de *Ulva* puede ser afectado por procesos térmicos como la peletización y el secado.

Cocultivo *Ulva*/camarón

Algunas algas marinas, incluyendo *Ulva clathrata*, pueden proveer condiciones ambientales específicas en estanques de camarón, como el mejoramiento de la calidad de agua de los estanques al utilizar los desechos ricos en nitrógeno como fuente de nutriente para el alga mediante un proceso de biofiltración (Hamano *et al.* 2007; Copertino *et al.* 2009). En estudios realizados sobre el cultivo de *Ulva sp.* en aguas ricas en nitrógeno, se observó un aumento en su contenido de proteína de 11% a 32% en peso seco (Shpigel *et al.*, 1999; Boarder and Shpigel, 2001).

En un estudio llevado a cabo por Cruz-Suarez *et al.* (2009, 2010) se demostró la capacidad del alga *U. clathrata* (como alimento vivo en cocultivo) para sustituir un alimento comercial en la fase de engorda temprana del camarón *L. vannamei*, mediante combinaciones de raciones parciales de alimento artificial y cocultivo con la *Ulva*. Se observó una disminución del uso de alimento comercial hasta en un 45%, produciendo un crecimiento 60% mayor y aportando además otros beneficios en el producto final. Se encontró una mejor pigmentación como resultado de una mayor deposición de astaxantina y carotenoides totales en los camarones. Otro efecto observado en este estudio, fue que a mayor cantidad de alimento artificial ofrecido, mayor fue el porcentaje de lípidos corporales en los camarones. En camarones en cocultivo sin adición de alimento artificial, el porcentaje de EPA (C20:5n-3) y DHA (C22:6n-3) fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que en los camarones en cocultivo con alimento artificial. En el caso de la calidad de agua dentro los tanques en cocultivo, se observó una disminución en la turbidez del agua y el número de células de plancton.

***Ulva* fresca como alimento para camarón**

Se ha reportado que el consumo de *Enteromorpha sp.* fresca induce la maduración de *Penaeus indicus* (Emerson, 1980; Emerson *et al.*, 1983) y de *Litopenaeus stylirostris* (Bray y Lawrence, 1988; Bray *et al.*, 1990). En un trabajo realizado por Peña-Rodríguez *et al.*, (2009) se exploró la utilización de *U. clathrata* como alimento fresco complementario al

Peña Rodríguez, A., *et al.* 2010. Uso de *Ulva clathrata* en la nutrición del camarón blanco: revisión. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 700-712.

alimento balanceado comúnmente utilizado en las granjas de camarón. Se encontró que después de 28 días de experimentación, en condiciones controladas de laboratorio, camarones alimentados con una ración parcial de 75% del alimento artificial y *Ulva* fresca a saciedad resultaron con un crecimiento significativamente superior a camarones alimentados al 100% de ración de alimento artificial sin presencia de *Ulva*. En este trabajo se expone como alternativa viable el uso de *U. clathrata* (sin la presencia de otra fuente de producción natural) como alimento fresco complementario para camarón, capaz de mejorar la tasa de crecimiento y la utilización del alimento balanceado.

Digestibilidad aparente de la harina de *Ulva* en camarón

Villarreal-Cavazos (2010) (tesis doctoral, datos en prensa) determinó los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca (CDAMS), energía (CDAE), proteína cruda (CDAPC) y aminoácidos (CDAAA) en alga verde (*Ulva clathrata*) en camarones juveniles (5.4 ± 0.1 gramos de peso promedio) de *L. vannamei*. Encontraron que los coeficientes de digestibilidad en este ingrediente son excepcionalmente altos: CDAMS fue de 97%, CDAE de 99%, el CDAPC y CDAAA de 100%. Los autores concluyen que los aminoácidos contenidos en el alga son altamente digestibles, y que el aporte de aminoácidos esenciales digestibles es cercano al 50% de los aminoácidos totales; adicionalmente es importante resaltar que la cantidad de arginina digestible que este ingrediente aporta a los camarones es muy buena (1.9%) ver figura 1.

