

Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exoskeleton bleaching by ozonation

Decoloración del exoesqueleto de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) mediante ozonificación

Autores:

Cedeño-Mera, María José
Universidad Técnica de Manabí
Egresada Carrera Ingeniería Química
Portoviejo – Ecuador



mcedeno4826@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0008-3299-6195>

Ing. Cisneros-Pérez, Nelson Iván, Mgs.
Universidad Técnica de Manabí
Docente Tutor de la investigación
Portoviejo – Ecuador



nelson.cisneros@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-8500-3806>

Cedeño-Mera, María Fernanda
Universidad Técnica de Manabí
Egresada Carrera Ingeniería Química
Portoviejo – Ecuador



mcedeno4800@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0003-1891-4580>

Ing. Cevallos-Cedeño, Ramón Eudoro, PhD.
Universidad Técnica de Manabí
Docente Cotutor de la investigación
Portoviejo – Ecuador



ramon.cevallos@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-8583-4674>

Fechas de recepción: 01-ENE-2024 aceptación: 29-ENE-2024 publicación: 15-MAR-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

En Ecuador, el cultivo de camarón genera una gran cantidad de desechos del exoesqueleto, muchos de estos residuos son vendidos para ser empleados en la fabricación de diferentes tipos de productos, en tanto que, otra cantidad se vierte directo al ambiente generando un impacto ambiental negativo en el ecosistema por generarse una descomposición muy rápida. Estos desechos serían de gran valor al ser reutilizados en la elaboración de productos, como la quitina y ciertos derivados, sin embargo, la presencia de astaxantina ha provocado algunos casos de intoxicación. En este trabajo se evaluó la decoloración por ozono como alternativa de estudio de la astaxantina, siendo un compuesto presente en el exoesqueleto del camarón y con gran influencia en afectaciones en la salud debido al consumo humano. Se estudió la decoloración del exoesqueleto de camarón mediante ozono, determinando un peso de 1 gramo de la muestra en un tiempo estimado de cada 30 minutos durante un periodo de 360 minutos. La metodología empleada cumple con su efectividad ya que el flujo aplicado podría lograr la despigmentación del exoesqueleto de camarón en un total aproximado de 21 horas corridas, teniendo en cuenta el tipo de reactor empleado. Los resultados indican que el empleo de ozono para la despigmentación del exoesqueleto de camarón logra un significativo porcentaje de despigmentación. Se concluye que esta alternativa de despigmentación de residuos de camarón es amigable con el medio ambiente, pues reutiliza los residuos.

Palabras clave: astaxantina; decoloración; *Litopenaus Vannamei*; ozonificación

Abstract

In Ecuador, shrimp farming generates a large amount of waste from the exoskeleton; much of this waste is sold to be used in the manufacture of different types of products, while other waste is dumped directly into the environment, generating a negative environmental impact on the ecosystem due to rapid decomposition. These wastes would be of great value when reused in the manufacture of products such as chitin and certain derivatives; however, the presence of astaxanthin has caused some cases of intoxication. In this work, ozone decolorization was evaluated as an alternative for the study of astaxanthin, a compound present in the shrimp exoskeleton and with great influence on health effects due to human consumption. The decolorization of the shrimp exoskeleton was studied using ozone, determining a weight of 1 gram of the sample at an estimated time of every 30 minutes during a period of 360 minutes. The methodology used complies with its effectiveness since the flow applied could achieve the depigmentation of the shrimp exoskeleton in a total of approximately 21 hours, taking into account the type of reactor used. The results indicate that the use of ozone for depigmentation of the shrimp exoskeleton achieves a significant percentage of depigmentation. It is concluded that this alternative for depigmentation of shrimp waste is environmentally friendly because it reuses the ozone as an alternative to the ozone process.

Keywords: astaxanthin; decolorization; *Litopenaus Vannamei*; ozonation; ozonation

Introducción

El cultivo de camarón en el mundo, ha venido desarrollándose satisfactoriamente y es en la actualidad una de las actividades de mayor crecimiento. Millones de toneladas producidas y exportadas sorprenden a cualquiera con una tendencia a crecimiento anual muy buena. Aquello indica que la camaronicultura es un negocio de alta rentabilidad (Anaya, 2005).

