

Más Allá de las Proteínas: A la Vanguardia de los Péptidos Bioactivos

Beyond Proteins: Shaping the Future of Bioactive Peptides

Francisco Valenzuela-Zamudio²²

Diana Escalante-Rendiz^{22,23}

Rafael Rojas-Herrera^{22,23}

Maira Rubi Segura-Campos^{22,23,24}

Resumen

Ante el creciente desafío que representan las enfermedades crónicas no transmisibles, como la diabetes, el cáncer y los trastornos metabólicos, los hidrolizados de proteínas y los péptidos bioactivos surgen como alternativas prometedoras en la nutrición moderna. Estos péptidos, con su capacidad para interactuar con receptores específicos, y versatilidad otorgada por los aminoácidos que los componen, amplían su potencial terapéutico y funcional. Este artículo otorga un vistazo a la investigación de los péptidos bioactivos, desde los primeros estudios en hidrolizados proteicos hasta la identificación de péptidos bioactivos específicos. Se destacan la versatilidad de estas moléculas en diversas bioactividades, así como las metodologías avanzadas empleadas para su caracterización. Además, se subraya su potencial aplicación en alimentos funcionales, nutracéuticos y tecnología alimentaria. De cara al futuro, la exploración de fuentes sostenibles y el desarrollo de nuevas tecnologías abren

²² Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán.

²³ Cuerpo Académico de Biotecnología y Bioingeniería.

²⁴ Autor para correspondencia: maira.segura@correo.uady.mx



prometedoras oportunidades para avanzar en la investigación y su aplicación, impactando tanto en la salud como en la industria alimentaria.

Palabras clave: Péptidos bioactivos, hidrolizados proteicos, bioactividades, nutraceuticos

Abstract

In light of the growing challenges posed by non-communicable chronic diseases such as diabetes, cancer, and metabolic disorders, protein hydrolysates and bioactive peptides emerge as promising alternatives in modern nutrition. These peptides, with their ability to interact with specific receptors, and versatility of their aminoacids, enhance their therapeutic and functional potential. This article provides an overview of the research on bioactive peptides, tracing the journey from initial studies on protein hydrolysates to the identification of specific bioactive peptides. The versatility of these molecules across a range of bioactivities and the advanced methodologies used for their characterization are highlighted. Moreover, their potential applications in functional foods, nutraceuticals, and food technology are emphasized. Looking ahead, the exploration of sustainable sources and the development of innovative technologies open promising avenues for further research and application, with significant impacts on both health and the food industry.

Keywords: Bioactive peptides; protein hydrolysates; bioactivity; nutraceutics

Introducción

Fue en el año 1838 cuando las proteínas fueron nombradas y reconocidas como un nutriente vital. Especialmente aquellas derivadas de la carne fueron consideradas esenciales para combatir la malnutrición y aumentar la fuerza muscular. Actualmente, estas biomoléculas siguen desempeñando un papel importante en la salud y desarrollo humano, debido a su alto valor nutritivo y su participación directa en los procesos metabólicos esenciales para el funcionamiento humano. Podemos encontrar una gran cantidad de fuentes animales y vegetales de proteínas

a nuestra disposición. Sin embargo, las diferencias en su composición de aminoácidos y digestibilidad les otorgan propiedades particulares para ejercer acciones metabólicas específicas (1).

En la actualidad, la nutrición se encarga de estudiar la calidad y la digestibilidad de las proteínas, además de los efectos que diferentes procesamientos pudieran impactar en su valor nutricional. De esta forma, en los últimos años los hidrolizados de proteínas han ganado protagonismo como una alternativa interesante (1). A diferencia de las proteínas intactas, los hidrolizados ofrecen ventajas importantes en términos valor nutricional y funcionalidad. Estos hidrolizados, son más digeribles y más fácilmente absorbidos por el organismo, lo que resulta muy favorable para poblaciones con dificultades en sus procesos digestivos. Otro beneficio es que, al reducirse el tamaño de las cadenas proteicas, el potencial de que sean alérgenos se reduce. Por si fuera poco, los hidrolizados de proteínas son ricos en péptidos bioactivos, compuestos que, más allá de su valor nutritivo, han demostrado tener efectos beneficiosos para la salud, como propiedades antioxidantes, antihipertensivas e hipoglucemiantes (1).

