

ARTÍCULO DE OPINIÓN

PÉPTIDOS BIOACTIVOS OBTENIDOS MEDIANTE RADIACIÓN IONIZANTE: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA NUTRICIÓN ANIMAL

Introducción

El uso de radiación ionizante como pretratamiento o método de hidrólisis para producir péptidos bioactivos a partir de subproductos agroindustriales representa una alternativa innovadora, segura y sustentable que puede aportar significativamente al sector agropecuario ecuatoriano. Esta tecnología permite desarrollar ingredientes funcionales capaces de mejorar el rendimiento en la producción animal, la salud intestinal y el sistema inmunológico, en concordancia con los principios de la bioeconomía y la producción sostenible.

¿Qué son los péptidos bioactivos?

Los péptidos bioactivos son fragmentos de proteínas con pesos moleculares típicamente entre 200 y 3 000 Da que, además de tener un valor nutricional básico, ejercen efectos positivos sobre funciones fisiológicas o procesos metabólicos. Estos péptidos pueden presentar actividad antioxidante, antimicrobiana, inmunomoduladora, antihipertensiva, reductora de colesterol, entre otras [1,2]. Si bien pueden generarse de forma natural durante la digestión, la tendencia actual es obtenerlos mediante tratamientos físicos, químicos o enzimáticos aplicados a proteínas de origen animal o vegetal.

La bioactividad de estos compuestos depende de varios factores, tales como el tamaño, secuencia de aminoácidos, conformación espacial, carga neta, estabilidad y condiciones de obtención [3]. Así, por ejemplo, péptidos cortos, con carga catiónica y anfífilos suelen tener actividad antimicrobiana, gracias a que su interacción con las membranas celulares bacterianas se ve favorecida [4].

La investigación sobre el uso de péptidos bioactivos

como parte de la dieta, para prevenir y mitigar enfermedades crónicas, ha crecido notablemente en las últimas décadas [1]. Cada vez se comprende mejor su influencia sobre diferentes procesos fisiológicos. Además, se han tenido avances significativos en el desarrollo de estrategias eficientes y rentables para la producción de estas moléculas a escala industrial. Sin embargo, para lograr una transferencia exitosa al mercado, todavía quedan asuntos pendientes. Uno de ellos es la estandarización de los métodos analíticos para garantizar la calidad de los productos. Otro, se relaciona con mejorar la aceptabilidad sensorial, debido a que los péptidos suelen tener un sabor amargo. Y tal vez, el más importante, la ejecución de ensayos clínicos válidos que proporcionen evidencia sólida de los beneficios para la salud, debido a que la actividad biológica ha sido comprobada únicamente en ensayos *in vitro*, *ex vivo*, *in silico* y preclínicos [2,3,5].

La radiación ionizante como herramienta para modificar proteínas

La radiación ionizante, como los rayos gamma y los haces de electrones acelerados, es una forma de energía capaz de inducir cambios en macromoléculas biológicas. En el caso de las proteínas, la radiación puede romper puentes de hidrógeno y enlaces peptídicos, en mayor o menor medida según la dosis absorbida, el tiempo de exposición, la presencia de agua, entre otros factores [6]. De esta manera, puede desdoblarse las proteínas para facilitar una hidrólisis enzimática o, directamente, generar péptidos con actividad biológica.

Estudios han demostrado que la irradiación de proteínas como aquellas presentes en el arroz, la

leche, la sangre bovina o el colágeno, conduce a su desnaturalización y fragmentación [7-10], para producir péptidos con potencial actividad biológica. Por ejemplo, el pretratamiento con electrones acelerados, con una dosis de 30 kGy, incrementó el grado de hidrólisis de las proteínas del arroz en más de un 15% y la actividad antioxidante, frente a los radicales DPPH y ABTS⁺, aumentó en un 32% y 79%, respectivamente [7].

El tratamiento de productos alimenticios con radiación ionizante no deja ningún tipo de residuo, se lleva a cabo a temperatura ambiente, puede aplicarse a materiales sólidos o líquidos, y reduce o elimina la carga microbiana, en función de la dosis aplicada [11,12]. Por ello, es compatible con la producción de péptidos bioactivos para consumo humano o animal.

Beneficios del uso de péptidos bioactivos en la alimentación animal

En la nutrición animal, los péptidos bioactivos representan una alternativa prometedora frente a los antibióticos promotores de crecimiento, cuyo uso ha sido restringido en múltiples regiones por generar resistencia antimicrobiana. Diversos estudios sugieren que su inclusión en dietas animales puede mejorar la digestibilidad de los alimentos, modular la microbiota intestinal, reducir la inflamación y el estrés oxidativo y fortalecer las defensas inmunológicas [13].

