



ALGAS MARINAS COMO FUENTE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN BENEFICIO DE LA SALUD HUMANA: UN ARTÍCULO DE REVISIÓN

SEAWEEDS AS SOURCES OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN THE BENEFIT OF HUMAN HEALTH: A REVIEW

Richard Gutiérrez Cuesta*, Kethia L. González García, Olga del R. Valdés Iglesias, Yasnay Hernández Rivera, Yulexi Acosta Suárez

Departamento Química, Centro de Bioproductos Marinos (CEBIMAR), Calle Loma No.14 entre 35 y 37, Nuevo Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba. CP 10600.

RESUMEN

Las algas han sido utilizadas desde tiempos remotos como alimento principalmente por países asiáticos. Son usadas en la actualidad en muchos otros países como fertilizantes, biocombustibles, fuentes de hidrocoloides entre otras aplicaciones. Su alto contenido de proteínas, lípidos poliinsaturados, fibra dietética, vitaminas y minerales las hacen una fuente atractiva de alimentos funcionales. También poseen sustancias con valor nutracéutico, como los compuestos fenólicos y las clorofilas. En Cuba se evidencia la existencia de ellas en la plataforma insular incluidas las zonas costeras y las bahías. Sin embargo, hasta el presente no existen suplementos nutricionales ni productos farmacéuticos en el mercado nacional elaborados a partir de las macroalgas. La calidad nutritiva de algas marinas junto al alto contenido de compuestos bioactivos con propiedades beneficiosas para la salud, constituyen dos razones importantes para fundamentar su consumo. Además, las algas poseen en su composición, polisacáridos que permiten su incorporación en alimentos cárnicos y en pastas, manteniendo o mejorando su calidad sensorial, nutritiva y saludable.

Palabras claves: algas marinas, nutracéutico, compuestos bioactivos, costas cubanas, cuidado de la salud.

ABSTRACT

Since ancient times, algae have been used as a food source fundamentally by Asian countries. They are employed in our times as fertilizer, biogas, in hydrocolloids' industry and others. Its composition in high quality proteins, polyunsaturated lipids, dietary fiber, vitamins and minerals are determinants to declare algae as an attractive functional food. Furthermore, algae have nutraceutical substances, including phenols and chlorophylls. In Cuba, they are present in all Cuban seashore and harbors. However, no macroalgae's nutritional supplements or pharmaceutical products in the Cuban market exist. The nutritional quality of seaweed alongside the high content of bioactive compounds with beneficial health properties, constitute two important reasons to increase consumption. Moreover, algae have in their composition protein structures that allows its incorporation into of meat and pasta foods, maintaining or improving their sensory, nutritious and healthy quality.

Keyword: seaweeds, nutraceutical, bioactive compounds, cuban cost, health care.

INTRODUCCIÓN

Las macroalgas o algas macroscópicas pluricelulares pertenecen al reino Plantae (Brodie y Zuccarello, 2007) y junto a las microalgas o algas microscópicas, ya sean unicelulares o agrupadas en colonias (Arenas, 2009), conforman el grupo polifacético llamado algas; aunque este sistema de clasificación ha promovido discusión en los últimos años, debido a la utilización de nuevas herramientas de identificación. Esto nos permite conocer la taxonomía actualizada de las algas (Janouskovec *et al.*, 2013; Bhattacharya *et al.*, 2013; Bijak, 2014). Estas se caracterizan por ser organismos que realizan la fotosíntesis con una mayor eficiencia que las plantas terrestres (Miao *et al.*, 2004) y crecen rápidamente en cualquier ambiente marino (Plaza *et al.*, 2010).

Las algas son organismos autótrofos de estructura simple, con escasa o nula diferenciación celular y de tejidos complejos por lo que son consideradas talofitas. Taxonómicamente se clasifican en tres grupos: *Chlorophyta* o clorofitas, *Phaeophyta* o feófitas y *Rhodophyta* o rodófitas, que corresponden a algas verdes, pardas y rojas, respectivamente, ya que en cada uno de estos grupos se presentan pigmentos que predominan unos sobre los otros (Quiral *et al.*, 2012), tal como se aprecia en la Tabla 1.

Las algas verdes o *Chlorophyta* agrupan alrededor de 1200 especies. Se han descrito cerca de 500 géneros y aproximadamente 8000 especies distribuidas en 4 clases: Micromonadophyceae, Charophyceae, Ulvophyceae y Chlorophyceae (Bijak, 2014). Presentan como polisacárido de reserva al almidón (Domínguez, 2013). La pared celular de las clorofíceas, generalmente embebida en una matriz de hemi-celulosa, está constituida por una estructura fibrilar de celulosa, aunque en algunos géneros pueden presentarse polímeros de xilosa (Ej. *Bryopsis*) o de manosa (Ej. *Acetabularia*) y en otros puede presentarse impregnada de carbonato de calcio (Ej. *Halimeda*). Pueden además presentar desde uno a muchos cloroplastos por célula, los que a su vez tienen una gran variedad de formas (elemento importante para la clasificación de este grupo); con plastidios semejantes a cintas, estrellas, láminas, discos, etc. (Domínguez, 2013). Su composición pigmentaria es muy semejante a la encontrada en plantas vasculares y briofitos (El Gamal, 2010).

