



Técnicas de extracción de colágeno y optimización de la hidrólisis a partir de residuos animales: Una revisión bibliométrica

Techniques for collagen extraction and optimization of Hydrolysis from animal waste: A bibliometric review

Lucero Castillo Mendez^{a*}; Leticia Alvarez Lucas^a

^aFacultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: Lucero Castillo Mendez [Incastillom@unitru.edu.pe | <https://orcid.org/0009-0002-3404-5971>]
Leticia Alvarez Lucas [T012400620@unitru.edu.pe | <https://orcid.org/0009-0000-5504-1916>]

Resumen

Este estudio se centró en la extracción de colágeno a partir de residuos de pavo, evaluando su potencial como materia prima sostenible para aplicaciones biomédicas y tecnológicas. Se aplicó un enfoque metodológico basado en el análisis de parámetros críticos como tiempo, temperatura y pH para optimizar el rendimiento y la calidad del colágeno obtenido. La investigación incluyó una revisión exhaustiva de la literatura, utilizando bases de datos como Scopus y herramientas bibliométricas como VosViewer y Bibliometrix para analizar publicaciones clave entre 2018 y 2024. Los resultados mostraron que la extracción de colágeno a partir de residuos animales no solo ofrece una solución ecológica, sino que también presenta una viabilidad significativa para la industria, con aplicaciones que van desde la biomedicina hasta la cosmética. La optimización de los procesos de extracción y la adopción de prácticas sostenibles fueron identificadas como elementos esenciales para maximizar la eficiencia y calidad del colágeno, promoviendo así el aprovechamiento de recursos infrutilizados y reduciendo el impacto ambiental asociado.

Palabras clave: Prácticas ecológicas; sostenibilidad; extracción; residuos animales.

Abstract

This study focused on the extraction of collagen from turkey waste, evaluating its potential as a sustainable raw material for biomedical and technological applications. A methodological approach based on the analysis of critical parameters such as time, temperature and pH was applied to optimize the yield and quality of the collagen obtained. The research included a comprehensive literature review, using databases such as Scopus and bibliometric tools such as VosViewer and Bibliometrix to analyze key publications between 2018 and 2024. The results observed that the extraction of collagen from animal waste not only offers a solution. ecological, but also presents significant viability for the industry, with applications ranging from biomedicine to cosmetics. The optimization of extraction processes and the adoption of sustainable practices were identified as essential elements to maximize the efficiency and quality of collagen, thus promoting the use of underused resources and reducing the associated environmental impact.

Keywords: Ecological practices; sustainability; extraction; animal waste.



1. Introducción

La creciente acumulación de residuos sólidos, incluidos los subproductos de las industrias alimentaria y pesquera, ha impulsado un notable interés en la extracción de colágeno, una proteína de alto valor funcional y comercial. Investigaciones como las de Khawli et al. (2019), Araújo et al. (2018), Milovanovic & Hayes (2018), y Phon et al. (2023) demuestran el potencial de estas materias primas no convencionales para producir colágeno, explorando tecnologías verdes y optimizando las condiciones de extracción para obtener colágeno de fuentes diversas, como productos del mar, patas de pollo y cáscara de huevo respectivamente. Estos estudios no solo subrayan la viabilidad de estos métodos, sino que también destacan la importancia de adoptar enfoques sostenibles en la extracción de colágeno, alineándose con las tendencias actuales de la industria para mitigar el impacto ambiental y promover la economía circular. Estudios recientes han optimizado parámetros del proceso de extracción de moléculas bioactivas utilizando técnicas estadísticas. Por ejemplo, Wang et al. (2023) mejoraron la extracción de colágeno con papaína de la piel de corvina amarilla, mientras que Vate et al. (2022) utilizaron ultrasonidos y homogeneización mecánica para extraer colágeno de estrellas de mar. Tsegay et al. (2024) aplicaron estrategias estadísticas en la extracción de colágeno de subproductos marinos. Destacando así el potencial de obtener colágeno de alta calidad a partir de subproductos animales y la importancia de optimizar procesos de extracción sostenibles, mejorando la eficiencia y calidad del colágeno obtenido.

