

Descubre las proteínas y péptidos bioactivos de animales marinos

Discovering the bioactive proteins and peptides of marine animals



Recursos Naturales y Sociedad, 2023. Vol. 9 (2): 63-75. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2023.09.09.02.0006>

Arisaí C. Hernández-Sámano¹, Mayra Pamela Becerra Amezcua²

¹Instituto de Neurobiología. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro.

²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

E-mail: arizai5@hotmail.com

Resumen

Los seres vivos poseen diferentes macromoléculas esenciales para su funcionamiento, una de ellas son las proteínas. Las proteínas poseen diferentes funciones biológicas e incluso algunos fragmentos específicos de ellas, llamados péptidos, pueden tener efectos positivos en el organismo; a este tipo de péptidos se les conoce como péptidos bioactivos o biopéptidos y son capaces de influenciar favorablemente las funciones que llevan a cabo los sistemas inmune, gastrointestinal, nervioso y cardiovascular. Se han reportado numerosos estudios acerca de biopéptidos de diferentes organismos marinos. Existen estudios sobre péptidos de especies que se encuentran en México como el pepino de mar, y en especial, en el veneno de algunas especies como el pez león, caracoles marinos, medusas y anemonas. En general, los péptidos bioactivos marinos han mostrado actividades antimicrobianas, antioxidativas, antitrombóticas, antihipertensivas, inmunomoduladoras, entre otras. Por lo tanto, existe un gran interés de utilizar los biopéptidos marinos en la industria como ingredientes activos o como conservantes para alimentos, cosméticos, farmacéuticos, entre otros, para tratar o prevenir enfermedades, entre otras aplicaciones.

Palabras clave

Péptido bioactivo; biopéptido; proteína; organismo marino

Abstract

Living beings have different macromolecules essential for their functioning, one of them are proteins. Proteins have different biological functions and even some specific fragments of them, called peptides, can have positive effects in the organism; these types of peptides are known as bioactive peptides or biopeptides and are capable of favorably influencing the functions

carried out by the immune, gastrointestinal, nervous and cardiovascular systems. Numerous studies have been reported on biopeptides from different marine organisms. There are studies of peptides from species from Mexico such as the sea cucumber, and especially, the venom of some species such as lionfish, marine snails, jellyfish and anemones. In general, marine bioactive peptides have shown antimicrobial, antioxidant, antithrombotic, antihypertensive, and immunomodulatory activities, among others. Therefore, there is great interest in using marine biopeptides in the industry as active ingredients or as preservatives for food, cosmetics, pharmaceuticals, and others, to treat or prevent diseases, among other applications.

Key words

Bioactive peptide; biopeptide; protein; marine organism

Antecedentes

Los seres vivos están constituidos por células que requieren diferentes moléculas para su estructura y funcionamiento como lípidos, carbohidratos y proteínas, además de vitaminas, minerales y agua. El término “proteína”, cuyo nombre deriva del griego *proteios* que significa primario, fue utilizado por el químico holandés Gerardus Johannes Mulder en 1838 en un artículo de investigación sobre “la composición de algunas sustancias animales”. El documento concluía que todas las “sustancias” estudiadas eran conformadas por una misma especie química constituida por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), al que denominó proteína (Guevara Núñez *et al.*, 2023).

Actualmente, es sabido que las proteínas son macromoléculas orgánicas constituidas por dichos elementos (C, H, O, N), aunque también pueden contener azufre (S) y fósforo (P), entre

otros en menor proporción como hierro (Fe), cobre (Cu), magnesio (Mg), y zinc (Zn) (Calvo-Bruzos *et al.*, 2012).

