

39

Fecha de presentación: Septiembre, 2021

Fecha de aceptación: Noviembre, 2021

Fecha de publicación: Diciembre, 2021

MICROALGAS:

ECOLOGÍA, REPERCUSIÓN EN LA SALUD Y NUTRICIÓN

MICROALGAE: ECOLOGY, HEALTH IMPACT AND NUTRITION

Raúl González Salas¹

E-mail: ua.raulgonzalez@uniandes.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1623-3709>

Mildre Mercedes Vidal del Río¹

E-mail: ua.mildrevidal@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3496-5057>

Iván Pimienta Concepción¹

E-mail: ua.ivanpimienta@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7623-7499>

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

González Salas, R., Vidal del Río, M. M., & Pimienta Concepción, I. (2021). Microalgas: ecología, repercusión en la salud y nutrición. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(S3), 297-302.

RESUMEN

En este trabajo se presenta una descripción de la ecología de las microalgas de agua dulce, así como las de ambientes costeros y marinos, haciendo un análisis de las especies predominantes en distintos tipos de acuarios, tomando en consideración que constituyen valiosa fuente nutritiva para humanos y animales, con utilidad biotecnológica e industrial. El objetivo del estudio fue caracterizar la importancia de las microalgas y su contribución a importantes actividades económicas como la producción de alimentos y piensos, cosméticos y compuestos relacionados con la salud. Se realizó una revisión sistemática cualitativa, documental y no experimental, mediante una búsqueda de artículos en español e inglés, localizados en bases de datos como: Scopus, Imbiomed, Pubmed, ClinicalKey y Science Direct. Los datos estadísticos actualizados fueron obtenidos de las páginas web de la OMS, Centre for Evidence-Based Medicine y la FAO. De esta manera fueron seleccionados 38 artículos los cuales forman parte del estudio. Los resultados muestran el papel de las microalgas en la ecología, sus potencialidades para la producción de alimentos y los beneficios que reportan para la biotecnología médica y farmacéutica en la síntesis de factores de crecimiento, hormonas, anticuerpos, vacunas y reguladores inmunitarios.

Palabras clave: Microalgas, biotecnología, ecología, nutrición bgv, salud humana.

ABSTRACT

This work presents a description of the ecology of freshwater microalgae, as well as those of coastal and marine environments, making an analysis of the predominant species in different types of aquariums, taking into consideration that they constitute a valuable nutritional source for humans and animals, with biotechnological and industrial utility. The objective of the study was to characterize the importance of microalgae and their contribution to important economic activities such as the production of food and feed, cosmetics and health-related compounds. A qualitative, documentary and non-experimental systematic review was carried out by means of a search of articles in Spanish and English, located in databases such as: Scopus, Imbiomed, Pubmed, ClinicalKey and Science Direct. The updated statistical data were obtained from the web pages of the WHO, Centre for Evidence-Based Medicine and FAO. In this way, 38 articles were selected as part of the study. The results show the role of microalgae in ecology, their potential for food production and their benefits for medical and pharmaceutical biotechnology in the synthesis of growth factors, hormones, antibodies, vaccines and immune regulators.

Keywords: Microalgae, biotechnology, ecology, bgv nutrition, human health.

INTRODUCCIÓN

Las microalgas han atraído recientemente un interés considerable en todo el mundo, debido a su amplio potencial de aplicación en las industrias de energía renovable, biofarmacéutica y nutracéutica. Las microalgas son fuentes renovables, sostenibles y económicas de biocombustibles, productos medicinales bioactivos e ingredientes alimentarios. Se han investigado varias especies de microalgas por su potencial como productos de valor añadido con notables cualidades farmacológicas y biológicas (Khan et al. 2018).

