

Introducción:

Hoy en día el uso de antioxidantes es bastante común, los cuales son moléculas con la capacidad de eliminar radicales libres de un organismo para producir otros compuestos inocuos o interrumpiendo las reacciones de oxidación. Estos se encuentran contenidos en los alimentos, estos pueden ayudar a neutralizar los radicales libres formados por la exposición a agentes contaminantes presentes en el medio ambiente o en los alimentos, los cuales pueden causar enfermedades cardíacas, neuronales, cáncer y envejecimiento prematuro, por mencionar algunas. Entre los antioxidantes más comunes se encuentran las Vitaminas A, C y E, flavonoides y carotenoides, los cuales pueden obtenerse a partir del consumo de alimentos de origen vegetal como lo son: aguacate, frutos rojos, repollo, col, zanahoria, cítricos, uvas, tomate, uvas, semillas, etc. (Fig. 1), así como también pueden ser de origen sintético obtenidos a partir de procesos industriales (Coronado et al., 2015).

En los últimos años se ha reportado que algunos microorganismos como bacterias, levaduras y microalgas tienen la capacidad de producir antioxidantes, entre ellos la astaxantina. Esta molécula también se encuentra en algunos animales marinos considerados como principales fuentes de obtención este antioxidante, entre los que se encuentran el salmón, trucha, cangrejos y camarones, caracterizados por su coloración rosada atribuida a su dieta basada en el consumo de microalgas que producen y contienen astaxantina (Ambati et al., 2014). Sin embargo, en las últimas dos décadas se ha reportado que una fuente alterna

Haematococcus pluvialis una fuente alterna de astaxantina

Haematococcus pluvialis an alternative source of astaxanthin

Julio César Jacuinde Ruíz y Juan Carlos González Hernández

Laboratorio de Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia. Morelia, Mich., México.

Contacto: juan.gh@morelia.tecnm.mx

Resumen. Actualmente el consumo de antioxidantes es bastante común ya que contribuye en prevenir o neutralizar el efecto de los radicales libres que pueden causar distintas enfermedades. Una fuente rica en estos antioxidantes es la microalga *Haematococcus pluvialis* la cual tiene gran interés biotecnológico y económico atribuido a su alto contenido de antioxidantes entre los que destaca la astaxantina, la cual ha tomado gran importancia y aplicación biotecnológica atribuido a sus beneficios en la salud por su consumo, atribuido a que tiene elevada capacidad antioxidante, ayuda a regular el nivel de azúcar en sangre, contribuye en la prevención de enfermedades cardiovasculares y puede ayudar a tratar o prevenir el cáncer, todo esto sin ocasionar efectos adversos sobre la salud humana, por lo que a partir de los beneficios que esta genera es ampliamente utilizada en las industrias alimentarias, de bebidas, cosmética, farmacéutica y nutracéutica para la obtención de nuevos productos enriquecidos con astaxantina. Debido a la relevancia que tiene la producción de astaxantina actualmente se evalúa el efecto de los factores de crecimiento en la fase verde sobre la actividad antioxidante de los extractos celulares de la microalga *H. pluvialis*.

Palabras clave: *Haematococcus pluvialis*, astaxantina, antioxidantes.

Abstract. Nowadays, the consumption of antioxidants is quite common because it helps to prevent or neutralize the effect of free radicals that can cause various diseases. A rich source of these antioxidants is the microalgae *Haematococcus pluvialis*, which is of great biotechnological and economic interest due to its high antioxidant content, including astaxanthin, which has taken on great importance and biotechnological application attributed for its health benefits when consumed, as it has a high antioxidant capacity, helps regulate blood sugar levels, contributes to the prevention of cardiovascular diseases and can help treat or prevent cancer and contributes to the prevention of cardiovascular diseases. It can help treat or prevent cancer without causing adverse effects on human health, for its benefits it is widely used in the food, beverage, cosmetics, pharmaceutical, and nutraceutical industries to obtain new products enriched with astaxanthin. Considering the relevance of astaxanthin production, the effect of growth factors in the green phase on the antioxidant activity of cell extracts of the microalga *H. pluvialis* is currently being evaluated.