Las proteínas se definen como polímeros, es decir, macromoléculas compuestas por la unión de moléculas más pequeñas denominadas monómeros, como si se tratará de un collar de perlas, en las proteínas estos se llaman aminoácidos (cada una de las perlas del collar), los cuales se unen por “enlaces peptídicos” (como pegamento para unir cada una de las perlas del collar) formando una o varias cadenas. Estas cadenas polipeptídicas o subunidades tienen la capacidad de plegarse originando diferentes niveles estructurales como se ilustra en la figura 1. Existen distintos aminoácidos en la naturaleza, sin embargo, para la mayoría de los seres vivos son 20 aminoácidos los que constituyen las proteínas, esta variedad nos ofrece combinaciones enormes de secuencias en las cadenas polipeptídicas. Considerando que una proteína puede conformarse desde 50 a 100 aminoácidos hasta más de 10,000, cada proteína tiene una única secuencia de aminoácidos lo que propicia que tengan características particulares en cuanto a su estructura y función. Las proteínas tienen varios tipos de funciones en los organismos, entre ellos: estructural, transporte, motilidad (término de la biología para expresar la habilidad de moverse) defensa, reconocimiento, almacenamiento y función catalítica. El último tipo de función se refiere a proteínas denominadas enzimas que se encargan de acelerar la velocidad de las reacciones químicas en los seres vivos (Badui, 2006).

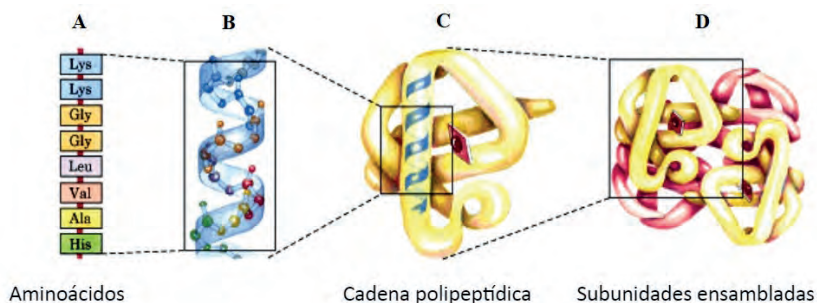


Figura 1. Niveles estructurales de las proteínas. A) Estructura primaria; B) Estructura secundaria; C) Estructura terciaria; D) Estructura cuaternaria (sólo algunas proteínas alcanzan este nivel estructural). Imagen tomada de “Lehninger Principles of Biochemistry” 4th Edición.

Proteínas fascinantes de animales marinos

El mar contiene cerca de la mitad de la biodiversidad mundial, por lo que es una fuente de compuestos de interés. México posee una extensa superficie marítima con diversos ecosistemas que albergan numerosos organismos que pueden ser recursos potenciales para la obtención de diferentes macromoléculas. Las condiciones variables del océano como la presión o profundidad, disponibilidad de luz y oxígeno, la concentración de sal, variación de pH (de 7.5 a 8.4), la temperatura con valores que van desde -3 °C en el Ártico y Antártico, hasta 32 °C en aguas tropicales, entre otros factores, han generado una serie de adaptaciones fisiológicas en los organismos marinos y que sean capaces de sintetizar moléculas con características particulares que no tienen equivalencia con las terrestres (Cifuentes Lemus *et al.*, 2003). Un ejemplo, son las proteasas marinas, enzimas que rompen (hidrolizan) los enlaces peptídicos de las proteínas, ya que tienen diferente actividad proteolítica (capacidad de hidrólisis de enlaces peptídicos) dependiendo de la temperatura del hábitat de los organismos marinos, lo que no sucede con las proteasas de origen terrestre debido a que generalmente poseen mayor actividad a valores cercanos a la temperatura fisiológica (37 °C) (Haard y Simpson, 2000). Se estudiaron las proteasas del pepino de mar *Isostichopus fuscus* (figura 2), invertebrado del filo *Echinodermata* al que pertenecen las estrellas y erizos de mar, extraído del Golfo de California en México en donde el agua alcanza más de 30 °C, y se determinó que tienen mayor actividad proteolítica a temperaturas superiores que lo reportado en otra especie de pepino de mar *Stichopus japonicus* de los mares de China donde la temperatura llega hasta 26 °C, lo que demuestra que sus proteasas tienen diferente actividad debido a las características del medio ambiente en el que habitan, entre

otras causas. Por otro lado, las proteasas del pepino de mar *I. fuscus* presentaron actividad importante a baja temperatura (4 a 10 °C) lo que les confiere ventajas para su aplicación, ya que podrían ser utilizadas para procesar alimentos reduciendo los costos de energía y evitando el deterioro de componentes sensibles a temperaturas elevadas (Haard y Simpson, 2000).

