



FORMULACIÓN DE ASTAXANTINA PRODUCIDA POR LA MICROALGA HAEMATOCOCCUS PLUVIALIS PARA INTRODUCIRLA EN UNA MATRIZ ALIMENTARIA

Formulation of astaxanthin produced by the microalga *Haematococcus pluvialis* for its incorporation into a food matrix

Laura Sofía Sierra García ²²

Paula Camila Rojas Díaz ²³

RESUMEN

La astaxantina es un carotenoide natural con alto potencial antioxidante, producido principalmente por la microalga *Haematococcus pluvialis*. En Colombia y a nivel mundial, la industria alimentaria enfrenta el reto de sustituir los colorantes sintéticos debido a sus riesgos para la salud y el ambiente. En este contexto, se ha identificado una baja solubilidad y estabilidad, lo que dificulta su incorporación en matrices alimentarias. Ante esta problemática, el presente proyecto tiene como objetivo desarrollar la formulación de un ingrediente nutraceutico a partir de astaxantina producida, utilizando sistemas de nanoemulsión. Para alcanzar este objetivo, se empleó una metodología experimental en cultivos de *H. pluvialis* en medios RM, KM y BBM, con condiciones de estrés (luz roja, azul y blanca). La extracción del carotenoide se realizó mediante disrupción celular, aceite de soya y un método combinado. Los resultados evidenciaron que el medio KM bajo luz roja y azul alcanzó el 100% de recuperación, siendo el más eficiente. Además, el método combinado permitió obtener un extracto más puro y estable frente a las técnicas individuales, demostrando su efectividad para mejorar la recuperación del pigmento. Este estudio tiene un impacto social y tecnológico, ya que ofrece una alternativa sostenible para sustituir colorantes sintéticos, favoreciendo la salud, promoviendo alimentos funcionales y fortaleciendo la producción biotecnológica nacional. En conclusión, se logró establecer que el método combinado y la formulación de nanoemulsiones optimizan la recuperación y estabilidad de la astaxantina, permitiendo avanzar hacia el desarrollo de ingredientes nutraceuticos con potencial de aplicación industrial y transferencia tecnológica futura.

PALABRAS CLAVE: astaxantina, producto, disrupción celular, microalga, nanoemulsión, nutraceutico.

²² Bachiller académico, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, lssierra@universidadmayor.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0178-898X> y CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002400534.

²³ Bachiller académico, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, pcrojas@universidadmayor.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8553-5235> y CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002400546.

ABSTRACT

Astaxanthin is a natural carotenoid with high antioxidant potential, mainly produced by the microalga *Haematococcus pluvialis*. In Colombia and worldwide, the food industry faces the challenge of replacing synthetic colorants due to their associated health and environmental risks. In this context, low solubility and stability have been identified as limitations that hinder its incorporation into food matrices. Considering this issue, the present project aims to develop the formulation of a nutraceutical ingredient from astaxanthin produced under stress conditions, using nanoemulsion systems. To achieve this objective, an experimental methodology was implemented in *H. pluvialis* cultures using RM, KM, and BBM media under red, blue, and white light stress. Carotenoid extraction was performed through cell disruption, soybean oil, and a combined method. The results showed that the KM medium under red and blue light achieved 100% recovery of astaxanthin, making it the most efficient condition. Furthermore, the combined method yielded a purer and more stable extract compared to individual techniques, demonstrating its effectiveness in improving pigment recovery. This study presents social and technological impact, providing a sustainable alternative to synthetic colorants, promoting human health, enabling functional foods, and strengthening national biotechnological production. In conclusion, the combined method and nanoemulsion formulation were found to enhance the recovery and stability of astaxanthin, paving the way for the development of nutraceutical ingredients with potential for industrial application and future technological transfer.

KEYWORDS: astaxanthin, bioproduct, cell disruption, microalga, nanoemulsion, nutraceutical.

