

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Macroalgas marinas: potentes antioxidantes sumergidos

Karina Galache · Tuesday, October 31st, 2023

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

¿Quiénes son y dónde viven las macroalgas marinas?

Las macroalgas marinas son vegetales que viven en el mar y que, a diferencia de las microalgas que son microscópicas, se pueden ver a simple vista y palpar. Existen una gran variedad de formas y tamaños, pudiendo medir desde pocos centímetros (*Acetabularia*, *Caulerpa*, *Padina* o *Chondrus*), hasta varios metros, como es el caso de los grandes bosques de *Macrocystis*, *Saccharina* o *Laminaria* (Figura 1). Pueden vivir desde ambientes intermareales, con mucha luz, hasta zonas profundas de incluso 280 m, donde la luz es más reducida.

Las macroalgas marinas son organismos fotoautótrofos que utilizan en su metabolismo nutrientes inorgánicos sencillos (carbono, nitrógeno, oxígeno) para producir compuestos orgánicos más complejos como proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. Al igual que las plantas terrestres, utilizan la luz solar como fuente de energía que emplean en la fotosíntesis. Para ello se ayudan de diferentes pigmentos como clorofilas, carotenos, xantofilas, ficocianinas y ficoeritrinas, a través de los cuales captan la luz solar para, posteriormente, convertirla en energía química.

Dependiendo de los pigmentos presentes en su estructura y la concentración de éstos, su color puede variar desde el verde hasta distintas tonalidades de rojos y cafés. Por esta coloración las macroalgas marinas se clasifican taxonómicamente en tres grandes grupos: Chlorophyta o algas verdes, Phaeophyceae o algas cafés, y Rodophyta o algas rojas (Figura 1).



Figura 1: Diversidad de macroalgas marinas: Chlorophyta o algas verdes, Phaeophyceae o algas pardas, y Rodophyta o algas rojas

Las macroalgas marinas también se oxidan

En la actualidad escuchamos hablar frecuentemente de los radicales libres y del proceso de oxidación, y del daño que pueden causar a los seres humanos. Podríamos pensar que la oxidación de la que tanto se comenta, producto de los rayos ultravioleta y causante del foto-envejecimiento de la piel, es un proceso que atañe exclusivamente a los seres humanos. Sin embargo, la oxidación puede atacar también a las algas marinas que se encuentran sumergidas a diferentes profundidades en los mares y océanos. Los procesos de oxidación de la materia tienen sus bases a nivel molecular

y pueden ocurrir en cualquier ser vivo siempre que exista oxígeno en el medio donde se desarrollan.

Los radicales libres son moléculas inestables que se forman durante el metabolismo celular en todos los grupos de organismos. Son moléculas que tienen un único electrón no apareado en su orbital externo, por lo que son muy reactivas (Figura 2). Al tener un número impar de electrones en sus orbitales periféricos, estos son inestables y tienden a reducirse, es decir, sustraen un electrón de átomos o moléculas estables que se encuentran cercanas en el interior de las células (proceso al cual le llamamos oxidación biológica).

El estrés oxidativo es una condición que se presenta en los organismos cuando hay demasiadas moléculas inestables (radicales libres), y no hay suficientes antioxidantes para eliminarlas. Es posible que esto ocasione daños en las células y los tejidos. Surge en los organismos después de una prolongada exposición a agentes oxidantes como hipocloritos, peróxidos, compuestos halogenados, radiación solar, etcétera, o debido a una disminución de la capacidad antioxidante del organismo (bajo contenido de enzimas y compuestos con actividad antioxidante).

El daño celular producido por los radicales libres ocurre principalmente sobre diferentes macromoléculas (lípidos, proteínas y ADN). El mayor daño ocurre principalmente en los lípidos estructurales que forman las membranas biológicas, a través de un proceso que se conoce como peroxidación lipídica, que puede ser ocasionado por la acción de diferentes radicales libres como el oxígeno singlete (primer estado excitado del oxígeno activado por la luz), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el radical hidroxilo ($\cdot OH$). Este proceso altera la permeabilidad de la membrana celular y se produce salida del material intracelular y muerte celular.

En este punto, y para combatir el estrés oxidativo y sus consecuencias, es donde entran en acción los antioxidantes. Un antioxidante se define como cualquier sustancia que, cuando está presente en concentraciones relativamente bajas, retrasa o inhibe significativamente la oxidación de la materia. Así, los antioxidantes pueden inactivar los radicales libres, es decir, contrarrestar a las especies químicas con uno o más electrones desapareados. Lo pueden hacer de tres formas básicas distintas: donar al radical libre un electrón, donar un átomo de hidrógeno, o unirse a un metal de transición (Figura 2).