Otro organismo de interés es el pez león, *Pterois sp.* (figura 3), el cual es una especie invasora del Caribe Mexicano y el Golfo de México, misma que ha aumentado su población de forma desmedida, poniendo en riesgo el equilibrio del ecosistema, por lo que una solución para disminuir el número de individuos es impulsar el aprovechamiento de este organismo o de sus moléculas. Pertenecen a la familia Scorpaenidae distinguida de peces vistosos por su patrón de coloración y por contener veneno principalmente en las aletas dorsales (figura 3A). Estudios

de las proteasas del músculo del pez león mostraron una mayor actividad proteolítica alrededor de pH neutro y temperatura ambiente (25 °C), condiciones favorables para alguna aplicación que no requiera de condiciones extremas. Sin embargo, a pesar de que las características de las proteasas del pez león no son competitivas contra las de proteasas de otros organismos, es parte de la búsqueda de aplicaciones para apoyar la erradicación de dicha especie invasora (Vega Hernández, 2023).

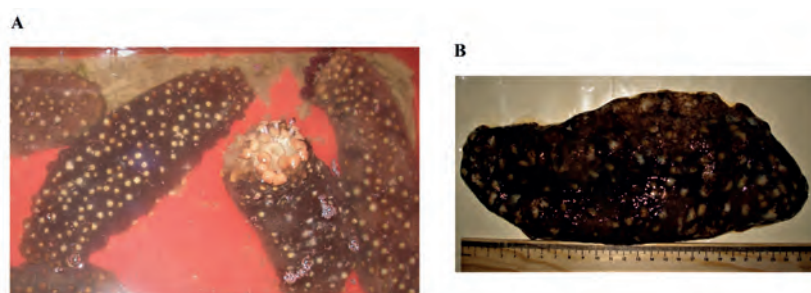


Figura 2. Pepinos de mar. A) Pepinos de mar de la especie *Isostichopus fuscus* extraídos en el Golfo de California, México; B) Medición de la longitud de un organismo estudiado. Fotografías de A.C. Hernández-Sámano.

Otras particularidades de las proteasas marinas es su actividad en amplios rangos de pH, altas concentraciones de sal, y diferentes condiciones de presión; características importantes en industrias como la alimentaria, farmacéutica y ambiental.

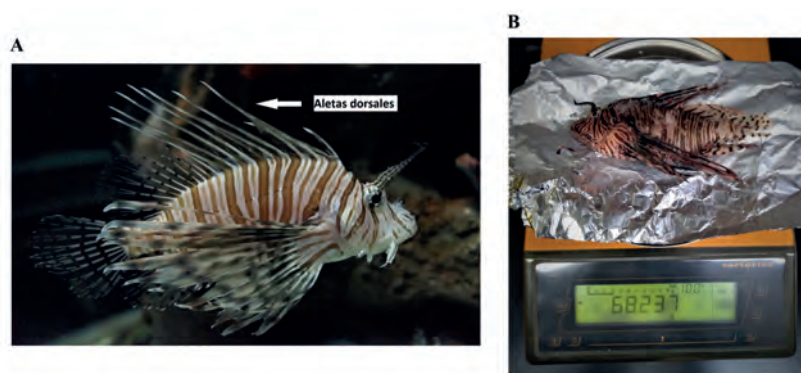


Figura 3. Pez león. A) Pez león de la especie *Pterois sp.* extraído en el Caribe Mexicano, se indican las aletas dorsales dónde se encuentra contenido el veneno. B) Medición del peso en gramos de un organismo estudiado. Fotografías de Saúl López Vite y A.C. Hernández-Sámano.

Péptidos bioactivos marinos

Comenzaremos definiendo a los péptidos como cadenas de aminoácidos de menor tamaño molecular que las proteínas,

formados desde dos aminoácidos (dipéptido) hasta aproximadamente 50 a 100 aminoácidos. Algunos péptidos presentes en las células o fuera de ellas, participan en diferentes procesos biológicos.

