

Camarón que se desecha se pierde: la fermentación láctica como solución

Shrimp that is discarded is lost: lactic fermentation as a solution

*Luis Angel Cabanillas-Bojórquez, Manuel Adrian Picos-Salas,
Erick Paul Gutiérrez-Grijalva y José Basilio Heredia*

Resumen

Los residuos de camarón son una fuente importante de compuestos industriales, como la quitina. Sin embargo, a pesar de los estudios realizados, estos residuos no se aprovechan completamente. Actualmente, solo se utiliza un proceso químico para obtener quitina, pero este método no permite recuperar otros componentes valiosos como proteínas y carotenoides, y consume grandes cantidades de agua y energía. Por ello, se han explorado alternativas más eficientes. La fermentación láctica (FL) ha demostrado ser una estrategia económica y eficaz para aprovechar los residuos de camarón. Este proceso genera dos fases: una sólida y una líquida (licor), que contienen proteínas hidrolizables, minerales, ácidos grasos poliinsaturados, carotenoides y quitina. Estos productos tienen potencial para ser utilizados como fuentes de antioxidantes, antiinflamatorios, inmunomoduladores y en la formulación de alimentos. De este modo, la FL de los residuos de camarón no solo contribuye a la reducción de problemas ambientales, sino que también añade valor a los desechos de la industria pesquera.

Palabras clave: residuos de camarón, fermentación láctica, quitina, valoración de residuos, antioxidantes naturales.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Cabanillas-Bojórquez, Luis Ángel, Picos-Salas, Manuel Adrián, Gutiérrez-Grijalva, Erick Paúl, y Heredia, José Basilio. (2025, enero-febrero). Camarón que se desecha se pierde: la fermentación láctica como solución. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 26(1). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2025.26.1.6>

Abstract

Shrimp waste is an important source of industrial compounds, such as chitin. However, despite the studies conducted, these residues are not fully utilized. Currently, only a chemical process is used to obtain chitin, but this method does not recover other valuable components such as proteins and carotenoids, and it consumes large amounts of water and energy. Therefore, more efficient alternatives have been explored. Lactic fermentation (FL) has proven to be an economical and effective strategy for utilizing shrimp waste. This process generates two phases: a solid and a liquid (liquor), which contain hydrolyzable proteins, minerals, polyunsaturated fatty acids, carotenoids, and chitin. These products have the potential to be used as sources of antioxidants, anti-inflammatory agents, immunomodulators, and in food formulation. Thus, FL of shrimp waste not only contributes to reducing environmental issues but also adds value to the waste from the fishing industry.

Keywords: shrimp waste, lactic fermentation, chitin, waste valorization, natural antioxidants.

Luis Angel Cabanillas-Bojórquez

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán, México.

Obtuvo los grados de ingeniero en Química y maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos por la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), y el grado de doctor en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). Actualmente es miembro del programa de Estancias Posdoctorales por México comisionado al CIAD, Unidad Culiacán. Tiene más de ocho años de experiencia en el estudio de la extracción de compuestos bioactivos de residuos de alimentos y residuos de fuentes marinas utilizando tecnologías emergentes, como la extracción por fluidos supercríticos y bioprocesos. Pertenecer al Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos con la distinción de Investigador Honorífico, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el nivel 1. Miembro del grupo de investigación de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos del CIAD-Culiacán y profesor de la carrera de Ingeniería Bioquímica en el Tecnológico Nacional de México, Unidad Culiacán (TecNM-Culiacán).

 luis.cabanillas@ciad.mx

 0000-0002-8943-2891

Manuel Adrian Picos-Salas

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán, México.

Obtuvo el grado de ingeniero en Bioquímica por la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y los grados de maestro en Ciencias y doctor en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán. Cuenta con más de ocho años de experiencia en el estudio de la extracción de fitoquímicos a partir de plantas medicinales mexicanas utilizando tecnologías emergentes. Miembro del Grupo de Investigación en Alimentos Nutraceuticos y Funcionales del CIAD Culiacán.

 manueladrianpi@gmail.com


 0000-0001-8899-1029

Erick Paul Gutiérrez-Grijalva

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán, México.