Teniendo en mente la digestibilidad, calidad y biofuncionalidad, no solo debemos destacar a los hidrolizados de proteínas, sino también a los péptidos bioactivos como propuestas innovadoras de la nutrición moderna. No significa que las proteínas dejen de ser fundamentales para la salud, pero la visión en torno a ellas evolucionó, exigiéndoles ahora una reevaluación de las prácticas dietéticas y las fuentes proteicas, incorporando ahora una perspectiva de sostenibilidad y salud. En la continua búsqueda de fuentes proteicas más sostenibles y accesibles, los hidrolizados proteicos y péptidos bioactivos emergen como soluciones innovadoras que responden a las crecientes preocupaciones sociales y ambientales (2).

Este trabajo ofrece un vistazo al recorrido del estudio de estos compuestos, desde los primeros estudios en hidrolizados proteicos hasta la identificación de secuencias específicas del grupo de investigación de péptidos bioactivos de la Facultad de Ingeniería Química de la UADY. A lo largo de este camino, se destaca la considerable versatilidad de estas moléculas en numerosas bioactividades y las diversas metodologías que han permitido su caracterización. Al señalar las aplicaciones potenciales en alimentos funcionales, productos nutraceuticos y tecnología alimentaria,



este análisis busca no solo comunicar los avances realizados, sino también trazar el camino para su desarrollo y aplicación en soluciones innovadoras para la salud y la industria alimentaria.

De las proteínas e hidrolizados a los péptidos bioactivos: Un avance en estudios de bioactividad

La hidrólisis de proteínas es un proceso básico en la industria alimentaria. Consiste en la descomposición de proteínas en sus componentes moleculares más pequeños y sencillos, los péptidos y aminoácidos. Existen dos métodos principales para hidrolizar proteínas: el químico, que es rápido y económico, y el método enzimático, que ofrece resultados más específicos, pero más complejo. Ciertamente la hidrólisis química es preferida a escala industrial por su versatilidad, pero presenta desventajas, como la degradación de aminoácidos y la formación de subproductos no deseados, de manera que algunas industrias farmacéuticas y alimentarias no lo utilizan (1).

Por otro lado, la hidrólisis enzimática utiliza a las enzimas, estas moléculas pueden romper los enlaces que unen a los aminoácidos en condiciones controladas y generar secuencias de aminoácidos con bioactividades particulares (3). Aunque este método es más costoso y lento que el químico, se deberá optar por él cuando la calidad y la funcionalidad de los productos finales son prioridad. No obstante, es complicado llevarlo a gran escala, ya que el costo de las enzimas puede ser muy elevado (1,3).

Las enzimas pueden ser muy selectivas en hidrólisis de enlaces específicos, lo que permite la producción de péptidos con secuencias bien definidas. Por esa razón, es importante la selección cuidadosa de las proteasas (enzimas que rompen proteínas) adecuadas a la fuente proteica y a los resultados deseados (3). Una metodología de hidrólisis enzimática interesante es el sistema de hidrólisis secuencial Pepsina-Pancreatina, que simula el proceso digestivo de las proteínas en el cuerpo humano (4). Además, al emplear enzimas que se encuentran de forma natural en el organismo, este método resulta especialmente atractivo para la industria alimentaria y ha demostrado generar péptidos bioactivos con actividades biofuncionales prometedoras. El estudio de Herrera Chalé y colaboradores (4) evaluó la actividad antihipertensiva y antioxidante de

hidrolizados de *Mucuna pruriens* utilizando dos sistemas de hidrólisis: Alcalase®-Flavourzyme® y Pepsina-Pancreatina. Los resultados revelaron que el sistema Pepsina-Pancreatina no solo alcanzó un mayor grado de hidrólisis (una medida que refleja la eficacia de la hidrólisis) sino que también presentó una actividad antihipertensiva y antioxidante superior en comparación con el sistema Alcalase®-Flavourzyme®. Otras investigaciones confirmaron la efectividad del sistema Pepsina-Pancreatina para generar hidrolizados con bioactividad (5–9).