Por ejemplo, la hormona oxitocina (figura 4A) es un péptido de 9 aminoácidos, es sintetizado en el hipotálamo y su función es regular el ritmo del parto, facilita la lactancia, y se presenta cuando un individuo experimenta sensaciones altamente agradables. De hecho, fue el primer péptido sintetizado en 1954 por el bioquímico estadounidense Vincent Du Vigneaud. Otro ejemplo, es la hormona insulina (figura 4B) de 51 aminoácidos que se compone de dos cadenas unidas (cadena A de 21 aminoácidos y cadena B de 30 aminoácidos), es producida y secretada por células especializadas del páncreas principalmente para regular los niveles de glucosa en sangre. Los péptidos también pueden ser generados por la acción



de proteasas (como se mencionó anteriormente, son enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas) durante la digestión gastrointestinal o durante el procesamiento de alimentos, por ejemplo: una de las proteínas más abundante en la leche de vaca es la β -caseína, dicha proteína es hidrolizada por proteasas durante la digestión produciéndose diferentes fragmentos para su asimilación, sin embargo, además de los péptidos que cumplen con la función nutricional, se generan péptidos con efectos particulares como las β -casomorfina, nombradas así por su efecto similar a la morfina, denominados “péptidos con actividad opioide”, que son capaces de actuar como analgésicos, relajantes, hipocolesterolémicos (reducción del colesterol en el organismo) y

obtener de diferentes recursos proteicos como proteínas de animales terrestres, plantas, bacterias y recientemente de recursos marinos (Cunha y Estevez, 2022).

Se ha reportado que los péptidos bioactivos marinos (procedentes de organismos marinos) poseen diversas actividades biológicas como antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas, antihipertensivas, antiinflamatorias, antitrombóticas, antiaterosclerosis, inmunomoduladoras, entre

otras. Se han investigado péptidos bioactivos obtenidos a partir de proteínas de especies marinas como camarón, ostra, langosta, erizo, calamar, mejillón, estrella de mar, entre otros (Bhakuni y Rawat, 2005). Se ha demostrado que los péptidos de los caracoles marinos de la familia *Conidae* tienen efecto sobre los receptores que se encuentran en el cerebro, entre ellos, los conocidos como receptores neuronales de acetilcolina

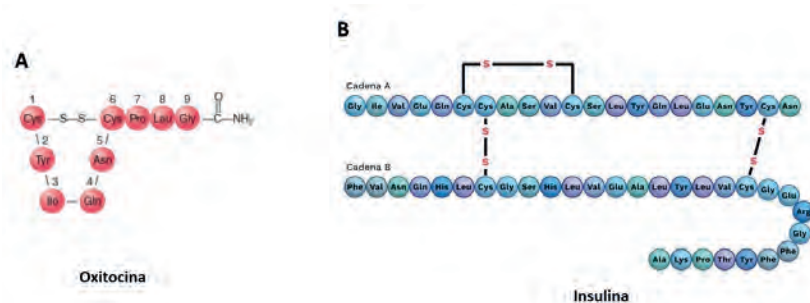


Figura 4. Péptidos importantes para la regulación y funcionamiento de las células. A) Estructura primaria de la hormona oxitocina, péptido de 9 aminoácidos. B) Estructura primaria de la hormona insulina, péptido de 51 aminoácidos.

potenciadores de la memoria (Hernández-Ledesma *et al.*, 2011).

A los péptidos que tienen algún tipo de actividad biológica, como en el ejemplo anterior, se les conoce como péptidos bioactivos o biopéptidos. Los biopéptidos han sido definidos como fragmentos específicos de proteínas que tienen un impacto positivo en las funciones biológicas (Kitts y Weiler, 2003); pueden influenciar favorablemente las funciones que llevan a cabo los sistemas inmune, gastrointestinal, nervioso y cardiovascular (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2014). En general, los péptidos bioactivos tienen entre 3 y 30 aminoácidos y sus diferentes bioactividades dependen de su estructura, composición y secuencia (Cunha y Pintado, 2022). Los biopéptidos se pueden