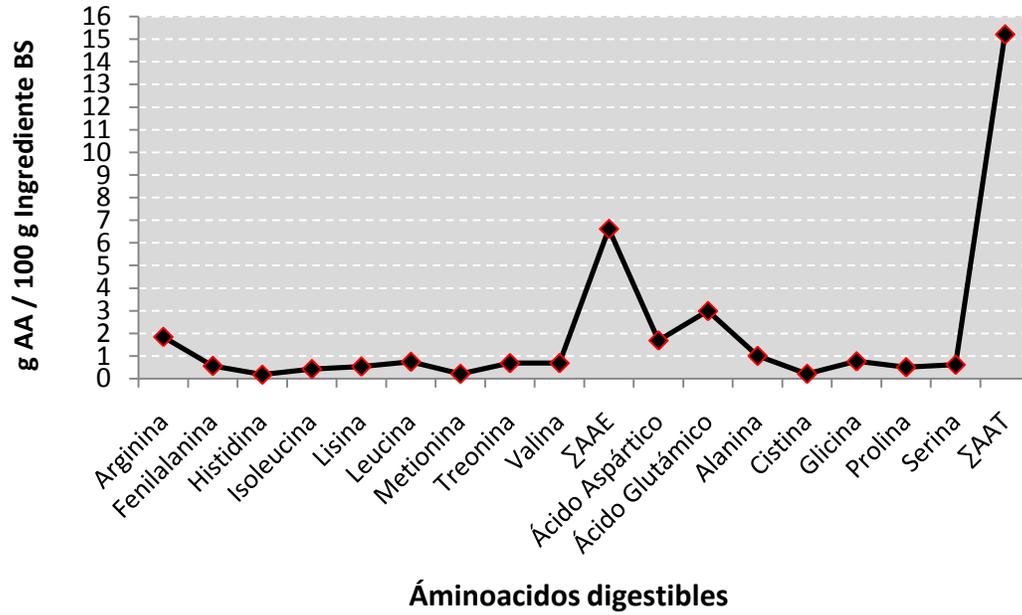


Figura 1.- Contenido de aminoácidos digestibles de *Ulva clathrata* en *L. vannamei*

Conclusiones

U. clathrata ofrece una alternativa real de utilización como ingrediente práctico, alimento fresco o en co-cultivo para mejorar el rendimiento, la calidad del producto y la sustentabilidad del cultivo de camarón blanco.