Lee et al. (2022) subraya la importancia de optimizar el proceso de extracción de colágeno para mejorar su calidad, cantidad, suministro y costo. Ajustar parámetros como la relación enzima/sustrato, el pH, el tiempo, la temperatura y la potencia de los instrumentos permite obtener mejores rendimientos y reducir costos. Blanco et al. (2019) añade que una optimización adecuada también promueve la sostenibilidad al maximizar la utilización de residuos animales y minimizar el impacto ambiental. Este enfoque ayuda a mejorar la eficiencia y calidad del colágeno, junto con prácticas sostenibles, es esencial para aprovechar recursos infrautilizados y reducir el impacto ambiental.

El colágeno es crucial en aplicaciones biomédicas y tecnológicas debido a su biocompatibilidad y capacidad regenerativa (Fan et al., 2023). La investigación de Cutajar et al. (2022) muestra cómo convertir residuos de atún rojo en colágeno y aceites útiles, mientras que Veiga et al. (2021) destaca el uso de biotintas basadas en colágeno en impresión 3D para estructuras biocompatibles, de la misma manera,

Desanlis et al. (2021) obtuvo una biotinta implantable para tratar quemaduras profundas. Estas investigaciones evidencian el potencial del colágeno para mejorar la sostenibilidad y la innovación en la medicina regenerativa, aportando a mi estudio sobre la optimización de la extracción de colágeno a partir de residuos animales y su uso en la industria alimentaria.

Huang et al. (2024) enfatizan la función estructural del colágeno en la piel, huesos, cartílagos y tendones, y su papel en la cicatrización y regeneración tisular. Este enfoque complementa con los hallazgos de Li et al. (2023), sobre la preparación de colágeno soluble de la vejiga natatoria de la anguila marina y su eficacia en la cicatrización de heridas. Además, Zhang et al. (2020) trabajaron con biomateriales de colágeno para la regeneración del tejido oral y craneofacial. Asimismo, Marinkovic et al. (2021), optimizó la producción de matriz extracelular a partir de fibroblastos de células madre para fabricar andamios que mejoran la cicatrización de heridas. Estos estudios proporcionan una visión integral de la extracción y aplicación del colágeno, destacando su potencial en la medicina regenerativa y en la mejora de tratamientos para la cicatrización de heridas, así como la importancia de explorar fuentes alternativas y métodos de optimización para maximizar su eficacia y sostenibilidad.

Según Nguyen et al. (2020), para la extracción de colágeno, los parámetros clave son la relación enzima/sustrato, el pH, el tiempo de extracción, la temperatura y la potencia de los instrumentos. Por ello, estos deben ajustarse para maximizar la eficiencia y calidad del colágeno, evitando su desnaturalización. Además, Yu et al. (2018) afirman que la combinación adecuada de parámetros, optimizada mediante diseños experimentales como DOE y RSM, permite una extracción precisa de colágeno, asegurando alta pureza y funcionalidad. Estos enfoques son fundamentales para la optimización de procesos en la industria alimentaria, promoviendo un enfoque sostenible y eficiente en la producción de colágeno a partir de residuos animales. En un marco de economía circular es importante aprovechar estos residuos para extraer colágeno de alta calidad y funcionalidad como una medida clave para reducir el impacto ambiental. Por lo tanto, el objetivo principal del artículo es analizar la eficacia y viabilidad de diferentes fuentes de materias primas en la extracción de colágeno, así como analizar críticamente investigaciones anteriores para identificar las condiciones óptimas de extracción. Además, ofrecer recomendaciones para promover prácticas sostenibles, con el fin de mejorar la eficiencia en la extracción de colágeno.

2. Metodología

Se realizó un análisis exhaustivo de la literatura sobre extracción, hidrólisis y optimización del colágeno usando Scopus y las palabras clave correspondientes. Se revisaron 30 documentos publicados entre 2018 y 2024. Se utilizaron herramientas bibliométricas como VosViewer (versión 1.6.20) y Bibliometrix (Biblioshiny, versión 4.1.0) para analizar palabras clave, autores y áreas temáticas (Figura 1).

3. Resultados y discusión

El mapa de co-citación generado con VosViewer identificó 130 autores significativos con al menos 10 citas (Figura 2), destacando la importancia de las conexiones entre ellos mediante el método de Association Strength. Los nudos en rojo, verde y azul indican comunidades que trabajan en subcampos específicos, con los autores más influyentes, como Alemu et al. (2023), situados en el centro del mapa subrayando su papel en guiar futuras investigaciones hacia la optimización de procesos sostenibles. El análisis de la Figura 2 muestra una variabilidad en la actividad investigadora entre 2018 y 2024, con una mayor producción en los primeros años y una disminución entre 2022 y 2024, lo que plantea el desafío de mantener el interés y la financiación en este campo. Según Hamid et al. (2019), es crucial desarrollar estrategias que promuevan la investigación continua y aseguren la colaboración entre líderes del pensamiento para sostener el avance y la innovación en la extracción sostenible de colágeno.