nicotínicos (nAChRs) que están relacionados con numerosos desórdenes neurológicos y enfermedades como Parkinson, Alzheimer, demencia, esquizofrenia, adicciones y depresión (Ho *et al.*, 2020). En el Laboratorio de Neurofarmacología Marina de la Universidad Nacional Autónoma de México se investigan péptidos bioactivos contenidos en el veneno de caracoles marinos que habitan en los mares mexicanos (figura 5). Por ejemplo, en el veneno del caracol *Conus archon* (figura 6) se identificó un péptido de 15 aminoácidos con efecto sobre un subtipo de nAChR llamado $\alpha 7$ (Hernández-Sámano *et al.*, 2022). El receptor $\alpha 7$ es uno de los más abundantes en el hipocampo y participa en una variedad de procesos fisiológicos como en los procesos de aprendizaje y memoria; es particularmente importante en la

enfermedad de Alzheimer y esquizofrenia (Letsinger *et al.*, 2022).

Por lo tanto, el estudio del efecto del péptido aislado de *C. archon* sobre el receptor $\alpha 7$ aporta información relevante para entender dichos procesos fisiológicos y enfermedades. De forma similar, el veneno de las aletas dorsales del pez león contiene péptidos con efecto sobre los nAChRs lo que podría ayudar a estudiar algunas enfermedades como Alzheimer y Parkinson (Becerra-Amezcu *et al.*, 2020).

Por otra parte, a partir del músculo del pepino de mar *I. fuscus* se obtuvieron péptidos que mostraron actividad antioxidante, los cuales son una opción para su utilización en alimentos funcionales, llamados de esa forma porque además de sus características nutricionales tienen funciones específicas para beneficiar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades (Hernández-Sámano y Hernández-Ledesma, 2015). En años recientes, los péptidos



Figura 5. Diferentes especies de caracoles marinos de la familia *Conidae* extraídos en México. Fotografía de A.C. Hernández-Sámano.

antioxidantes también se han obtenido de recursos marinos, principalmente de peces o de subproductos de la pesca como la

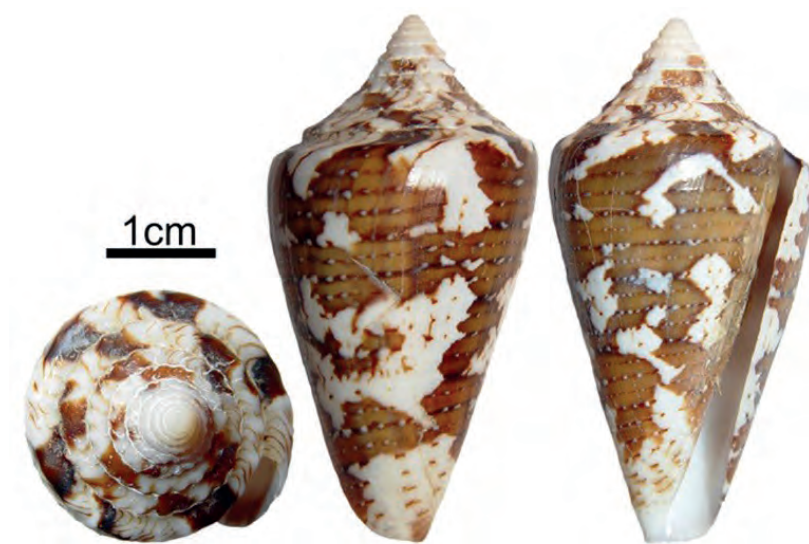


Figura 6. Caracol marino *Conus archon* extraído en el Pacífico mexicano, mostrado en diferentes ángulos. Imagen tomada de Hernández-Sámano *et al.*, 2022.

piel de atún rojo y salmón y de las escamas de sabalote, entre muchos más (Ahmed *et al.*, 2020).

También, se han reportado algunos biopéptidos de medusas (figura 7). Las medusas son organismos marinos fascinantes pertenecientes al filo *Cnidaria* que aparecieron hace unos 500 millones de años en el Cámbrico; también son llamadas



Figura 7. Medusa (*Chrysaora chesapeakei*) del Golfo de México. Fotografía de Saúl López Vite.

