

ARTÍCULO ORIGINAL

ALGAS MARINAS, FUENTE POTENCIAL DE MACRONUTRIENTES

Marine algae, potential source of macronutrients

Richard Gutiérrez Cuesta^{1*}, Kethia L. González García¹, Yasnay Hernández Rivera¹, Yulexi Acosta Suárez¹, David Marrero Delange¹

¹ Departamento de Química,
Instituto de Ciencias del
Mar. Calle Loma e/ 35 y
37, Alturas del Vedado,
Plaza de la Revolución, La
Habana, Cuba. CP10600.

* Autor para correspondencia:

richard@cebimar.cu,
gutierrezcuba65@gmail.com

Recibido: 14.7.2017

Aceptado: 3.11. 2017

RESUMEN

Las algas han sido utilizadas desde tiempos milenarios como alimento, principalmente por países asiáticos. Son usadas en la actualidad en otros países como fertilizantes, biocombustibles, fuentes de hidrocoloides y otros. La composición de proteínas de alta calidad, lípidos poliinsaturados, fibra dietética, vitaminas y minerales las hacen una fuente atractiva de alimentos funcionales. También poseen sustancias con valor nutracéutico, como los antioxidantes fenólicos y las clorofilas. En Cuba son abundantes en todas las costas, bahías y ríos. En particular, los géneros *Halimeda* y *Bryothamnion* son promisorios como fuentes de alimentos funcionales y nutracéuticos. Sin embargo; no existen en circulación suplementos nutricionales ni productos farmacéuticos elaborados a partir de macroalgas.

PALABRAS CLAVES: algas marinas, lípidos, proteínas, alimentos funcionales, nutracéuticos.

ABSTRACT

*Algae have been used like food from ancient times fundamentally by Asian countries. They are employed in our times like fertilizer, biofuel, hydrocolloids' industry and others. Its composition in high quality proteins, polyunsaturated lipids, dietary fiber, vitamins and minerals are determinants to declare algae like an attractive functional food. Furthermore, algae have nutraceuticals substances, like the antioxidants phenols and chlorophylls. In Cuba they are present in all aquatic habitats. Particularly, *Halimeda spp.* and *Bryothamnion spp.*'s compounds are promisors like nutraceuticals and functional foods; but there not exist macroalgae's nutritional supplements or pharmaceuticals products in the Cuban market.*

KEYWORDS: Seaweed, lipids, proteins, functional foods, nutraceuticals.

INTRODUCCIÓN

Las algas marinas son organismos eucariotas fotosintéticos con elevado potencial de uso en la alimentación animal y humana,

así como en diversos sectores industriales. Son utilizadas comercialmente como fuentes de agar para la fabricación de gomas, laxantes y medios de cultivo para bacterias. En la industria textil, los derivados algales son empleados para la fabricación de tinturas y tejidos; en la industria farmacéutica, para la obtención de anticoagulantes, antiinflamatorios, pomadas y suspensiones; y en la agricultura como fertilizantes y plaguicidas. Los carragenanos extraídos de las algas son utilizados como espesantes para sopas, en la fabricación de embutidos, gelatinas y jaleas (Domínguez, 2013).

Las algas se emplean como indicadores de contaminación de los ecosistemas marinos y como restauradores de los sistemas acuáticos contaminados, ya que tienen la propiedad de atrapar metales pesados presentes en el agua (Acosta-Calderón *et al.* 2016).

Aunque las algas marinas pueden tener innumerables aplicaciones industriales, son poco utilizadas a nivel mundial como fuentes de nutrientes de elevada calidad (Miranda *et al.*, 2015). El uso de las algas con estos fines es tradicional en países como Japón, China y Hawái, fundamentalmente las algas rojas de los géneros *Porphyra*, *Palmaria*, *Gracilaria*, *Gelidium* y *Eucheuma*; las algas pardas del género *Laminaria*; y las algas verdes *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura y *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Jiménez-Escrig y Goñi, 1999). Sin embargo, en los países occidentales no suelen consumirse las algas marinas, siendo su uso más frecuente en la extracción de ficocoloides (Vidal *et al.*, 2011).

Las algas pueden ser consideradas como una fuente potencial de nutrientes ya que tienen un elevado contenido de proteínas,

carbohidratos con funciones prebióticas, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados y minerales (García Jiménez *et al.*, 2010). La composición química de las algas marinas puede variar según la especie, hábitat, etapa del ciclo de vida y circunstancias ambientales, estos factores determinan su valor nutricional (Hira *et al.*, 2017).

El consumo de algas marinas se ha relacionado con la reducción de la incidencia de patologías tales como diabetes, obesidad, enfermedades cardiovasculares, cáncer, entre otras; asociado fundamentalmente al alto contenido en fibra de las algas (Cano Europa *et al.*, 2012). Numerosas investigaciones han demostrado la relación directa entre el consumo de algas y la prevención y/o tratamiento de patologías asociadas con estrés oxidativo (Vidal *et al.*, 2006). Estas propiedades antioxidantes se atribuyen esencialmente a la presencia de compuestos bioactivos como los fenoles (Chewa *et al.*, 2008).

