

Artículo Original

Efecto del tiempo de hidrólisis enzimática sobre las propiedades tecno-funcionales y capacidad antioxidante de la pota *Dosidicus gigas*

Effect of hydrolysis enzymatic time on the techno-functional properties and antioxidant capacity of jumbo squid *Dosidicus gigas*

Santos Maximino Flores Anaya ¹, Américo Guevara Pérez ², Javier S. Cordova-Ramos ³, Armando Solari-Godiño ⁴

Recibido: 22/05/2020 Aceptado: 08/12/2020 Publicado: 31/12/2020

Resumen

Las proteínas del músculo del manto de *Dosidicus gigas*, posee grandes ventajas tecno-funcionales y durante su procesamiento a nivel industrial se generan considerables descartes de proteína muscular de las cuales se elaboran harinas con bajo valor agregado. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del tiempo de hidrólisis sobre las propiedades tecno-funcionales y capacidad antioxidante de la pota. Descartes de proteína muscular del manto fueron cocidos, molidos y sometidos a hidrólisis enzimática (enzima Protamex®) durante 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas a 58 °C; proporción de agua: sustrato 1:1. Luego de la reacción de hidrólisis las muestras fueron inactivadas a 90 °C durante 5 minutos. Se tomaron soluciones hidrolizadas (2 % de sólidos disueltos) en los tiempos establecidos y se determinaron sus propiedades tecnofuncionales siendo estas: capacidad espumante, emulsificante, antioxidante y grado de hidrólisis. La propiedad espumante aumentó significativamente de 27,4±2,5 % (0 horas) hasta 96,2±5,0 % (6 horas). La propiedad emulsificante disminuyó significativamente de 84,1±3,6 % (0 horas) hasta 56,3±3,2 % (6 horas). La capacidad antioxidante presentó diferencias significativas a las 5 y 6 horas, las cuales presentaron inhibición del radical DPPH en el orden de 15 a 20 % del contenido inicial. El grado de hidrólisis aumentó significativamente hasta 18,4±0,6 % (6 horas). La pota molida presentó ventajas tecno-funcionales que podrían servir como agentes alimentarios espumantes, insumos proteicos con capacidad emulsionante y antioxidante para formulación de reestructurados como salchichas, hamburguesas que permitan mejorar la palatabilidad y tiempo de vida útil.

Palabras clave: *Dosidicus gigas*; hidrólisis proteica; propiedades tecno-funcionales; descartes cárnicos; propiedad antioxidante.

Abstract

Muscle proteins of *Dosidicus gigas* mantle have great techno-functional advantages and during their processing at industrial level considerable discards of muscle proteins are generated and used to elaborate meals with low added value. The aim of the study was to evaluate the effect of hydrolysis time on the techno-functional properties and antioxidant capacity of jumbo squid. Mantle muscle protein discards were cooked, ground and subjected to enzymatic hydrolysis (Protamex®) for 1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours at 58 °C; ratio of water: substrate 1: 1. The hydrolysis reaction was stopped at 90 °C for 5 minutes and then were filtrate. Hydrolyzed solutions (2% of dissolved solids) in established times were

1 Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura. Lima, Perú.

E-mail: santosflores2107@gmail.com

2 Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Industrias Alimentarias. Lima, Perú. E-mail: aguevara@lamolina.edu.pe

3 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos. Lima, Perú.

Autor para correspondencia: jcordovar1@unmsm.edu.pe

4 Empresa Pesquera Diamante S.A. Lima, Perú. E-mail: asolari@diamante.com.pe

Citar como:

Flores, S., Guevara, A., Cordova-Ramos, J. y Solari-Godiño, A. (2020). *Efecto del tiempo de hidrólisis enzimática sobre las propiedades tecno-funcionales y capacidad antioxidante de la pota *Dosidicus gigas**. *Ciencia e Investigación* 2020 23(2):15-21. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/ci.v23i2.19377>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Ciencia e Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución - No Comercia - Compartir Igual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

taken and their techno-functional properties such as foaming, emulsifying, antioxidant capacity and degree of hydrolysis were determined. The hydrolysis reaction was stopped at 90 °C for 5 minutes and then samples were filtered. Foaming property was increased significantly from 27,4 ± 2,5% (0 hours) to 96,2 ± 5,0% (6 hours). The emulsifying property was decreased significantly from 84,1 ± 3,6% (0 hours) to 56,3 ± 3,2% (6 hours). Antioxidant property showed significant differences at 5 and 6 hours, which showed inhibition of the DPPH radical in the order of 15 to 20% of the initial concentration. The degree of hydrolysis was increased significantly until 18,4 ± 0,6% (6 hours). Discards from jumbo squid muscle mantle proteins presented techno-functional advantages that could serve as foaming food agents, protein inputs with emulsifying and antioxidant properties for formulation of restructured meats such as sausages, hamburgers that allow to improve palatability and shelf life.

