

Chlorella sorokiniana: una microalga con potencial biotecnológico

Julio César Jacuinde Ruíz y Juan Carlos González-Hernández

Laboratorio de Bioquímica, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia. Morelia, Michoacán, México.
Contacto: juan.gh@morelia.tecnm.mx

Resumen. La microalga *Chlorella sorokiniana* tiene gran interés biotecnológico debido a su contenido de antioxidantes, lípidos y vitaminas de alto valor nutricional y económico, que en combinación con su rápido desarrollo bajo las condiciones ideales de crecimiento se ha diversificado su uso en los últimos años. Entre sus principales aplicaciones esta la biorremediación de aguas residuales, la producción de biocombustibles y es ampliamente utilizada en las industrias alimenticia, agrícola, farmacéutica y cosmética por los efectos que causa en la salud humana. Actualmente se estudia y optimizan las condiciones de crecimiento ambientales y nutricionales que promuevan la producción de lipasas y amilasas a partir de *C. sorokiniana* para su uso en procesos biotecnológicos.

Palabras clave: Microalgas, *C. sorokiniana*, Biotecnología.

Introducción

En los últimos años el interés sobre las microalgas ha tomado gran relevancia por su contenido de nutrientes de gran valor económico que son utilizados en industrias como la farmacéutica, la alimentaria, la cosmética, la agrícola, de biocombustibles entre otras, atribuido a la rapidez de su reproducción y crecimiento, por lo que diversas investigaciones se han enfocado en encontrar las condiciones nutrimentales y ambientales idóneas para acelerar su crecimiento, e incrementar la producción de metabolitos de interés biotecnológico (Champenois *et al.*, 2015). Una de las algas de mayor

aplicación biotecnológica es *C. sorokiniana* (Fig. 1), la cual es catalogada como cianobacteria, de forma esférica, unicelular y de color verde. Esta microalga se puede desarrollar en ecosistemas acuáticos de baja salinidad como cuerpos de agua dulces (lagos, ríos, estanques, etc.) y su crecimiento está condicionado por algunos factores como el pH, temperatura y luminosidad. Debido a su composición y rápido desarrollo (Tabla 1) es utilizada como suplemento alimenticio en humanos, animales y en productos farmacéuticos, lo cual ha tomado gran relevancia debido a que se han reportado beneficios sobre la salud y en el tratamiento de algunas enfermedades y padecimientos (Magdaong *et al.*, 2019).

Características de *C. sorokiniana*

La microalga *C. sorokiniana* es fotoautotrófica (requiere una fuente de luz para generar su alimento), unicelular, esférica y de tono verdoso como se muestra en la Fig. 1. Su estructura interna es similar a las plantas, ya que contiene mitocondrias, cloroplastos y una pared celular que la protege de factores bióticos y abióticos. El crecimiento de esta microalga está condicionado particularmente por algunos factores entre los más importantes está el pH que debe mantenerse entre 7.0 a 8.5, la temperatura de crecimiento entre 23 °C a 37 °C, el tiempo de exposición a la luz desde 8 hasta 16 horas y la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y dióxido de carbono. Durante su etapa de crecimiento puede adoptar una organización individual y también puede formar colonias de hasta 64 células, lo cual favorece su separación del medio de cultivo para ser procesada (Kuznetsova *et al.*, 2020).

El mecanismo de reproducción es asexual, mediante autoesporulación bajo condiciones que favorezcan su crecimiento, ya que si se somete a estrés su tiempo de crecimiento puede incrementar. Las condiciones de su desarrollo pueden llevarse a cabo mediante tres tipos de cultivo: 1) Crecimiento fotoautotrófico por la presencia de una fuente de luz, 2) Crecimiento heterotrófico en ausencia de luz y la adición una fuente de carbono y 3) Crecimiento mixotrófico por la combinación de una fuente lumínica y la adición de una fuente de carbono. Este último método resulta ser ampliamente aplicado, debido a que incrementa la producción de biomasa y el contenido de algún metabolito intra o extracelular de interés (Coronado-Reyes *et al.*, 2022).

Aplicaciones

Biorremediación y biocombustibles: Se ha reportado que *C. sorokiniana* puede adaptarse a distintos medios de crecimiento, por lo que puede utilizarse para la biorremediación de aguas residuales industriales o domésticas. Su crecimiento es favorecido por los nutrientes contenidos en los efluentes residuales; sin embargo, el contenido de sus principales componentes químicos

Componente	Contenido (%)
Proteína	52
Carbohidratos	12
Lípidos	12
Minerales	7
Vitaminas	2
Pigmentos	2

Tabla 1. Composición química de *C. sorokiniana* (Tomado y modificado de Petruk *et al.*, 2022).