La FAO recomienda el uso de algas marinas como fuente de nutrientes en los países caribeños (Hasan y Chakrabatri, 2009). En Cuba, en particular, las algas marinas son abundantes en los litorales, y también se ha demostrado las potencialidades antioxidantes y farmacéuticas de algunas de ellas (Valdés-Iglesias *et al.*, 2003; Fallarero *et al.*, 2006; Morales Aguilera *et al.*, 2010; Díaz, 2015). Sin embargo, su uso en la industria cubana ha quedado limitado principalmente a la extracción de agar y carragenanos, debido en parte al poco conocimiento de las propiedades de los extractos de algas y la inexperiencia en su explotación como fuente de nutrientes y productos farmacéuticos (Suárez *et al.*, 2015).

Tomando en consideración que las algas marinas constituyen una fuente promisoría

de alimento saludable poco explotada en la cultura occidental y particularmente en Cuba, el objetivo de este trabajo es ampliar el conocimiento en cuanto al potencial de macronutrientes que presentan las algas marinas con el fin de ser utilizadas en el mejoramiento de la calidad de vida humana.

DESARROLLO

1. MACRONUTRIENTES

1.1 Proteínas

Las proteínas poseen gran diversidad de funciones biológicas como componentes estructurales, catalizadores biológicos, transportadores de sustancias (a nivel sistémico, como la albúmina, o como transportadores de membrana), reguladoras (hormonas, señales intra e intercelulares), defensa (inmunoglobulinas, péptidos bioactivos, proteínas del complemento), entre otras (Teijón y Garrido, 2005). Son esenciales desde el punto de vista nutricional debido a que durante la digestión aportan aminoácidos que pueden ser utilizados para la síntesis de proteínas endógenas y otros compuestos nitrogenados esenciales. Pueden oxidarse para la obtención de energía, algunos de estos aminoácidos son esenciales, o sea, que no pueden ser sintetizados por los humanos y solo pueden adquirirse mediante la dieta (Carrillo *et al.*, 2008).

En la actualidad la demanda de fuentes proteicas más asequibles y de mejor calidad es una prioridad urgente en el campo de las investigaciones nutricionales (Pérez, 2009). Las algas pudieran ser valoradas como una fuente alternativa de proteínas, el contenido proteico de las algas varía de una especie a otra (Lordan *et al.*, 2011). Las algas pardas suelen ser las de menor contenido proteico por peso seco (3-15%), mientras que las algas verdes y rojas contienen

entre un 10-47 % por peso seco (Lordan *et al.*, 2011). Las proteínas más abundantes son las lectinas (acción antitumoral), ficobiliproteínas (antioxidantes), aglutininas (coagulantes) y glicoproteínas (inmunoestimuladoras) (Conde *et al.*, 2013).

En el alga roja *Bryothamnion triquetrum* (S.G.Gmelin) Howe colectada en la plataforma cubana, Vidal *et al.* (2006) estimaron por el método de la composición centesimal que el contenido promedio de proteínas es el 9.5% de peso seco. Otros autores han estimado cantidades mayores de proteínas en esta misma alga (11% del peso seco) (Valdés-Iglesias *et al.*, 2003). Teniendo en cuenta que la recomendación de la OMS es de 75 mg/kg de peso corporal (FAO, 2007), teóricamente 55.26 g diarios de *B. triquetrum* serían suficientes para suplir las necesidades de proteínas de un adulto humano de 70 kg de peso.

Un factor determinante en la calidad de las fuentes proteicas es la proporción relativa y biodisponibilidad de aminoácidos esenciales y no esenciales en las mismas (FAO, 2007). En *Palmaria palmata* (Linnaeus) F. Weber & D. Mohr, la composición promedio de leucina, valina y metionina es similar a la de la ovoalbúmina, y las concentraciones relativas de isoleucina y treonina son similares a las de las proteínas mayoritarias de las legumbres (Conde *et al.*, 2013). En *Ulva rigida* C. Agardh son abundantes los aminoácidos leucina, fenilalanina y la valina, y el contenido de histidina es similar al de huevos y legumbres (Lordan *et al.*, 2011). Dawczynski *et al.* (2007) analizaron la composición química de 34 algas comestibles y concluyeron que particularmente las algas rojas representan una importante fuente de proteínas que contienen todos los aminoácidos esenciales.

Otros aminoácidos presentes en las algas son la taurina, la laminina, los kainoides o ácidos kaínico y domoico, como es el caso de *Porphyra* spp. (Bangiophyceae), la cual se caracteriza por un alto contenido de los mismos (Pereira, 2011); y algunos aminoácidos tipo micosporina (Conde *et al.*, 2013).

La taurina es necesaria en las algas para la osmorregulación. En humanos participa en muchos procesos fisiológicos como inmunomodulación, estabilización de membrana, desarrollo ocular y del sistema nervioso (Quitral *et al.*, 2012). Este aminoácido libre es necesario en mayor cantidad durante la infancia, donde todavía se encuentra en desarrollo el sistema nervioso. Los recién nacidos alimentados con fórmula o leche de vaca frecuentemente presentan deficiencias en este aminoácido (Cañas, 2002); por lo que el uso de derivados algales para enriquecer la fórmula es una alternativa para la alimentación de estos infantes. Por otra parte, los ácidos kaínico y domoico, se encuentran involucrados en la regulación de procesos neurofisiológicos (El Gamal, 2010).