Keywords: *Dosidicus gigas*; protein hydrolysis; techno-functional properties; seafood discards; antioxidant properties.

INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que las fuentes de proteínas derivadas de los organismos marinos poseen innumerables ventajas frente a proteínas de mamíferos, vegetales y otros tipos de alimentos debido a la presencia de aminoácidos esenciales, vitaminas, ácidos grasos y minerales en mayor proporción^{1,2}. Debido a ello, la industria alimentaria y la ciencia alimentaria mundial han venido trabajando sostenidamente en la elaboración y búsqueda de compuestos funcionales derivados de proteínas marinas, tales como hidrolizados y péptidos bioactivos que potencien las ventajas anteriormente mencionadas y proporcionen nuevas alternativas al consumo para generar bienestar y servir como fuente de alimentos nutraceuticos². De la numerosa y vasta bibliografía relacionada a estos tópicos, los hidrolizados de pescado han mostrado ventajas competitivas frente a otros similares debido al contenido relevante de aminoácidos esenciales y su elevado valor biológico¹.

Además, en esta búsqueda se viene desarrollando nuevos productos hidrolizados de pescado que proporcionen y brinden ventajas tecno-funcionales que coadyuven al desarrollo en la formulación y elaboración reestructurados cárnicos como hamburguesas, milanesas y nuggets y salchichas. Entre las propiedades más valoradas: emulsificación, absorción de agua, capacidad de gelificación y capacidad espumante³. En este sentido es necesario hacer énfasis en el uso integral de las materias primas que busquen generar valor agregado frente a los productos tradicionales. A nivel industrial, la escasez de tecnologías relacionadas al procesamiento de filetes y tipos de cortes de materias primas en el caso de los cefalópodos de la industria pesquera del Perú tal como la pota (*Dosidicus gigas*) generan volúmenes de descartes cárnicos (2-5 % del peso de la materia prima inicial) que son vertidos al mar, los cuales generan contaminación⁴ o son usados en harinas para el consumo humano indirecto, con bajo valor comercial.

No obstante, el Perú, donde se encuentran las más grandes pesquerías y biodiversidad del planeta, alberga recursos como la pota (*Dosidicus gigas*) que presenta ventajas tecnológicas y funcionales idóneas para el desarrollo de productos para el consumo humano atendiendo a las necesidades que enfrenta el poblador peruano, tales como la anemia y desnutrición en sectores desfavorecidos, siendo los niños y ancianos las poblaciones etáreas

vulnerables. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del tiempo de hidrólisis en remanentes cárnicos del músculo de pota (*Dosidicus gigas*) sobre las propiedades tecno-funcionales y capacidad antioxidante de los productos hidrolizados líquidos obtenidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materia Prima

Se adquirió 20 kg de recortes y remanentes del procesamiento de músculo del manto de pota (*Dosidicus gigas*) del terminal pesquero de Ventanilla, Callao, Perú. Los recortes fueron trasladados en cajas isotérmicas con hielo en proporción 1:1 hasta la planta de procesos de Pesquera Diamante. Luego, fueron manipulados asepticamente y lavados para la eliminación de pieles y restos de tejidos no musculares.

Procesamiento de la pota

Los recortes y remanentes fueron cortados en láminas de 15x10 cm y 10-15 mm de espesor y sometidos a lavado ácido salino (pH 4) en proporción 3:1 solución: láminas, a una temperatura de 5 °C durante 15 minutos, luego fueron enjuagadas a -2 °C durante 20 minutos para la eliminación de sabores indeseables⁵. Las láminas fueron cocidas a 90 °C durante 10 min y enfriadas a 4 °C. Luego, se utilizó un cortador mezclador de mesa Robot Coupe R4[®] y se obtuvo una pasta homogénea. Dicha pasta fue empacada en bolsas de polietileno de baja densidad en presentación de 200 g. Finalmente fueron congeladas a -25 °C hasta su uso.

Hidrólisis enzimática de la pota molida

Los experimentos de hidrólisis tuvieron una proporción agua: sustrato de 1:1 (peso: volumen). En relación a la enzima, se utilizó PROTAMEX[®] en una proporción del 2% respecto al contenido proteico del sustrato. La temperatura de hidrólisis enzimática para todos los experimentos fue de 58 °C, pH 6. Respecto al tiempo de reacción, se evaluó durante 1, 2, 3, 4, 5, 6 horas y la reacción enzimática fue inactivada a 90 °C durante 5 minutos⁴. Luego, los tratamientos fueron filtrados mediante el uso de papel Whatman de paso rápido, para retener la fracción no hidrolizada.