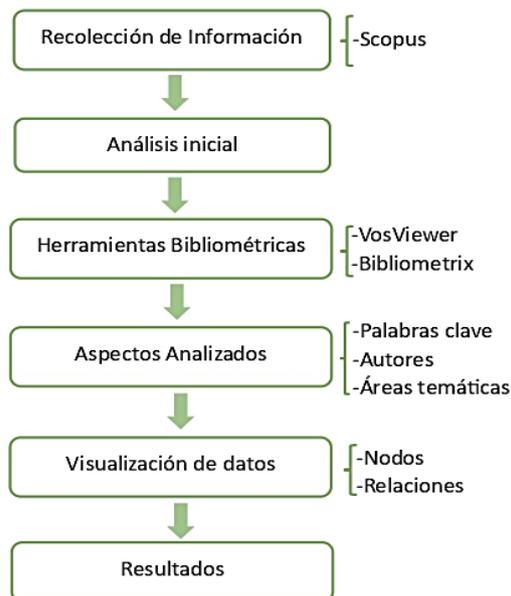


Figura 1. Metodología del análisis bibliométrico.

Para el análisis de co-ocurrencia con VOSviewer se examinó las palabras clave en los documentos, aplicando un umbral mínimo de ocurrencia de 2, lo que permitió identificar las 21 palabras clave más relevantes. Estas se localizaron en el contexto de "colágeno" y "extracción" mediante la búsqueda en los títulos en Scopus. Además, se utilizó el método de "Association Strength" para normalizar las relaciones entre las palabras clave.

La Figura 3 muestra los vínculos entre los documentos a través de estas palabras clave, destacándose "colágeno", "optimización" y "superficie de respuesta". Valério et al. (2023) sugieren que estos vínculos indican temas comunes y relaciones significativas entre los estudios analizados, proporcionando una visión clara de las tendencias de investigación y áreas de enfoque en este campo. Este análisis de co-ocurrencia permite entender la interrelación de palabras clave relevantes, destacando la importancia de desarrollar técnicas innovadoras que sean efectivas y sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico (Caruso et al., 2020). Esto permite explorar nuevas aplicaciones del colágeno extraído, contribuyendo así a una economía circular más sólida.

El análisis bibliométrico muestra una intensa actividad investigativa en la obtención y uso del colágeno, lo cual se evidencia en la relevancia de términos clave como "colágeno" y "extracción". Según Anandito et al. (2024) el análisis bibliométrico revela una intensa actividad investigativa en la obtención y uso del colágeno, destacando la necesidad de optimizar los procesos de extracción para mejorar su calidad y funcionalidad. Es crucial desarrollar métodos de extracción sostenibles y eficientes que minimicen el impacto ambiental, al tiempo que se abordan las dificultades derivadas de la variabilidad en las fuentes de materias primas (Amirtham et al., 2024).

Además, Araújo et al. (2018) señala la estandarización de metodologías es fundamental para facilitar comparaciones significativas entre estudios y explorar nuevas aplicaciones del colágeno más allá de los contextos médicos y cosméticos, en áreas como la ingeniería de tejidos y la biotecnología. Los aportes de estos autores sugieren que una investigación futura debe enfocarse en optimizar y estandarizar los procesos de extracción de colágeno para mejorar su calidad y sostenibilidad, abordar la variabilidad en las materias primas, y explorar nuevas aplicaciones en campos como la ingeniería de tejidos y la biotecnología, facilitando así avances significativos en estos sectores.