Referencias

- Aguilera-Morales M, Casas-Valdez M, Carrillo-Domínguez S, González-Acosta B and Pérez-Gil F. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha spp.* as a potential food source. *Journal of food composition and analysis* 18:79-88.
- Akiyama DM, Dominy WG, Lawrence AL. 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the commercial Feed Industry: revised. In: Akiyama, D.M. & Tan (Ed.), *Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop*. American Soybean Association, Singapore, pp. 80-98.
- Arasaki A, Arasaki T. 1983. Low calories, high nutrition. Vegetables from sea to help you look and feel better. *Japan publications*, pp. 39-42.
- Barsanti L, Gualtieri P. 2006. *Algae: Anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Taylor and Francis. Florida US, pp. 251-289.
- Bray WA, Lawrence AL. 1988. Influence of dietary fatty acids on reproduction of *P. stylirostris* (abstract) *Journal of the World Aquaculture Society* 19:18A.
- Bray WA, Lawrence AL, Lester LJ. 1990. Reproduction of eyestalk-ablated *Penaeus stylirostris* fed various levels of total dietary lipid. *Journal of the World Aquaculture Society* 21:41-52.
- Briggs MRP, Funge-Smith SL. 1996. The potential of *Gracilaria spp.* meal for supplementation of diets for juvenile *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture Research* 27:345-354.
- Boarder SJ, Shpigel M. 2001. Comparative performances of juvenile *Haliotis roei* fed on enriched *Ulva rigida* and various artificial diets. *Journal Shellfish Research* 20(2):653-657.
- Burtin P. (2003). Nutritional value of seaweeds. *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem. (EJEAFCh)*, 2(4):498-503.
- Carefoot TH. 1973. Feeding, food preference, and the uptake of food energy by the supralittoral isopod *Ligia pallasii*. *Marine Biology* 18:228-236.
- Copertino MD, Tormena T, Seeliger U. 2009. Biofiltering efficiency, uptake and assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Clorophyceae) cultivated in shrimp aquaculture waste water. *Journal of Applied Phycology* 21:31-45.
- Cruz-Suárez LE, Tapia-Salazar M, Nieto-López MG, Guajardo-Barbosa C, Ricque-Marie D. 2008. Comparison of *Ulva clathrata* and the kelps *Macrocystis pyrifera* and *Ascophyllum nodosum* as ingredients in shrimp feeds. *Aquaculture Nutrition* 15:421-430.
- Cruz-Suárez LE, Tapia-Salazar M, Nieto-López MG, Ricque-Marie D. 2009. Use of Seaweeds for Shrimp Nutrition: Status and Potential. *The Rising Tide. Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming*. Edited by: Craig L. Browdy and Darryl E. Jory. World Aquaculture Society. USA. Pp. 131-147. ISBN: 978-1-888807-08-0.

- Cruz-Suárez L E, León A, Peña-Rodríguez A, Rodríguez-Peña G, Moll B, Ricque-Marie D. 2010. Shrimp/*Ulva* co-culture: a sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. *Aquaculture* 301(1-4):64-68.
- Cuzon G, Guillaume J, Cahu C. 1994. Composition, preparation and utilization of feeds for Crustacea. *Aquaculture* 124:253-267.
- Emerson WD. 1980. Induced maturation of prawn *Penaeus indicus*. *Marine Ecology Progress Service* 2:121-131
- Emerson WD, Hayes DP, Ngonyame M. 1983. Growth and Maturation of *Penaeus indicus* under blue and green light. *South African Journal of Zoology* 18:71-75
- Foster GG, Hodson AN. 1998. Consumption and apparent dry matter digestibility of six intertidal macroalgae by *Turbo sarmaticus* (*Mollusca: Vetigastropoda: Turbinidae*). *Aquaculture* 167:221-227.
- Hamano K, Aue-Umuoy D, Srisapome P, Tsutsui I, 2007. Profitable environmental remediation with seaweeds in an intensive marine shrimp culture. XIXth International Seaweed Symposium. March 26-31, Kobe, Japan.
- Indergaard M, Minsaas J. 1991. Animal and human nutrition. In Guiry MD, Blunden G (eds.), *Seaweed resources in Europe: Uses and potential*, pp. 21–64.
- Ito K, Hori K. 1989. Seaweed; chemical composition and potential food uses. *Food Review International* 5:101–144.
- Jimenez-Escrig A, Sanchez-Muñiz FJ. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research* 20(4):585-598.
- Lamare MD, Wing SR. 2001. Calorific content of New Zealand marine macrophytes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 35(2):335–341.
- Mabeau S, Fleurence J. 1993. Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science and Technology* 4:103-107
- Mai K, Mercer JP, Donlon J. 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. *Aquaculture* 128:115-130.
- Marinho-Soriano E, Fonseca PC, Carneiro MA, Moreira WS. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresour Technol.* 18:2402-6.
- Marsham S, Scott GW, Tobin ML. 2007. Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food chemistry* 100:1331-1336.
- Morales de León J, Babinsky V, Bourges RH, Camacho PM. 2000. Tablas de composición de alimentos mexicanos. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubairán. México, D.F.
- Nisizawa K, Noda H, Kikuchi R, Watanabe T. 1987. The main seaweed food in Japan. *Hydrobiologia* 151/152:5-29