Palabras clave: *Haematococcus pluvialis*, astaxantina, antioxidantes.

para la obtención de astaxantina es la microalga *Haematococcus pluvialis* la cual es fototrófica (requiere luz para producir su alimento) y unicelular, de forma esférica y de tonos verdosos a rojizos en función de su etapa de crecimiento (Fig. 2). Su desarrollo se condiciona por factores de crecimiento, entre los que destacan la temperatura (entre 16 °C a 26 °C), tiempo de exposición e intensidad de fuente de luz, pH (entre 7 a 9) y disponibilidad de nutrientes (como nitrógeno, carbono, fósforo y dióxido de carbono) durante la fase verde de crecimiento (Harker et al., 1995; Fábregas et al., 2000; Yuanyuan et al., 2021). Su desarrollo se realiza en tres etapas (Fig. 2) la primera es conocida como célula vegetativa, caracterizada por una coloración verdosa; la segunda etapa es conocida como palmella y se distingue por aumentar de tamaño, mantener su coloración verdosa y en el centro una coloración rojiza que indica el inicio de la producción de astaxantina y finalmente la etapa de aplanospora, en la cual se observa el incremento en la coloración rojiza atribuido al incremento del contenido de astaxantina que se produce como mecanismo de defensa cuando se somete a estrés. En esta última fase el contenido de astaxantina en esta microalga es aproximadamente entre el 2% al 5% del peso total de la microalga (Higuera-Ciapara et al., 2006; Yuanyuan et al., 2021; Xin et al., 2020; Kuan et al., 2019).



Fig. 1. Alimentos de origen vegetal ricos en antioxidantes.

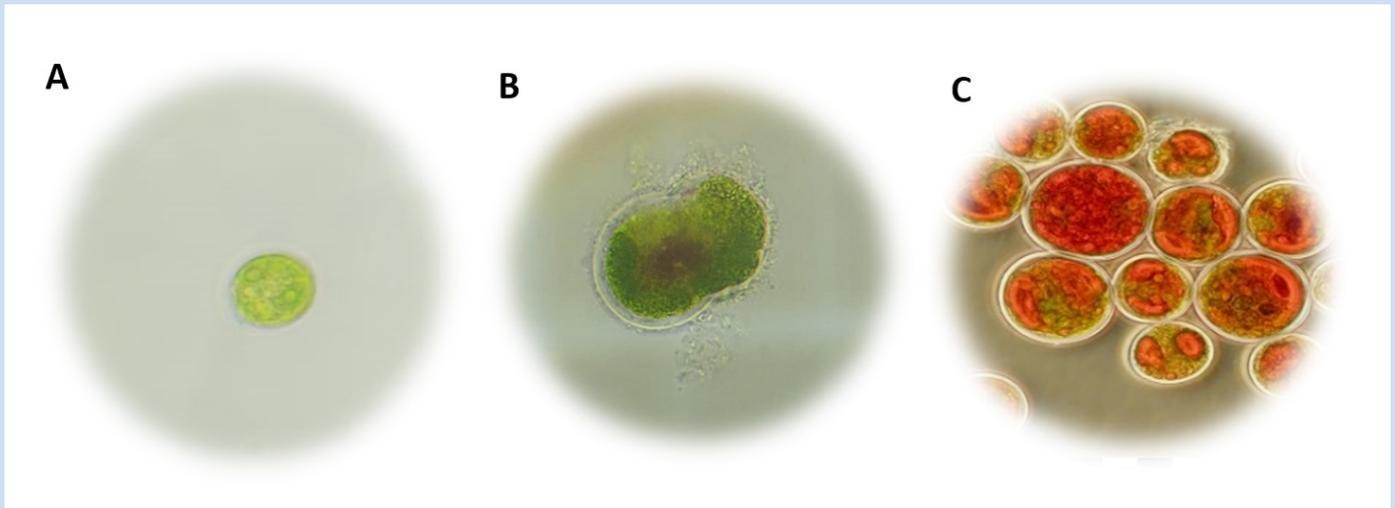


Fig. 2. Etapas de crecimiento de la microalga *H. pluvialis* (A. Célula vegetativa; B. Palmella; C. Aplanospora).

Efecto y beneficios sobre la salud humana

A lo largo de los años se han desarrollado diversas investigaciones sobre los efectos positivos en la salud humana que tiene el consumo de astaxantina (Fig. 3.), entre las que destacan:

Efecto antioxidante: las moléculas conocidas como radicales libres generadas por el ritmo de vida, alimentación y exposición a contaminantes pueden causar daños significativos sobre nuestro organismo y afectar significativamente la salud; una alternativa natural para contrarrestar tal efecto es el consumo de astaxantina la cual tiene la capacidad de neutralizar los radicales libres, evitando que moléculas como proteínas, lípidos y ADN sean oxidadas o alteradas reduciendo la probabilidad de desarrollar enfermedades asociadas a la alteración de estas, atribuido a los efectos positivos la astaxantina se emplea en industrias de alimentos, cosmética, farmacéutica, bebidas para la producir nuevos productos con capacidad antioxidante (Oslan *et al.*, 2021; Shah *et al.*, 2016; Davinelli *et al.*, 2018).