INTRODUCCIÓN

La astaxantina, un carotenoide de gran importancia por sus propiedades antioxidantes, se encuentra en *H. pluvialis*, siendo una fuente rica. Sus aplicaciones abarcan la acuicultura, alimentación, cosmética y farmacéutica. La extracción eficiente de astaxantina de *H. pluvialis* es crucial para aprovechar sus beneficios, así, se buscan métodos de extracción más eficientes y sostenibles que preserven la calidad de la astaxantina. Teniendo en cuenta el potencial de la astaxantina producida en el laboratorio bajo condiciones de estrés a partir de la microalga para el desarrollo de un bioproducto, el objetivo del presente proyecto de investigación es desarrollar la formulación de un ingrediente nutracéutico aprovechando la astaxantina producida por esta microalga utilizando sistemas de nanoemulsión para su inclusión en matrices alimentarias. En este texto se presentarán los resultados obtenidos de la cantidad de biomasa y astaxantina extraída por el método de disrupción celular para ser utilizada en la formulación de nanoemulsiones.

HALLAZGOS O RESULTADOS

Los resultados preliminares evidencian que los medios KM y BBM fueron los más eficientes en la producción de astaxantina bajo estrés lumínico. En el medio KM, bajo luz roja (650 nm) y luz azul (450 nm), se alcanzó el 100% de recuperación de astaxantina mediante disrupción celular, demostrando una alta accesibilidad del pigmento. Además, el uso de luz blanca (380–760 nm) logró porcentajes de recuperación de 52,65% en KM y 23,24% en BBM. Se evidenció que el método combinado (disrupción celular y aceite de soya) permitió obtener un extracto más puro, reduciendo interferencias de residuos celulares. Estos hallazgos indican que la eficiencia de recuperación no depende únicamente de la cantidad de biomasa, sino de la estructura celular y la accesibilidad del pigmento. Los resultados respaldan la viabilidad de formular nanoemulsiones utilizando biomasa rica en astaxantina, lo que representa un paso clave hacia su aplicación como ingrediente nutracéutico.

CONCLUSIONES

A partir de los hallazgos, es posible concluir que los medios KM y BBM fueron los más efectivos para la producción y recuperación de astaxantina en *Haematococcus pluvialis* bajo condiciones de estrés lumínico. Se destaca el tratamiento en KM con luz roja (650 nm, 1700 luxes) y luz azul (450 nm, 8000 luxes), que alcanzó un 100% de recuperación mediante disrupción celular, evidenciando mayor accesibilidad del pigmento.

Por otro lado, la combinación de métodos físico y químico (disrupción celular y extracción con aceite de soya) resultó más eficiente que los tratamientos individuales, al obtener un extracto más puro y estable. Se registraron porcentajes de recuperación de 33,2% y 37,05% en BBM y KM con luz azul, mientras que con luz blanca (380–760 nm, 303.75 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) se obtuvo 23,24% en BBM y 52,65% en KM. Esto demuestra que la eficiencia de recuperación depende no solo de la cantidad de biomasa, sino también de la estructura celular y la accesibilidad del pigmento.

Estos resultados proporcionan una base sólida para avanzar en el desarrollo de nanoemulsiones que mejoren la estabilidad, solubilidad y biodisponibilidad de la astaxantina en matrices alimentarias, lo que permite proyectar su aplicación como ingrediente nutracéutico con potencial de transferencia tecnológica e implementación industrial.

REFERENCIAS

-
- Adıgüzel, E., & Ülger, T. G. (2024). A marine-derived antioxidant astaxanthin as a potential neuroprotective and neurotherapeutic agent: A review of its efficacy on neurodegenerative conditions. *European Journal of Pharmacology*, 977, 176706. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2024.176706>
 - Panagiotakopoulos, I., & Nasopoulou, C. (2024). Extraction methods, encapsulation techniques, and health benefits of astaxanthin. *Sustainability*, 16(24), 10859. <https://doi.org/10.3390/su162410859>
 - Patil, A. D., Kasabe, P. J., & Dandge, P. B. (2022). Pharmaceutical and nutraceutical potential of natural bioactive pigment: Astaxanthin. *Natural Products and Bioprospecting*, 12(1), 25. <https://doi.org/10.1007/s13659-022-00347-y>