- Paine RT, Vadas RL. 1969. Calorific values of benthic marine algae and their postulated relation to invertebrate food preference. *Marine Biology* 4:79–86.
- Paradossi G, Cavalieri F, Pizzoferrato L, Liquori AM. 1999. A physico-chemical study on the polysaccharide ulvan from hot water extraction of the macroalga *Ulva*. *International Journal Biol Macromol*. 25(4):309-315.
- Pengzhan Y, Quanbin Z, Ning L, Zuhong X, Yanmei W, Zhi'en L. 2003. Polysaccharides from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) and preliminary studies on their antihyperlipidemia activity. *Journal of applied phycology* 15:21-27.
- Peñaflorida VD, Golez NV. 1996. Use of seaweed meals from *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria heteroclada* as binders in diets of juvenile shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 143:393-401.
- Peña-Rodríguez A, Mawhinney TP, Ricque-Marie D, Cruz-Suárez LE. 2010 . Chemical composition of cultivated seaweed *Ulva clathrata*. *Submitted to Food Chemistry*
- Peña-Rodríguez A, León A, Ricque-Marie D, Moll B, Cruz-Suárez LE. 2009a. Three different inclusion forms of green seaweed *Ulva clathrata* in shrimp feed. *In: Program and Abstracts. World Aquaculture 2009. Veracruz, Mexico, September 25-29 2009.*
- Peña-Rodríguez A, León A, Ricque-Marie D, Moll B, Cruz-Suárez LE. 2009b. Nutritional effect of fresh *Ulva clathrata* on shrimp growth in a controlled system. *In: Program and Abstracts. World Aquaculture 2009. Veracruz, Mexico, September 25-29 2009.*
- Percival E. 1968. Glucuronoxylifucan, a cell-wall component of *Ascophyllum nodosum*. *Carbohydrate Research* 7(3):272-283.
- Ray B, Lahaye M. 1995a. Cell-wall polysaccharides from marine green alga *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta). Extraction and chemical composition. *Carbohydrate Research* 274:252-261.
- Ray B, Lahaye M. 1995b. Cell-wall polysaccharides from marine green alga *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta). Chemical structure of ulvan. *Carbohydrate Research* 274:313-318.
- Shpigel M, Ragg NC, Lupatsch I, Neori A. 1999. Protein content determines the nutritional value of the seaweed *Ulva lactuca* for the abalone *Haliotis tuberculata* and *H. discus hannai*. *Journal Shellfish Research* 18:223– 227.
- Suzuki T, Ohsugi Y, Yoshie Y, Hirano T. 1996. Dietary fiber content, water holding capacity and binding capacity of seaweeds. *Fish Science* 62:454-461.
- Valente LMP, Gouveia A, Rema P, Matos J, Gomes EF, Pinto IS. 2006. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 252:85-91.
- Ventura MR, Castañón JIR, McNab JM. 1994. Nutritional value of seaweed *Ulva rigida*.for poultry. *Anim. Feed Science Technol* 49:87–92.
- Ventura MR, Castañón JIR. 1998. The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. *Small Ruminant Research* 29:325–327.

- Villarreal-Cavazos DA. 2010 Determinación de la digestibilidad aparente de aminoácidos de ingredientes utilizados en alimentos comerciales para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en México. FCB. UANL. Tesis Doctoral. En prensa
- Wahbeh MI. 1997. Amino acid and fatty acid profiles of four species of macroalgae from Aqaba and their suitability for use in fish diets. *Aquaculture* 159:101-109.
- Wong KH, Cheung CK. 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part I – proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry* 71:475–482.
- Wong KH, Cheung CK. 2001. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part II. In vitro protein digestibility and amino acid profiles of protein concentrates. *Food chemistry* 72:11-17.