Los aminoácidos tipo micosporina se caracterizan por ser compuestos polares de bajo peso molecular solubles en agua de estructura ciclohexanona o ciclohexinimina con un grupo amino como sustituyente en el anillo (Conde *et al.*, 2013). La conjugación de sus dobles enlaces propicia la absorción de la luz ultravioleta, protegiendo a las algas del estrés por radiación (Batista *et al.*, 2009), por lo que posee uso potencial como antioxidante en la industria farmacéutica.

La digestibilidad de proteínas algales ha sido probada *in vitro* con pepsina, pancreatina y pronasa, obteniéndose altos valores de digestibilidad; por ejemplo, para *Porphyra tenera* Kjellman ha

sido informada una digestibilidad del 70 % (Mabeau y Fleurence, 1993). Sin embargo, la presencia de paredes celulares dificulta la digestibilidad en animales monogástricos, por lo que en general se requiere de un tratamiento enzimático, químico o mecánico de las mismas (Gómez, 2009). Se puede prescindir de la cocción para aumentar la biodisponibilidad de las proteínas, lo cual es un factor positivo para conservar la actividad vitamínica de las preparaciones alimentarias de algas, pero se requieren métodos de disrupción mecánica para fragmentar las paredes celulares (Harnedy y Fitzgerald, 2011).

Se han realizado pocos estudios de digestibilidad de las proteínas *in vivo*. Se ha propuesto que puede ser afectada negativamente por el alto contenido de fenoles de algunos extractos procesados de algas (Lordan *et al.*, 2011), lo que va en detrimento de su calidad nutricional. Una opción para evadir esta dificultad podría ser la administración por separado de las fracciones de polifenoles y proteínas. La influencia de otros factores antinutricionales es mínima o nula. Por ejemplo, no se han encontrado en *Sargassum* sp. saponinas, alcaloides o glucósidos cianogénicos que puedan interferir con la digestibilidad de las proteínas de esta alga (Lordan *et al.*, 2011).

En las algas también pueden encontrarse otras proteínas y péptidos beneficiosos para la salud humana, lo que las convierte en fuentes potenciales de nutraceuticos. Se ha demostrado que las penostatinas aisladas de *Ulva intestinalis* Linnaeus tienen efecto citotóxico en la línea celular derivada de melanoma humano P-388. Las citocalesinas, penocalosinas y caetoglobosinas encontradas en *U. intestinalis* también tienen propiedades antimelanómicas (El Gamal, 2010).

Las proteínas y péptidos aislados de *Laminaria angusta* (laminina), *Porfira yezoensis* y *Undaria pinnatifida* poseen efectos hipotensores (Saito *et al.*, 2000; Suetsuna y Nakano, 2000). Otros estudios han demostrado que las ficobiliproteínas extraídas de las algas pardas (ficocianina) y de las rojas (ficoeritrina) podrían ser beneficiosas en la prevención o tratamiento de enfermedades neurodegenerativas causadas por el estrés oxidativo (Alzheimer y Párkinson) debido a sus efectos antioxidantes (González *et al.*, 1999). Las lectinas halladas en *Bryothamnion* spp. muestran efecto inhibitorio del crecimiento de cepas de *Streptococcus* spp., por lo que pueden ser empleadas potencialmente como compuestos bactericidas (Alves *et al.*, 2014).

Entre los péptidos encontrados en algas abundan los de 2 a 20 aminoácidos. Pueden ser lineales, cíclicos, depsipéptidos o péptidos con uno o más enlaces amida reemplazados por enlaces ésteres -kahalalidas-, dipéptidos (carnosina, glutatión, almazol D), pentapéptidos (galaximida), hexapéptidos, oligopéptidos y ficobiliproteínas (Frikha *et al.*, 2011). Estos péptidos aislados se caracterizan por poseer actividades antioxidante, antitumoral, antiviral, antimicrobiana, antihipertensiva, anticoaguladora e inmunoestimuladora (Samarakoon y Jeon, 2012). En especial, las kahalalidas P y Q presentes en algas verdes poseen acción citotóxica sobre la línea celular HL-60; mientras que la kahalalida F, aislada de *Bryopsis* spp., reduce la densidad de células tumorales prostáticas no metastásicas (El Gamal, 2010).

1.2 Lípidos

Las algas se caracterizan por poseer un bajo contenido de lípidos, entre 1-5 % del peso seco total (Lordan *et al.*, 2011). En su

composición predominan los lípidos ricos en ácidos grasos poliinsaturados. Se plantea que en la mayoría de las especies de algas más del 50 % de los lípidos pertenecen a las familias ω -3 y ω -6 (Wang *et al.*, 2013). Estos aspectos refuerzan las potencialidades de las algas como una buena fuente de nutrientes (FAO, 2007). Sin embargo, parece que la digestibilidad de los lípidos algales es reducida, pues algunos estudios indican que la digestibilidad de los lípidos de las algas se encuentra entre un 10-20 % (Cañavate, 2010).