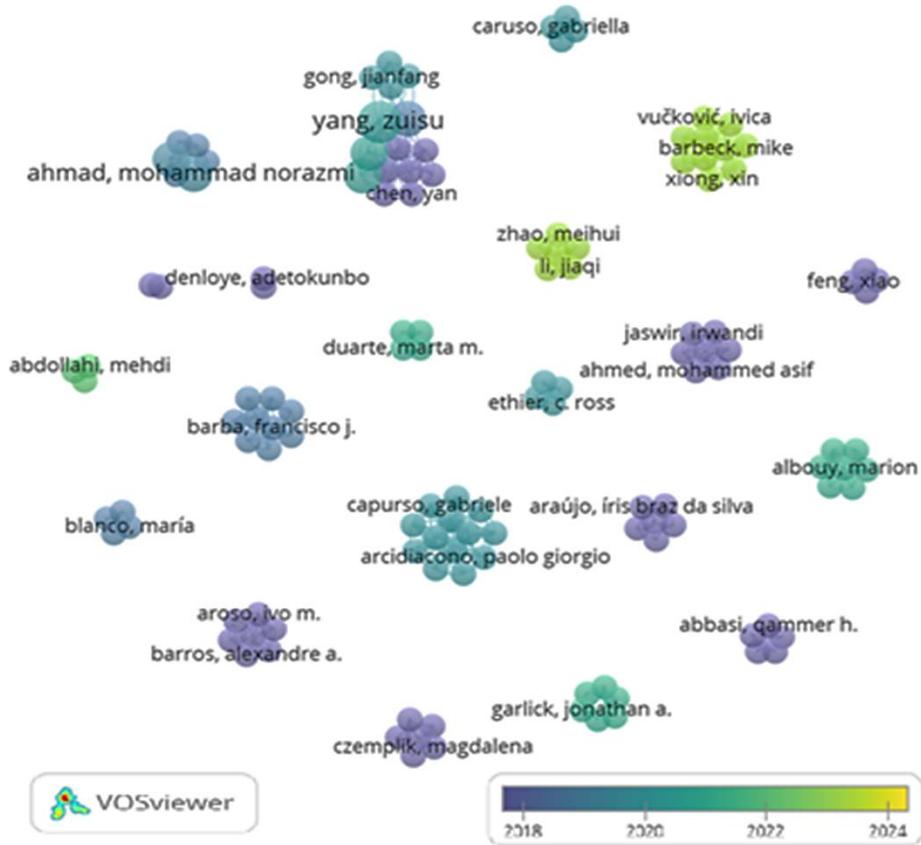


Figura 2. Mapa de Co-citación de autores basado en el número de citas con un umbral mínimo de 10 citas por autor.

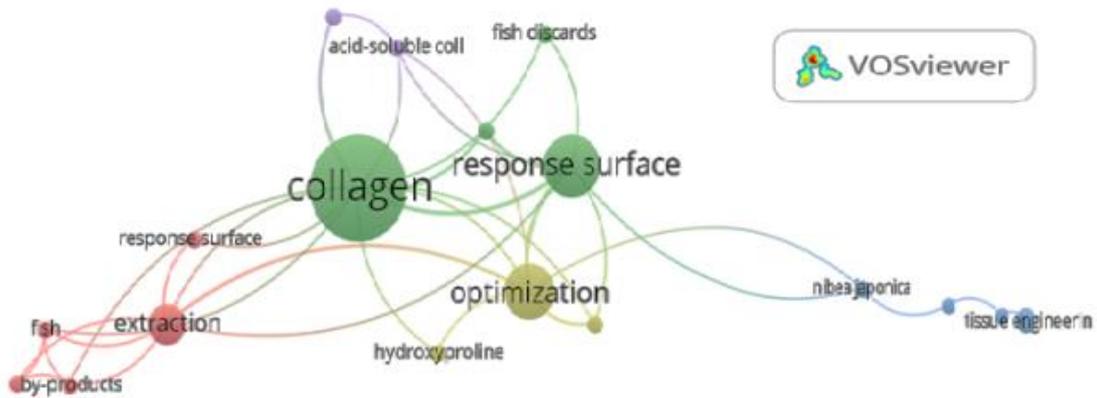


Figura 3. Mapa de Co-citación basado en las palabras clave, método de "Association Strength".

En la Figura 3 se observan tres grupos temáticos: El Grupo 1 (color rojo) relaciona términos como "Extracción", "subproductos" y "Pez". Estos términos están relacionados con el aprovechamiento de residuos de pescado para la extracción de colágeno. García-Santiago et al. (2021) sugieren que en este campo es ideal desarrollar métodos eficientes y sostenibles para la extracción de colágeno de fuentes marinas que sean económicamente viables y que reduzcan el impacto ambiental.

El Grupo 2 (color amarillo) incluye términos como "optimización" e "hidroxiprolina", clúster que relaciona la optimización de la extracción de La hidroxiprolina, un aminoácido derivado de la prolina que se encuentra en el colágeno. Según Yulianti et al. (2018) uno de los principales desafíos actuales en este campo es asegurar que el colágeno extraído sea biocompatible y seguro para su uso en aplicaciones médicas y cosméticas. Además, aprovecharlo para extraer sus componentes de alto valor agregado.