Con base en esto podríamos preguntarnos: ¿Porque algunos compuestos tienen elevada capacidad antioxidante y otros muy poca o nula? La respuesta la podemos encontrar en las diferentes estructuras químicas de las moléculas, las cuales pueden o no ser capaces de inactivar los radicales libres.



Figura 2: Radicales libres y principales formas de acción de los antioxidantes para inactivarlos. Donación de un electrón, donación de un átomo de hidrógeno y unión a metales de transición.

¿Cómo enfrentan las algas marinas el estrés oxidativo? Las macroalgas marinas viven en un entorno complejo, con condiciones ambientales que son en ocasiones extremas y cambiantes, como altos índices de radiación solar, períodos de emersión e inmersión prolongados, temperaturas y salinidad extremas, agentes químicos naturales o de origen antropogénico (Figura 3). Además de esto, el metabolismo de las algas en su mayoría aeróbico, con el oxígeno como aceptor final de

electrones hace que sus células mantengan una alta concentración de productos oxidantes, especies reactivas de oxígeno y en muchas ocasiones radicales libres. Es por ello que las algas marinas son capaces de generar diferentes metabolitos secundarios, a veces únicos, y que no se producen en las plantas terrestres.



Figura 3: Principales fuentes de estrés oxidativo en algas marinas y daño a sus principales macromoléculas

Entre los antioxidantes más potentes presentes en las algas marinas se encuentran los polifenoles. Estos compuestos con estructuras químicas en forma de anillos aromáticos (con dobles enlaces conjugados), tienen varios grupos OH que pueden romperse e inactivar a los radicales libres al donar electrones o átomos de hidrógeno. Además de polifenoles, las macroalgas poseen como parte de su defensa natural antioxidante, numerosas enzimas (superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa, glutatión reductasa) y compuestos no enzimáticos (pigmentos, polisacáridos complejos como los fucoidanos, carragenatos y alginatos, aminoácidos tipo micosporinas, tocoferoles y flavonoides) que de forma coordinada hacen frente a los radicales libres (Figura 4). Estos compuestos son extraídos, cuantificados y utilizados por el hombre con diversos fines.



Figura 4: Principales componentes del sistema antioxidante en algas marinas en diferentes escenarios. Estrés oxidativo: cuando la cantidad de radicales libres sobrepasa los niveles basales y existen pocos compuestos antioxidantes. Balance oxidativo: cuando existe un balance entre la cantidad de radicales libres y compuestos antioxidantes.

Usos y aplicaciones de compuestos antioxidantes de algas marinas

En la actualidad existe un consenso general de que los procesos oxidativos desempeñan un papel importante en la expresión de diversas enfermedades humanas, como los procesos neurodegenerativos, el cáncer, enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, daño hepático, e incluso en procesos naturales como el envejecimiento.

Estudios recientes han demostrado la importancia de los antioxidantes sintéticos en la medicina e industria alimentaria, ya sea en la inhibición o el retardo de la oxidación de biomoléculas. Sin embargo, a pesar de su eficacia y bajo costo, en algunos de estos compuestos se ha observado actividad carcinogénica y otros efectos tóxicos, lo que ha incitado a la búsqueda de nuevas fuentes de antioxidantes naturales para su reemplazo.

Los antioxidantes exógenos naturales que podemos encontrar en las algas marinas pueden complementar los niveles antioxidantes del organismo humano, logrando un balance oxidativo. Pueden llegar al ser humano como nutraceuticos, es decir, alimentos funcionales ingeridos directamente, o adicionados a la dieta como suplementos nutricionales, y también mediante uso tópico en formulaciones cosméticas, cosmeceúticos, para prevenir el fotoenvejecimiento de la piel actuando como filtros solares o interactuando con los componentes moleculares de la piel (Figura 5).

Históricamente, las algas marinas han sido utilizadas como suplementos nutricionales o nutraceuticos a lo largo de los años. La mayor parte de sus usos con este fin, vienen dados por su capacidad antioxidante y las propiedades de diferentes tipos asociadas como antidiabéticos, y antiobesidad. Pudiéramos mencionar varios ejemplos muy conocidos de suplementos de origen algal, pasando desde la espirulina hasta la fucoxantina. Recientemente, esta xantofila (pigmento tipo carotenoide de color café exclusivo de algas cafés) ha ganado especial atención principalmente debido a sus efectos prometedores en términos de antioxidante. Entre sus propiedades fundamentales puede mencionarse que potencian el ritmo metabólico y la pérdida de grasa. Además, auxilia en el control de la inflamación postprandial y la inflamación crónica de bajo grado considerándose un antiinflamatorio de interés. Mejora el metabolismo de los lípidos y del colesterol e inhibe el desarrollo del hígado graso a consecuencia de una alimentación elevada en grasas. Algunos estudios plantean que, además, la xantofila presenta acción moduladora inmunológica y mejora la sensibilidad a la insulina.