Las algas, incluidas las algas marinas y las microalgas, contribuyen con casi el 30 % de la producción acuícola mundial (medida en peso húmedo), principalmente de las algas marinas. Las algas marinas y las microalgas generan beneficios socioeconómicos para decenas de miles de hogares, principalmente en comunidades costeras, incluidas numerosas mujeres empoderadas por el cultivo de algas marinas. Varias contribuciones a la salud humana, beneficios ambientales y servicios ecosistémicos de las algas y microalgas han atraído cada vez más la atención sobre el potencial sin explotar del cultivo de algas y microalgas (Cai et al. 2021).

Las algas son organismos fotosintéticos que crecen en una variedad de hábitats acuáticos, incluidos lagos, libras, ríos, océanos e incluso aguas residuales. Pueden tolerar una amplia gama de temperaturas, salinidades y valores de pH; diferentes intensidades de luz; y condiciones en reservorios o desiertos y pueden crecer solos o en simbiosis con otros organismos (Khan et al. 2018). Como resultado, las algas suelen tener una mayor eficiencia fotosintética que las plantas, lo que se traduce en una mayor capacidad para generar biomasa.

Las algas se clasifican en términos generales como *Rhodophyta* (alga roja), *Phaeophyta* (alga marrón) y *Chlorophyta* (alga verde) y se clasifican por tamaño como macroalgas o microalgas. Las macroalgas (algas marinas) son algas multicelulares de gran tamaño, visibles a simple vista, mientras que las microalgas son células individuales microscópicas y pueden ser procariotas, similares a las cianobacterias (*Cloroxibacterias*), o eucariotas, similares a las algas verdes (Cai et al. 2021).

En la naturaleza, las microalgas son capaces de alcanzar altas concentraciones de biomasa en condiciones eutróficas, pero, desde el punto de vista del cultivo masivo, incluso estas concentraciones no son suficientes. En la última década, ha habido una gran cantidad de investigaciones enfocadas en optimizar las condiciones que promueven al máximo las tasas de crecimiento de algas,

o provocan una producción mejorada de un producto específico, en condiciones de crecimiento artificial (Fabris et al. 2020).

Sin embargo, una de las mayores limitaciones en el cultivo masivo de algas es la creación de un sistema de producción rentable. En este sentido, una diversa gama de técnicas de cultivo de algas puede ofrecer diferentes niveles de control sobre el crecimiento y el rendimiento del producto, con diferentes costos de capital y operativos asociados. El objetivo del estudio fue caracterizar la importancia de las microalgas y su contribución a importantes actividades económicas como la producción de alimentos y piensos, cosméticos y compuestos relacionados con la salud.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática cualitativa, documental y no experimental, mediante una búsqueda de artículos en español e inglés, localizados en bases de datos como: Scopus, Imbiomed, Pubmed, ClinicalKey y Science Direct. Esta estrategia se complementó con la utilización de los siguientes descriptores: "Microalgae", "Ecology", "Nutrition", "Biotechnology", "human and animal health", considerándose las investigaciones comprendidas desde enero del año 2016 a septiembre del 2021.

Los datos estadísticos actualizados fueron obtenidos de las páginas web de la OMS, Centre for Evidence-Based Medicine y la FAO. Se excluyó de la búsqueda toda la literatura gris, no sustentada en un basamento científico y que no estuviera dentro del periodo de tiempo establecido. Se localizaron 72 artículos, de los cuales solo fueron utilizados 38 de ellos, por su contribución al cumplimiento del objetivo de esta investigación.

RESULTADOS

Microalgas como alimentos

Las microalgas se han utilizado como fuente de alimento para humanos o suplementos nutricionales durante cientos de años. Los aztecas utilizaron la cianobacteria *Spirulina* (*Arthrospira platensis*, *Arthrospira maxima*) del lago Texcoco (México) alrededor del año 1300 d.C. Los cronistas españoles describieron a los pescadores locales recolectando masas azul verdosas de los lagos que se preparaban como una torta seca, conocida como 'te-cuitlatl' (Basheer et al. 2020).