Fig. 1. Células de *C. sorokiniana* observadas a microscopía de luz (40 X) y biomasa de la microalga deshidratada para su uso en biotecnología (Tomada de <https://www.asentarglobal.com/chlorella-sorokiniana/>).

es menor cuando *C. sorokiniana* se desarrolla en efluentes residuales respecto con la composición que se puede alcanzar al desarrollarse en un medio específico. La biomasa desarrollada en los efluentes residuales no puede utilizarse para consumo animal o humano, pero puede aprovecharse para la producción de biocombustibles de tercera generación como biogás y biodiésel, los cuales son alternativas que pueden contribuir en satisfacer la demanda energética (Tejano *et al.*, 2019).

La producción de biogás se lleva a cabo mediante la digestión anaerobia empleando un conjunto de bacterias en ausencia de oxígeno. El biogás generado puede contener entre 50 a 70% de metano, el cual al purificarse incrementa hasta entre 95% a 99% su contenido. Sus aplicaciones son variadas, entre las que destacan para uso doméstico, en medios de transporte y para la generación de energía eléctrica (De Andrade *et al.*, 2017). La producción de biodiesel a partir de *C. sorokiniana* es otra alternativa, debido a su alto contenido de lípidos, favoreciendo la producción de biodiesel y glicerol los cuales al pasar por un proceso de purificación pueden tener una pureza de hasta 99% y 89% respectivamente. Por lo que la producción de biodiesel a partir de *C. sorokiniana* desarrollada en aguas residuales es una alternativa viable (Brahmaiah *et al.*, 2020).

Beneficios en la salud: El uso de microalgas para consumo humano y animal se ha llevado a cabo desde hace varios años, una de las especies de mayor aplicación a nivel mundial es *C. sorokiniana*, debido a los beneficios que ocasiona sobre la salud (Tabla 1) (Cao *et al.*, 2020). Estudios previos han demostrado que el consumo *C. sorokiniana* favorece la pérdida de peso, la disminución del índice glucémico y la resistencia a la insulina, así como una mejora en la función hepática en pacientes con hígado graso. Los ácidos grasos de cadena larga como el ácido

araquidónico, ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico, favorecen la mejora en la función cerebral, lo cual reduce la probabilidad de padecer enfermedades neurodegenerativas como alzheimer, desorden bipolar, esquizofrenia, depresión, etc. También mejora la respuesta a tratamientos contra el cáncer y puede llegar a inhibir el cáncer de colon. Por lo tanto, la salud humana puede mejorar significativamente mediante la adición de *C. sorokiniana* en distintos tipos de alimentos como dulces, bebidas, jugos, entre otros, o a partir del consumo productos a base de esta microalga como se muestra en la Fig. 2 (De Andrade *et al.*, 2017).

Capacidad antioxidante: La *C. sorokiniana* contiene una gran variedad de antioxidantes, entre los que destacan el β -caroteno, la luteína, el licopeno, así como la cantaxantina y la astaxantina, los cuales pueden reducir los efectos dañinos de los radicales libres sobre las células, prevenir la oxidación de lípidos, mejorar la salud cardiovascular y poseen capacidad anticancerígena.

La clorofila es un pigmento presente en *C. sorokiniana* y que tiene gran interés en la industria por sus propiedades antioxidantes y antimutagénicas, a partir de lo cual ha sido utilizada como parte de productos farmacéuticos, cosméticos y en alimentos como colorante natural (Petruk *et al.*, 2018).



Fig. 2. Comprimidos, agua y polvo de *C. sorokiniana* para su uso como aditivo en distintos alimentos (Tomado de: <https://institut-igem.com/articulos/propiedades-de-la-chlorella/>).

Cosméticos: Los componentes de *C. sorokiniana* (Tabla 1) son comúnmente utilizados por la industria cosmética, siendo uno de los más utilizados la clorofila por su capacidad de absorber la luz. Por lo que se incluye como parte de las formulaciones de productos para el cuidado de la piel contra la radiación solar, de igual modo algunos aminoácidos contenidos en esta microalga tienen la capacidad de proteger contra la radiación ultravioleta. Debido a los efectos positivos que presentan en el cuidado de la piel algunos de los metabolitos producidos por *C. sorokiniana* se han formulado en cremas hidratantes, que ayudan a reducir problemas de la piel como las estrías. La adición del alga en la formulación de estos productos favorece la hidratación y la renovación celular, así como reafirmar la piel mediante la estimulación de la producción de colágeno (Yun *et al.*, 2020).