Tabla 1. Clasificación de las macroalgas según el predominio de sus pigmentos
Table 1. Classification of macroalgae according to the dominance of their pigments

Clasificación	Nombre Común	Pigmentos	Ejemplos
Clorophyta	Algas Verdes	Clorofilas a y b, Xantófilas (luteína, violaxantina, neoxantina y enteroxantina).	Ulva spp., Codium spp.
Phaeophyta	Algas Pardas	Xantofilas (fucoxantina y flavoxantina) y Clorofila a y c.	Laminaria spp., Sargassum spp., Durvillaea spp.
Rhodophyta	Algas Rojas	Ficoeritrina, ficobilina, clorofilas a y d.	Gracilaria spp., Palmaria spp., Porphyra spp.

Las algas pardas o *Phaeophyta* abarcan alrededor de 2000 especies, con cerca de 250 géneros y entre 1500 a 2000 especies descritas. La clasificación taxonómica actual de este grupo incluye a las algas pardas como conformadas por una sola clase, Phaeophyceae, la que a su vez forma parte de la división Heterokontophyta (Suárez *et al.*, 2014). La coloración parda, de tonalidad muy variable, es debida a la presencia de ciertos pigmentos carotenoides (fucoxantinas). Son reconocidas por su crecimiento rápido y su gran tamaño. Morfológicamente son muy diversas, encontrándose formas que van desde algas filamentosas de estructura sencilla hasta algas con tejidos especializados en el transporte de nutrientes dentro de la planta (Neto, 2014). Su pared celular está constituida fundamentalmente de polisacáridos sulfatados como los fucooidanos (Quitral *et al.*, 2012).

Las *Rhodophyta* o algas rojas constituyen el grupo más diverso entre las algas, con alrededor de 6000 especies. Se han descrito entre 500 a 600 géneros y entre 5000 a 5500 especies distribuidas en una única clase, Rhodophyceae, y dos subclases, Bangiophycidae y Florideophycidae (Suárez *et al.*, 2014). Su color pardo-rojizo viene dado por la presencia de biliproteínas (ficoeritrina y ficocianina principalmente) que contribuyen a enmascarar el color verde de la clorofila (El Gamal, 2010). Sus células se encuentran interconectadas en ciertos puntos como resultado de una división celular incompleta. La mayoría son multicelulares, existiendo pocos géneros unicelulares. Entre las multicelulares predominan las formas filamentosas y las parenquimatosas de aspecto foliáceo (Neto, 2014). En este grupo de algas la pared celular está constituida básicamente por dos capas, una interna y rígida, formada por microfibrillas de celulosa (en la mayoría de las algas rojas); y otra más externa, mucilaginoso, formada por polisacáridos de galactanos, como el agar o carragenano (Quitral *et al.*, 2012); aun cuando también es posible encontrar algunas algas rojas que presentan depósitos de carbonato de calcio en la pared, proporcionando un aspecto rígido a estos organismos. Estos depósitos pueden estar formados de aragonita o calcita, como en el caso de las algas coralinas (Neto, 2014).

Para las macroalgas marinas de Cuba no es posible hablar de endemismo, pues la distribución de las especies es a nivel regional, en el Mar Caribe y el Golfo de México (Novelo y Tavera, 2011; Suárez *et al.*, 2014). En total se han propuesto que existen en nuestro país casi 500 especies, entre las divisiones *Rhodophyta*, *Phaeophyta* y *Chlorophyta* (Suárez

et al., 2014). Predominan las especies del género *Hypnea* (fundamentalmente en la Bahía de Cienfuegos y en la cuenca Tunas de Zaza en Sancti Spiritus); *Sargassum spp.*; *Ulva sp.* en el Este de La Habana; *Chondria tenuissima*, *Laurencia scoponia* y *Heterosiphonia gibbesii*, en Cayo Coco (Corona *et al.*, 2007; Cano-Mallo, 2008); *Udotea sp.*, *Gracilaria sp.*, y *Avrainvillea spp.*, muy abundantes en casi todos los litorales del país (Suárez *et al.*, 2014).

Los biotopos cubanos de mayor diversidad son: el seibadal o pastizal marino formado principalmente por la angiosperma marina *Thalassia testudinum*, donde dominan las algas verdes del orden Bryopsidales; y en la plataforma rocosa del arrecife coralino, los órdenes Dictyotales y Fucales. Son importantes las especies coralináceas, principalmente *Halimeda spp.* entre las algas verdes Bryopsidales; *Jania spp.*, *Amphiroa spp.* y *Galaxaura spp.* entre las rojas; y *Dictyota*, *Lobophora* y *Sargassum spp.* entre las pardas (Suárez *et al.*, 2014).

La menor diversidad de algas del archipiélago se encuentra en las lagunas costeras rodeadas del mangle costero, donde abunda el género *Bostrychia* en Ramón de la Sagra y por último los fondos fangosos o fangoso-arenosos, donde se localizan varias especies de algas rojas con importancia económica de los géneros *Gracilaria* y *Gigartina* (Cabrera y Suárez, 2006; Suárez *et al.*, 2014). Las especies Ulvales suelen ser cuantiosas, estacionalmente, en nuestras costas rocosas.

Entre las algas rojas, el género *Bryothamion* es uno de los más abundantes y estudiados en Cuba (Ríos *et al.*, 2009; Vidal *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2014). Su distribución abarca casi todas las Playas del Este de la Habana y las desembocaduras de la mayoría de nuestros ríos (Suárez *et al.*, 2014).

Las algas son un recurso abundante, económico y atractivo para utilizar como ingrediente en alimentos. Aportan nutrientes y compuestos bioactivos que hacen viables su incorporación a estos. La concentración a utilizar debe ser correctamente controlada ya que la calidad sensorial no siempre se ve favorecida, por lo que es un interesante desafío su inclusión en alimentos como un ingrediente funcional.