El camarón blanco es nativo de la costa oriental del Océano Pacífico, desde Sonora, México al Norte, hacia Centro y Sudamérica hasta Tumbes en Perú, en aguas cuya temperatura es normalmente superior a 20 °C durante todo el año. La variedad de camarón *Penaeus vannamei* se encuentra en hábitats marinos tropicales (FAO, 2016).

El camarón es un crustáceo del orden de los decápodos. Viven tanto en aguas dulces como salada, así como en regiones templadas y tropicales o frías y gélidas. Suelen ser transparentes, de color rosado o castaño. Vive la mayor parte del tiempo en zonas influenciadas por deltas, estuarios o lagunas; sobre fondos generalmente fangosos, fango-arenosos o arenosos, ricos en materia orgánica (Andrade, 2015).

Estos desechos presentan una rica composición química: proteínas (40 %), minerales (35 %), quitina (14 % al 30 %) y pigmentos carotenoides principalmente astaxantina. Además, son una fuente rica de sabores y enzimas, glicosaminoglicanos sulfatados y aminoácidos tales como: metionina, arginina, fenilalanina, valina e histidina (Palacio, 2021).

La coloración de los residuos de crustáceos se debe fundamentalmente a la presencia de pigmentos carotenoides tales como la astaxantina, la cantaxantina, el astacina, la luteína y el β -caroteno. Estos pigmentos suelen extraerse a temperatura ambiente con acetona, cloroformo, éter, etanol, acetato de etilo o mezcla de solventes. También han sido empleados agentes oxidantes tradicionales, como el peróxido de hidrógeno (0,5%-3%), el hipoclorito de sodio al 0,32% y permanganato de potasio al 0,02% a 60°C, aunque éstos suelen atacar a los grupos aminos libres e introducir modificaciones en el polímero (Palacio, 2017).

La astaxantina disponible en el mercado puede ser de dos tipos: natural o sintética (Gonzalez et al., 2022). Actualmente, la mayor parte de la astaxantina se produce de forma sintética mediante reacciones químicas, pero no está aprobada para consumo humano; la astaxantina natural es más segura que la sintética, pero su producción requiere métodos de extracción con un costo elevado (Hoys, 2019).

Numerosos estudios han informado que la astaxantina demuestra el potencial en la prevención y el tratamiento de una diversidad de enfermedades, como inflamación, diabetes, disfunción hepática, enfermedades cardiovasculares, cánceres, enfermedades neurodegenerativas, trastornos gastrointestinales y problemas oculares, así como la mejora de afecciones de la piel, funciones musculares, fertilidad masculina y salud renal (Martínez, 2021).

El proceso de despigmentación o decoloración se realiza para separar del exoesqueleto la astaxantina (C₄₀H₅₂O₄), un pigmento característico de este material, con alta capacidad antioxidante e insoluble en solventes acuosos y la mayoría de solventes orgánicos. Este procedimiento se realizó para obtener un producto completamente puro, a pesar de que este

pigmento no afecta la influencia del comportamiento del polímero en solución, su reactividad o propiedades fisicoquímicas (Seung-Wook, 2020).

El desarrollo de la industria de mariscos a nivel industrial y artesanal genera una gran cantidad de residuos y pérdidas en el manejo, almacenamiento, distribución y comercialización. Durante las últimas dos décadas esta industria ha experimentado una expansión significativa, ocasionando que los residuos de los crustáceos estén concentrados en algunas áreas y en grandes cantidades. Las especies comerciales más cultivadas son los cangrejos, camarones, langostinos y cangrejo de río (Ortiz y Cocotle, 2013).