En el grupo de investigación se han empleado técnicas de separación basadas en ultrafiltración para obtener fracciones peptídicas con diferentes bioactividades, abarcando fracciones con pesos moleculares superiores a 10 kDa hasta fracciones menores a 1 kDa. Los estudios muestran que las fracciones más pequeñas son las que tienen mayor potencial bioactivo (5,7–9). Estos resultados han dado lugar a una pregunta clave: ¿cuáles son las secuencias de aminoácidos presentes en estas fracciones de bajo peso molecular que tienen bioactividades específicas? La búsqueda de la respuesta nos lleva al estudio de unas moléculas de gran valor biológico: los péptidos bioactivos. En este grupo de investigación se ha recorrido el proceso que va desde el estudio de las proteínas y sus hidrolizados hasta la identificación de péptidos bioactivos (Figura 1).

La identificación de secuencias de péptidos bioactivos utiliza técnicas como la espectrometría de masas, métodos bioinformáticos como el machine learning, la secuenciación mediante nanoporos y los métodos analíticos combinados (10). Un ejemplo notable es el estudio de Quintal-Bojórquez y colaboradores (2021) (9) donde se utilizaron herramientas bioinformáticas para identificar péptidos bioactivos. En este trabajo, se identificaron 1201 secuencias peptídicas de una fracción de <1 kDa de un hidrolizado de proteína de semillas de chía mediante espectrometría de masas. Posteriormente, mediante un análisis de decisión multicriterio utilizado características obtenidas de servidores bioinformáticos, se seleccionaron cinco péptidos candidatos con potencial actividad anticancerígena, reduciendo considerablemente la cantidad inicial de secuencias. Este estudio marcó un hito en el grupo de investigación al ser el primero en atribuir una bioactividad a secuencias específicas de aminoácidos.

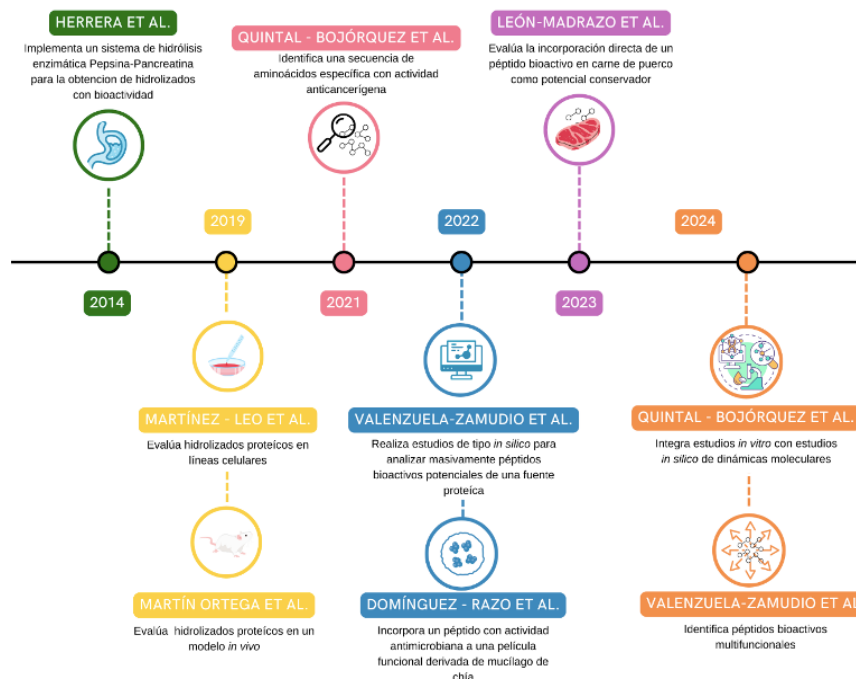


Figura 1: Línea del tiempo de los avances clave en las investigaciones sobre péptidos bioactivos (2014–2024)

Explorando el Panorama de las Propiedades Bioactivas de los Péptidos

La bioactividad de los hidrolizados de proteínas vegetales se relaciona con diversos efectos benéficos. Las actividades bioactivas de estos péptidos incluyen propiedades antidiabéticas, antiobesogénicas, antioxidantes, antihipertensivas, anticancerígenas y antimicrobianas, incluso, existen secuencias que son multifuncionales, al poseer más de una bioactividad (11). Estas variaciones en las actividades se deben a diferencias en la composición de aminoácidos y en sus estructuras moleculares, lo que subraya la importancia de comprender y optimizar estas diferencias para maximizar el potencial de los péptidos bioactivos vegetales en aplicaciones como alimentos funcionales, nutraceuticos y productos farmacéuticos.