DESARROLLO

Valor nutricional de algas

Las algas en general han sido clasificadas como una fuente de biomasa de alta calidad; en especial de proteínas, fibra dietética, ficocoloides, minerales, vitaminas y compues-

tos con actividad antioxidante; además, son consideradas bajas en calorías (Ortiz, 2011). La tabla 2 presenta datos de la composición química de distintas algas. Las proteínas de algas son ricas en glicina, arginina, alanina y ácido glutámico; contienen aminoácidos esenciales en niveles comparables a los que indica FAO/OMS como requerimientos, sus aminoácidos limitantes son lisina y cisteína (Rajapakse y Kim, 2011; Dhargalkar y Verlecar, 2009).

Tabla 2: Composición química de algas (g/100 g base seca)
Table 2: Chemical composition of algae (G / 100 g dry basis)

Alga	Proteínas	Lípidos	Cenizas	Fibra dietética	Referencia
<i>Grateloupia turuturu</i>	22.9 ± 2.0	2.6 ± 0.1	18.5 ± 0.6	60.4 ± 2.3	Denis <i>et al.</i> , 2010
<i>Ulva clathrata</i>	20.1 ± 0.1	2.2 ± 0.1	27.5 ± 0.2	40.6	Peña <i>et al.</i> , 2011
<i>Ulva lactuca</i>	8.46 ± 0.01	7.87 ± 0.10	19.59 ± 0.51	54.90 ± 0.95	Yaich <i>et al.</i> , 2011
<i>Laminaria saccharina</i>	25.70 ± 0.11	0.79 ± 0.07	34.78 ± 0.08	-	Gómez <i>et al.</i> , 2010

En las algas rojas, se encuentra el aminoácido libre taurina, que está presente en la mayoría de los tejidos. Taurina participa en muchos procesos fisiológicos como osmorregulación, inmunomodulación, estabilización de membrana; tiene un rol muy importante en el desarrollo ocular y del sistema nervioso (Larsen *et al.*, 2011). Este aminoácido libre es necesario en mayor cantidad durante la infancia que en la adultez. La fuente principal es la leche materna durante los primeros meses de vida, por lo que se propone fortificar fórmulas infantiles, debido a que la leche de vaca contiene menores concentraciones de taurina que la leche humana (Cañas, 2002). Los alimentos de origen marino son una mejor fuente de taurina que los alimentos terrestres (Larsen *et al.*, 2011). Por su parte, el aminoácido fosfoserina se encuentra en altas concentraciones en las algas pardas, el cual forma parte de la composición de disímiles nutracéuticos para reforzar y activar la mente (Dawczynski *et al.*, 2007).

Las algas son excelentes fuentes de vitaminas A, B1, B12, C, D y E, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico (Dhargalkar y Verlecar, 2009).

El contenido de minerales en algas es alto, sobre un 36% de peso seco, dentro de ellos se incluyen el sodio, calcio y potasio formando sales con los iones derivados del cloro, azufre y fósforo. Una porción de *Ulva lactuca* aporta aproximadamente 257 mg de calcio, similar al aporte del queso (Matanjun *et al.*, 2009; Kumar *et al.*, 2011). Entre los micronutrientes se incluyen el yodo, hierro, zinc, cobre, selenio, molibdeno, flúor, manganeso, boro y níquel. Las algas son fuente primaria de yodo, llegando a aportar el requerimiento diario de yodo (150 µg/día) (Rajapakse y Kim, 2011).

Las algas presentan una relación Na/K baja, del orden de 0.14-0.16, por lo que su consumo puede contribuir a disminuir la incidencia de la hipertensión, y a balancear la alta relación Na/K de la dieta habitual (Matanjun *et al.*, 2009; Mohamed *et al.*, 2012).

El contenido de lípidos en las algas es bajo (1 a 5% b. s.), siendo los lípidos neutros y glicolípidos los más

abundantes. La proporción de ácidos grasos esenciales en algas es mayor que en plantas terrestres, además sintetizan gran cantidad de ácidos grasos poli-insaturados de cadena larga, en los que destaca el ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) que pertenecen a la familia de ácidos grasos ω-3 (Valenzuela *et al.*, 2011). El consumo de estos ácidos grasos se relaciona con disminución del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, particularmente

las enfermedades coronarias. Los efectos biológicos de EPA y DHA son muy extensos y variados, involucran lipoproteínas, presión sanguínea, función cardíaca, función endotelial, reactividad vascular y fisiología cardíaca, así como, un efecto antiinflamatorio y antiplaquetario (Lopez-Huertas, 2010). Estos tienen efecto en la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Sirot *et al.*, 2012), disminuyen los niveles de triglicéridos (Kris-Etherton *et al.*, 2009) y son necesarios durante el embarazo y la lactancia para el desarrollo del sistema nervioso central y la retina del infante; además se ha comprobado que su consumo tiene efectos positivos contra la depresión postparto y la depresión bipolar (Hibbeln *et al.*, 2006). La relación de ácidos grasos ω-6:ω-3 es muy baja en las algas, lo que es muy beneficioso, ya que relaciones entre 1 y 4 son óptimas (Simopoulos, 2002). La tabla 3 presenta la proporción de EPA y DHA en algas así como la relación ω-6:ω-3 de las mismas.

En general las algas rojas poseen altos contenidos de EPA, ácido palmítico, oleico y araquidónico, en comparación con las algas pardas, que contienen elevadas concentraciones de ácido oleico, linoleico y α-linolénico, pero bajos en EPA. Las algas verdes poseen en mayor cantidad ácido linoleico y α-linolénico, palmítico, oleico y DHA (Kumari *et al.*, 2010).