Obtuvo el grado de ingeniero en Bioquímica por el Tecnológico Nacional de México, Unidad Culiacán y los grados de maestro en Ciencias y doctor en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán. Es miembro del Programa Investigadores e Investigadoras por México comisionado al CIAD, Unidad Culiacán. Cuenta con más de nueve años de experiencia en el estudio de la extracción de fitoquímicos a partir de subproductos alimenticios y plantas medicinales mexicanas. Pertenecer al Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos con la distinción de Investigador Honorífico, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el nivel 1. Además, es miembro del Grupo de Investigación en Alimentos Nutraceuticos y Funcionales del CIAD Culiacán.

 erick.gutierrez@ciad.mx

 0000-0002-1366-408X

 erick-paul-gutierrez-grijalva

José Basilio Heredia

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán, México.

Es ingeniero en Bioquímica por el Tecnológico Nacional de México, Unidad Culiacán, maestro en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, y doctor en Ciencias por la Universidad de Texas A&M: College Station, Estados Unidos. Actualmente se desempeña como profesor investigador titular C en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán. Cuenta con más de 25 años de experiencia en el estudio de fitoquímicos, compuestos bioactivos, nutraceuticos y alimentos funcionales. Pertenece al Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos con la distinción de Investigador Honorífico, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el nivel 3. Además, es líder del Grupo de Investigación en Alimentos Funcionales y Nutraceuticos del CIAD Culiacán.

 jbheredia@ciad.mx

 [0000-0003-1017-957X](https://orcid.org/0000-0003-1017-957X)

 [jose-basilio-heredia](https://www.wordpress.com/jose-basilio-heredia)

 [Laboratorio de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos](#)

Introducción

Durante años, la generación de residuos alimenticios ha generado problemas sociales, económicos y ambientales. En particular, los alimentos marinos obtenidos por la acuicultura y la pesca producen grandes volúmenes de residuos (Navarrete-Bolanos et al., 2020; Suresh et al., 2018). En México, el consumo de camarón es muy popular, pero las cáscaras, cabezas y colas son tiradas a la basura ya que no hay formas eficientes para aprovecharlos (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a). Los científicos han descubierto que los residuos de camarón tienen grandes cantidades de quitina,¹ proteínas, ácidos grasos y pigmentos de gran valor en la industria (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a; Jafari et al., 2023; Leiva-Portilla et al., 2023). El problema es que estos compuestos son obtenidos mediante métodos químicos que generan residuos tóxicos de solventes, y también se consume mucha agua y energía durante su obtención (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021b). Por lo tanto, se han buscado estrategias más eficientes para obtener estos compuestos, entre ellos se encuentra la tecnología de ultrasonido, altas presiones y fluidos supercríticos, así como la fermentación ácido-láctica (FL) (Cabanillas-Bojórquez, et al., 2021b; Cabanillas-Bojórquez et al., 2023; Leiva-Portilla et al., 2023; Navarrete-Bolanos et al., 2020; Suresh et al., 2018). Estas técnicas reducen el uso desmedido de agentes químicos, agua y energía; además, también mejoran la recuperación de dichos compuestos.

¿Qué es la fermentación láctica?

La fermentación láctica se define como la transformación de los azúcares contenidos dentro de un medio, a un compuesto llamado ácido láctico,² mediante bacterias denominadas ácido-lácticas, las cuales degradan la pared celular de las células, entre ellas, las de los residuos de camarón mediante el descenso de pH,³ aunado a la generación de enzimas⁴ durante el proceso (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a; Peña García et al., 2020; Zhou et al., 2021). Y si te preguntas, ¿cómo se lleva a cabo este proceso? La explicación es la siguiente: la fermentación láctica se desarrolla principalmente en recipientes herméticos y a temperaturas entre los 20-40°C; esto ocurre debido a la descomposición de las moléculas de azúcar por el metabolismo de las bacterias como *Bacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* y *Lactobacillus*. Asimismo, distintas fuentes de carbono han sido estudiadas como sacarosa,⁵ fructosa, glucosa, así como la mezcla de todas ellas. Por otro lado, se han utilizado fuentes de azúcares provenientes de residuos industriales como la melaza de caña, un subproducto de la refinación del azúcar comercial, que contiene un alto contenido de azúcares como fructosa y sacarosa, entre otros (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021b; Doan et al., 2019; Suresh et al., 2018; Ximenes et al., 2019).