Los lípidos provenientes de las algas pueden ser utilizados en suplementos nutricionales específicos como una fuente de ácidos grasos esenciales (Bezerra *et al.*, 2008). Los ácidos grasos esenciales regulan la fluidez de las membranas celulares, facilitan el transporte de colesterol mediante su esterificación con linoleato, participan en los mecanismos de señalización inter e intracelular. Son precursores de eicosanoides, actúan como cofactores enzimáticos y regulan los niveles de transcripción de enzimas reguladoras de la lipogénesis y el metabolismo del colesterol (Carrillo *et al.*, 2008). Estas funciones están relacionadas con una menor incidencia de diabetes mellitus tipo II, aterosclerosis, hipercolesterolemia, hipertensión arterial y patologías relacionadas con estas (Maeda *et al.*, 2005). Los ácidos grasos de las series ω -3 y ω -6 inhiben la coagulación y la función plaquetaria, modifican favorablemente los niveles de óxido nítrico, mejoran la reactividad vascular, y reducen los niveles de triacilglicéridos y lipoproteínas de muy baja densidad en plasma y presentan efectos reguladores de la respuesta inmune y la presión arterial. Se ha demostrado que los ácidos grasos altamente poliinsaturados de la serie ω -3 son reguladores de la expresión

génica, antiinflamatorios, antitrombóticos, antialérgicos y vasodilatadores pues potencian la síntesis de eicosanoides de la serie ω -3. Poseen efectos epigenéticos supresores de tumores (Domínguez *et al.*, 2013).

La relación ω -6/ ω -3 de las algas oscila entre 0.05 y 2.75, siendo cercana a la unidad en la mayoría de las especies (Van Ginneken *et al.*, 2011), lo cual está dentro de los límites recomendados nutricionalmente (ω -6 / ω -3 menor que 10) para evitar los efectos proinflamatorios y generadores de tumores de los ω -6 (Sánchez-Machado *et al.*, 2004).

En las algas se pueden encontrar otros lípidos beneficiosos para la salud humana. Los esteroides B aislados de *Stypodium carpophyllum* poseen probada actividad antitumoral cuando se administran por vía intraperitoneal a pacientes con carcinomas; la ingesta de fucosteroides previene la resistencia a insulina y el cerebrosideo gracilamida aislado de *Gracilaria* spp. es utilizado como medicamento antitumoral, sobre todo en el tratamiento de melanoma. Los sulfoquivonosil diacilglicérols de las algas rojas han demostrado disminuir hasta un 10 % la actividad normal *in vitro* de la retrotranscriptasa del serotipo 1 del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH-1). La cis-ceratoesponjamida aislada de *Ceratodictium spongiosum* muestra propiedades antiinflamatorias; y los eicosanoides son excelentes inhibidores *in vitro* de las lipoxigenasas que sintetizan las prostaglandinas (antitrombóticos) (El Gamal, 2010).

1.3. Carbohidratos

Las macroalgas presentan un alto contenido de carbohidratos fáciles de aislar, los cuales suelen ser polisacáridos de alto peso

molecular, muy diversos y frecuentemente enlazados a iones (Lordan *et al.*, 2011). Muchos de estos polisacáridos son sulfatados y se encuentran en cantidades abundantes en sus paredes celulares (Wang *et al.*, 2013).

El mayor porcentaje (~91%) de los polisacáridos presentes en las macroalgas no son digeridos por las enzimas del tracto gastrointestinal humano por lo que pueden ser considerados parte de la fibra dietética. Generalmente, la fracción soluble de esta fibra está formada por sulfogalactanos y carrageneanos (Lordan *et al.*, 2011). La mayoría de los polisacáridos solubles aniónicos no son digeridos por las bacterias del tracto gastrointestinal, mas algunos alginatos son parcialmente absorbidos por la mucosa gástrica (Kraan, 2012). Los xilooligosacáridos y los fructooligosacáridos son sustratos preferenciales de las bifidobacterias, los lactobacilos y las bacterias anaeróbicas del tracto gastrointestinal, por lo que se consideran prebióticos por excelencia (Lordan *et al.*, 2011).

La digestibilidad *in vitro* de *Laminaria digitata* y *Undaria pinnatifida* fue medida utilizando microbiota colónica humana, resultando que del 60 al 70 % de los carbohidratos son degradados en 24 h. Los fucanos sulfatados no fueron degradados, mientras que la fracción soluble de la fibra fue degradada completamente a las 6 h de fermentación (Kraan, 2012). Se ha observado que los carrageneanos son pobremente absorbidos por el intestino de ratas (Kraan, 2012). Los ulvanos poseen estructuras tan particulares que los hacen resistentes a la fermentación colónica (Kraan, 2012). Por tanto, las algas no poseen carbohidratos de grandes propiedades hiperglicémicas, pero el alto contenido en fibra dietética de las algas les confiere propiedades laxantes,

hipocolesteromiantes, que incrementan la sensación de saciedad y estimuladoras del metabolismo y replicación de la microbiota intestinal (prevención del cáncer de colon) (López-Regueiro *et al.*, 2013).

Adicionalmente, a los polisacáridos de las algas se les atribuye una gran variedad de efectos farmacológicos (Tabla 1).