Referencias bibliográficas

- Alemu, L. G., Tesfaye, T., Babu, K. M., Solomon, B., Teshome, Z., & Ahmed, F. E. (2023). Optimization of Gelatine Synthesis from Lime Fleshed Hide Trim Solid Waste. *Textile and Leather Review*, 6, 233-251. <https://doi.org/10.31881/TLR.2023.025>
- Amirtham, S. M., Parasuraman, G., Lisha, J. J., Francis, D. V., Livingston, A., Rebekah, G., Sathishkumar, S., & Vinod, E. (2024). Decellularized fetal collagen exhibits chondroinductive potential for bone marrow-derived mesenchymal stem cells by enhancing glycosaminoglycan production. *European Journal of Anatomy*, 28(1), 13-23. <https://doi.org/10.52083/KJJC3228>
- Anandito, R. B. K., Purwanto, E., Praseptianga, D., & Zaman, M. Z. (2024). Optimization of cobia fish (*Rachycentron canadum*) gelatin extraction with response surface methodology. *Food Research*, 8, 139-147. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(S2\).98](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(S2).98)
- Araújo, Í. B. S., Bezerra, T. K. A., Nascimento, E. S., Gadelha, C. A. A., Santi-Gadelha, T., & Madruga, M. S. (2018). Optimal conditions for obtaining collagen from chicken feet and its characterization. *Food Science and Technology (Brazil)*, 38, 167-173. <https://doi.org/10.1590/fst.27517>
- Blanco, M., Vázquez, J. A., Pérez-Martín, R. I., & Sotelo, C. G. (2019). Collagen extraction optimization from the skin of the small-spotted catshark (*S. Canicula*) by response surface methodology. *Marine Drugs*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/md17010040>
- Caruso, G., Floris, R., Serangeli, C., & Di Paola, L. (2020). Fishery Wastes as a Yet Undiscovered Treasure from the Sea: Biomolecules Sources, Extraction Methods and Valorization. *Marine Drugs*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/md18120622>
- Cutajar, N., Lia, F., Deidun, A., Galdies, J., Arizza, V., & Zammit Mangion, M. (2022). Turning Waste into A Resource: Isolation and Characterization of High-Quality Collagen and Oils from Atlantic Bluefin Tuna Discards. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031542>
- Desanlis, A., Albouy, M., Rousselle, P., Thépot, A., Santos, M. D., Auxenfans, C., & Marquette, C. (2021). Validation of an implantable bioink using mechanical extraction of human skin cells: First steps to a 3D bioprinting treatment of deep second degree burn. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 15(1), 37-48. <https://doi.org/10.1002/term.3148>
- Fan, L., Ren, Y., Emmert, S., Vučković, I., Stojanovic, S., Najman, S., Schnettler, R., Barbeck, M., Schenke-Layland, K., & Xiong, X. (2023). The Use of Collagen-Based Materials in Bone Tissue Engineering. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4). <https://doi.org/10.3390/ijms24043744>
- García-Santiago, X., Franco-Uría, A., Antelo, L. T., Vázquez, J. A., Pérez-Martín, R., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2021). Eco-efficiency of a marine biorefinery for valorization of cartilaginous fish biomass. *Journal of Industrial Ecology*, 25(3), 789-801. <https://doi.org/10.1111/jiec.13066>
- Hamid, A. H., Elgharbawy, A. A., Rohman, A., Rashidi, O., Hamed, H., & Nurrulhidayah, A. F. (2019). Optimisation of browning index of maillard reaction in gelatine powder by response surface methodology (RSM) for halal authentication. *Food Research*, 3(5), 525-529. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(5\).116](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(5).116)
- Huang, S., Rao, Y., Ju, A. L., Ker, D. F. E., Blocki, A. M., Wang, D. M., & Tuan, R. S. (2024). Non-collagenous proteins, rather than the collagens, are key biochemical factors that mediate tenogenic bioactivity of tendon extracellular matrix. *Acta Biomaterialia*, 176, 99-115. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2023.12.032>
- Khawli, F. A., Pateiro, M., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Gullón, P., Kousoulaki, K., Ferrer, E., Berrada, H., & Barba, F. J. (2019). Innovative green technologies of intensification for valorization of seafood and their by-products. *Marine Drugs*, 17(12). <https://doi.org/10.3390/md17120689>
- Kheirabadi, E. K., Razavi, S. H., Khodaiyan, F., & Golmakani, M.-T. (2018). Optimizing the extraction of acid-soluble collagen inside the eggshell membrane. *Food Science and Technology Research*, 24(3), 385-394. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.385>
- Lee, E. H., Chun, S. Y., Lee, J. N., Yoon, B. H., Chung, J.-W., Han, M.-H., Kwon, T. G., Ha, Y.-S., & Kim, B. S. (2022). Optimized Collagen Extraction Process to Obtain High Purity and Large Quantity of Collagen from Human Perirenal Adipose Tissue. *BioMed Research International*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3628543>
- Li, H., Tian, J., Cao, H., Tang, Y., Huang, F., & Yang, Z. (2023). Preparation of Enzyme-Soluble Swim Bladder Collagen from Sea Eel (*Muraenesox cinereus*) and Evaluation Its Wound Healing Capacity. *Marine Drugs*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/md21100525>
- Marinkovic, M., Sridharan, R., Santarella, F., Smith, A., Garlick, J. A., & Kearney, C. J. (2021). Optimization of extracellular matrix production from human induced pluripotent stem cell-derived fibroblasts for scaffold fabrication for application in wound healing. *Journal of Biomedical Materials Research - Part A*, 109(10), 1803-1811. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.37173>
- Milovanovic, I., & Hayes, M. (2018). Marine gelatine from rest raw materials. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/app8122407>
- Nguyen, B. C., Nguyen, H. M. X., Nguyen, K. H. N., & Kha, T. C. (2020). Optimization of treatment conditions for non-collagen removal from yellowfin tuna skin (*Thunnus albacares*). *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 19(3), 548-562. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2020.0036>
- Phon, S., Pradana, A. L., & Thanasupsin, S. P. (2023). Recovery of Collagen/Gelatin from Fish Waste with Carbon Dioxide as a Green Solvent: An Optimization and Characterization. *Recycling*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/recycling8020030>
- Tsegay, Z. T., Agriopoulou, S., Chaari, M., Smaoui, S., & Varzakas, T. (2024). Statistical Tools to Optimize the Recovery of Bioactive Compounds from Marine Byproducts. *Marine Drugs*, 22(4). <https://doi.org/10.3390/md22040182>