¹ Quitina es el segundo biopolímero más abundante, está compuesto de unidades de N-acetil glucosamina unidas por enlaces β -1,4, la cual se encuentra en las paredes de insectos, hongos, crustáceos, entre otras fuentes (Cabanillas-Bojórquez et al., 2023).

² Ácido láctico es un compuesto orgánico generado por el metabolismo de las bacterias del género láctico, las cuales descomponen los azúcares para formar estas moléculas más simples (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a).

³ El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución. Cuando esta medida disminuye se relaciona con un aumento en la concentración de ácidos en la solución (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a).

⁴ Una enzima es un conjunto de proteínas cuya estructura permite aumentar o detener una reacción química específica en la célula (Britannica, 2024).

⁵ Sacarosa es un azúcar (carbohidrato) formada por otros azúcares (glucosa y fructosa) obtenido principalmente del procesamiento de la caña de azúcar o de la remolacha; mientras que la fructosa es un azúcar simple encontrado en los vegetales, la fruta y en la miel, cuya estructura es distinta a la glucosa (Malik y Hu, 2015).

¿Cómo afecta el proceso de fermentación láctica a los compuestos bioactivos de los desechos de camarón?

Según investigaciones publicadas a lo largo del mundo, la FL separa los componentes de los residuos de camarón, ya que durante este proceso las proteínas se modifican por la disminución del pH y por las enzimas producidas por algunas bacterias ácido-lácticas (Hamdi et al., 2024; Navarrete-Bolanos et al., 2020; Suresh et al., 2018). Esto a su vez, permite que se liberen los pigmentos que se encuentran atrapados con las proteínas, así como azúcares, ácidos grasos, minerales y quitina. En este sentido, se obtienen dos fases al final del proceso, un sólido y un líquido denominado licor (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a; Cabanillas-Bojórquez et al., 2021b) (ver figura 1).



Figura 1. Diagrama de proceso de fermentación láctica de residuos de camarón. Crédito: elaboración propia.

¿La fermentación ácido-láctica produce compuestos de valor económico?

Según ciertos reportes, el sólido obtenido de la FL de los residuos de camarón posee principalmente quitina y trazas de minerales, ácidos grasos y pigmentos; mientras que el licor contiene importantes cantidades de ácidos grasos, proteína, minerales y pigmentos (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a; Jafari et al., 2023; Ximenes et al., 2019) (ver figura 2). Te preguntarás si estos compuestos obtenidos son importantes, pues en estudios previos, la quitina proveniente de residuos de camarón es comparable con la obtenida mediante tratamientos químicos con agentes nocivos, como son el hidróxido de sodio⁶ (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl),⁷ los cuales al utilizarse en grandes volúmenes necesitan ser estabilizados antes de ser desechados al ambiente, por lo que procesos alternativos como la fermentación láctica se convierte en un método atractivo, debido a que se reduce el gasto energético, el uso de agentes químicos y de agua (Cabanillas-Bojórquez et al., 2023; Peña García et al., 2020; Suresh et al., 2018).

Una pregunta importante de resolver es: ¿qué aplicaciones en la industria tiene la quitina? Y es fácil de responder: ya que son diversos los usos que se le dan a la quitina obtenida mediante fermentación láctica. Esta se ha utilizado como antioxidante, estimulador de crecimiento en plantas,⁸ y como material para obtener otro biopolímero importante en la industria llamado quitosano.