“aguamalas” ya que sus tentáculos están formados por células urticantes llamadas cnidocitos que contienen veneno para capturar a sus presas y como forma de defensa. La toxicidad del veneno de la medusa varía según la especie, algunas pueden ser letales para el ser humano. Los biopéptidos extraídos del veneno de las medusas han mostrado un gran rango de actividades incluyendo estimulación del sistema inmune, cuidado nutricional de la piel, propiedades antioxidantes y efectos antihipertensivos.

Se ha sugerido que los péptidos bioactivos de las medusas tienen aplicaciones terapéuticas incluyendo tener una influencia positiva en la artritis, dolor de espalda y como remedio para la fatiga.

También algo paradójico es que el veneno de estos organismos tiene efectos cardiotóxicos, sin embargo, se ha sugerido que tiene aplicaciones prometedoras para la medicina cardiovascular

(Daly *et al.*, 2014). Otro organismo marino que ha sido de interés es la anémona (figura 8). Las anémonas, pertenecientes al mismo filo *Cnidaria* que las medusas, son seres que han vivido en la tierra desde hace millones de años evolucionando y adaptándose al medio ambiente. Son animales marinos con aspecto de flor que se adhieren normalmente a la arena del fondo, rocas, y hasta a las conchas de crustáceos o moluscos. También tienen



Figura 8. Anémona (*Condylactis gigantea*) del Caribe mexicano. Fotografía de Saúl López Vite.

tentáculos urticantes con veneno para capturar a sus presas y para defenderse.

A partir de estudios del veneno de anémonas se han obtenido análogos sintéticos de péptidos bioactivos que están siendo estudiados como inmunosupresores selectivos para tratar enfermedades autoinmunes como esclerosis múltiple, artritis reumatoide y diabetes mellitus tipo 1, así como el tratamiento de células tumorales, sin embargo, existen más de 800 anémonas sin estudiar por lo que posiblemente en el futuro se encuentren más aplicaciones a estos péptidos (Norton, 2006).

Péptidos bioactivos marinos en nuestra vida diaria

Las proteasas marinas pueden utilizarse para generar péptidos bioactivos a partir de proteínas de diferentes recursos, terrestres y marinos. De hecho, el método más descrito para producir péptidos bioactivos a partir de proteínas es la hidrólisis por acción de proteasas. Actualmente existen numerosos procesos de obtención de péptidos a partir de proteínas marinas, sin embargo, en la mayoría de los procesos se utilizan proteasas de animales terrestres o de bacterias, mientras que sólo en algunos casos se emplean proteasas marinas debido a que hay insuficiente información de sus características para su actividad proteolítica. Por otra parte, en cuanto a las proteínas marinas, hablaremos del colágeno marino, una de las proteínas que actualmente está teniendo éxito en su comercialización, principalmente los péptidos generados por su hidrólisis, comercializándose como colágeno marino hidrolizado. El colágeno es una proteína



muy abundante en los organismos y se encuentra en diferentes tejidos encargados de sostener, proteger y dar estructura, como la piel, los tendones y el hueso. La mayoría del colágeno hidrolizado comercial es de procedencia mamífera (figura 9). Sin embargo, en el área de investigación, los péptidos bioactivos obtenidos a partir del colágeno de organismos marinos han mostrado actividades biológicas como antioxidante, antihipertensiva, antimicrobiana, inmunomoduladora, neuroactiva, etc. (Ahmed *et al.*, 2020). En general, debido a todas las bioactividades mostradas por los péptidos marinos, estos pueden ser de gran interés para aplicaciones industriales, como ingredientes activos o conservantes para alimentos, productos cosméticos,

marinos completos, también pueden ser obtenidos de los subproductos de la pesca como vísceras, cabezas, piel, conchas, huesos, etc., incentivando su aprovechamiento para la generación de péptidos bioactivos, ya que se estima que el 25 % de la producción total de la pesca son desechos pesqueros (Kim y Mendis, 2006). Por ejemplo, los hidrolizados de proteínas de origen marino generalmente se aplican en preparaciones de alimentos, donde cumplen diferentes funciones, como antioxidantes, para mejorar el rendimiento físico en personas mayores, prevenir la caída del cabello, entre otras (Pavlicevic *et al.*, 2020). No obstante, en el área médica, a pesar de que existen varios péptidos marinos con actividades biológicas interesantes, muy pocos han sido aprobados para su evaluación en fases clínicas y aún menos están en el mercado. Uno de los péptidos marinos que actualmente es utilizado exitosamente como agente analgésico para el dolor