- Valério, N., Soares, M., Vilarinho, C., Correia, M., & Carvalho, J. (2023). Diving into Fish Valorisation: Review Opportunities and Analyzing Azorean Fish Data. *Processes*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/pr11071998>
- Vate, N. K., Undeland, I., & Abdollahi, M. (2022). Resource efficient collagen extraction from common starfish with the aid of high shear mechanical homogenization and ultrasound. *Food Chemistry*, 393. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133426>
- Veiga, A., Silva, I. V., Duarte, M. M., & Oliveira, A. L. (2021). Current trends on protein driven bioinks for 3d printing. *Pharmaceutics*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13091444>
- Wang, B., Li, W., Liu, S., Hu, X., Zhang, S., & Yang, S. (2023). Extraction Process Optimization and Functional Characteristics of by Papain Solubilized Collagen from Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena crocea*) Skin. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 19(4), 347-357. <https://doi.org/10.3844/ajbbbsp.2023.347.357>
- Yu, F., Zong, C., Jin, S., Zheng, J., Chen, N., Huang, J., Chen, Y., Huang, F., Yang, Z., Tang, Y., & Ding, G. (2018). Optimization of extraction conditions and characterization of pepsin-solubilised collagen from skin of giant croaker (*nibea japonica*). *Marine Drugs*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/md16010029>
- Yulianti, D., Harmita, & Rukmana, T. I. (2018). Isolation, purification, and characterization of bovine tendon collagen and analysis of glycine, proline, and hydroxyproline by high-performance liquid chromatography-fluorescence. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 10(Special Issue 1), 311-315. <https://doi.org/10.22159/ijap.2018.v10s1.69>
- Zheng, J., Tian, X., Xu, B., Yuan, F., Gong, J., & Yang, Z. (2020). Collagen peptides from swim bladders of giant croaker (*Nibea japonica*) and their protective effects against H₂O₂-induced oxidative damage toward human umbilical vein endothelial cells. *Marine Drugs*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/MD18080430>