⁶ Hidróxido de sodio es un compuesto químico que pertenece a las bases, el cual es un sólido blanco cristalino sin olor que se neutraliza con un ácido y su estructura química contiene un grupo oxidrilo (OH) y una molécula de sodio (Na).

⁷ El ácido clorhídrico es un compuesto químico líquido claro ligeramente amarillo que es considerado un ácido fuerte y se disocia completamente en una disolución acuosa. Su estructura química contiene un átomo de cloro y un átomo de hidrógeno.

⁸ Estimulador de crecimiento en plantas son compuestos orgánicos o químicos que proveen una mejora al metabolismo y/o defensa ante condiciones adversas como el ataque de plagas, cambios climáticos, entre otros.

(Cabanillas-Bojórquez et al., 2023; Canpulat et al., 2022; Peña García et al., 2020; Xin et al., 2020) (ver imagen 3). El quitosano es un compuesto natural derivado de la quitina, el cual es considerado uno de los biopolímeros más importante, debido a su variada aplicación en la industria cosmética, farmacéutica y de los alimentos (Cabanillas-Bojórquez et al., 2023).

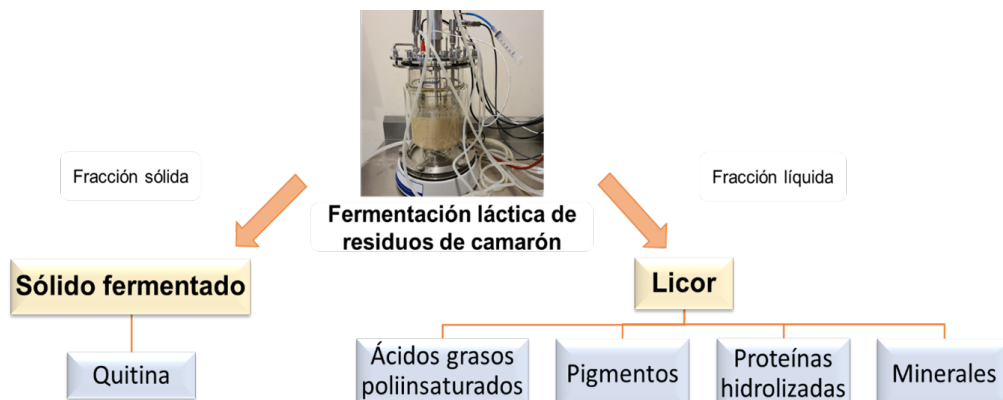


Figura 2. Composición de los productos de la fermentación láctica de residuos de camarón. Crédito: elaboración propia.

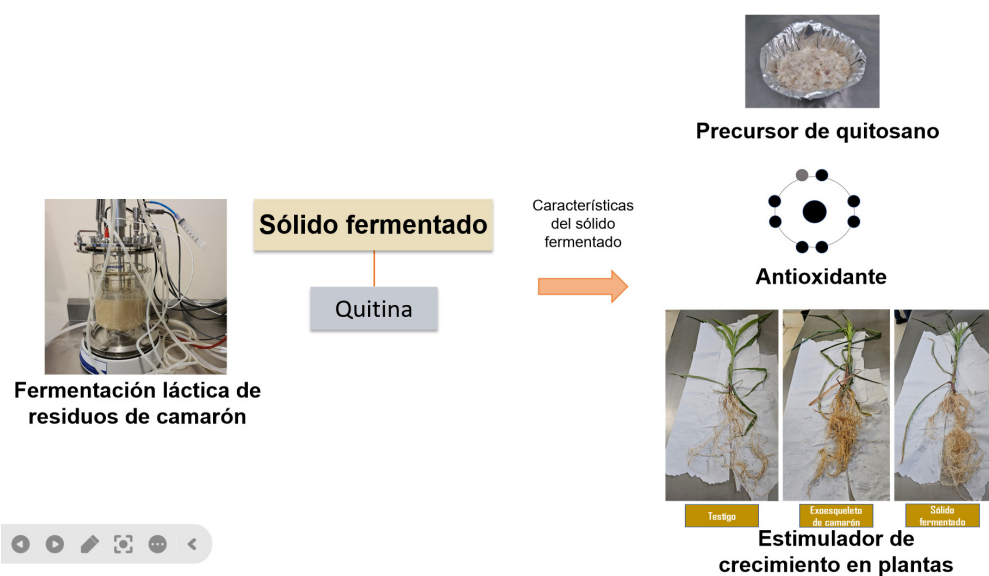


Figura 3. Características del sólido fermentado de los residuos de camarón. Crédito: elaboración propia.