Composición química proximal

El análisis fisicoquímico relacionado a la composición química proximal (humedad, grasa, ceniza y proteínas)

de la materia prima inicial y de la pota cocida fue realizado mediante las metodologías AOAC⁶.

Propiedad espumante

Para cada tiempo de hidrólisis se utilizó 100 mL de hidrolizado filtrado, al 2 % de sólidos disueltos, y se vertió a una licuadora Waring blender© y se agitó a una velocidad de 10000 rpm durante 1 minuto. Las mediciones volumétricas se realizaron en una probeta graduada de 500 mL y la capacidad espumante fue calculada como el volumen que alcanzó la mezcla tras la agitación en comparación con el volumen inicial⁷.

Propiedad emulsificante

Para cada tiempo de hidrólisis se utilizó 100 mL de hidrolizado filtrado, al 2 % de sólidos disueltos, y se vertió a una licuadora Waring blender© y se agitó a una velocidad de 10000 rpm. En agitación continua se vertió 100 mL de aceite de soya y luego de la adición completa del aceite permaneció a esa velocidad durante 1 minuto⁸. Luego para cada tiempo de hidrólisis emulsionado se vertieron en probetas graduadas de 500mL y se colocaron en baño maría a 80 °C durante 10 min y finalmente se anotó el volumen de agua separado de la emulsión⁸. El cálculo fue realizado como el volumen de emulsión (hidrolizado filtrado y aceite en mezcla) luego de 10 minutos posteriores al baño maría.

Grado de Hidrólisis

Basada en la reactividad de los grupos amino, presentes en la solución de hidrolizado filtrado, y el reactivo formaldehído se forma un complejo ácido que es neutralizado mediante la titulación ácido base¹⁰. Se pesó aproximadamente 1,5 g de muestra líquida y se agregó a un vaso de precipitado de 100 mL y se añadieron 50 mL de agua destilada. Se agitó suavemente y se añadió 0,1 M de hidróxido de sodio hasta alcanzar pH 7,0. Luego, se añadió 10 mL de formaldehído y se dejó reaccionar durante 5 minutos. Luego, la solución fue titulada hasta pH 8,5 con 0,1 M de NaOH y se anotó el volumen de gasto de soda utilizado¹⁰. Para efectos del cálculo de los grados de hidrólisis se requiere el valor del contenido de nitrógeno de la muestra a analizar el cual fue realizado por el método de Kjeldahl⁶.

Propiedad antioxidante

El ensayo DPPH implica la reducción de la absorbancia de radicales libres DPPH (2,2-difenil-1-picryl-hidrazilo) por acción de compuestos antioxidantes durante un tiempo de 30 minutos de reacción. Se pesó 3.9 mg de DPPH en un vaso de precipitación de 50

mL y se disolvió, lentamente, en 100 ml de metanol al 80%, en una fiola aforada a temperatura ambiente y oscuridad, luego se colocó en un frasco de vidrio ámbar y se almacenó en refrigeración. La preparación del radical se realizó en el momento del análisis. El método se realizó por triplicado, se tomó la muestra de los extractos según los tratamientos. Entre la muestra y metanol de 80% se debe alcanzar un volumen total de 100 µL y adicionalmente un volumen constante de 2.9 ml del radical DPPH refrigerado. Se midió la absorbancia a 517 nm hasta que la reacción alcanzó a *plateau*. La curva de calibración fue realizada utilizando Trolox (Sigma Aldrich, U.S.) como estándar antioxidante⁹.

Análisis Estadístico

Se utilizó el programa estadístico Minitab 17 para el análisis de varianzas (ANVA) de una sola vía, así también se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95 % para establecer las diferencias significativas entre los tiempos de hidrólisis y las propiedades: espumante, emulsionante, antioxidante y grado de hidrólisis.

RESULTADOS

Composición Química Proximal

En la tabla 1 se presentan los valores de la composición química proximal de la materia prima proveniente de los remanentes cárnicos del procesamiento de la pota; así como también, los valores de composición proximal de los remanentes tratados y cocidos, los cuales presentan evidentes variaciones en relación a la materia prima inicial, principalmente en el contenido proteico y humedad. Es necesario indicar que algunas variaciones porcentuales en el contenido proteico pueden obedecer a compuestos nitrogenados no proteicos.

Propiedad espumante

En la figura 1 se observan los incrementos significativos en los valores de la propiedad espumante de los hidrolizados al 2 % de sólidos disueltos en relación a los tiempos de hidrólisis. Siendo a las 6 horas el mayor valor reportado de 96,2±5,0 %, esto indica que las características de las proteínas hidrolizadas permiten mantener una elevada capacidad espumante.