Control del nivel de azúcar: las personas que padecen diabetes mellitus constantemente están sometidas a un elevado estrés oxidativo atribuido al desgaste en el páncreas por el alto nivel de azúcar en

sangre. A partir de ello, se ha reportado que el consumo de astaxantina en dosis entre 8 mg/d a 15 mg/d ayuda mantener el control de esta enfermedad al disminuir dicho estrés y mejora los niveles de glucosa e insulina en sangre, además de proveer una protección adicional a las células del tejido pancreático contra la toxicidad de la glucosa y favoreciendo la mejora de la sensibilidad de insulina a la glucosa (Anbati *et al.*, 2013).

Prevención de enfermedades cardiovasculares: se ha demostrado que el consumo de astaxantina tiene efectos positivos sobre enfermedades cardiovasculares por la capacidad que tiene de proveer protección adicional al miocardio, reduciendo la probabilidad y gravedad de los infartos y mejorar la recuperación a causa de estos. También reduce e inhibe la actividad de enzimas que causan la oxidación de proteínas que ocasionan el incremento de los niveles de colesterol y triglicéridos, minimizando la probabilidad de padecer hipercolesterolemia o incremento en la presión arterial (Hussein *et al.*, 2005).

Actividad anticancerígena: la presencia de radicales libres en el organismo ocasiona la oxidación del ADN, proteínas y lípidos causando envejecimiento prematuro y aparición de enfermedades degenerativas como: fibrosarcomas, cáncer de mama, próstata y colón, fibroblastos embrionarios, muerte celular y

papilomas de piel; las cuales se puede prevenir y ayudar a tratar mediante el consumo de antioxidantes como la astaxantina, la cual puede reducir o inhibir la mutagénesis y carcinogénesis en las células (Hussein *et al.*, 2005; Amabati *et al.*, 2013).

La astaxantina es el carotenoide con mayor actividad antioxidante conocido actualmente, algunos reportes indican que tiene hasta 500 y 38 veces más actividad antioxidante que la Vitamina E y el β -caroteno respectivamente, a partir de esto se ha demostrado que la astaxantina de la microalga *H. pluvialis* es un suplemento seguro que puede contribuir en mejorar la salud humana sin ocasionar efectos adversos; atribuible a sus beneficios a la salud y aplicaciones en distintas industrias la Comisión Europea de Implementación y Regulación estableció que una dosis de hasta 80 mg/d es segura, puesto que no se tienen reportes de efectos adversos ocasionados a causa de su consumo (Oslan *et al.*, 2021). En un estudio realizado en Japón en 2005 refiere que el consumo de 50 mg/kg de astaxantina durante 14 días reduce significativamente la presión arterial y la posibilidad de sufrir accidentes cerebrovasculares, además de no reportar efectos secundarios por la dosis consumida en el periodo de estudio; en otro estudio se menciona que contribuye en mejorar la protección contra la formación de úlceras gástricas causadas por la

ingesta de algunos medicamentos; finalmente una investigación desarrollada con ratones indicó que el exceso en el suministro de astaxantina tuvo un efecto de acumulación en los ojos de estos, sin reportarse afectaciones a dicho sentido y tampoco se observaron efectos adversos adicionales. En distintas investigaciones científicas no se han reportado efectos adversos atribuidos al consumo de astaxantina proveniente de *H. pluvialis*, por lo que se considera un complemento alimenticio seguro. El consumo de este antioxidante se sugiere en dosis entre 4 a 8 mg y combinarlos preferentemente con la ingesta de alimentos ricos en aceites omega 3 (Oslan *et al.*, 2021; Shah *et al.*, 2016). Por otra parte, el interés en la producción de astaxantina a partir de la microalga *H. pluvialis* ha incrementado causa de la relevancia biotecnológica de este antioxidante en las industrias alimenticia, cosmética, nutracéutica y farmacéutica para la producción de distintos productos comerciales; por lo que es necesario continuar con nuevas investigaciones con el objetivo de evaluar el efecto que causa el consumo de astaxantina sobre distintos padecimientos, así como también continuar con la búsqueda de nuevas aplicaciones biotecnológicas en distintas áreas industriales para la microalga *H. pluvialis*.