Conclusión

El cultivo de microalgas actualmente tiene una amplia diversidad de aplicaciones biotecnológicas. Particularmente estudios sobre *C. sorokiniana* han demostrado que bajo las condiciones controladas crece rápidamente, por lo que es utilizada para la obtención de diversos metabolitos de interés nutricional y económico, los cuales pueden utilizarse en industrias como la alimentaria, la farmacéutica, la cosmética, de biorremediación y de biocombustibles. Debido a la importancia que representa *C. sorokiniana* actualmente el equipo de trabajo está evaluando el efecto de las condiciones de crecimiento ambientales y nutricionales sobre su desarrollo y la producción de enzimas extracelulares (lipasas y amilasas) a partir de *C. sorokiniana*, mediante un diseño experimental, con el objetivo de optimizar la producción de amilasas y lipasas para utilizarlas en aplicaciones biotecnológicas.

Referencias

Brahmaiah P., MohammadMatin H., Godwin A. A., Sridhar V. & Sasidhar V. (2020). Production of Organic Acids via Autofermentation of Microalgae: A Promising Approach for Sustainable Algal Biorefineries. *Industrial &*

Engineering Chemistry Research 2020 59 (5), 1772-1780. <http://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b05493>

Cao, M., Kang, J., Gao, Y., Wang, X., Pan, X., & Liu, P. (2020). Optimization of cultivation conditions for enhancing biomass, polysaccharide and protein yields of *Chlorella sorokiniana* by response surface methodology. *Aquaculture Research*, 51(6), 2456–2471. <https://doi.org/10.1111/are.14589>

Kuznetsova, T., Ivanchenko, O., Trukhina, E., Nikitina, M., & Kiseleva, A. (2020). Directed cultivation of *Chlorella sorokiniana* for the increase in carotenoids' synthesis. *E3S Web of Conferences*, 161, 1–5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016101051>

Champenois, J., Marfaing, H. & Pierre. (2015). R. Review of the taxonomic revision of *Chlorella* and consequences for its food uses in Europe. *Journal Applied Phycology* 27, 1845–1851. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0431-2>

Coronado-Reyes, J. A., Salazar-Torres, J. A., Juárez-Campos, B., & González-Hernández, J. C. (2022). *Chlorella vulgaris*, a microalgae important to be used in Biotechnology: a review. *Food Science and Technology*, 42, 1–11. <https://doi.org/10.1590/fst.37320>

De Andrade C. J., De Andrade L. M. (2017). An overview on the application of genus *Chlorella* in biotechnological processes. *Journal Advanced Research in Biotechnology*, 2(1):1-9. <http://dx.doi.org/10.15226/2475-4714/2/1/00117>

Magdaong, J. B., Ubando, A. T., Culaba, A. B., Chang, J. S., & Chen, W. H. (2019). Effect of aeration rate and light cycle on the growth characteristics of *Chlorella sorokiniana* in a photobioreactor. *IOP Science. Conference Series: Earth and Environmental Science*, 268(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012112>

Petruk, G., Gifuni, I., Illiano, A., Roxo, M., Pinto, G., Amoresano, A., Marzocchella, A., Piccoli, R., Wink, M., Olivieri, G., & Monti, D. M. (2018). Simultaneous production of antioxidants and starch from the microalga *Chlorella sorokiniana*. *Algal Research*, Vol. 34, 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.07.012>

Politaeva, N., Smyatskaya, Y., Timkovskii, A. L., Lezhnev, E. I., Polyanskii, V. A., Timofeev, A. N., Tulub, A. A., Zaripova, D. A., & Lopicheva, O. G. (2019). Photobioreactors for microalga *Chlorella Sorokiniana* cultivation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 337(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/337/1/012076>

Tejano, L. A., Peralta, J. P., Yap, E. E. S., & Chang, Y. W. (2019). Bioactivities of enzymatic protein hydrolysates derived from *Chlorella sorokiniana*. *Food Science and Nutrition*, 7(7), 2381–2390. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1097>

Yun, H. S., Kim, Y. S., & Yoon, H. S. (2020). Characterization of *Chlorella sorokiniana* and *Chlorella vulgaris* fatty acid components under a wide range of light intensity and growth temperature for their use as biological resources. *Heliyon*, 6(7), e04447. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04447>