Durante siglos, la población de Chad ha estado recolectando espirulina (conocida como 'dihé') del lago Kossorom en la franja noreste del lago Chad y usándola como alimento a diario. Nostoc, cianobacterias filamentosas,

también se ha utilizado ampliamente como alimento. Las especies *N. commune*, *N. flagelliforme* y *N. punctiforme* se consumen tradicionalmente en China, Mongolia, Tartaria y América del Sur (conocidas como '*fa cai*' y '*lakeplum*'). En Japón, otra cianobacteria comestible *Aphanotheca sacrum* (anteriormente *Phyllocladon sacrum*) se considera un manjar especial conocido como '*suizenji-nori*'. Las algas verdes filamentosas *Spirogyra* y *Oedogonium* también se utilizan como componente dietético en Birmania, Tailandia, Vietnam e India (García et al. 2017).

A pesar de estos antecedentes, la era moderna de los desarrollos biotecnológicos de microalgas y cianobacterias comenzó a principios de la década de 1940 y ganó impulso con el primer Simposio de cultivo masivo de algas que se celebró en la Universidad de Stanford en 1952. Desde entonces, numerosas tecnologías y enfoques para el cultivo controlado masivo se han sugerido (estanques abiertos, fotobiorreactores especializados) para su explotación comercial, además de recolectarse en entornos naturales (Ahmad et al. 2021).

Es importante destacar que la Spirulina fue declarada por la Conferencia Mundial de la Alimentación de las Naciones Unidas de 1974 como el mejor alimento para el futuro, y la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas (OMS) afirmó que la Spirulina representa un alimento interesante por múltiples razones, por ejemplo, es rico en hierro y proteínas y se puede administrar a los niños sin ningún riesgo (Merlo et al. 2021).

Hoy en día, la Clorella y la Espirulina se comercializan ampliamente en las tiendas naturistas ganando popularidad en todo el mundo, porque son uno de los alimentos más nutritivos conocidos por el hombre (Boukid & Castellari et al. 2021). Estas microalgas también se utilizan para alimentar a muchos tipos de animales (por ejemplo, gatos, perros, peces de acuario, aves ornamentales, caballos, aves de corral, vacas y toros reproductores). Además, otras microalgas como *Tetraselmis*, *Isochrysis*, *Pavlova*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*, *Nannochloropsis*, *Skeletonema* y *Thalassiosira*, también se utilizan como piensos en la acuicultura.

Aunque el valor nutricional de las microalgas está bien documentado, su digestibilidad y valor nutricional general (Vin et al 2020), dependen no solo de los rasgos genéticos de las cepas individuales sino también de los procesos tecnológicos utilizados para la producción de biomasa. Algunos estudios mencionan el sabor, la textura, el color y el olor de la biomasa de microalgas como posibles cuellos de botella, mientras que otros indican que las microalgas tienen el sabor, la textura y el olor deseados. Por tanto, estas propiedades son cuestiones relevantes a

tener en cuenta en el desarrollo de productos alimenticios o ingredientes basados en microalgas.

Uno de los factores limitantes del uso de grandes cantidades de microalgas para el consumo humano es el alto contenido de ácidos nucleicos que se metabolizan a ácido úrico y que pueden tener efectos adversos para la salud, como gota o cálculos renales (Mosquera-Murillo & Peña-Salamanca, 2016).

Así, desde el punto de vista nutricional, la reformulación de alimentos y bebidas con ingredientes de algas no garantiza automáticamente la mejora del perfil nutricional si se compara con los correspondientes productos libres de algas. También es de destacar que los ingredientes unicelulares de microalgas generalmente se incluyen en porcentajes muy bajos en los productos reformulados, por lo que todavía hay una gran oportunidad sin explotar para incorporarlos en alimentos y bebidas. En este sentido, se requiere más investigación e innovación para impulsar el desarrollo de ingredientes de algas purificados, organolépticamente, más neutros, que probablemente podrían incluirse en porcentajes más altos en alimentos y bebidas, y que podrían ayudar a adaptar mejor la optimización de los valores nutricionales (Boukid & Castellari, 2021).