Los polisacáridos sulfatados son los que poseen un espectro mayor de efectos farmacológicos: efectos antitrombóticos, inmunostimulantes, antitumorales, antivirales y anticoagulantes (Tabla 1). Los efectos antihipertensivos de los polisacáridos algales están asociados con la absorción del exceso de sodio y a la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina, la cual es esencial en el control de la presión arterial (Nisizawa, 2006). También se describen efectos antiaterogénicos relacionados con la disminución

de la absorción intestinal de colesterol, el incremento de las concentraciones plasmáticas de lipoproteínas de alta densidad, la inhibición de la biosíntesis de colesterol y la disminución de las concentraciones de triacilglicéridos y de lipoproteínas de baja densidad (Godard *et al.*, 2009).

Los ficocoloides son polisacáridos de Rhodophyta que no tienen homólogos o sustitutos en las plantas terrestres. Tienen propiedades singulares para formar geles, emulsiones estables y para solidificar o precipitar bajo determinadas condiciones de temperatura, pH y presencia de iones metálicos, lo que ha sido muy aprovechado desde el punto de vista industrial, farmacéutico, microbiológico y químico (Gutiérrez Cuesta *et al.*, 2016).

En las rodofitas abundan el almidón floridiano, la celulosa, los xilanos, mananos,

Tabla 1. Efectos farmacológicos de algunos de los polisacáridos algales.

Polisacárido	Especie de alga	Efecto farmacológico	Referencia
Fucanos sulfatados	<i>Ascophyllum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis	Antitrombótica	Jiao <i>et al.</i> , 2012
Fucoidanos	<i>Botryocladia occidentalis</i> (Børgesen) Kyllin <i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar	Antihipertensivo Anticoagulante	Vidal <i>et al.</i> , 2006; Athukorala <i>et al.</i> , 2006
Fucanos	<i>Furcellaria lumbicalis</i> (Hudson) J.V.Lamouroux <i>Chondrus ocellatus</i> Holmes <i>Nemacystus decipiens</i> (Suringar) Kuckuck <i>Pelvetia canaliculata</i> (Linnaeus) Decaisne & Thuret	Antitumoral Antioxidante	Khanavi <i>et al.</i> , 2012 Varinska <i>et al.</i> , 2017
Galactanos y xilomananos	<i>Solieria chordalis</i> (C.Agardh) J.Agardh	Inmunoestimulante	Jiao <i>et al.</i> , 2012
Heterofucanos	<i>Padina gymnospora</i> (Kützting) Sonder	Anticoagulante	Athukorala <i>et al.</i> , 2006; Zoysa, <i>et al.</i> , 2007
Carragenano	<i>Ecklonia cava</i> Kjellman	Anticoagulante	El Gamal, 2010
3-O-β-D-glucopiranosil-estigmasta-5,25-dieno	<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	Antiinflamatorios	Ananthi <i>et al.</i> , 2010; El Gamal, 2010
Arseniato de ribofuranósidos	<i>Hizikia fusiforme</i> (Harvey) Okamura	Citotóxicos para las líneas celulares A-549 y H-116	El Gamal, 2010

galactanos, carrageneanos, y porfiranos (Usov y Zelinsky, 2013). En las rodofitas *Bryothamnion triquetrum* y *Bryothamnion seaforthii*, se han aislado polisacáridos de D-manosa sulfatada poseedores de actividad antinociceptiva en dosis efectiva de administración de 1mg/kg de peso por vía intraperitoneal para ratones (Viana *et al.*, 2002).

Principalmente en las familias Gracilariaceae y Gelideaceae son abundantes los agares (Usov y Zelinsky, 2013), de propiedades gelificantes, por lo que son empleados para estabilizar, texturizar y colorear preparados alimenticios; además de su uso como soporte de cultivos de microorganismos (Domínguez, 2013).

Los carragenanos presentes en algas rojas son polímeros de β -D-galactosa alternada con α -D-galactosa. Estos presentan un mayor grado de sulfatación que los agares y son utilizados como estabilizantes y agentes encapsuladores de medicamentos. Pueden presentarse en las formas kappa, lambda o iota, en dependencia de la conformación estructural, la cual determina el grado de fortaleza de sus geles. Esto es útil para su aplicación industrial, ya que la textura y la dureza del gel determinan su aceptación en los consumidores y también la biodisponibilidad de las sustancias encapsuladas (Lordan *et al.*, 2011).

En algas pardas son frecuentes los alginatos, los cuales son polisacáridos aniónicos constituidos por ácido β -D-manurónico unidos por enlaces α -(1,4) al ácido L glucurónico, conformando bloques irregulares (Domínguez, 2013). También se encuentran fucoides o fucoidanos, que son complejos de polisacáridos sulfatados solubles en agua y con actividad antiviral dependiente del grado de sulfatación (Domínguez,

2013), estos suelen presentarse como ésteres de L-fucosa (Usov y Zelinsky, 2013).

La laminarina es un polímero de glucosa abundante en algas pardas, presenta una estructura ramificada y con enlaces β -(1,6) intracatenarios, en su mayoría resistentes a la hidrólisis ácida y a fermentación bacteriana (Lordan *et al.*, 2011). Forma parte de la fibra dietética y posee propiedades hipocolesteromiantes y puede ser empleada para tratar la hipertensión arterial (Domínguez, 2013). Se plantea que puede ser un modulador del metabolismo intestinal ya que tiene efectos estimuladores sobre la segregación de mucus, el pH, y la producción de ácidos grasos de cadena corta, especialmente butirato. En cerdos, la ingesta de *L. digitata* en forma cruda provoca un incremento de ácido butírico, debido a la laminarina (Reilly *et al.*, 2008).