Las algas contienen una alta concentración de hidratos de carbono como polisacáridos estructurales, de almacenamiento y funcionales, en cantidades entre 20 a 70%. La concentración de fibra dietética es considerable, puede variar de 36 a 60% de su materia seca (Rasmussen y Morrissey, 2007) siendo muy alta la fibra dietética soluble (aproximadamente 55-70%) en comparación con los vegetales terrestres (Rajapakse y Kim, 2011). Por lo tanto las algas no son una buena fuente de hidratos de carbono en términos de biodisponibilidad.

Dawczynski *et al.*, (2007) no encontraron diferencias significativas en el contenido de fibra dietética entre algas rojas y pardas, con valores promedio de 48.6 y 43.8 g/100g respectivamente. Ortiz *et al.*, (2006) compararon el contenido

Tabla 3: Contenido de lípidos, EPA, DHA y relación ω -6: ω -3 en algas**Table 3:** Lipid content, EPA, and DHA ratio ω -6: ω -3 algae

Alga	Lípidos g/100 g	EPA (%)	DHA (%)	Relación ω -6: ω -3	Referencia
<i>Ulva lactuca</i>	0.3 ± 0.0	1.01 ± 0.01	0.8 ± 0.01	1.31	Ortiz <i>et al.</i> , 2006
<i>Durvillaea antarctica</i>	0.8 ± 0.1	4.95 ± 0.11	1.66 ± 0.02	2.0	Ortiz <i>et al.</i> , 2006
<i>Gracilaria chilensis</i>	1.3 ± 0.0	1.30 ± 0.01	-	3.42	Ortiz <i>et al.</i> , 2009
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0.7 ± 0.1	0.47 ± 0.01	-	7.42	Ortiz <i>et al.</i> , 2009
<i>Laminaria sp.</i>	-	16.2 ± 8.9	No detectable	1.3	Dawczynski <i>et al.</i> , 2007
<i>Ulva lactuca</i>	1.27 ± 0.11	0.87 ± 0.16	2.15 ± 0.44	3.0	Kumati <i>et al.</i> , 2010

de fibra dietética de las algas *Ulva lactuca* y *Durvillaea antarctica*, conocidas como "ulte" y "cochayuyo" respectivamente extraídas en Chile, con los de diferentes frutas y hortalizas, encontrando mayor el contenido de fibra dietética en las algas.

La tabla 4 presenta los valores de fibra dietética de diferentes algas; el promedio calculado para fibra soluble es 24.5 g/100g y para fibra insoluble es 21.8 g/100g; en frutas el promedio es 4.6 g/100g y 10.2 g/100g, mientras que en verduras es 8.9 g/100g y 19.5 g/100g para fibra soluble e insoluble respectivamente (Pak, 2000; Pak, 2003). Las algas tienen alta proporción de fibra soluble, que se caracteriza por su capacidad de aumentar la viscosidad, reducir la respuesta glucémica y el colesterol en el plasma (Elleuch *et al.*, 2011).

Tabla 4: Contenido de fibra dietética y relación F.S./F.I. en algas**Table 4:** Dietary fiber content and relationship F.S./F.I. algae

Alga	Fibra dietética soluble g/100 g	Fibra dietética insoluble g/100 g	Relación F.S./F.I.	Referencia
<i>Grateloupia turuturu</i>	48.1 ± 1.0	12.3 ± 1.2	3.9	Denis <i>et al.</i> , 2010
<i>Ulva clathrata</i>	21.9 ± 0.9	18.7 ± 2.1	1.2	Peña <i>et al.</i> , 2011
<i>Ulva lactuca</i>	20.53 ± 0.28	34.37 ± 0.67	0.6	Yaich <i>et al.</i> , 2011
<i>Himanthalia elongate</i>	23.63 ± 0.48	13.51 ± 0.45	1.7	Gómez <i>et al.</i> , 2010
<i>Durvillaea antarctica</i>	27.7 ± 1.2	43.7 ± 0.3	0.6	Ortiz <i>et al.</i> , 2006

Compuestos bioactivos presentes en algas

A parte de sus componentes nutritivos, las algas contienen compuestos bioactivos de alta capacidad antioxidante, como carotenoides y polifenoles (Ortiz *et al.*, 2006; Chandini *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2011; Cho *et al.*, 2011; Wijesinghe y Jeon, 2012). Se han investigado los pigmentos naturales de las algas encontrando actividad antioxidante, anticancerígena, antiinflamatoria (basado principalmente sobre la modulación de función de macrófagos), entre otras (Pangestuti y Kim, 2011).

Dentro de los pigmentos naturales de algas se destaca la fucoxantina, carotenoide que incluye un enlace alénico y 5,6-monoepóxido en su molécula. Se encuentra disponible en diferentes especies de algas pardas. La absorción de fucoxantina por el organismo depende de diversos factores como

cantidad y tipo de lípidos consumidos, la estabilidad de la matriz en la que se encuentra unida la fucoxantina y factores adicionales como fibra dietética, además de otros que no se encuentran totalmente dilucidados (Bohn, 2008).