La inclusión de hidrolizados proteicos derivados de cerdo o de soya, en un rango de 2% a 8%, en la dieta de lechones, terneros, aves de corral y peces ha demostrado mejorar el crecimiento y la conversión alimenticia [14]. También se ha observado que la inclusión de hidrolizados de proteína de pollo puede favorecer la salud intestinal en perros, al modular la respuesta inmunitaria y la microbiota [15]. En un estudio con larvas de pez cabeza de serpiente (*Channa argus*), se encontró que la inclusión en niveles óptimos de hidrolizados proteicos en la dieta mejoró significativamente el desarrollo del tracto digestivo y el crecimiento. Esto se explica por una estimulación de la actividad de enzimas digestivas clave como la pepsina y la tripsina, que se traduce en una mejor utilización de los nutrientes [16].

Adicionalmente, determinados péptidos pueden

ejercer funciones tecnológicas en los alimentos balanceados, como actuar a manera de emulsificantes o antioxidantes que protegen a los lípidos de la oxidación, mejoran la estabilidad del alimento y prolongan su vida útil.

Materias primas disponibles en el Ecuador

Ecuador genera una considerable cantidad de residuos agroindustriales que podrían ser valorizados mediante irradiación para producir hidrolizados proteicos y péptidos bioactivos. Por ejemplo, las plumas de pollo son una abundante fuente de queratina, una proteína rica en aminoácidos azufrados. Aunque es difícil de degradar, ésta ha sido hidrolizada por tratamientos hidrotérmicos, químicos o enzimáticos, generando péptidos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas [17,18]. La fragmentación de la hemoglobina, proteína presente en la sangre animal, puede liberar péptidos bioactivos con propiedades antimicrobianas [19]. El lactosuero es una excelente fuente de proteínas como la β -lactoglobulina y la α -lactoalbúmina, que han dado lugar a péptidos con efectos inmunomoduladores y antioxidantes [20]. Mientras que, los residuos marinos pueden ser convertidos en harina y posteriormente hidrolizados para generar péptidos especialmente útiles en la acuicultura [21].

Consideraciones finales

El Ecuador, con su riqueza agroindustrial y capacidad científica en desarrollo, tiene el potencial para posicionarse como referente regional en el uso pacífico de la tecnología nuclear para la producción de ingredientes funcionales. Para que esta tecnología se implemente con éxito, es fundamental articular esfuerzos entre centros de investigación, universidades, empresas del sector agroindustrial y entidades regulatorias como la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario del Ecuador. Además, se requiere fortalecer las capacidades técnicas de irradiación y promover políticas de fomento a la innovación.

Referencias

- [1] Duffuler P, Bhullar KS, De Campos Zani SC, Wu J. Bioactive Peptides: From Basic Research to Clinical Trials and Commercialization. *J Agric Food Chem.* [Internet]. 2022;20(12):3569-3928. Disponible de: doi:10.1021/acs.jafc.1c06289
- [2] Mada SB, Ugwu CP, Abarshi MM. Health Promoting Effects of Food-Derived Bioactive Peptides: A Review. Vol. 26, *Int J Pept Res Ther.* [Internet]. 2020;26:831-848. Disponible de: doi:10.1007/s10989-019-09890-8
- [3] Udenigwe CC, Aluko RE. Food protein-derived bioactive peptides: Production, processing, and potential health benefits. Vol. 77, *J Food Sci.* [Internet]. 2012;71(1):R11-R24. Disponible de: doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02455.x
- [4] Zasloff M. Antimicrobial peptides of multicellular organisms: My perspective. *Adv Exp Med Biol.* [Internet]. 2019;1117:3-6. Disponible de: doi:10.1007/978-981-13-3588-4_1
- [5] Elisha C, Bhagwat P, Pillai, S. Emerging production techniques and potential health promoting properties of plant and animal protein-derived bioactive peptides. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2024;1-30. [Internet]. Disponible de: doi:10.1080/10408398.2024.2396067
- [6] Kuan YH, Bhat R, Patras A, Karim AA. Radiation processing of food proteins - A review on the recent developments. *Trends Food Sci Technol.* [Internet]. 2013;30(2):105-120. Disponible de: doi:10.1016/j.tifs.2012.12.002
- [7] Zhang X, Wang L, Chen Z, Li Y, Luo X, Li Y. Effect of high energy electron beam on proteolysis and antioxidant activity of rice proteins. *Food Funct.* [Internet]. 2020;11:871-882. Disponible de: doi:10.1039/C9FO00038K
- [8] Lalande M, Schwob L, Vizcaino V, Chirot F, Dugourd P, Schlathölter T, et al. Direct Radiation Effects on the Structure and Stability of Collagen and Other Proteins. *ChemBioChem.* [Internet]. 2019;20(24):2972-2980. Disponible de: doi:10.1002/cbic.201900202.
- [9] Sinche Serra MV, Jácome Camacho GR, Castillo Domínguez JP, Constante Pila MB, Castro Valencia CP. Cebos para *Anastrepha fraterculus* con proteína hidrolizada de subproductos agroindustriales pretratados con radiación gamma. *La Granja.* [Internet]. 2022;37(1):102-116. Disponible de: doi:10.17163/lgr.n37.2023.08
- [10] Houée-Levin C, Sicard-Roselli C. Radiation chemistry of proteins. *Stud Phys Theor Chem.* [Internet]. 2001;87:553-584. Disponible de: doi:10.1016/S0167-6881(01)80022-7
- [11] Natividade MA, Alonso TC, Mesquita AZ. Regulation and Supervision of Food Irradiation. *Braz J Rad Sci.* [Internet]. 2023;11(1A):1-10. Disponible de: doi:10.15392/2319-0612.2023.2170
- [12] Singh R, Singh A. Food irradiation: An established food processing technology for food safety and security. *Def Life Sci J.* [Internet]. 2019;4(4):206-213. Disponible de: doi: 10.14429/dlsj.4.14397
- [13] Quah Y, Tong SR, Bojarska J, Giller K, Tan SA, Ziora ZM, et al. Bioactive Peptide Discovery from Edible Insects for Potential Applications in Human Health and Agriculture. *Molecules.* [Internet]. 2023;28(3):1233. Disponible de: doi:10.3390/molecules28031233
- [14] Hou Y, Wu Z, Dai Z, Wang G, Wu G. Protein Hydrolysates in Animal Nutrition. In: Nolle LML, Ötleş S, editors, *Bioactive Peptides from Food*. Boca Raton: CRC Press; 2022; p. 209-232.
- [15] Hsu C, Marx FR, Guldenpfennig R, Valizadegan N, de Godoy MRC. The effects of hydrolyzed protein on macronutrient digestibility, fecal metabolites and microbiota, oxidative stress and inflammatory biomarkers, and skin and coat quality in adult dogs. *J Anim*