Actualmente, la única parte del camarón que es aprovechada en la industria alimentaria, es el músculo, desperdiciando el exoesqueleto y la cabeza, generando con ello una gran cantidad de residuos biológicos, sólidos y lixiviados que contaminan el ambiente terrestre y acuático (Arévalo y Espín, 2016). Los residuos de crustáceos se estiman en el 40 % del peso del producto, de los cuales del 15-20 % corresponden únicamente al exoesqueleto. En la matriz del exoesqueleto están asociadas numerosas moléculas de gran interés; tales como proteínas, sales de magnesio, carbonatos de calcio y fosfatos, quitina, lípidos y pigmentos carotenoides (Herrera et al., 2019). _____

La astaxantina, el pigmento carotenoide principal que se encuentra en los crustáceos y los salmónidos, proporcionando el deseable color naranja rojizo en estos organismos (Pug, 2010).

Sin embargo, existe una enorme preocupación debido al aumento de casos por intoxicación y alergias ocasionados por la ingesta de la astaxantina presente en el exoesqueleto del camarón. La astaxantina es un carotenoide que se clasifica dentro de la serie fitoquímica de la xantofila y de los terpenos (Sánchez, 2019). Su estructura le permite abarcar membranas biológicas y actuar como antioxidante, al reducir y estabilizar los radicales libres. Además, Las xantofilas se caracterizan por ser pigmentos y en los cuales se han descubierto sus altas propiedades farmacéuticas (Córdoba et al., 2015).

Su descripción, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Características de la Astaxantina

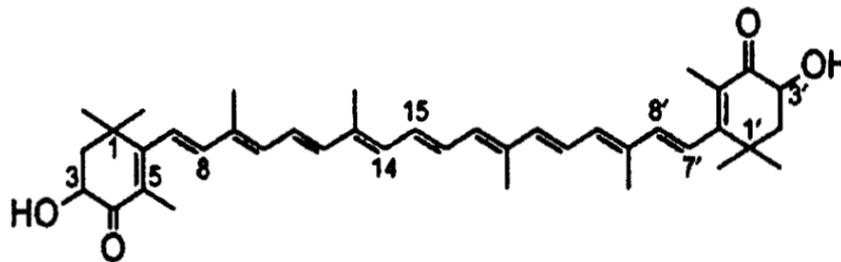
Características	Descripción
Fuente	<i>Haematococcus pluvialis</i>
Nombre químico	Astaxantina
Peso molecular	596,8 Daltons
Formula química	$C_{40}H_{52}O_4$
Estado físico	Aceite viscoso
Solubilidad	Insoluble en agua o agua caliente, parcialmente soluble en etanol. Soluble en hexano, acetona éter.
Color	Rojo oscuro
Almacenamiento	Almacenar en bolsas oscuras selladas a 10°C sin exceder los 69°C

Nota. Tomado de Córdoba (2015).

Existen varios métodos para decoloración del exoesqueleto de camarón; sin embargo, el empleo de la ozonificación como método de decoloración se justifica al ser altamente reactivo hacia compuestos que presentan dobles enlaces conjugados. Entre las ventajas de este método se encuentran el corto tiempo de duración de la reacción, el cual se realiza a temperatura ambiente, dando como producto de degradación del ozono el oxígeno (Curbelo et al., 2018).

En la figura 1 se observa la estructura química de astaxantina.

Figura 1
Estructura química de la astaxantina con esquema numérico



Fuente: Armenta (2002).

La presente investigación describe la decoloración por ozono del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) como alternativa de estudio de la astaxantina, siendo un compuesto presente en el exoesqueleto del camarón y con gran influencia en afectaciones en la salud humana debido a su alto consumo.

Material y métodos

Material

En la tabla 2 se muestran los equipos e instrumentación que se utilizó para realizar la despigmentación del camarón blanco.

Tabla 2

Materiales y reactivos utilizados en experimentación

Materiales	Equipos	Reactivos
Tubo de ensayo	Centrífuga	Etanol 99%
Soporte	Colorímetro	
Balanza digital	Espectrofotómetro UV	
Vidrio reloj	Reactor o cámara de ozonificación	
Pinzas		
Gradilla		

Fuente: Elaboración propia.

Métodos

El procedimiento de despigmentación del camarón blanco comenzó con la recolección de la cáscara de camarón, esta se realizó en las instalaciones de la empresa empacadora de camarón Cevaroex, ubicada en Manta, obteniendo 3398 kg húmedo de exoesqueleto de camarón blanco del Pacífico.