Se estima en unas 465 las especies de macroalgas marinas presentes en la biodiversidad cubana (Claro, 2006). Evidencias recientes muestran que estas 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). Tal sentido nos permite reafirmar la sostenibilidad de estas especies para el desarrollo de nuevos productos naturales vinculados al mejoramiento de la calidad de vida humana, aunque aún no ha sido registrado el primer producto biotecnológico proveniente de esta flora marina. Por esto, profundizar en el estudio de las algas con el fin de emplearlas como fuente de alimentos funcionales y nutraceuticos en Cuba es una tarea para los profesionales del campo de la ciencia, la tecnología y la preservación del medio ambiente.

CONCLUSIONES

Las algas marinas, y en particular las de nuestro archipiélago, son importantes reservorios de nutrientes pues presentan un bajo contenido de calorías y lípidos, así como elevada concentración de proteínas, polisacáridos y moléculas bioactivas con amplias potencialidades terapéuticas que podrían constituir nuevos aportes para el mejoramiento de la calidad de vida humana. Representan, además, una fuente inagotable y poco explorada que de manera sostenible y racional pudiera emplearse en beneficio de la humanidad. Todos estos elementos constituyen razones suficientes para estimular el estudio de las potencialidades nutraceuticas de las algas en nuestro entorno.

REFERENCIAS

- ACOSTA-CALDERÓN, J. A., MATEO-CID, L. E. y MENDOZA-GONZÁLEZ, Á. C. (2016). An updated list of marine green algae (Chlorophyta, Ulvophyceae) from the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. *Check List*, 12(3), 1886.
- 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. *BioMed Research International*, 9 (2014).
- ANANTHI, S., BALAJI, H., GOPALAN, A., GAYATHRI, V., RAMAKRISHNAN, G. y VASANTHI, H. (2010). In vitro antioxidant and in vivo anti-inflammatory potential of crude polysaccharide from *Turbinaria ornata* (marine brown alga). *Food Chem. Toxicol.* 48, 187-192.
- ATHUKORALA, Y., LEE, K. W., KIM, S. K. y JEON, Y. J. (2006). Anticoagulant activity of marine green and brown algae collected from Jeju Island in Korea. *Bioresource Technology*, 98, 1711-1716.
- BATISTA, A. E., CHARLES, B. M., MANCINI-FILHO, J. y VIDAL, A. (2009). Las algas marinas como fuentes de fitofármacos antioxidantes. *Rev. Cub. Plant. Med.*; 14.
- BEZERRA, R. P., MATSUDO, M. C., CONVERTI, A., SATO, S., y DE CARVALHO, J. C. M. (2008). Influence of ammonium chloride feeding time and light intensity on the cultivation of *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis*. *Biotechnology and bioengineering*, 100(2), 297-305.
- CAÑAS, P. (2002). Biological and nutritional role of taurine and its derivatives. *Rev Chil Nutr*, 29, 286-92.
- CAÑAVATE HORS, J. P. (2010). Funciones de las microalgas en acuicultura. En M.T. Arts, M.T. Brett y M. Kainz (eds.), *Las algas como recurso. Valorización. Aplicaciones industriales y tendencias*. (pp. 1-24).
- CANO EUROPA, E., BLAS VALDIVIA, V., RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, R., TORRES MANZO, P., FRANCO COLÍN, M., HERNÁNDEZ GARCÍA, A., y ORTIZ BUTRÓN, R. (2012). Uso terapéutico de algunos microorganismos, microalgas, algas y hongos. *Rev. Mex. de Cien. Farm.*, 43(4).
- CARRILLO FARNES, O., LEE ALONSO, M. y ALVARES VALCÁRCEL, C. (2008). *Bioquímica de la nutrición*. Ed. Félix Varela. La Habana.
- CHEWA, Y. L., LIMA, Y. Y., OMARA M. y KHOOB, K. S. (2008). Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. *LWT*, 41, 1067-1072.
- CLARO MADRUGA, R. (2006). La Biodiversidad Marina de Cuba. *Ser. Ocean*, 2, 34-36.