- Sci. [Internet]. 2024;102. Disponible de: doi: 10.1093/jas/skae057
- [16]Sheng Z, Xu J, Zhang Y, Wang Z, Chen N, Li S. Dietary protein hydrolysate effects on growth, digestive enzymes activity, and expression of genes related to amino acid transport and metabolism of larval snakehead (*Channa argus*). Aquaculture. [Internet]. 2023;563.1. Disponible de: doi:10.1016/j.aquaculture.2022.738896
- [17]Nagarajan S, Ramasamy B, Natarajan H. Bioconversion of chicken feather wastes into value added bioactive peptide by *Geobacillus thermodenitrificans* PS41 strain. Process Biochem. [Internet]. 2023;133:49-58. Disponible de: doi:10.1016/j.procbio.2023.08.006
- [18]Bertolini D, Jiménez MEP, dos Santos C, Corrêa APF, Brandelli A. Microbial bioconversion of feathers into antioxidant peptides and pigments and their liposome encapsulation. Biotechnol Lett. [Internet]. 2021;43(4):835.844. Disponible de: doi:10.1007/s10529-020-03067-w
- [19]Sheshadri P, Abraham J. Antimicrobial properties of hemoglobin. Immunopharmacol Immunotoxicol. [Internet]. 2012;34(6):896-900. Disponible de: doi:10.3109/08923973.2012.692380
- [20]Brandelli A, Daroit DJ, Corrêa APF. Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. Food Res Int. 2015;73:149-161. Disponible de: doi:10.1016/j.foodres.2015.01.016
- [21]Ortiz RGG, Sharma V, Tsai ML, Wang JX, Sun PP, Nargotra P, et al. Extraction of Novel Bioactive Peptides from Fish Protein Hydrolysates by Enzymatic Reactions. Appl Sci. [Internet]. 2023; 13(9):5768. Disponible de: doi:10.3390/app13095768



Marco Sinche Serra es Ingeniero Agroindustrial y Máster en Ciencias Agronómicas con especialidad en Fitomejoramiento. Realizó sus estudios de pregrado en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y su maestría en la Universidad de Florida, como becario Fulbright. Actualmente cursa el tercer año del programa de Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la EPN. Desde 2014 se desempeña como profesor de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, adscrito al Departamento de Ciencias Nucleares. Sus líneas de investigación se relacionan con la agrobiotecnología y las aplicaciones de la radiación ionizante en la agricultura y la agroindustria, con énfasis en la extensión de la vida útil de los alimentos y en el aprovechamiento de subproductos y residuos. También ha colaborado en investigaciones acerca de los procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de efluentes y la síntesis de materiales compuestos. Adicionalmente ha sido parte de proyectos de vinculación con la sociedad enfocados en la implementación de buenas prácticas de manufactura, la estandarización

de procesos, el desarrollo sostenible, la economía circular y el fomento del cultivo de bambú en el Ecuador. En el área docente, posee experiencia en asignaturas como Biología, Herramientas informáticas, Diseño experimental y Química orgánica. Es coautor de un libro de Nomenclatura orgánica y se encuentra trabajando en una nueva edición.

Marco Sinche Serra:
Profesor de la Facultad de Ingeniería Química y
Agroindustria, adscrito al Departamento
de Ciencias Nucleares