Cáscara de Camarón

Siguiendo el método propuesto por Núñez (2016), las muestras disponibles se limpiaron con agua manualmente quitando algún residuo de la masa del camarón.

Una vez limpia la cáscara, se llevó a ebullición a una temperatura de 100°C durante 2 horas, luego de lo cual se sometió a secado al ambiente y proceder con la ozonificación.

Secado

Se estudió el comportamiento del secado al sol. El secado del exoesqueleto limpio se realizó en bandejas durante 48 horas (dos días físicos), la radiación no fue directa ya que puede afectar la despigmentación del exoesqueleto, procediéndose a realizar la determinación de la humedad en la cual se obtuvo 75.09% de humedad.

Despigmentación con ozono (O₃)

Para el proceso de ozonificación, se realizó el montaje de los materiales respectivos usando un balón de destilado en el cual por la tubuladura lateral descendente se introdujo la manguera que transporta el ozono, en el cuello largo del matraz de destilación se colocó la trampa (cámara de ozonificación) conectándolo con un tapón y procediendo a colocar en la trampa una muestra de 12 gr del exoesqueleto de camarón seco.

El gas ozono se obtuvo empleando un equipo ozonizador de modelo HK- A2, que permite una producción de hasta 200 mg/h de ozono. Se puso en funcionamiento, el ozonificador, extrayendo 1 gr de la muestra de cáscara de camarón cada 30 minutos durante un periodo de 6 horas para determinar el colorante residual. Para esto, se aplicó una solución de 12 ml etanol por cada 1 gramo de muestra del exoesqueleto de camarón ozonificado con el fin de captar el colorante residual que luego de filtrarlo fue cuantificado en el espectrofotómetro Uv-Vis Genesys 180 marca Thermo Scientific, las lecturas fueron realizadas a una longitud de onda de 473 nm y se calculó el porcentaje de eficiencia a cada una de las muestras en los distintos tiempos con la siguiente ecuación dada por Núñez (2016).

$$\% \text{ eficiencia} = \frac{Abs_i - Abs_f}{Abs_i} * 100 \quad (1)$$

Donde:

Abs_i: Absorbancia de la muestra sin ozonificar.

Abs_f: Absorbancia de la muestra en los distintos tiempos.

Acto seguido se observan las condiciones para la ozonificación del camarón en la tabla 3.

Tabla 3

Condiciones de ozonificación

Tiempo	Muestra	Masa (g)	Flujo de ozono (mg/h)
30	M1	1gr	200 mg/h
60	M2	1gr	200 mg/h
90	M3	1gr	200 mg/h
120	M4	1gr	200 mg/h
150	M5	1gr	200 mg/h
180	M6	1gr	200 mg/h
210	M7	1 gr	200 mg/h
240	M8	1 gr	200 mg/h
270	M9	1 gr	200 mg/h
300	M10	1 gr	200 mg/h
330	M11	1gr	200 mg/h
360	M12	1 gr	200 mg/h

Curva de Calibración

De acuerdo al estudio realizado sobre el comportamiento de la astaxantina se empleó una solución dicromato de potasio, para la creación de la curva de calibración. Se realizó un barrido a la solución en el espectrofotómetro, obteniéndose la mayor absorbancia con una longitud de onda de 473 nm, realizando las lecturas posteriores en referencia a esta longitud de onda. Según lo indicado por Rodríguez (2001), la longitud óptima para la lectura de la concentración de la astaxantina, estaba en el rango de 468 a 480 nm.

Se prepararon disoluciones patrón de 0,0005, 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, 0,005, 0,006 (mol/L) de dicromato de potasio en agua destilada utilizando matraces aforados de 25 mL. Para las disoluciones respectivas se utilizó la ley de volumetría, la misma que observamos en la ecuación 2 siguiente:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad (2)$$

Donde:

C_1 = concentración inicial del dicromato de potasio (mol/L)

V_1 = volumen inicial del dicromato de potasio (L)

C_2 = concentración final del dicromato de potasio (mol/L)

V_2 = volumen final (10 mL)

Con las absorbancias obtenidas a las diferentes concentraciones de dicromato de potasio se construyó la siguiente curva patrón.