Figura 9. Productos de colágeno hidrolizado analizados por la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). Imagen tomada de la Revista del Consumidor, No. 543, mayo 2022

cosmecéticos (producto tópico con moléculas bioactivas que aportan cualidades superiores a la de un cosmético, sin estar dirigidas al tratamiento de una patología, como sucede con un fármaco), productos farmacéuticos y nutraceuticos (productos basados en ingredientes naturales que se caracterizan por ser ricos en determinados nutrientes para prevenir enfermedades). Además de poder obtener péptidos bioactivos de los organismos

crónico y está aprobado por la FDA (Food and Drug Administration, agencia del Gobierno de los Estados Unidos), es el Ziconotide. Dicho péptido es producido químicamente, pero se descubrió a partir del veneno del caracol marino *Conus magus* (Cheung et al., 2015).

Agradecimientos

Al Dr. Manuel B. Aguilar Ramírez Jefe del Laboratorio de Neurofarmacología Marina del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro, México y a dicha Institución, por la beca “Heimer” de Investigador Asistente de Proyecto durante la realización del presente artículo de divulgación. A la Lic. en Biología Sara E. Vega Hernández y al estudiante de Biología Marina José Andrés Pérez Chávez por su participación en el estudio de las proteasas del músculo del pez león.

Literatura citada

- Ahmed M., A. K. Verma y R. Patel. 2020. *Collagen extraction and recent biological activities of collagen peptides derived from sea-food waste: A review*. Sustainable Chemistry and Pharmacy 18: 100315.
- Becerra-Amezcu, M.P., A. Hernández-Sámano, C. Puch-Hau, M.B. Aguilar y R.C. Collí-Dulá. 2020. *Effect of pterois volitans (lionfish) venom on cholinergic and dopaminergic systems*. Environmental Toxicology and Pharmacology 77: 103359.
- Bhakuni, D.S. y D.S. Rawat. 2005. *Bioactive marine natural products*. Springer. Nueva York, E.U.A. 280 pp.
- Calvo-Bruzos, S.C., Gómez-Cadela, C., Royo-Bordonada, M.Á., López-Nomdedeu, C. 2012. *Nutrición, salud y alimentos funcionales*. UNED. Madrid, España. 661 pp.
- Cifuentes Lemus, J.L., M.P. Torres- García y M. Frías Mondragón. 2003. *El océano y sus recursos, IV. Las ciencias del mar: Oceanografía biológica*. Fondo de Cultura Económica, SEP, CONACyT. Ciudad de México, México. 199 pp.
- Cunha, S.A. y M. Estevez Pintado. 2022. *Bioactive peptides derived from marine sources: Biological and functional properties*. Trends in Food Science & Technology 119: 348-370.
- Daly, N., J. Seymour y D. Wilson. 2014. *Exploring the therapeutic potential of jellyfish venom*. Future Medicinal Chemistry 6 (15): 1715-1724.