Microalgas en la salud y prevención de enfermedades

Sin embargo, las microalgas también son fuentes potenciales de valiosos compuestos bioactivos con una amplia aplicación como nutracéuticos. Los nutracéuticos que se pueden extraer de las microalgas son muy abundantes y diversos, y se han propuesto para tratar un gran número de enfermedades; sin embargo, algunas de estas propiedades aún deben ser confirmadas por ensayos clínicos sólidos (David et al. 2020).

Otros compuestos bioactivos de interés que se pueden obtener de las microalgas son los esteroides. Esta familia de compuestos se ha vuelto muy conocida por su capacidad para reducir el colesterol LDL y promover la salud cardiovascular. Además, se ha informado que los esteroides están implicados en actividades antiinflamatorias y antiaterogénicas, anticancerígenas y antioxidantes y pueden proporcionar protección contra trastornos del sistema nervioso, tales como encefalomiелitis autoinmune, esclerosis lateral amiotrófica o enfermedad de Alzheimer (Mu et al. 2019).

Varias microalgas tienen contenidos fenólicos totales que son similares o incluso superiores a varias frutas y verduras populares (Mosquera-Murillo & Peña-Salamanca, 2016). Sus funciones biológicas son muy diversas destacando las actividades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas y retardan la progresión de ciertos cánceres

y reducen los riesgos de enfermedades cardiovasculares, enfermedades neurodegenerativas y diabetes.

El futuro de la biotecnología de microalgas

En el pasado se han utilizado aguas naturales (lagos, lagunas, estanques) o estanques artificiales para el cultivo de microalgas. Los sistemas al aire libre dependen de la luz natural para la iluminación y, aunque su instalación y funcionamiento son económicos, adolecen de muchos problemas (por ejemplo, los cultivos no son axénicos; los depredadores pueden dañar el cultivo; la variabilidad climática dificulta un control adecuado del sistema). Las especies que actualmente se cultivan en estanques abiertos son extremófilos capaces de crecer en un ambiente altamente selectivo (pH, salinidad o temperatura altos) para evitar el crecimiento de contaminantes.

El futuro de la biotecnología de microalgas depende del desarrollo de fotobiorreactores (PBR) a gran escala capaces de operar en condiciones óptimas definidas con riesgos mínimos de contaminación (Menaar et al. 2020). En comparación con los sistemas al aire libre, los sistemas cerrados pueden evitar la mayoría de sus problemas, pero se necesita el desarrollo de sistemas de cultivo cerrados más económicos y eficientes. Hasta ahora se han diseñado varios tipos de PBR cerrados, incluidos tubulares, bolsas de plástico, placas planas, columnas de transporte aéreo y de burbujas, reactores de tanque agitado o incluso reactores de ventana de edificios (Nasab et al. 2020).

En todos los casos, un uso eficiente de la luz es una limitación importante y dificulta la ampliación. Por lo tanto, se necesitan nuevos desarrollos en iluminación y su control para hacer competitivos los sistemas de cultivo cerrados. En este sentido, se han utilizado fibras ópticas o diodos orientados a la irradiancia que proporcionan iluminación interna para mejorar la intensidad de la luz. El diseño de superficies con materiales, grupos funcionales o recubrimientos de superficie adecuados para evitar la adhesión de microalgas también es esencial para resolver los problemas típicos de bioincrustación de los PBR (Glemser et al. 2016).

Microalgas, utilidad en Ecuador para nutrición acuícola

La acuicultura juega un papel importante en la economía del Ecuador, con un enfoque hacia la producción a gran escala y potenciando a su vez la producción artesanal o a menor escala. El camarón blanco es la especie cultivada más importante; sin embargo, las especies de peces, especialmente la tilapia, la trucha y la cachama, están ganando importancia en la región, por lo que el país

se considera el quinto productor mundial en volumen de acuicultura marina y costera de crustáceos.