Si el sólido proveniente de la fermentación láctica contiene importantes compuestos como la quitina, ¿entonces, por qué estudiar el licor? El licor obtenido de la fermentación láctica de los residuos de camarón, se compone de proteínas que fueron reducidas a un menor tamaño, denominadas *hidrolizadas*, y fracciones aún más pequeñas con aminoácidos esenciales, conocidos como *péptidos*, los cuales pueden usarse para mejorar el sabor, como ingrediente funcional o aditivo nutricional para alimentos de animales de granja y peces de cultivo (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a; Peña García et al., 2020; Jafari et al., 2023; Leiva-Portilla et al., 2023; Ximenes et al., 2019).

Además, el licor tiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega-3,⁹ que se han relacionado con la prevención de diversas enfermedades como alergias, y problemas cardiovasculares como la hipertensión y trombosis, mediante la modulación de colesterol (HDL) y triglicéridos (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021b; Suresh et al., 2018) (ver figura 4).

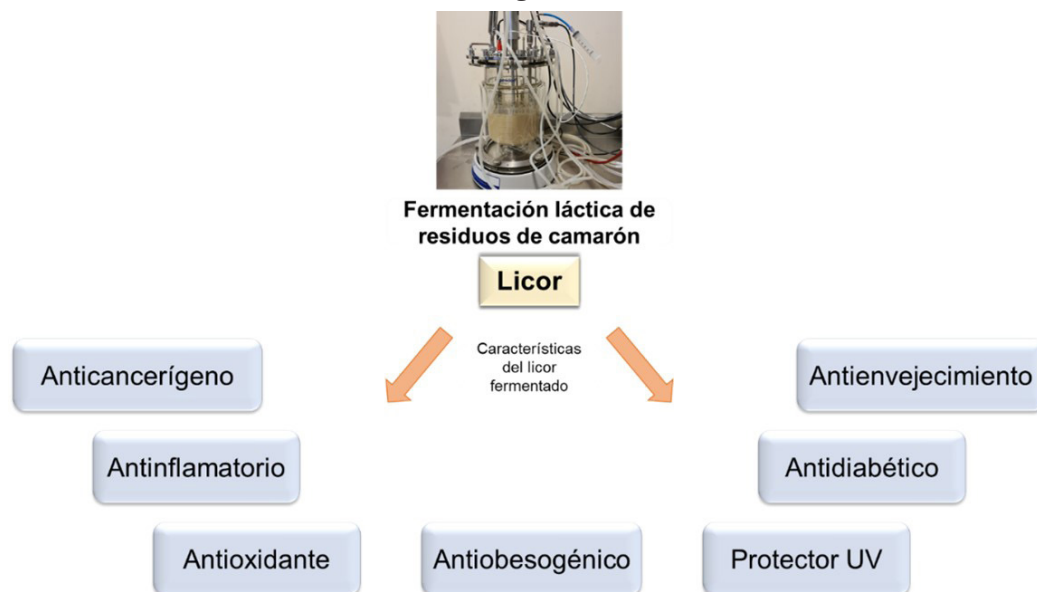


Figura 4. Características del licor fermentado de los residuos de camarón. Crédito: elaboración propia.