Actividad hipolipemiante y antidiabética.

La obesidad y la diabetes tipo 2, ambas clasificadas como enfermedades crónicas y complejas están estrechamente relacionadas y representan un

serio problema de salud pública. Actualmente, ha surgido un creciente interés en la investigación dirigida a personalizar la terapia nutricional médica para pacientes dentro de estas poblaciones. En este contexto, los derivados proteicos con propiedades bioactivas, como los hidrolizados y péptidos bioactivos, han demostrado ser efectivos en mecanismos clave, como la regulación de los niveles de glucosa en sangre y la actividad hipolipemiante, destacándose como estrategias prometedoras en el tratamiento y prevención de estas enfermedades (12).

En el estudio de Martín-Ortega y colaboradores (7) se evaluó el potencial hipoglucemiante (reductor de niveles de glucosa) e hipolipemiante (reductor de niveles de ácidos grasos) de fracciones peptídicas obtenidas de *Mucuna pruriens* L. en un modelo de ratas obesas. Las ratas fueron inducidas a obesidad mediante la administración de una solución de sacarosa al 20%, después se les administró diariamente 10 mg/kg de cada fracción peptídica durante 4 semanas. Los resultados mostraron que la fracción peptídica >10 kDa redujo los triacilglicéridos en un 17.08%, sugiriendo una posible inhibición de la lipasa pancreática, una enzima encargada de descomponer los lípidos, por lo que su inhibición resulta en una disminución de lípidos, como mecanismo de acción. El efecto inhibitor de la lipasa pancreática también fue investigado en el estudio de Valenzuela-Zamudio y colaboradores (11), donde se evaluó la multifuncionalidad de seis fragmentos peptídicos identificados tras la hidrólisis simulada de la digestión gastrointestinal de proteínas de amaranto, quinoa y chía. Los resultados revelaron que el dipéptido SW logró inhibir la actividad de la lipasa pancreática en un 66.7%, lo que sugiere que los péptidos derivados de la digestión pueden ejercer efectos hipolipemiantes a través de esta vía.

Por otro lado, el efecto antidiabético de ciertos péptidos ha demostrado ser eficaz a través de diversos mecanismos, como la regulación de los niveles de glucosa en sangre mediante la inhibición de enzimas clave, como las α -glucosidasas, involucradas en la descomposición de carbohidratos y su inhibición disminuye niveles de glucosa en sangre, y la dipeptidil peptidasa IV (DPP-IV), cuya inhibición aumenta los niveles de insulina en sangre, por lo que mejora la captación de glucosa. En otro estudio de Valenzuela-Zamudio y colaboradores (10) se evaluó el potencial en péptidos bioactivos obtenidos tras la



digestión gastrointestinal simulada de proteínas de amaranto, quinoa y chía, utilizando herramientas computacionales. Se encontró que dos péptidos, IW y PW, mostraron afinidad con las enzimas DPP-IV y α -glucosidasas. En un estudio posterior de 2024, las evaluaciones in vitro revelaron que estos péptidos inhibieron la enzima α -amilasa en casi un 80% a una concentración de 1000 $\mu\text{g/mL}$, un efecto relacionado con la presencia de aminoácidos aromáticos que interactúan con sitios de importancia de la α -amilasa.

Actividad antiinflamatoria y anticancerígena

Los derivados proteicos presentan múltiples ventajas, tales como su alta especificidad, baja toxicidad y limitada acumulación en órganos. Además, varios estudios han demostrado que fracciones proteicas de origen natural poseen actividad anticancerígena a través de mecanismos como la inducción de apoptosis, necrosis y la inhibición de la angiogénesis (9). De igual forma, la inflamación, un proceso que se encuentra estrechamente relacionado con el cáncer y otras enfermedades crónicas como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, también puede ser modulada por péptidos bioactivos, que interactúan con mediadores inflamatorios (5).