En la naturaleza las larvas de la mayoría de las especies de peces y mariscos comen pequeños organismos que componen el fito y zooplancton. Esta dieta no solo aporta una composición nutritiva muy diversificada, sino que por sus características facilita la digestión y absorción de nutrientes en las larvas. Además, el fitoplancton se ha considerado como un parámetro ecológico importante para los ecosistemas acuáticos.

Los primeros pioneros en la larvicultura de peces y camarones tuvieron que buscar un sustituto adecuado y práctico del plancton natural, teniendo en cuenta la calidad nutricional y los costos de producción en el proceso de selección. A lo largo de los años, un número limitado de especies de algas, constituyendo el rotífero *Brachionus plicatilis* y el camarón de salmuera *Artemia* los alimentos vivos utilizados a escala mundial en la cría industrial de larvas de peces y mariscos. Hoy en día, los alimentos vivos más costosos y quizás menos comprendidos son las algas unicelulares; es decir, unas 15 especies de diatomeas y algas verdes, que varían en tamaño de 5 a 25 micrones (Khan & Bari, 2019).

Las microalgas son una fuente de alimento esencial en la cría de todos los estadios de los moluscos bivalvos marinos (almejas, císteres, vieiras), los estadios larvarios de algunos gasterópodos marinos (abulón, caracol), larvas de peces marinos (bacalao, fletán) y camarones (*Penaeus*), algunas especies de peces (tilapia, chano) y zooplancton (rotíferos, copépodos, cladóceros, camarones de salmuera). Estos últimos se alimentan a su vez a los estadios larvarios tardíos de diversas especies de peces y crustáceos (langostinos, camarones, cangrejos, langostas). En general, casi todas las granjas camaroneeras se operan en estanques de tierra, que contienen biota de valores nutricionales del camarón (Sarker et al. 2021).

Las especies alimentarias de microalgas se han seleccionado sobre la base de su cultivo potencial, tamaño celular, digestibilidad y valor alimenticio general, mucho más por ensayo y error que por cualquier otro proceso de selección científica. Las "malezas" fáciles de cultivar, como *Chlorella sp.*, Parecen tener un valor alimenticio deficiente (es decir, una digestibilidad baja) para muchas especies con potencial de acuicultura. Las especies más adecuadas todavía plantean muchos problemas para el cultivo a gran escala, es decir, su cultivo implica el uso de medios de cultivo complejos, elaborados con agua de mar libre de gérmenes tratada por microfiltración y / o irradiación UV (Angela et al. 2021).

DISCUSIÓN

El tratamiento de aguas residuales con microalgas representa una oportunidad interesante, especialmente para los países menos desarrollados, donde la calidad del agua es baja y la mejora requiere costos de inversión elevados y, a menudo, inasequibles. Por lo tanto, en muchos países en desarrollo solo se pueden implementar procesos de tratamiento de aguas residuales básicos y baratos. El cultivo de microalgas podría mejorar la calidad del agua a un precio más bajo en comparación con las tecnologías existentes y convencionales y los sistemas de tratamiento terciario (Razzak et al. 2017). Sin embargo, hay que considerar que grandes volúmenes de agua a tratar pueden sobrepasar la capacidad de las microalgas. En el caso de las microalgas marinas, su uso para estos fines es probablemente más limitado ya que la mayor parte de las aguas residuales proviene de usos de agua dulce y alcantarillado.