- Guevara Núñez, S.P., Moreno Gómez, D., López, D.E., Díaz García, Y.M., Roza Rojas, D. Universidad Nacional de Colombia, Dirección Nacional de Innovación Académica. 2023. *Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Proteínas*. En: http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria_ensenanza/proteinas/html/contenidos_01.html (consultado el 12/04/2023).
- Haard, N.F., Simpson, B.K. 2000. *Seafood enzymes: Utilization and influence on postharvest seafood quality*. Marcel Dekker Inc. Nueva York, E.U.A. 681 pp.
- Hernández-Ledesma, B., M. Ramos y J.A. Gómez-Ruiz. 2011. *Bioactive components of ovine and caprine cheese whey*. Small Ruminant Research 101: 196-204.
- Hernández-Sámano, A.C. y B. Hernández-Ledesma. 2015. *Release of antioxidant peptides from the body wall proteins of the sea cucumber *Isostichopus fuscus**. Natural Product Communications 10 (8): 30-1427.
- Hernández-Sámano, A.C., A. Falcón, F. Zamudio, J.E. Michel-Morfín, V. Landa-Jaime, E. López-Vera, M.C. Jeziorski y M.B. Aguilar. 2022. *A short framework-III (mini-M-2) conotoxin from the venom of a vermivorous species, *Conus archon*, inhibits human neuronal nicotinic acetylcholine receptors*. Peptides 153: 170785.
- Hernández-Sámano, A.C., X. Guzmán-García, R. García-Barrientos, F. Ascencio-Valle, A. Sierra-Beltrán, y I. Guerrero-Legarreta. 2017. *Characterization of protease activity from the digestive tract and tentacles of *Isostichopus fuscus* sea cucumber*. Invertebrate Survival Journal 14: 282-294.
- Ho, T.N.T., N. Abraham, R.J. Lewis. 2020. *Structure-function of neuronal nicotinic acetylcholine receptor inhibitors derived from natural toxins*. Frontiers in Neuroscience 14: 609005.
- Kim, S.K. y E. Mendis. 2006. *Bioactive compounds from marine processing byproducts - A review*. Food Research International 39: 383-393.
- Kitts, D.D., y K. Weiler. 2003. *Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery*. Current Pharmaceutical Design 9: 1309-23.
- Letsinger, A.C., Z. Gu, J.L. Yakel. 2022. *$\alpha 7$ nicotinic acetylcholine receptors in the hippocampal circuit: Taming complexity*. Trends in Neurosciences 45 (2): 145-157.
- Rodríguez-Hernández, G., A.L. Rentería-Monterrubio, J.C. Rodríguez-Figueroa, y A. Chávez-Martínez. 2014. *Biopéptidos en la leche y sus derivados: funcionamiento y beneficios a la salud*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 1 (3): 281-294.
- Cheung, R.C.F., Ng, T.B., Wong, J.H. 2015. *Marine peptides: Bioactivities and applications*. Marine Drugs 13: 4006-4043.
- Badui Dergal, S. 2006. *Química de los alimentos*. PEARSON EDUCACIÓN. Ciudad de México, México. 736 pp.

- Norton, R.S. 2013. *Chapter 60: Sea anemone venom peptides*. pp. 430-436. En: Kastin, A.J. (Ed.) *Handbook of Biologically Active Peptides*. Academic Press. Los Ángeles, E.U.A. 2032 pp.
- Pavlicevic, M., Maestri, E., Marmioli, M. 2020. *Marine bioactive peptides: An overview of generation, structure and application with a focus on food sources*. *Marine Drugs* 18(8): 424.
- Vega Hernández, S.E. 2023. *Identificación y caracterización de proteasas del músculo de pez león (Pterois sp.)*. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. México 49 pp.

Cita de artículo:

Herández-Sámano A.C. y M.P. Becerra Amezcua. Descubre las proteínas y péptidos bioactivos de animales marinos. *Recursos Naturales y Sociedad*, 2023. Vol. 9 (2): 63-75. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2023.09.09.02.0006>

Sometido: 14 de abril de 2023

Aceptado: 13 de junio de 2023

Editor asociado: Dr. Julio H. Córdova Murueta

Editor Ejecutivo: Dra. Crisalejandra Rivera Pérez

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández

Ficha curricular de los Autores

1. Dra. Arisaí C. Hernández Sámano (SNI I). Correo electrónico: arizai5@hotmail.com

Adscripción: Instituto de Neurobiología. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Qro.

Línea de Investigación: Proteínas y péptidos bioactivos de organismos marinos.

2. Dra. Mayra Pamela Becerra Amezcua (SNI I).

Correo electrónico: mayrapame@gmail.com

Adscripción: Investigadora Posdoctoral en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

Línea de Investigación: Toxinología marina y biomarcadores proteicos.