La actividad antiinflamatoria se aborda en el trabajo de Chan-Zapata y colaboradores (5) donde se evaluó el efecto antiinflamatorio de un hidrolizado proteico y fracciones peptídicas de distintos tamaños de semillas de chía. La actividad antiinflamatoria se evaluó en células de ratones (macrófagos peritoneales), midiendo la producción de los señalizadores inflamatorios. Todas las fracciones peptídicas mostraron actividad antiinflamatoria, destacando la fracción de 1–3 kDa. También se probó en un modelo con ratones, donde se observó una reducción significativa en la inflamación de la oreja causada por TPA (un irritante) y en la reacción alérgica de la piel provocada por DNFB (provoca reacciones alérgicas), ambas siendo formas de inflamación aguda. Este estudio concluye que los derivados proteicos de la chía tienen efectos antiinflamatorios tanto en pruebas de laboratorio como en experimentos con animales.

El estudio de Quintal-Bojórquez y colaboradores (9), continuó evaluando los péptidos de la fracción de tamaño <1 kDa de las proteínas

de chíá y encontró que a una concentración de 1 mg/mL, se inhibió significativamente la viabilidad de varias líneas celulares de cáncer (mama, próstata, hígado y colon) sin afectar a células normales (fibroblastos). A partir de estos resultados, se identificó el péptido KLKKNL como un candidato prometedor con actividad anticancerígena. Continuando con esta investigación, un segundo estudio observó que KLKKNL inducía la muerte celular a través de la apoptosis en las líneas Caco-2 (cáncer de colon) y HeLa (cáncer de cuello uterino), mientras que otro péptido KKYRVF mostró una alta citotoxicidad en otras líneas (mama, hígado y próstata), causando necrosis (13), reforzando el potencial de los péptidos de la chíá como agentes complementarios en terapias contra el cáncer.

En el estudio reciente de Valenzuela-Zamudio y colaboradores (11) sobre péptidos multifuncionales, se demostró que los péptidos SW, IW y PW presentaron el mayor potencial antioxidante al ser capaces de neutralizar los radicales ABTS y DPPH, compuestos químicos comúnmente empleados como radicales libres en ensayos para evaluar la capacidad antioxidante. Además, el péptido SW destacó en estudios de protección antioxidante utilizando células Caco-2.

En los sistemas alimentarios, los agentes oxidantes pueden generar sabores indeseables y compuestos carcinógenos. En este contexto, los péptidos antioxidantes se presentan como una alternativa sostenible. Paralelamente, las infecciones por patógenos microbianos son un gran desafío en la industria alimentaria. En respuesta, los péptidos antimicrobianos (AMP) han cobrado importancia, y han demostrado que inhiben el crecimiento microbiano y minimizan el riesgo de desarrollo de resistencia debido a sus múltiples mecanismos de acción (14).

Los estudios de León Madrazo han estudiado los péptidos antimicrobianos y antioxidantes derivados de chíá, en particular su potencial como conservantes naturales. Realizó una identificación de secuencias bioactivas mediante herramientas computacionales, destacando dos péptidos, YACLKVK y KLKKNL, de una fracción de proteína de chíá con alta probabilidad de presentar actividad antimicrobiana y antioxidante (15). En un estudio posterior se profundizó en los mecanismos antimicrobianos de los péptidos, observando que su principal acción era permeabilizar membranas bacterianas y su interacción con componentes intracelulares, en particular con las



bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (16). Además, fueron evaluados en su aplicación práctica como conservantes en alimentos. El péptido KKLLKI demostró un destacado efecto en carne de cerdo refrigerada, inhibiendo el crecimiento bacteriano sin efectos citotóxico contra patógenos importantes en la industria alimentaria como *Listeria monocytogenes* y *Salmonella Enteritidis* (14).

El trabajo de Domínguez-Razo y colaboradores (17) complementa los hallazgos previos al incorporar el péptido KLKKNL, identificado por su alta actividad antimicrobiana, en películas biodegradables para su aplicación en la conservación de alimentos. Utilizando la técnica de electrohilado, se logró integrar el péptido en una matriz de mucílago de chí y PVA, un polímero sintético utilizado en la elaboración de películas, generando una barrera antimicrobiana eficaz, especialmente contra bacterias Gram-positivas como *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. Los resultados de estos estudios demuestran que la integración de péptidos antimicrobianos en matrices biodegradables o en alimentos se presenta como una tecnología relevante para prolongar la vida útil de los alimentos, mejora la seguridad alimentaria, y ofrece una alternativa más sostenible a los conservantes sintéticos.