Los datos obtenidos de las variables analizadas fueron validados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para el cual se utilizó el software Microsoft Excel. En tanto, las condiciones de la curva de calibración se reflejan en la tabla 4.

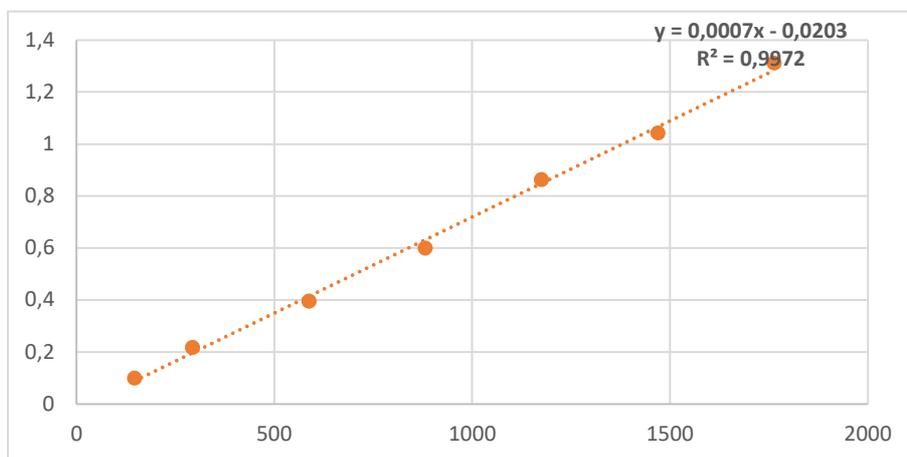
Tabla 4
 Condiciones de la Curva de Calibración

Muestra	Disoluciones (mol/L)	Absorbancia	Concentración (ppm)
M1	0,0005	0,099	147
M2	0,001	0,218	294
M3	0,002	0,396	588
M3	0,003	0,6	882
M5	0,004	0,863	1176
M6	0,005	1,043	1470
M7	0,006	1,311	1764

Es importante mencionar que la ozonificación no permite la recuperación de astaxantina, el método aplicado de despigmentación se realizó para analizar el comportamiento en la estructura del exoesqueleto del camarón, debido al alto poder oxidante del ozono.

Para la correcta determinación de los resultados obtenidos, se presenta la curva de calibración en la figura 2.

Figura 2
 Curva de calibración Dicromato de Potasio



El coeficiente de determinación (R^2) presenta un valor aproximado a 1 (0,9972), que nos indica que existe un ajuste óptimo.

Resultados

Descripción de la muestra

Tabla 1

Número de estudiantes encuestados

Ejemplos de tablas visitar el sitio web de APAstyle: <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/tables-figures/sample-tables>

En la tabla 5 se representan los resultados obtenidos en el espectrofotómetro UV-visible a partir de los residuos de camarón ozonizados a variar el tiempo, se llevó a cabo la aplicación de una despigmentación con etanol para obtención de la astaxantina residual presente en la cáscara de camarón ozonizada, teniendo en cuenta que mientras más tiempo de exposición al ozono menos residuo de astaxantina está presente en la cáscara ozonizada.