Diversos autores han demostrado que la fucoxantina, obtenida de diferentes tipos de algas, tiene un efecto antioxidante, anticancerígeno, antiinflamatorio, antiobesidad, neuroprotector, fotoprotector y preventivo de osteoporosis (Sasaki *et al.*, 2008; Maeda *et al.*, 2008; Heo *et al.*, 2010; Das *et al.*, 2010; Shimoda *et al.*, 2010). Fucoxantina y fucoxantínol aislados de algas inhiben la diferenciación de preadipocitos 3T3-L1 en adipocitos (Hayato *et al.*, 2006). Los estudios científicos apoyan la hipótesis de que otros carotenoides con grupo alénico y grupo hidroxilo adicional tienen un efecto en la

supresión de la diferenciación de adipocitos (Pangestuti y Kim, 2011). Estudios realizados en un modelo animal diabético/obeso que se asemeja al síndrome metabólico humano, comprobó que fucoxantina de algas pardas atenuó la ganancia de peso de tejido adiposo blanco, disminuyó la concentración de glucosa en la sangre y la insulina en el plasma (Maeda *et al.*, 2007).

Las algas también contienen polifenoles, compuestos bioactivos con alta capacidad antioxidante y actividad biológica específica que afecta la expresión de genes (Wang *et al.*, 2009; Rodrigo *et al.*, 2011). Existe gran interés científico por las propiedades de los compuestos fenólicos fundamentalmente en la prevención de enfermedades relacionadas con el envejecimiento, enfermedades cardiovasculares y cáncer (Keyrouz *et al.*, 2011; Stagos *et al.*, 2012). Las algas pardas contienen

concentraciones más altas de compuestos fenólicos que las algas rojas y verdes. La pared celular de las algas presenta una gran complejidad estructural y rigidez, está compuesta de una mezcla de polisacáridos ramificados y azufrados que se encuentran asociados con proteínas e iones, como calcio y potasio (Wijesinghe y Jeon, 2012), lo que constituye el mayor obstáculo para la eficiente extracción de los constituyentes bioactivos intracelulares (Deniaud *et al.*, 2003), para la determinación de compuestos fenólicos se debe recurrir a ensayos con diferentes solventes y tratamiento enzimático para una eficiente extracción (Wijesinghe y Jeon, 2012, López *et al.*, 2011; Devi *et al.*, 2011). La tabla 5 presenta la concentración de polifenoles en extractos de diversas algas.

Tabla 5: Contenido de compuestos fenólicos en extractos de algas
Table 5: Content of phenolic compounds in extracts of algae

Alga	Compuestos fenólicos totales	Referencia
<i>Bryothamnion triquetrum</i>	51.21 ± 2.25 AGE /g extracto	Díaz <i>et al.</i> , 2015
<i>Halimeda opuntia</i>	19.99 ± 1.12 AGE /g extracto	Díaz <i>et al.</i> , 2015
<i>Sargassum ssp.</i>	80.0 ± 0.0 (mg AGE/100 g alga seca)	Oyesiku y Egunyomi, 2014
<i>Dictyota sp.</i>	0.302 mg AGE /g extracto	Echavarría <i>et al.</i> , 2009
<i>Laurencia sp.</i>	0.258 mg AGE /g extracto	Echavarría <i>et al.</i> , 2009
<i>Cystoseira barbata</i>	10.77 mg EAG/g de extracto	Frikha <i>et al.</i> , 2011
<i>Codium bursa</i>	4.23 mg EAG/g de extracto	Frikha <i>et al.</i> , 2011
<i>Alaria esculenta</i>	2.80 ± 0.05 (mg AGE/100 g alga seca)	Nwosu <i>et al.</i> , 2011

Se estima en unas 360 las especies de microalgas y 465 las de macroalgas en la biodiversidad cubana (Claro, 2006). Evidencias recientes muestran que las algas poseen un amplio espectro de bioactividad, y se ha demostrado que extracto obtenido a partir de estas poseen actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana y efecto sobre el sistema nervioso central (González *et al.*, 2015; Rodeiro *et al.*, 2015). A partir de todo este proceso investigativo y el desarrollo acelerado de la ciencia y la técnica a nivel internacional; Cuba produce y comercializa en la actualidad un suplemento nutricional obtenido a partir de la microalga *Spirulina platensis*, que resulta de gran interés por sus propiedades nutricionales dado por el contenido de aminoácidos, vitamina y minerales, así como sus propiedades farmacológicas centradas principalmente en la presencia de la ficocianina, un pigmento con propiedades antioxidantes, anticancerígena, fortalecedora del sistema inmune y desintoxicadora (Chamorro *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008; Karadeniz *et al.*, 2008; Simsek *et al.*, 2008; Bhatia *et al.*, 2016)

CONCLUSIONES

En comparación con los vegetales terrestres, las algas son ricas en algunas moléculas que promueven la salud, tales como ácidos grasos ω -3, proteínas, polisacáridos y compuestos fenólicos. Los metabolitos secundarios sintetizados por las algas marinas han demostrado efectos antioxidante, antiinflamatorio, anticancerígeno y actividad antidiabética. Por lo tanto, las algas pueden ser consideradas como fuentes naturales muy interesantes que podrían ser usadas como ingredientes funcionales en muchas aplicaciones industriales, tales como alimentos funcionales y formulaciones nutraceuticas.