Por otro lado, el licor de la fermentación de residuos de camarón es alto en pigmentos antioxidantes como la astaxantina. Pero ¿qué es la astaxantina? Se trata de un compuesto ampliamente estudiado ya que tiene una elevada capacidad antioxidante, la cual se ha relacionado con la protección contra los rayos UV en ojos, retarda la aparición de manchas y arrugas en la piel, además de prevenir la obesidad y diabetes (Jafari et al., 2023; Leiva-Portilla et al., 2023; Suresh et al., 2018). Asimismo, se ha relacionado a este compuesto con una disminución en la incidencia de enfermedades relacionadas con inflamación como la diabetes, la hipertensión y el cáncer. También se ha demostrado que la astaxantina obtenida por el proceso de fermentación láctica tiene una mayor estabilidad al estar en combinación con ácidos grasos, potencializando sus efectos en la salud.

Perspectivas

¿Sabías que México sigue siendo uno de los principales productores y consumidores de camarón? Según, datos de la CONAPESCA, nuestro país tuvo una producción de camarón de más de 192 mil toneladas, con un valor equivalente a 19 mil 800 millones de pesos, posicionándolo como el séptimo país productor de este alimento (CONAPESCA, 2024). Sin embargo, también se producen grandes volúmenes de residuos (alrededor de 96 mil toneladas), debido a que alrededor del 50% en peso del camarón no se consume, por lo que se acumulan en las costas o se vierten al medio ambiente, provocando un impacto ambiental considerable.

⁹ Los omega-3 son un grupo de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales poseen más de un doble enlace entre su cadena de carbonos. Estos se encuentran en diversos alimentos como el pescado, la linaza, entre otros. Los principales ácidos grasos omega-3 se encuentra el ácido linolénico (ALA), ácido eicopentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA).

Entonces, ¿qué hacemos con los residuos de camarón si no se pueden consumir? Como se ha expuesto en líneas anteriores, existen diversas estrategias para valorizar estos residuos, la más interesante es la extracción de compuestos de interés industrial (ver figura 5), como las proteínas hidrolizadas (Leiva-Portilla et al., 2023), pigmentos (como la astaxantina) (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021; Jafari et al., 2023), quitina (Gharibzadeh et al., 2023) y ácidos grasos poliinsaturados (Suresh et al., 2018); por lo tanto, se han buscado estrategias para la extracción de estos compuestos.

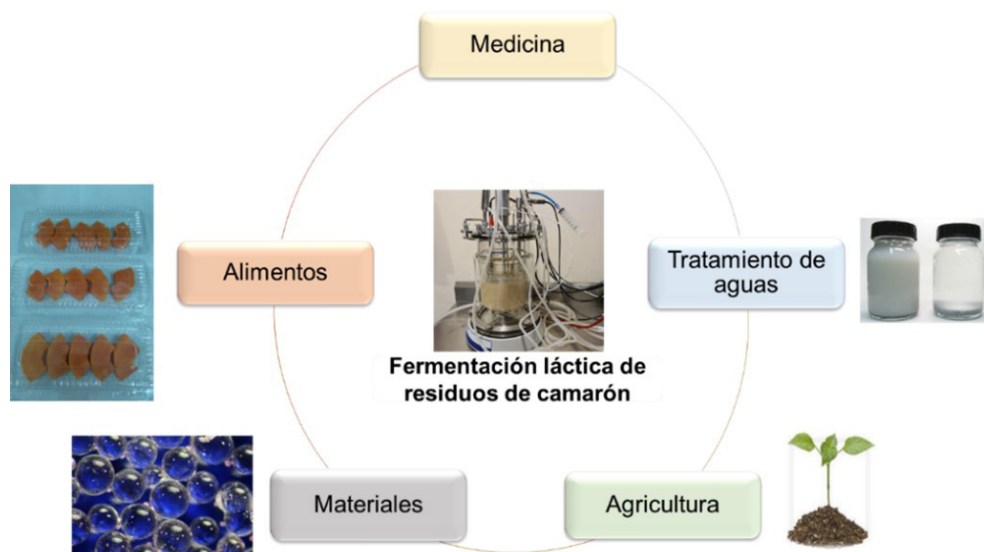


Figura 5. Potenciales industrias de los productos de la fermentación láctica de los residuos de camarón. Crédito: elaboración propia.