- CONDE, E., BALBOA, E. M., PARADA, M. y FALQUÉ, E. (2013). Algal proteins, peptides and amino acids. *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals*, Ed. Woohed Publishing Series in Food Science, Tech. and Nutri., 256,135-181.
- DAWCZYNSKI, C., SCHUBERT, R. y JAHREIS, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fiber in edible seaweed products. *Food Chem.*, 103, 891-899.
- DÍAZ GUTIÉRREZ, D. (2015). *Comparación de la actividad antioxidante de los extractos acuosos de las algas marinas Bryothamnion triquetrum y Halimeda opuntia*. (Tesis presentada para optar por el título de máster en Bioquímica, mención Toxicología). Departamento de Bioquímica, Facultad de Biología, Universidad de La Habana.
- DOMÍNGUEZ, 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
- EL GAMAL, A. A. (2010). Biological importance of marine algae. *Saudi Pharm. J.*, 18, 1-25.
- FALLARERO, A., PELTOKETO, A., LOIKKANEN, J.J., TAMMELA, P., VIDAL, A. y VUORELA, P. (2006). Effects of aqueous extracts of *Bryothamnion triquetrum* on chemical hypoxia and aglycemia-induced damage in GT1-7 mouse hypothalamic immortalized cells. *Phytomedicine*; 13, 240-245.
- FAO (2007). *Evaluación de la Situación de la Seguridad Alimentaria Mundial (CFS:2007/2)*. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, FAO Roma.
- FRIKHA, F., KAMMOUN, M., HAMMAMI, N., MCHIRGUI, R.A., BELBAHRI, L., GARGOURI, Y., MILED, N. y BEN-REBAH, F. (2011). Chemical composition and some biological activities of marine algae collected in Tunisia. *Ciencias Marinas*; 37, 113-124
- GARCÍA JIMÉNEZ, T.; HERNÁNDEZ RIVERA, Y.; VALDÉS IGLESIAS, O. y MENÉNDEZ, R. (2010). Las algas marinas: fuente de nutrición y salud. *Medio Ambiente y Desarrollo*, 19.
- GODARD, M., DÉCORDE, K., VENTURA, E., SOTERAS, G., BACCOU, J., CRISTOL, J. y ROUANET, J. (2009). Polysaccharides from the green alga *Ulva rigida* improve the antioxidant status and prevent fatty streak lesions in the high cholesterol fed hamster, an animal model of nutritionally-induced atherosclerosis. *Food Chem*, 115, 176-180.
- GÓMEZ, L. M. (2007). Microalgas: aspectos ecológicos y biotecnológicos. *Rev. Cub. Quím.*, 2, 3-20.
- GONZÁLEZ, K.L., VALDÉS-IGLESIAS, O., HERNÁNDEZ, Y., GUTIÉRREZ, R., MENÉNDEZ, R., RODEIRO, I. GARCÍA, T., MORALES, A.R., PALMERO, A., ... FERNÁNDEZ, M.D., (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.
- GONZÁLEZ, R., RODRÍGUEZ, S., ROMAY, C., ANCHETA, O., GONZÁLEZ, A., ARMESTA, J., RAMÍREZ, D. y MERINNO, N. (1999). Anti-inflammatory activity of phycocyanin extract in acid-induced colitis in rats. *Pharm. Res.*, 39, 55-59.
- GUTIÉRREZ CUESTA, R., GARCÍA, K. L., IGLESIAS, O., RIVERA, Y., y SUÁREZ, Y. (2016). Seaweeds as sources of bioactive compounds in the benefit of human health: a review. *Biocencia*, 18(3), 20-27.

- HARNEDY, P. A. y FITZ GERALD, R. J. (2011). Bioactive proteins, peptides, and amino acids from macroalgae. *Journal of Phycology*, 47, 218–232.
- HASAN, M. R. y CHAKRABARTI, R. (2009). *Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.No. 531. Rome, FAO.
- HIRA, K., TARIQ, R. M., SULTANA, V., ARA, J., y EHTESHAMUL-HAQUE, S. (2017). Effect of seaweeds occurring at Karachi coast on mosquito larvae and liver function in rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30(2), 387-391.
- JIAO, G. L., YU, G. L., WANG, W., ZHAO, X. L., ZHANG, J. Z., y EWART, S. H. (2012). Properties of polysaccharides in several seaweeds from Atlantic Canada and their potential anti-influenza viral activities. *Journal of Ocean University of China*, 11, 205–212.
- JIMÉNEZ-ESCRIG, A y GOÑI, I. (1999). Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Arch Latinoam Nutr.*, 49, 114-20.
- KHANAHI, M., GHEIDARLOO, R., SADATI, N., ARDEKANI, M. R. S., NABAHI, S. M. B., TAVAJOHI, S., y OSTAD, S. N. (2012). Cytotoxicity of fucosterol containing fraction of marine algae against breast and colon carcinoma cell line. *Pharmacognosy magazine*, 8(29), 60.
- KRAAN, S. (2012). Algal Polysaccharides, Novel Applications and Outlook. Carbohydrates. *Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology*.
- LORDAN S., ROSS R. P. y STANTON C. (2011). Marine bioactives as functional food ingredients: potential to reduce the incidence of chronic diseases. *Mar drugs*, 9, 1056-1100.
- LÓPEZ-REGUEIRO, S., RAMOS-SÁIZ, E. M., LÓPEZ-PICADO, A., BURGOS-ALONSO, N. y ARANA-SALABERRÍA, A. (2013). Fitoterapia como coadyuvante en el tratamiento de la obesidad. *Farmacéuticos Comunitarios*, 5(1): 30-38.
- MABEAU, S. y FLEURENCE, J. (1993). Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends Food Sci. Technol.*, 4, 103-107.
- MAEDA, H., HOSOKAWA, M., SASHIMA, T., FUNAYAMA, K. y MIYASHITA, K. (2005). Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*; 332, 392-397.
- MIRANDA, A. F., TAHA, M., WREDE, D., MORRISON, P., BALL, A. S., STEVENSON, T. y MOURADOV, A. (2015). Lipid production in association of filamentous fungi with genetically modified cyanobacterial cells. *Biotechnology for biofuels*, 8(1), 179.
- MORALES AGUILERA, R. A., FERNÁNDEZ PÉREZ, M. D. y MENÉNDEZ SOTO DEL VALLE, R. M. (2010). Antioxidantes de origen marino. *Medio Ambiente y Desarrollo*; 19.
- NISIZAWA, K. (2006). Seaweeds Kaiso, Bountiful Harvest from the Seas. En A.T. Critchley, M. Ohno y D.B. Largo (Eds.) *World Seaweed Resources* (pp. 1-86). ETI Bioinformatics. Univ. of Amsterdam, Netherland,
- PEREIRA, L. (2011). A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. En V. H. Pomin (Ed.), *Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- PÉREZ, R. (2009). The public health sector and nutrition in Cuba. *Medicreview*, 11, 4.