REFERENCIAS

- Alves Vasconcelos, M., Vassiliepe, F., Arruda, S., Alves Carneiro, V., Colares Silva, H., Santiago Nascimento, K., Holanda Sampaio, A., Cavada, A., Holanda Teixeira, E., Henriques, M. y Olivia Pereira, M. 2014. Effect of Algae and Plant Lectins on Planktonic Growth and Biofilm Formation in Clinically Relevant Bacteria and Yeasts. Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International. Article ID 365272.
- Arenas, P. M. 2009. Algas empleadas en la elaboración de suplementos dietéticos: abordaje etnobotánico en algunas áreas urbanas de Argentina etnoficología aplicada: estudio de casos en relación a la salud y la alimentación en ambientes rurales y urbanos. Ed. Red Iberoamericana de Saberes y Prácticas Locales sobre el Entorno Vegetal.
- Bhatia Kawalpreet, K., Sanjeev, P., Ravneet, K., Kanwaljit Kaur A. y Amrik Singh, A. 2016. Efficacy of *Spirulina* as Hepatoprotectant: A Review. Vegetos- An International Journal of Plant Research; 29: 129-136.
- Bhattacharya, D., Price, D. C., Chan, C. X., Qiu, H., Rose, N., Ball, S., Weber, A. P. M., Arias, M. C., Henrissat, B., Coutinho, P. M., Krishnan, A., Zauner, S., Morath, S., Hilliou, F., Egizi, A., Perrineau, M. M. y Yoon, H. S. 2013. Genome of the red alga *Porphyridium purpureum*. Nature communications, 4.
- Bijak, A. L., Vandijk, K. y Waycott, M. 2014. Development of microsatellite markers for a tropical seagrass, *Syringodium filiforme* (Cymodoceaceae). Applications in Plant Sciences; 2: 1400082.
- Bohn, T. 2008. Bioavailability of non-provitamin A carotenoids. Current Nutrition & Food Science; 4:240-58.
- Brodie, J. y Zuccarello, G.C. 2007. Systematics of the species-rich algae: red algal classification, phylogeny and speciation. The taxonomy and systematic of large and species-rich taxa: building and using the Tree of Life (eds. T.R. Hodkinson and J. Parnell), Systematics Association Series, CRC Press; 317-330.
- Cabrera, R. y Suárez A. M. 2006. Lista sistemática y distribución mundial del género *Avrainvillea* Decaisne 1842 (Bryopsidales, Udoteaceae). Revista Investigaciones Marinas; 27:9-14
- Cano-Mallo, M. C. 2008. Bases biológicas de *Ulva fasciata* Delile, (Chlorophyta) para su posible explotación, al oeste de La Habana, Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas.
- Cañas, P. 2002. Biological and nutritional role of taurine and its derivatives. Revista Chilena Nutricion; 29: 286 - 92
- Chandini, S.K., Suresh, P.V. y Bhaskar, N. 2008. Seaweeds as source of nutritionally beneficial compounds - A review. Journal of Food Science and Technology; 45: 1 - 13.