¿Es la fermentación láctica una estrategia innovadora para la obtención de los compuestos de los residuos de camarón? Si, se ha reportado que el proceso de FL se ha convertido en una estrategia interesante en la búsqueda de optimizar los recursos (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a; Navarrete-Bolanos et al., 2020).

Actualmente, se siguen realizando modificaciones al proceso de fermentación láctica de residuos de camarón, donde se ha reportado el uso de diferentes especies de bacterias ácido-lácticas, mezclas del efecto de las bacterias lácticas con enzimas, así como el uso de distintas fuentes de carbono no convencionales con el fin de reducir el costo energético y el consumo de agua (Cabanillas-Bojórquez et al., 2021a; Cabanillas-Bojórquez et al., 2023; Gharibzadeh et al., 2023; Ximenes et al., 2019; Xin et al., 2020). Por lo anterior, se espera que surjan estrategias innovadoras para la reutilización de los residuos de camarón con vías de explotar este recurso, siendo una gran oportunidad de desarrollo económico y social.

Conclusión

Los residuos de camarón poseen compuestos de interés en la industria, entre ellos se destacan la quitina, los ácidos grasos poliinsaturados, las proteínas y los carotenoides. Actualmente, los desechos de camarón son vertidos al

ambiente, por lo que se han buscado estrategias para darles valor. Entre estas estrategias, se encuentra la fermentación láctica, la cual es un proceso sencillo y económicamente viable; además, durante este proceso se obtienen dos productos (sólido y licor) que han sido reportados como ricos en compuestos de interés industrial. Por lo tanto, la fermentación láctica de los residuos de camarón es una estrategia sustentable para valorizar un residuo de la industria pesquera.

Referencias

- ❖ Encyclopaedia Britannica (2024). “enzyme” en *Encyclopedia Britannica*, 22 Jul. 2024, <https://www.britannica.com/science/enzyme>.
- ❖ Cabanillas-Bojórquez, L. A., Gutierrez-Grijalva, E. P., Castillo-Lopez, R. I., Contreras-Angulo, L. A., Angulo-Escalante, M. A., Lopez-Martinez, L. X., Rios-Iribe, M. A. y Heredia, J. B. (2021)a. Bioprocessing of Shrimp Waste Using Novel Industrial By-Products: Effects on Nutrients and Lipophilic Antioxidants. *Fermentation*, 7(4), 312. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040312>.
- ❖ Cabanillas-Bojórquez, L. A., Gutierrez-Grijalva, E. P., Gonzalez-Aguilar, G. A., Lopez-Martinez, L. X., Castillo-Lopez, R. I., Bastidas-Bastidas, P. D., y Heredia, J. B. (2021) b. Valorization of Fermented Shrimp Waste with Supercritical CO₂ Conditions: Extraction of Astaxanthin and Effect of Simulated Gastrointestinal Digestion on Its Antioxidant Capacity. *Molecules*, 26(15), 4465. <https://doi.org/10.3390/molecules26154465>.
- ❖ Cabanillas-Bojórquez, L. A., Montes-Avila, J., Vega-Garcia, M. O., Lopez-Moreno, H. S., Castillo-Lopez, R. I., y Gutierrez-Dorado, R. (2023). Effect of Optimized Chitosan Coating Obtained by Lactic Fermentation Chemical Treatment of Shrimp Waste on the Post-Harvest Behavior of Fresh-Cut Papaya (*Carica papaya* L.). *Fermentation*, 9(3), 220. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030220>.
- ❖ Canpulat, M., Pinar, O., Yilmaz-Sercinoglu, Z., y Kazan, D. (2022). Valorization of shrimp waste by obligate alkaliphilic *Bacillus marmarensis*. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03684-7>.
- ❖ CONAPESCA (2024). Se posiciona México como el segundo mejor productor de camarón en Latinoamérica. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/se-posiciona-mexico-como-el-segundo-mejor-productor-de-camaron-en-latinoamerica?idiom=es-MX>.
- ❖ Doan, C. T., Tran, T. N., Nguyen, V. B., Vo, T. P. K., Nguyen, A. D., y Wang, S. L. (2019). Chitin extraction from shrimp waste by liquid fermentation using an alkaline protease-producing strain, *Brevibacillus parabrevis*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 706-715. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.117>.
- ❖ Peña García, P., Querevalú Ortiz, J., Ochoa Mogollón, G., y Sánchez Suárez, H. (2020). Boilological silage of shrimp waste fermented with lactic acid bacteria: Use as a biofertilizer in pasture crops and as feed for backyard pigs. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 459-471. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.01>.