Tabla 5

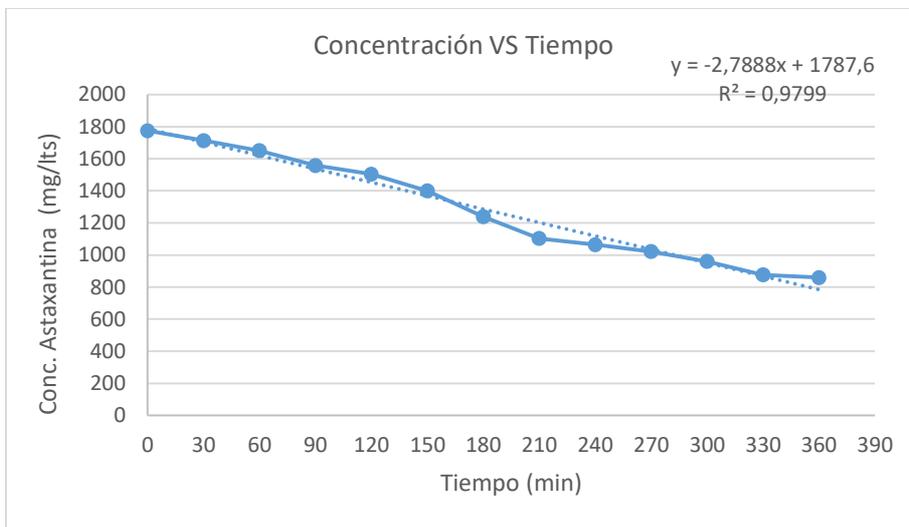
Valores de ozonificación obtenidos

Tiempos (min)	Suma	Promedio (ppm)	Desviación estándar
30	5137,111	1712,37033	255,319902
60	4952,055	1650,685	302,8823024
90	4669,719	1556,573	253,1787778
120	4508,852	1502,95067	298,243453
150	4196,496	1398,832	197,8765002
180	3711,081	1237,027	315,0624776
210	3308,712	1102,904	167,211166
240	3190,916	1063,63867	189,8697623
270	3060,131	1020,04367	212,2439266
300	2879,196	959,732	259,9772196
330	2624,418	874,806	275,3810492
360	2576,623	858,874333	277,588089

Otro de los resultados importantes que se obtuvieron fue la curva de concentración de astaxantina residual de camarón (ppm) en función del tiempo ozonificación (min), la cual se observa en la figura 3.

Figura 3

Curva de concentración de astaxantina residual



Como se puede visualizar en la figura 3, la curva de concentración de astaxantina residual de camarón en función del tiempo mediante una regresión lineal, la relación entre la dosis aplicada y consumida de ozono en la muestra, a una razón promedio de aproximadamente 84 ppm por minuto. Sin embargo, observando la curvatura, se considera que presenta diferentes comportamientos, como sigue desde los 30 min hasta los 150 minutos se observa que la concentración de pigmento residual en la muestra decrece con mayor velocidad, mientras que a partir de los 240 minutos (8 horas) su velocidad disminuye.

En la tabla 6 se muestra la eficiencia cuando se somete al proceso de ozonificación el exoesqueleto de camarón.

Tabla 6

Resultados de eficiencia del exoesqueleto de camarón ozonificado

Tiempo	% de eficiencia
30	20,22
60	40,22
90	46,88
120	47,91
150	50,22
180	65,05
210	67,06
240	68,97
270	70,79
300	74,47
330	76,19
360	77,17

Análisis de los Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y el análisis producto del procedimiento aplicado.

En la experimentación se observó que, al realizar una extrapolación de los resultados obtenidos en la regresión lineal, al término de las 21 horas probablemente exista una despigmentación total del exoesqueleto, debido a que al término de los 360 minutos este ha tenido un porcentaje de eficiencia de 51,58%. Lo que nos indica que entre mayor tiempo de ozonificación exista, mayor será la despigmentación del exoesqueleto del camarón. Según estudios realizados por (Curbelo et al., 2018). La despigmentación con ozono del exoesqueleto de camarón estudiadas son efectivas, con un rendimiento superior al 75%, obteniendo los mayores porcentajes de despigmentación para la especie *Litopenaeus vannamei*.

Discusión

Curbelo et al., (2018) evaluaron el uso del ozono como alternativa de despigmentación del exoesqueleto en dos especies de camarón (*Farfantepenaeus notialis* y *Litopenaeus vannamei*) en un reactor de cama fija a escala de laboratorio y temperatura ambiente, aplicando la espectroscopía infrarroja comprobaron que el método de despigmentación con ozono no afecta la estructura de la molécula de quitina y logra una despigmentación del exoesqueleto de las dos especies de camarón superior al 75%, siendo mayor para la especie *Litopenaeus vannamei*.

Mora y López (2017) por su parte encontraron que *Litopenaeus vannamei* es la especie más explotada en las granjas camaroneras debido a su adaptación a las condiciones ambientales, y dado los cambios sustanciales que se dan en su manejo y explotación, la ozonificación es un método eficaz de laboratorio que garantiza la calidad del producto sin afectar los parámetros físico químicos en su composición.