- Chamorro-Cevallos, G., Garduño-Siciliano, L., Barrón, B.L., Madrigal-Bujaidar, E., Cruz-Vega, D.E. y Pages, N. 2007. Chemoprotective effect of *Spirulina* (Arthrospira) against cyclophosphamide-induced mutagenicity in mice. *Food and Chemical Toxicology*; 46:567-574.
- Chen, T., y Wong, Y.S.. 2008. In vitro antioxidant and antiproliferative activities of selenium-containing phycocyanin from selenium-enriched *Spirulina platensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 56:4352-4358.
- Cho, M., Lee, H., Kang, I., Wond, M. y You, S. 2011. Antioxidant properties of extract and fractions from *Enteromorpha prolifera*, a type of green seaweed. *Food Chemistry*; 127: 999-1006.
- Claro Madruga, R. 2006. La Biodiversidad Marina de Cuba. Serie Oceanológica; 2: 34-36.
- Corona, R., Quincoces Suárez, M., Gil Fiallo, A., Loi Acosta, S., Hereira, A. López Vega, M. E. y Melendrez de Arma, E. 2007. Caracterización de carrageninas obtenidas a partir de diferentes especies de macroalgas marinas cubanas. *Revista Cubana Química*; 19 (2), 55-58.
- Das, S.K., Ren, R., Hashimoto, T. y Kanazawa, K. 2010. Fucoxanthin induces apoptosis in osteoclast-like cells differentiated from RAW264. 7 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 58:6090-5.
- Dawczynski, C., Schubert, R. y Jahreis, G. 2007. Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*; 103: 891-9.
- Deniaud, E., Quemenerb, B., Fleurence, J. y Lahaye, M. 2003. Structural studies of the mix-linked β -(1 3)/ β -(1 4)-d-xylans from the cell wall of *Palmaria palmata* (Rhodophyta). *International Journal of Biological Macromolecules*; 33: 9-18.
- Denis, C., Morançais, M., Li, M., Deniaud, E., Gaudin, P., Wielgosz-Collin, G., Barnathan, G., Jaouen, P. y Fleurence, J. 2010. Study of the chemical composition of edible red macroalgae *Grateloupia turuturu* from Brittany (France). *Food Chemistry*; 119: 913-7.
- Devi, G.K., Manivannan, K., Thirumaran, G., Rajathi, A.A. y Anantharaman, P. 2011. In vitro antioxidant activities of selected seaweeds from Southeast coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*; 4: 205-11.
- Dhargalkar, V.K. y Verlecar, X.N. 2009. Southern Ocean seaweeds: A resource for exploration in food and drugs. *Aquaculture*; 287: 229-242
- Díaz Gutiérrez, Daylín., Méndez Ortega, Wendy., Oliveira Silva, Ana Mara., Zaldívar Muñoz, Claudina., Mancini-Filho, Jorge. y Vidal Novoa, Alexis. 2015. Comparación de las propiedades antioxidantes y contenido de polifenoles de extractos acuosos de las algas marinas *Bryothamnion triquetrum* y *Halimeda opuntia*. *Ars Pharmaceutica*; 56(2), 89-99.
- Dominguez, H. 2013. Algae as a source of biologically active ingredients for the formulation of functional foods and nutraceuticals. *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals*, Ed. Woohed Publishing Series in Food, Technology and Nutrition. 256. 1-15
- Echavarría, B., Franco, A.S y Martínez, A.M. 2009. Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del Caribe colombiano. *VITAE, Revista de la facultad de química farmacéutica*; 16 (1): 126-131.
- El Gamal, A.A. 2010. Biological importance of marine algae. *Saudi Pharmaceutical Journal*; 18: 1-25.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C y Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. 124 (2): 411-421.
- FAO 2007. Evaluación de la Situación de la Seguridad Alimentaria Mundial (CFS:2007/2). Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, FAO Roma.
- Karadeniz, A., Yildirim, A., Simsek, N., Kalkan, Y. y Celebi, F. 2008. *Spirulina platensis* protects against gentamicin-induced nephrotoxicity in rats. *Phytotherapy Research*; 22:1506-1510.
- Frikha, F., Kammoun, M., Hammami, N., Mchirgui, R.A., Belbahri, L., Gargouri, Y., Miled, N. y Ben-Rebah, F. 2011. Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez. *Ciencias marinas*. 37(2), 113-124.
- Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A. y Rupérez, P. 2010. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Research International*; 43: 2289-94.
- González, K.L., Valdés-Iglesias, O., Hernández, Y., Gutiérrez, R., Menéndez, R., Rodeiro, I. García, T., Morales, A.R., Palmero, A., Fernández, M.D., *et al*. 2015. Informe Final de Proyecto (P211LH005-004) Estudio químico y farmacológico a partir de organismos marinos para su posible uso en la industria farmacéutica y biomédica. Centro de Bioproductos Marinos, Agencia de Medio Ambiente de Cuba.
- Hayato, M., Masashi, H., Tokutake, S., Nobuyuki, T., Teruo, K. y Kazuo, M. 2006. Fucoxanthin and its metabolite, fucoxanthinol, suppress adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells. *International Journal of Molecular Medicine*; 18: 147-52.
- Heo, S. J., Yoon, W. J., Kim, K. N., Ahn, G. N., Kang, S. M., Kang, D. H., Affan, A., Oh, C., Jung, W. K. y Jeon, Y. J. 2010. Evaluation of anti-inflammatory effect of fucoxanthin isolated from brown algae in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Food and Chemical Toxicology*; 48: 2045-51.
- Hibbeln, J.R., Nieminen, L.R., Blasbalg, T.L., Riggs, J.A. y Lands, W.E. 2006. Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids: estimations considering worldwide diversity. *The American Journal of Clinical Nutrition*; 83: 1483 - 93.
- Janouskovec, J., Liu, S.L., Martone, P.T., Carre, W. y Leblanc, C. 2013. Evolution of Red Algal Plastid Genomes: Ancient Architectures, Introns, Horizontal Gene Transfer, and Taxonomic Utility of Plastid Markers. *PLoS ONE*; 8.
- Keyrouz, R., Abasq, M.L., Le Bourvellec C., Blanc N., Audibert L., ArGall E. y Hauchard D. 2011. Total phenolic contents, radical scavenging and cyclic voltammetry of seaweeds from Brittany. *Food Chemistry*; 126 : 831-6.
- Kris-Etherton, P.M., Grieger, J.A. y Etherton, T.D. 2009. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids; 81: 99 - 104.
- Kumar, M., Gupta, V., Kumari, P., Reddy, C. y Jha B. 2011. Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of Caulerpaceae seaweeds. *Journal of Food Composition and Analysis*; 24(2):270-8.
- Kumari, P., Kumar, M., Gupta, V., Reddy C.R.K. y Jha B. 2010. Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. *Food Chemistry*, 120: 749-57.