- ❖ Gharibzadeh, M., Osfouri, S., Jamekhorshid, A., y Jafari, S. A. (2023). Microbial chitin extraction and characterization from green tiger shrimp waste: A comparative study of culture mediums along with bioprocess optimization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 125213. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125213>.
- ❖ Hamdi, S. A. H., Ghonaim, G. M., El Sayed, R. R., Rodriguez-Couto, S., y Abd El-Ghany, M. N. (2024). Bioprocess of astaxanthin extraction from shrimp waste via the common microorganisms *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus acidophilus* in comparison to the chemical method. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(7), 8333-8339. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02984-2>.
- ❖ Jafari, R., Homaei, A., Ahmadi, A. R., y Kamrani, E. (2023). Optimization and identification of astaxanthin esters from shrimp waste using microbial fermentation method. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04398-0>.
- ❖ Leiva-Portilla, D., Martinez, R., y Bernal, C. (2023). Valorization of shrimp (*Heterocarpus reedi*) processing waste via enzymatic hydrolysis: Protein extractions, hydrolysates and antioxidant peptide fractions. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 48, 102625. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102625>.
- ❖ Malik, V. S., y Hu, F. B. (2015). Fructose and cardiometabolic health: what the evidence from sugar-sweetened beverages tells us. *Journal of the American College of Cardiology*, 66(14), 1615-1624. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.08.025>.
- ❖ Navarrete-Bolanos, J. L., Gonzalez-Torres, I., Vargas-Bermudez, V. H., y Jimenez-Islas, H. (2020). A Biotechnological Insight to Recycle Waste: Analyzing the Spontaneous Fermentation of Shrimp Waste to Design the Hydrolysis Process of Chitin into N-Acetylglucosamine. *Revista Mexicana De Ingenieria Quimica*, 19(1), 263-274. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio544>.
- ❖ Suresh, P. V., Kudre, T. G., y Johny, L. C. (2018). Sustainable Valorization of Seafood Processing By-Product/Discard (E. Int Soc, C. I. Environm Sustainabil, G. I. D. S. Appl Bioprocessing, y T. S. I. T. A. V. L. H. S. Technol, Trans.). In R. R. Singhania, R. A. Agarwal, R. P. Kumar, y R. K. Sukumaran (Eds.), *Waste to Wealth. Energy, Environment, and Sustainability*. (pp. 111-139). Mohali, INDIA: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7431-8_7.
- ❖ Ximenes, J. C. M., Hissa, D. C., Ribeiro, L. H., Rocha, M. V. P., Oliveira, E. G., y Melo, V. M. M. (2019). Sustainable recovery of protein-rich liquor from shrimp farming waste by lactic acid fermentation for application in tilapia feed. *Brazilian Journal of Microbiology*, 50(1), 195-203. <https://doi.org/10.1007/s42770-018-0024-3>.
- ❖ Xin, R. Y., Xie, W. C., Xu, Z. Y., Che, H. X., Zheng, Z. X., y Yang, X. H. (2020). Efficient extraction of chitin from shrimp waste by mutagenized strain fermentation using atmospheric and room-temperature plasma. *International Journal of Biological Macromolecules*, 155, 1561-1568. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.133>.
- ❖ Zhou, Y., Guo, N., Wang, Z. M., Zhao, T. Y., Sun, J. A., y Mao, X. Z. (2021). Evaluation of a clean fermentation-organic acid method for processing shrimp waste from six major cultivated shrimp species in China. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126135. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126135>.