El estudio de Rosero et al., (2020) obtuvo quitina a partir del exoesqueleto de camarón con un rendimiento de 27,5%, empleando espectrometría infrarroja, demostrando que los residuos de camarón pueden ser reutilizados en la industria para diferentes propósitos, pero además pueden ser procesados para no incidir negativamente en el cuerpo humano.

Armenta (2002) determinaron que el aprovechamiento de los residuos de camarón minimiza el nivel contaminante cuando se desechan al medio ambiente en países como México, por tanto, la astaxantina natural puede utilizarse dado sus buenos niveles de estabilidad mediante ultrafiltración seguida de ósmosis inversa en un biorreactor enzimático de membrana, un proceso combinado y accesible al escalamiento, determinados en el estudio, pudiendo mejorarse.

Franco (2010) en su investigación obtuvieron astaxantina en *L. vannamei* y *L. aztecus* por el método de ensilado químico y bacteriano, logrando comportamientos similares, aunque variando en cantidades de cenizas, proteína y lípidos en las fracciones, debido posiblemente a variaciones entre especies, como ya se ha reportado en la literatura. Teniendo además que

durante el ensilado ácido la astaxantina no sufrió oxidación debido al ambiente promovido por los ácidos orgánicos.

Existe correspondencia con los autores citados, en cuanto a la efectividad del ozono como método para despigmentación de los residuos de camarón, y utilización de la astaxantina para no afectar la salud humana, empero, otros métodos empleados por los mencionados estudios, constituyen una alternativa para disminuir el impacto al ambiente que ocasionan estos residuos si no se aprovechan sosteniblemente.

Este estudio aporta con información actual, siendo que al extraer la astaxantina de los residuos de la especie *Litopenaeus vannamei* del camarón, pueden aprovecharse para consumo humano sin afectar la salud.

Conclusiones

Los resultados indican que la despigmentación del exoesqueleto de camarón con ozono de la especie *Litopenaus vannamei* es efectiva. Logrando un significativo porcentaje de despigmentación.

Para aplicaciones donde se requieran despigmentación mínima de los residuos de camarón, se recomienda la extracción de la astaxantina con solventes para su obtención.

La ozonificación es una etapa que trabaja con la temperatura ambiente, no involucra agua en el sistema de reacción ya que el producto de degradación del ozono es oxígeno y los tiempos de reacción son relativamente cortos.

El mecanismo de secado de los exoesqueletos de camarón *Litopenaeus Vannamei*, dependen del proceso al que sea sometido.

Esta alternativa de despigmentación de residuos de camarón es amigable con el medio ambiente, ya que no tiene influencia alguna en la contaminación ambiental por la utilización de los residuos.

La metodología empleada cumple con su efectividad debido a que el flujo aplicado podría lograr la despigmentación del exoesqueleto de camarón en un total aproximado de 21 horas corridas, teniendo en cuenta el tipo de reactor utilizado.

Referencias bibliográficas

- Anaya, R. (2005). *Cultivo de camarón blanco, Litopenaeus vannamei, Boone (1931) en sistema cerrado a alta densidad [Tesis de maestría]*. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1144/1/167251.pdf>
- Andrade, D. (2015). *Obtención de colorante rojo a partir del exoesqueleto del camarón (Penaeus Vannamei)*. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1876>
- Arévalo, A., & Espín, N. (2016). *Fermentación láctica de la cáscara de camarón para obtención de quitina*. Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16841/1/CD-7420.pdf>