Nuevas Fronteras en Péptidos Bioactivos: Fuentes Emergentes, Potencial e Innovación

Hoy en día, la sostenibilidad de las fuentes proteicas es un pilar en el estudio de hidrolizados proteicos y péptidos bioactivos, con un interés creciente en alternativas que puedan satisfacer la demanda mundial de proteínas. En este sentido, los cereales y pseudocereales emergen como una fuente importante, particularmente en países de bajo ingreso económico (18).

Un grano que destaca es la chí, que no solo posee un alto valor nutricional, sino también un gran potencial como fuente de péptidos bioactivos. Esta semilla se adapta bien a diferentes climas y necesita poca agua para crecer, haciéndola una buena candidata para una agricultura más sostenible. De igual manera, el amaranto y la quinoa, ambos libres de gluten y con perfiles de aminoácidos equilibrados, han sido explorados mediante estudios *in silico*, que sugieren la presencia de péptidos con

propiedades bioactivas multifuncionales. A pesar de sus beneficios, su cultivo todavía no se aprovecha lo suficiente. Es fundamental seguir generando conocimiento científico sobre los beneficios de las proteínas de estos granos ancestrales, ya que esto no solo aumentaría su producción y aprovechamiento, sino también impulsaría el desarrollo de políticas y regulaciones específicas para apoyar su cultivo, mejorando así su competitividad y sostenibilidad en el mercado global (2).

Además de los granos ancestrales, emergen otras fuentes innovadoras de péptidos bioactivos que están atrayendo el interés de la comunidad científica y del sector industrial. Entre ellas, los insectos comestibles se presentan como una opción cada vez más estudiada. Estos organismos, además de ser una fuente concentrada de proteínas, contienen péptidos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antidiabéticas y antiinflamatorias. Su popularidad está en ascenso, y con ello, los estudios que buscan maximizar sus beneficios en la salud, más allá de su aporte nutricional (19).

Otra área en crecimiento es la fermentación microbiana, un proceso que no solo incrementa el valor nutricional de los alimentos, sino que permite producir una variedad de péptidos bioactivos de origen vegetal. A través de la fermentación se generan proteasas especializadas que pueden descomponer proteínas de manera única, produciendo secuencias peptídicas novedosas con propiedades bioactivas específicas. Así, la fermentación microbiana se convierte en una estrategia eficaz para descubrir nuevos péptidos bioactivos de fuentes proteicas interesantes (20).

En línea con estas tendencias, este grupo de investigación ya está desarrollando estudios que exploran tanto los péptidos bioactivos derivados de insectos comestibles como los obtenidos mediante fermentación microbiana. Estas investigaciones buscan identificar y caracterizar péptidos con propiedades funcionales únicas, avanzando en el desarrollo de soluciones sostenibles e innovadoras para la industria alimentaria y de salud.

Conclusiones

La investigación sobre péptidos bioactivos ha progresado desde los primeros estudios sobre hidrolizados proteicos hasta la identificación



precisa de las secuencias de los péptidos con mayor potencial bioactivo. Estos estudios muestran los múltiples usos de los péptidos en aplicaciones funcionales y nutraceuticas. En vista del futuro, el redescubrimiento de nuevas fuentes sostenibles y el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras marcan el camino a una nueva era de investigación, con un impacto significativo en la salud y la industria alimentaria.