El uso de algas en la formulación de alimentos se está posicionando firmemente en el mercado alimentario. Anteriormente, los ingredientes de las algas se usaban principalmente como suplementos dietéticos en diferentes formas, como polvo, cápsulas y tabletas debido a su rica composición en compuestos beneficiosos para la salud (p. Ej., Carotenoides, astaxantina, omega-3 y ácido docosahexaenoico). Recientemente, la tendencia es el uso de estos ingredientes (o ingredientes derivados) en formulaciones alimentarias. El número de lanzamientos de alimentos y bebidas que contienen microalgas o macroalgas ha aumentado significativamente durante los últimos cinco años (Mu et al. 2019).

Las microalgas desempeñan un papel fundamental en la biotecnología médica y farmacéutica y se utilizan para la síntesis de factores de crecimiento, hormonas, anticuerpos, vacunas y reguladores inmunitarios (Rizwan et al. 2018).

Se considera que las NP son portadores eficaces para la administración específica de fármacos a las células tumorales. El uso de NP sintéticas para la administración de medicamentos contra el cáncer es un enfoque importante para mejorar la eficacia de la quimioterapia. Sin embargo, estos materiales pueden ser tóxicos y tener algunas desventajas medioambientales. En las últimas décadas, el uso de NP de silicio biodegradable (SiNP) ha sido reemplazado por microalgas, que tienen una fabricación rentable y baja toxicidad (Khavari et al. 2021).

Algunos carbohidratos, lípidos y ficobiliproteínas que se extraen de microalgas han mostrado efectos antiproliferativos y apoptóticos en varios cánceres. El fucoïdan es un polisacárido sulfatado, que se extrae de diferentes

microalgas, como *Fucus vesiculosus*, *Sargassum henslowianum*, *Cladophora fucoïdan* y *Coccoloba longsdorffii*, que inhiben la angiogénesis y la metástasis mediante la regulación a la baja de la actividad quinasa y la activación de la caspasa-3/7 en la línea celular de linfoma humano, melanoma, cáncer de colon humano, cáncer de mama, carcinoma de pulmón y leucemia promielocítica humana (Skjanes et al. 2021).

CONCLUSIONES

Aunque las microalgas se han utilizado durante siglos para proporcionar alimento a humanos y animales, solo recientemente se han cultivado y cosechado mucho más ampliamente a gran escala industrial. Sus funciones en la provisión de beneficios para la salud y la nutrición, así como sus aplicaciones en las industrias de la energía y los cosméticos, están contribuyendo a expandir su mercado, pero aún quedan por abordar varios desafíos clave en este campo.

Los efectos de las microalgas y sus productos derivados nutracéuticos se han probado en muchos estudios nutricionales en todo el mundo, pero aún es probable que se descubran muchos beneficios positivos para la salud con su mayor consumo como suplementos de alimentos y piensos. Su potencial para tratar y prevenir muchos tipos de enfermedades debería mejorar el interés y promover las actividades de investigación en su valor principalmente para la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, I., Abdullah, N., Koji, I., Yuzir, A., & Muhammad, S. E. (2021). Evolution of Photobioreactors: A Review based on Microalgal Perspective. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1142, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- Angela, D., Arbi, S., Natrah, F. M., Widanarni, W., Pande, G. S. J., & Ekasari, J. (2021). Evaluation of *Chlorella* sp. and *Ankistrodesmus* sp. addition on biofloc system performance in giant prawn culture. *Aquaculture Research*.
- Basheer, S., Huo, S., Zhu, F., Qian, J., Xu, L., Cui, F., & Zou, B. (2020). Microalgae in human health and medicine. In *Microalgae Biotechnology for Food, Health and High Value Products* (pp. 149-174). Springer, Singapore.
- Boukid, F., & Castellari, M. (2021). Food and beverages containing algae and derived ingredients launched in the market from 2015 to 2019: a front-of-pack labeling perspective with a special focus on Spain. *Foods*, 10(1), 173.