Conclusión

Actualmente existen diversas fuentes de antioxidantes tanto de origen vegetal, animal y de

microrganismos; en los últimos años la obtención astaxantina a partir de microrganismos ha tomado mayor relevancia por su amplia diversidad de aplicaciones biotecnológicas e industriales, particularmente la microalga *H. pluvialis* es una fuente alterna que ha tomado gran relevancia debido a su alto contenido de astaxantina en su estructura, además de que diversos estudios sustentan que el consumo de astaxantina de *H. pluvialis* tiene efectos positivos sobre la salud humana bajo dosis controladas en periodos de tiempo definidos; debido a ello, se continúan desarrollando nuevos estudios enfocados en evaluar los efectos que tiene el consumo de este antioxidante para distintos padecimientos, así como también la búsqueda de nuevas aplicaciones biotecnológicas en distintas industrias. A causa de la importancia biotecnológica que representa *H. pluvialis* actualmente el equipo de trabajo evalúa el efecto de distintas condiciones de crecimiento en la fase verde sobre la capacidad antioxidante de los extractos celulares de la microalga.

Referencias

Ambati R. R., Sindhuja H. N., Shylaja M. D., Kadimi U. S., Ravi S., Gokare A. R. (2013). Effective inhibition of skin cancer, tyrosinase, and antioxidative properties by astaxanthin and astaxanthin esters from the green alga *Haematococcus pluvialis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(16), 3842-3851. <https://doi.org/10.1021/jf304609j>

Ambati R. R., Phang S. M., Ravi S., Aswathanarayana R. G. (2014). Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities

and its commercial applications—a review. *Marine Drugs*, 7(12(1)), 128-52. <https://doi.org/10.3390/md12010128>

Coronado H., M., Vega y León S., Gutiérrez T. R., Vázquez F. M., Radilla V. C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>

Davinelli S., Nielsen M. E., Scapagnini G. (2018). Astaxanthin in skin health, repair, and disease: a comprehensive review. *Nutrients*, 10(4), 522. <https://doi.org/10.3390/nu10040522>

Fábregas J., Domínguez A., Regueiro M., Otero A. (2000). Optimization of culture medium for the continuous cultivation of the microalga *Haematococcus pluvialis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 53, 530-535. <https://doi.org/10.1007/s002530051652>

Harker M., Tsavalos A. J., Young A. J. (1995). Use of response surface methodology to optimize carotenogenesis in the microalga, *Haematococcus pluvialis*. *Journal of Applied Phycology*, 7(4), 399-406. <https://dx.doi.org/10.1007/bf00003797>

Higuera-Ciagara I., Félix-Valenzuela L., Goycoolea F. M. (2006). Astaxanthin: a review of its chemistry and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46:2, 185-196. <https://doi.org/10.1080/10408690590957188>

Hussein G., Nakamura M., Zhao Q., Iguchi T., Goto H., Sankawa M., Watanabe H. (2005). Antihypertensive and neuroprotective effects of astaxanthin in experimental animals. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28(1), 47-52. <https://doi.org/10.1248/bpb.28.47>

Kuan S. K., Sze Y. L., Chien W. O., Xiaoting F., Xiaoling M., Tau C. L., Pau L. S. (2019). Recent advances in biorefinery of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Bioresource Technology*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121606>

Oslan S. N. H., Shoparwe N. F., Yusoff A. H., Rahim A. A., Chang C. S., Tan J. S., Oslan S. N., Arumugam K., Ariff A. B., Sulaiman A. Z. (2021). A review on *Haematococcus pluvialis* bioprocess optimization of green and red stage culture conditions for the production of natural astaxanthin. *Biomolecules*, 11;256. <https://doi.org/10.3390/biom11020256>

Shah M., Mahfuzur R., Liang Y., Cheng J. J., Daroch M. (2016). Astaxanthin-producing green microalga *Haematococcus pluvialis*: From Single Cell to High Value Commercial Products. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00531>

Xin L., Xiaoqian W., Chuanlan D., Shasha Y., Zhengquan G., Chaowen X., Spiros N. A., Guangce W., Jian L. (2020). Biotechnological production of astaxanthin from the microalga *Haematococcus pluvialis*. *Biotechnology Advances*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107602>

Yuanyuan R., Jinqian D., Junchao H., Zhaoming W., Lanbo Y., Yuge B., Feng Ch. (2021). Using green alga *Haematococcus pluvialis* for astaxanthin and lipid co-production: Advances and outlook. *Bioresource Technology*, 340. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125736>



Fig. 3. Fotografía de la astaxantina en polvo y sus beneficios por su consumo.