Referencias

1. Kadam D, Kadam A, Koksel F, Aluko RE. Plant-derived bioactive peptides: A comprehensive review. *Sustainable Food Proteins*. julio de 2024
2. Valenzuela Zamudio F, Segura Campos MR. Amaranth and Chia: Two Strategic Ancestral Grains for Mexico's Sustainability. *Biology and Life Sciences Forum*. 2022;17(1):2.
3. Ulug SK, Jahandideh F, Wu J. Novel technologies for the production of bioactive peptides. *Trends in Food Science & Technology*. febrero de 2021;108:27–39.
4. Herrera Chalé FG, Ruiz Ruiz JC, Acevedo Fernández JJ, Betancur Ancona DA, Segura Campos MR. ACE inhibitory, hypotensive and antioxidant peptide fractions from *Mucuna pruriens* proteins. *Process Biochemistry*. octubre de 2014;49(10):1691–8.
5. Chan-Zapata I, Arana-Argáez VE, Torres-Romero JC, Segura-Campos MR. Anti-inflammatory effects of the protein hydrolysate and peptide fractions isolated from *Salvia hispanica* L. seeds. *Food and Agricultural Immunology*. enero de 2019;30(1):786–803.
6. León Madrazo A, Fuentes Ortiz AB, Morales Mendoza LF, Segura Campos MR. Antibacterial peptide fractions from chia seeds (*Salvia hispanica* L.) and their stability to food processing conditions. *J Food Sci Technol*. noviembre de 2022;59(11):4332–40.
7. Martín Ortega AM, Martínez Leo EE, Acevedo Fernández JJ, Segura Campos MR. Antihyperglycemic, Hypoglycemic, and Lipid-Lowering Effect of Peptide Fractions of *M. pruriens* L. in an Obese Rat Model. En: Campos MRS, editor. *Bioactive Compounds*. Woodhead Publishing; 2019. p. 53–67.
8. Martínez-Leo EE, Martín-Ortega AM, Acevedo-Fernández JJ, Moo-Puc R, Segura-Campos MR. Peptides from *Mucuna pruriens* L., with protection and antioxidant in vitro effect on HeLa cell line. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019;99(8):4167–73.



9. Quintal-Bojórquez N del C, Carrillo-Cocom LM, Hernández-Álvarez AJ, Segura-Campos MR. Anticancer activity of protein fractions from chia (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Food Science*. 2021;86(7):2861–71.
10. Valenzuela Zamudio F, Hidalgo-Figueroa SN, Ortíz Andrade RR, Hernández Álvarez AJ, Segura Campos MR. Identification of antidiabetic peptides derived from in silico hydrolysis of three ancient grains: Amaranth, Quinoa and Chia. *Food Chemistry*. noviembre de 2022;394:133479.
11. Valenzuela Zamudio F, Rojas Herrera R, Segura Campos MR. In vitro evaluation of multifunctional peptides PW, PF, PPG, PM, IW, and SW for metabolic syndrome management. *Food Chemistry*. diciembre de 2024;460:140653.
12. Valenzuela Zamudio F, Segura Campos MR. Amaranth, quinoa and chia bioactive peptides: a comprehensive review on three ancient grains and their potential role in management and prevention of Type 2 diabetes. *Crit Rev Food Sci Nutr*. diciembre de 2020;1–15.
13. Quintal Bojórquez N del C, Segura Campos MR. Novel peptides derived from *S. hispanica* seeds induce selective cytotoxicity on human cancer cells. *Food Chemistry*. diciembre de 2024;460:140470.
14. León Madrazo A, Segura Campos MR. Antibacterial properties of peptides from chia (*Salvia hispanica* L.) applied to pork meat preservation. *Journal of Food Science*. 2023;88(10):4194–217.
15. León Madrazo A, Segura Campos MR. In silico prediction of peptide variants from chia (*S. hispanica* L.) with antimicrobial, antibiofilm, and antioxidant potential. *Computational Biology and Chemistry*. junio de 2022;98:107695.
16. Madrazo AL, Owen PQ, Mendoza GP, Campos MRS. Chia derived peptides affecting bacterial membrane and DNA: Insights from *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* studies. 2024.

17. Domínguez Razo AN, Ávila Ortega A, Quintana Owen P, Segura Campos MR. Films with Antibacterial Activity from KLKKNL Peptide and Mucilage Derived from *Salvia hispanica* L Using the Electrospinning Technique. *J Package Technol Res.* octubre de 2022;6(3):235–45.
18. Valenzuela Zamudio F, Rojas Herrera R, Segura Campos MR. Unlocking the potential of amaranth, chia, and quinoa to alleviate the food crisis: a review. *Current Opinion in Food Science.* junio de 2024;57:101149.
19. Jakubczyk A, Karaś M, Rybczyńska-Tkaczyk K, Zielińska E, Zieliński D. Current Trends of Bioactive Peptides—New Sources and Therapeutic Effect. *Foods.* julio de 2020;9(7):846.
20. Chai KF, Voo AYH, Chen WN. Bioactive peptides from food fermentation: A comprehensive review of their sources, bioactivities, applications, and future development. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* noviembre de 2020;19(6):3825–85.