- Boukid, F., & Castellari, M. (2021). Food and beverages containing algae and derived ingredients launched in the market from 2015 to 2019: a front-of-pack labeling perspective with a special focus on Spain. *Foods*, 10(1), 173.
- Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., ... & Yuan, X. (2021). Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, (1229). 1-48.
- David, S., Wojciechowska, A., Portmann, R., Shpigelman, A., & Lesmes, U. (2020). The impact of food-grade carrageenans and consumer age on the in vitro proteolysis of whey proteins. *Food Research International*, 130, 108964.
- Fabris, M., Abbriano, R. M., Pernice, M., Sutherland, D. L., Commault, A. S., Hall, C. C., ... & Ralph, P. J. (2020). Emerging technologies in algal biotechnology: Toward the establishment of a sustainable, algae-based bioeconomy. *Frontiers in plant science*, 11, 279.
- García, J. L., De Vicente, M., & Galán, B. (2017). Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microbial biotechnology*, 10(5), 1017-1024.
- Glemser, M., Heining, M., Schmidt, J., Becker, A., Garbe, D., Buchholz, R., & Brück, T. (2016). Application of light-emitting diodes (LEDs) in cultivation of phototrophic microalgae: current state and perspectives. *Applied microbiology and biotechnology*, 100(3), 1077-1088.
- Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microbial cell factories*, 17(1), 1-21.
- Khan, N. S., & Bari, J. B. A. (2019). The effects of physico-chemical parameters on plankton distribution in poultry manure and artificial formulated feed treated fish ponds, Noakhali, Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(5), 1-7.
- Khavari, F., Saidijam, M., Taheri, M., & Nouri, F. (2021). Microalgae: therapeutic potentials and applications. *Molecular Biology Reports*, 1-9.
- Mena, F., Wijesinghe, P. A. U. I., Thiripuranathar, G., Uzair, B., Iqbal, H., Khan, B. A., & Mena, B. (2020). Ecological and industrial implications of dynamic seaweed-associated microbiota interactions. *Marine Drugs*, 18(12), 641.
- Merlo, S., Gabarrell Durany, X., Pedroso Tonon, A., & Rossi, S. (2021). Marine Microalgae Contribution to Sustainable Development. *Water*, 13(10), 1373.
- Mosquera-Murillo, Z., & Peña-Salamanca, E. J. (2016). Effect of salinity on growth of the green alga *Caulerpa sertularioides* (Bryopsidales, Chlorophyta) under laboratory conditions. *Hidrobiológica*, 26(2), 277-282.
- MU, N., Mehar, J. G., Mudliar, S. N., & Shekh, A. Y. (2019). Recent advances in microalgal bioactives for food, feed, and healthcare products: commercial potential, market space, and sustainability. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(6), 1882-1897.
- Nasab, S. B., Homaei, A., Pletschke, B. I., Salinas-Salazar, C., Castillo-Zacarias, C., & Parra-Saldivar, R. (2020). Marine resources effective in controlling and treating diabetes and its associated complications. *Process Biochemistry*, 92, 313-342.
- Razzak, S. A., Ali, S. A. M., Hossain, M. M., & deLasa, H. (2017). Biological CO₂ fixation with production of microalgae in wastewater—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 379-390.
- Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S. A., Lee, K., & Rashid, N. (2018). Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 394-404.
- Sarker, M. M., Hossain, M. B., Islam, M. M., Mustafa Kamal, A. H., & Idris, M. H. (2021). Unravelling the diversity and assemblage of phytoplankton in homestead ponds of central coastal belt, Bangladesh. *Aquaculture Research*, 52(1), 167-184.
- Skjånes, K., Aesoy, R., Herfindal, L., & Skomedal, H. (2021). Bioactive peptides from microalgae. Focus on anti-cancer and immunomodulating activity. *Physiologia Plantarum*.
- Vin, K., Beziat, J., Seper, K., Wolf, A., Sidor, A., Chereches, R., ... & Ménard, C. (2020). Nutritional composition of the food supply: A comparison of soft drinks and breakfast cereals between three European countries based on labels. *European journal of clinical nutrition*, 74(1), 17-27.