- Armenta, R. (2002). *Obtención de astaxantina a partir de residuos de camarón [Tesis doctoral]*. Universidad Autónoma Metropolitana. <http://148.206.53.231/tesiuami/UAM2919.pdf>
- Córdoba, N., Acero, N., Duque, L., Jiménez, L., & Serna, J. (2015). Obtención y caracterización de astaxantina de la microalga *Haematococcus Pluvialis*. *UGCiencia*, 21, 73-82. <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/426>
- Curbelo, C., Núñez, A., Véliz, E., & Fanego, S. (2018). Despigmentación de residuos de camarón con ozono. *Revista Centro Azúcar*, 45(4), 51-63. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000400006#:~:text=La%20despigmentaci%C3%B3n%20con%20ozono%20del,y%20menor%20tama%C3%B1o%20de%20part%C3%ADcula
- Deepika, D. (2020). Recuperación de astaxantina a partir de materiales de procesamiento de camarón del Atlántico (*Pandalus Borealis*). *Informes de tecnología de recursos biológicos*, 9.
- FAO. (2016). *Programa de información de especies acuáticas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://firms.fao.org/fi/website/FIRretrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Cyp_rinus_carpio.xml&lang=es
- Franco, M. (2010). *Extracción de Astaxantina a partir de residuos de camarón ensilados por métodos ácido y bacteriano*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Gonzalez, A., Moreno, K., & Martínez, J. (2022). Biorrefinación sostenible del camarón: desarrollos desde la ingeniería de procesos asistida por computador. *Corporación Universitaria de Dios*, 27. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/15244>
- Herrera, M., Sánchez, D., López, J., Núñez, J., & Moreno, O. (2019). Extracción de la astaxantina y su estabilidad. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 7 (1), 21-27. <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v7-n1-3-extraccion-de-la-astaxantina-y-su-estabilidad.pdf>
- Hoys, C. (2019). *Análisis de metabolitos de Haematococcus pluvialis en cultivo de camarón durante la acumulación de astaxantina [Tesis doctoral]*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/88221>
- Martínez, J. (2021). *Bioaccesibilidad de microencapsulados de extractos de Haematococcus pluvialis ricos en astaxantina [Tesis de Maestría]*. Universidad Tecnológica de la Mixteca. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/14335.pdf
- Mora, H., & López, P. (2017). *Valoración de la situación sanitaria del camarón Litopenaeus vannamei en Puerto Morazán, Chinandega*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1356/1/tnl73m827.pdf>
- Núñez, A. (2016). Despigmentación y secado de residuos de camarón. *Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría*, 34.
- Ortiz, A., & Cocotle, Y. (2013). Tratamiento químico y biotecnológico de residuos de camarón para la obtención de productos de valor agregado. *Universidad*

- Veracruzana, 1-63. <https://es.scribd.com/document/454312062/354388430-Tratamiento-Quimico-y-Biotecnologico-de-Residuos-de-Camaron-Para-La-Obtencion-de-Productos-de-Valor-Agregado-pdf>
- Palacio, Y. (2017). *Influencia de las condiciones de despigmentación y desmineralización en la obtención de quitina y quitosano*. Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría".
- Palacio, Y. (2021). Tratamiento Químico de Residuos de Camarón para la Obtención de Quitina. *Revista Centro Azúcar*, 1-13. <http://centroazucar.uclv.edu.ec/article/view>
- Pug, J. (2010). *Extracción de astaxantina de camarón con aceite de linaza: efectos sobre la oxidación de lípidos y las tasas de degradación de astaxantina*. Departamento de Ciencias de los Alimentos, Centro Agrícola de la Universidad Estatal de Luisiana.
- Rodríguez, D. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. OMNI Research, ILSI Human Nutrition Institute, ILSI PRESS International Life Sciences Institute. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacq929.pdf
- Rosero, J., Suárez, M., Mora, S., Achig, B., Chamba, A., & Anrango, A. (2020). Obtención de quitina a partir del exoesqueleto de camarón (*Litopenaeus vannamei*). *InfoANALÍTICA*. 8(2), 135-151. <https://doi.org/10.26807/ia.v8i2.113>
- Sánchez, Á. (2019). Efectos del caratenoide Astaxantina en la salud humana, según la ciencia. *NPunto*, 2(20), 46-58. <https://www.npunto.es/content/src/pdf-articulo/5ddb915d24571NPvolumen20-46-58.pdf>
- Seung-Wook, S. (2020). *Despolimerización y decoloración del quitosano por ozono*. Universidad Estatal de Luisiana y Facultad de Agricultura y Mecánica.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

A la Universidad Técnica de Manabí y a la empresa Cevaroex.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.