- Larsen, R., Eilertsen, K. y Elvevoll, E. 2011. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*; 29: 508-18.
- López, A., Rico, M., Rivero, A. y Suárez de Tangil, M. 2011. The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* algae extracts. *Food Chemistry*; 125:1104-9
- Lopez-Huertas, E. 2010. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacological Research*; 61:200-7.
- Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T. y Miyashita, K. 2007. Dietary Combination of Fucoxanthin and Fish Oil Attenuates the Weight Gain of White Adipose Tissue and Decreases Blood Glucose in Obese/Diabetic KK-Ay Mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 55: 7701-6.
- Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Miyashita, K.M. T., Shibamoto, K., Kanazawa, F., Shahidi, C. y Ho T. 2008. Functional Food Health. Antiobesity Effect of Fucoxanthin from Edible Seaweeds and Its Multibiological Functions. ACS Publications (eds), pp. 376-88. Washington.
- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M. y Muhammad, K. 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Euचेuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology*; 21: 1-6.
- Miao, X., Wu, Q. y Yang, C.Y. 2004. Fast pyrolysis of microalgae to produce renewable fuels. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*; 71: 855-863
- Mohamed, S., Hashim, S.N. y Abdul, H. 2012. Seaweeds: a sustainable functional food for complementary and alternative therapy. *Trends in Food Science & Technology*; 23: 83-96.
- Neto, A.I. 2014. Algas marinhas: adaptações à vida num ambiente particular. X Congreso de Ficología de Latinoamérica y el Caribe, Metepec, México.
- Novelo, E. y Tavera, R. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica*; 21: 333-341.
- Nwosu, F., Morris, J., Lund, V.A., Stewart, D., Ross, H.A., McDougall, G.J. 2011. Anti-proliferative and potential anti-diabetic effects of phenolic-rich extracts from edible marine algae. *Food Chemistry*; 126:1006-12.
- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A. y Rios, A. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry*; 99 : 98-104.
- Ortiz, J., Urquiche, E., Robert, P., Romero, N., Quitral, V. y Llantén, C. 2009. Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds *Codium fragile*, *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. *European Journal of Lipid Science and Technology*; 111: 320 - 7.
- Oyesiku, O.O. y Egunyomi, A. 2014. Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgesen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 13(10): 1188-1193
- Pangestuti, R. y Kim, S. 2011. Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of Functional Foods*; 3:255-66.
- Pak, N. 2000. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50: 97-101.
- Pak, N. 2003. Fibra dietética en frutas cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53: 413-7
- Peña-Rodríguez, A., Mawhinney, T., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, E. 2011. Chemical composition of cultivated seaweed *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh. *Food Chemistry*, 129:491-8.
- Plaza, M., Santoyo, S., Jaime, L., García-blairs, G., Herrero, M., Señoráns, F. J. y Ibáñez, E. 2010. Screening for bioactive compounds from algae. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*; 51: 450-455.
- Quitral, V., Morales, C., Sepúlveda, M. y Schwartz, M. 2012. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista Chilena de Nutrición*, 39 (4).
- Rajapakse, N. y Kim, S. 2011. Nutritional and digestive health benefits of seaweeds. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64: 17-28.
- Rasmussen, R.S. y Morrissey, M. 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. *Advances in Food and Nutrition Research*, 52: 237-92.
- Ríos, N., Medina, G., Jiménez, J., Yáñez, C., García, M., Di Bernardo, M.L. y Gualtieri, M. 2009. Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. *Revista Peruana de Biología*, 16: 97- 100.
- Rodeiro, I., Olguín, S., Santes, R., Herrera, J. A., Pérez, C. L., Mangas, R., Hernández, Y., Fernández, G., Hernández, I., Hernández-Ojeda, S., Camacho-Carranza, R., Valencia-Olvera, A. y Espinosa-Aguirre J. J. 2015. Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of *Ulva fasciata* (Green Seaweed) Extract and Evaluation of Its Cytoprotective and Antigenotoxic Effects. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. Article ID 520598, 11 pages doi:10.1155/2015/520598.
- Rodrigo, R., Miranda, A. y Vergara, L. 2011. Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. *Clinica Chimica Acta*, 412: 410-24.
- Sasaki, K., Ishihara, K., Oyamada, C., Sato, A., Fukushi, A., Arakane, T., Motoyama, M., Yamazaki, M. y Mitsumoto, M. 2008. Effects of fucoxanthin addition to ground chicken breast meat on lipid and colour stability during chilled storage, before and after cooking. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21:1067-72.
- Simopoulos, A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56: 365 - 79.
- Shimoda, H., Tanaka, J., Shan S.J. y Maoka T. 2010. Anti-pigmentary activity of fucoxanthin and its influence on skin mRNA expression of melanogenic molecules. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 62 (9):1137-45.
- Simsek, N., Karadeniz, A., Kalkan, Y., Keles, O. N. y Unal, B. 2008. *Spirulina platensis* feeding inhibited the anemia- and leucopenia-induced lead and cadmium in rats. *Journal of Hazardous Materials*, 164:1304-1309.
- Siroto, V., Dumas, C., Desquilbet, L., Mariotti, F., Legrand, P., Catheline, D., Leblanc, J.C. y Margaritis, I. 2012. A restricted cubic spline approach to assess the association between high fat fish intake and red blood cell EPA + DHA content. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 22:318-26.
- Souza, B., Cerqueira, M.A., Martins, J.T., Quintas, M.A.C., Ferreira, A.C.S., Teixeira, J.A. y Vicente. A. A. 2011. Antioxidant potential of two red seaweeds from Brazilian coasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 5589 - 94.

- Stagos, D., Amoutzias, G., Matakos, A., Spyrou, A., Tsatsakis, A. y Kouretas, D. 2012. Chemoprevention of liver cancer by plant polyphenols. *Food Chemical Toxicology*, 50: 2155–70.
- Suárez, A.M., Martínez-Daranas, B. y Alfonso, Y. 2014. Macroalgas marinas de Cuba. Editorial UH, La Habana.
- Valenzuela, R., Tapia G., González M. y Valenzuela A. 2011. Ácidos grasos omega-3 (EPA Y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. *Revista Chilena de Nutrición*, 38 (3): 356-367.
- Vidal Novoa, A., Fallarero Linares, A., Labañino, M., Sánchez Lamar, A., Batista González, A.E., Silva, A. y Mancini Filho, J. 2012. Evaluaciones toxicológicas de un extracto acuoso del alga marina *Bryothamnion triquetrum* (Gmelin) M.A.Howe en estudios in vitro y modelos animales. *ARS Pharmaceutica*. 53 (2): 15-20.
- Wang, T., Jónsdóttir, R., y Ólafsdóttir, G. 2010. Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food Chemistry*. 116: 240–8.
- Wang, T., Jónsdóttir, R., Kristinsson, H. G., Hreggvidsson, G. O., Jónsson, J., Thorkelsson, G. y Ólafsdóttir, G. 2009. Enzyme-enhanced extraction of antioxidant ingredients from red algae *Palmaria palmate*. *LWT - Food Science Technology*. 43: 1387-93.
- Wijesinghe, W.A. y Jeon, Y.J. 2012. Enzyme-assistant extraction (EAE) of bioactive components: A useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds: A review. *Fitoterapia*. 83: 6–12.
- Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot M., Blecker, C., y Attia, H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry*. 128: 895–901.