En la actualidad, la mayoría de las personas se preocupan por verse saludables y cuidar no solo su dieta, sino también su piel como símbolo de bienestar. Los cosmeceúticos son híbridos cosméticos-farmacéuticos tópicos que se refieren a un producto cosmético con ingredientes activos que afirman tener beneficios medicinales o similares a los de los medicamentos para la salud de la piel. Las algas son de las principales materias primas utilizadas en esta industria. Se han comercializado diversos productos para la piel a base de algas, sustituyendo componentes artificiales por varios componentes y compuestos activos. Entre ellos podemos mencionar humectantes antienvjecimiento con ácido algarónico (capaz de estimular la renovación celular y favorecer la síntesis de elastina), protectores solares con micosporinas del alga roja *Porphyra umbilicalis* utilizados como filtros de luz UV, extractos ricos en proteínas, o agentes antiarrugas entre muchos otros compuestos (Figura 5). Los antioxidantes naturales, como los carotenoides, tienen actividades antiinflamatorias y antioxidantes que pueden proteger la piel de los rayos UV y el envejecimiento. Algunos cosméticos que contienen ingredientes químicos de protección solar causan fototoxicidad y fotoalergia. Sin embargo, los filtros UV naturales, como las micosporinas derivadas del alga roja *Porphyra umbilicalis* y del alga verde *Codium fragile*, previenen el daño del ADN y la inflamación inducidos por los rayos UV. Además, se han comercializado extractos de algas de *Meristotheca dakarensis* y *Jania rubens* que producen glicosaminoglicanos, síntesis de colágeno tipo I y tipo III y queratina (componentes que dan elasticidad a la piel).



Figura 5: Ejemplos de usos y aplicaciones comerciales de los antioxidantes procedentes de algas marinas como nutraceuticos y cosmeceúticos.

Sargazo de arribazón como potencial fuente de antioxidantes

En los últimos años, en las costas del Caribe mexicano, han ocurrido grandes acumulaciones de sargazo flotante, constituidas por las algas cafés *Sargassum fluitans*, *Sargassum natans* I, *Sargassum natans* VIII. Este fenómeno natural recurrente, se ha convertido en un problema grave para la región debido al impacto negativo sobre el turismo en el área. En el laboratorio de Ficoología Aplicada y Ficoquímica Marina del CINVESTAV y como parte de los esfuerzos para mitigar el problema, se ha trabajado en la valorización de la biomasa del sargazo para su uso y aprovechamiento. Los resultados muestran que los extractos crudos de las distintas especies de sargazo que conforman las arribazones (*Sargassum fluitans* (Linnaeus) Gaillon, *S. natans* I (Børgesen) Børgesen y *S. natans* morfotipo VIII) muestran un alto potencial de eliminación de radicales libres y un elevado poder reductor relacionado con su contenido de compuestos fenólicos.

La presencia de éstos y otros constituyentes en estas macroalgas, como el manitol, alginatos y fucoidanos, probablemente contribuye a su actividad antioxidante, y les dan a estas grandes cantidades de biomasa aparentemente inservibles, una oportunidad potencial como materia prima para la industria biofarmacéutica.

LITERATURA RECOMENDADA

Blunt, J. W., Carroll, A. R., Copp, B. R., Davis, R. A., Keyzers, R. A., y Prinsep, M. R. (2018). Marine natural products. *Natural product reports*, 35(1), 8-53. <https://doi.org/10.1039/C7NP00052A>

Freile-Peegrín, Y., y Robledo, D. (2013) Bioactive Phenolic Compounds from Algae In: Bioactive Compounds from Marine Foods: Plant and Animal Sources edited by Blanca Hernández-Ledesma and Miguel Herrero. Wiley-Blackwell Publishers. Chapter 6. <https://doi.org/10.1002/9781118412893.ch6>

López-Hortas, L., Flórez-Fernández, N., Torres, M.D., Ferreira-Anta, T., Casas, M.P., Balboa, E.M., Falqué, E., y Domínguez, H. (2021) Applying Seaweed Compounds in Cosmetics, Cosmeceuticals and Nutricosmetics. *Marine Drugs*, 19, 552. <https://doi.org/10.3390/md19100552>

Vázquez-Delfín E., Freile-Peegrín Y., Salazar-Garibay A., Serviere-Zaragoza E., Méndez-Rodríguez L.C., y Robledo D. (2021) Species composition and chemical characterization of *Sargassum* influx at six different locations along the Mexican Caribbean coast. *Science of The Total Environment* 795: 148852. <https://doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148852>

This entry was posted on Tuesday, October 31st, 2023 at 12:50 pm and is filed under [Ciencias Naturales y de la Salud](#), [Zona Abierta](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.