- QUITRAL, V., MORALES, C., SEPÚLVEDA, M. y SCHWARTZ, M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Rev. Chil. Nutr.*, 39.
- REILLY, P., O'DOHERTY, J.V., PIERCE, K.M., CALLAN, J.J., O'SULLIVAN, J.T. y SWEENEY, T. (2008). The effects of seaweed extract inclusion on gut morphology, selected intestinal microbiota, nutrient digestibility, volatile fatty acid concentrations and the immune status of the weaned pig. *Animal*, 2, 1465-1473.
- 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. & 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*, 11.
- SAITO, M., NAGOYA, K., HAGINO, H. y HAWAI, M. (2000). Antihypertensive effect of oligopeptides derived from Nori on rats. *Jpn. J. Med. Pharm. Sci.*, 43, 529-538.
- SAMARAKOON, K. y JEON, Y. (2012). Bio-functionalities of proteins derived from marine algae. A review. *Food Research International*, 4, 948-960.
- SÁNCHEZ-MACHADO, D. I., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J., PASEIRO-LOSADA, P. y LÓPEZ-CERVANTES, J. (2004). An HPLC method for the quantification of sterols in edible seaweeds. *Biomed. Chromatogr.* 18, 183-190.
- SUÁREZ, A.M., MARTÍNEZ-DARANAS, B. y ALFONSO, Y. (2015). *Macroalgas marinas de Cuba*. La Habana: Editorial UH.
- SUETSUNA, K. y NAKANO, T. (2000). Identification of an antihypertensive peptide from peptidic digest of wakame (*Undaria pinnatifida*). *Journal of Nutritional Biochemistry*, 11, 45-454.
- TELJÓN R. y GARRIDO P. (2005). *Fundamentos de bioquímica estructural*. Madrid: Editorial Tébar.
- USOV, A. I. y ZELINSKY, N. D. (2013). Chemical structures of algal polysaccharides. Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals. *Ed. Woohed publishing series in Food, Technology and Nutrition*, 256, 23-86.
- VALDÉS-IGLESIAS, O., DÍAZ, N., CABRANES, Y., ACEVEDO, M. E., ARECES, A. J., GRAÑA, L. y DÍAZ, C. (2003). Macroalgas de la plataforma insular cubana como fuente de extractos bioactivos. *Avicennia*, 16, 36-45
- VAN GINNEKEN, V., HELSPER, J. P.F.G, DE VISSER, W., VAN KEULEN, H. y BRANDENBURG, W. A. (2011). Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from north Atlantic and tropical seas. *Lipids in Health and Diseases*, 10, 104.
- VARINSKA, L., KUBATKA, P., MOJZIS, J., ZULLI, A., GAZDIKOVA, K., ZUBOR, P., BÜSSELBERG, D. y KLABUSAY, M. (2017). Angiomodulators in cancer therapy: New perspectives. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 89, 578-590.
- VIANA, G.S.B., FREITAS, A.L.P., LIMA, M.M.L., VIEIRA, L.A.P., ANDRADE, M.C.H. y BENEVIDES, N.M.B. (2002). Antinociceptive activity of sulfated carbohydrates from the red algae *Bryothamnion seaforthii* (Turner) Kütz and *B. triquetrum* (S.G. Gmel.) M. Howe. *Braz. J. Med Biol. Res.*, 35, 713-722.
- VIDAL, A., FALLARERO A., DE ANDRADE-WARTH, E.R.S., DE OLIVEIRA, E, SILVA, A.M., DE LIMA, A., PAVAN, R., VUORELA, P. y MANCINI-FILHO, J. (2006). Composición

- química y actividad antioxidante del alga marina roja *Bryothamnion triquetrum* (S.G.Gmelin) Howe. *Braz J. Pharm. Sci.*, 43, 589-600.
- VIDAL, A., SILVA DE ANDRADE-WARTHA, E.R., FALLARERO, A., DE OLIVEIRA, A.M., VUORELA, P. y MANCINI-FILHO, J. (2011). Antioxidant activity and bioactive components from the seaweed *Halimeda incrassata* (Ellis) Lamouroux. *Br. J. Pharmacogn.* 21(1), 53-57.
- WANG, R., PAUL, V. J. y LUESCH, H. (2013). Seaweed extracts and unsaturated fatty acid constituents from the green alga *Ulva lactuca* as activators of the cytoprotective Nrf2–ARE pathway. *Free Radic Biol Med.*, 57, 141-153.
- ZOYSA, M., NIKAPITIYA, C., JEON, Y., JEE, Y. y LEE, J., (2007). Anticoagulant activity of sulfated polysaccharide isolated from fermented brown seaweed *Sargassum fulvellum*. *J Appl. Phycol.*, 20, 67-74.