Propiedad emulsificante

En la figura 2 se observa la disminución significativa de la propiedad emulsificante de los hidrolizados al 2 % de sólidos disueltos en relación a los tiempos de hidrólisis. Los menores valores se dieron a las 5 y 6 horas: 56,8±1,6 y 56,3±3,2 %, respectivamente.

Tabla 1. Análisis proximal de los remanentes cárnicos de pota cruda y cocida previos a la hidrólisis enzimática.

Muestra	Composición proximal (%)			
	Humedad	Grasa	Ceniza	Proteína
Remanentes de pota cruda	83,4±0,5	0,6±0,2	1,2±0,5	14,4±0,6
Remanentes de pota cocida	78,4±0,3	1,2±0,3	1,5±0,2	20,3±0,5

Valor medio ± desviación estándar (n=3).

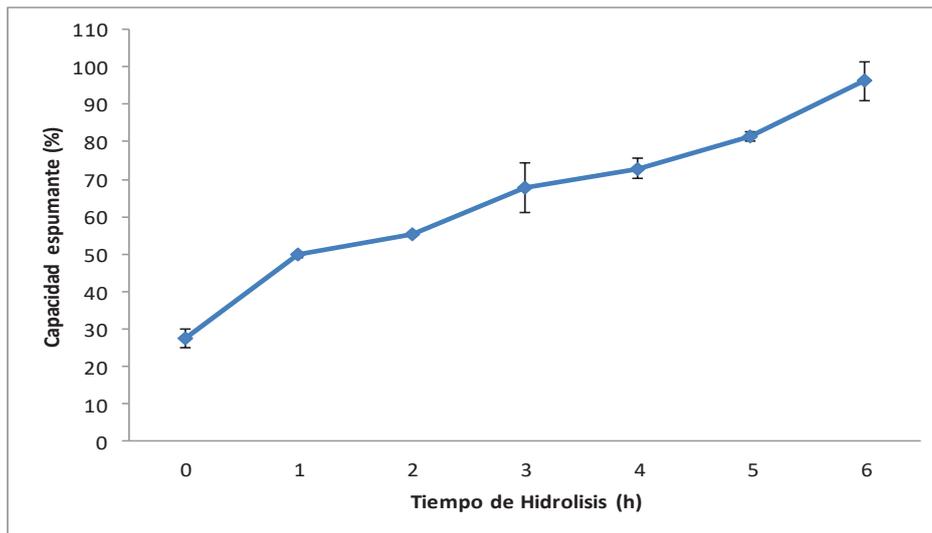


Figura 1. Incremento de la propiedad espumante en relación al tiempo de hidrólisis de los recortes de remanentes de pota con la enzima Protamex® 2 %. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

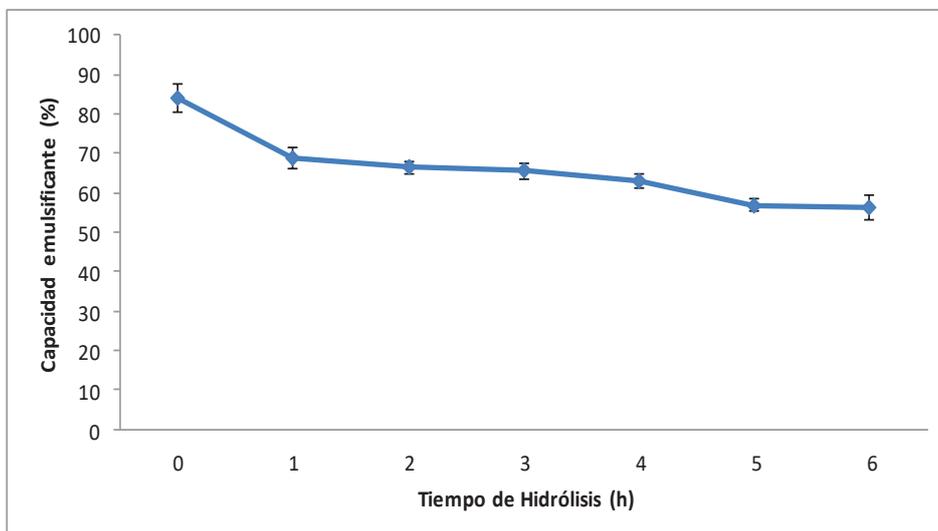


Figura 2. Disminución de la propiedad emulsificante en relación al tiempo de hidrólisis de los recortes de remanentes de pota con la enzima Protamex® 2%. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

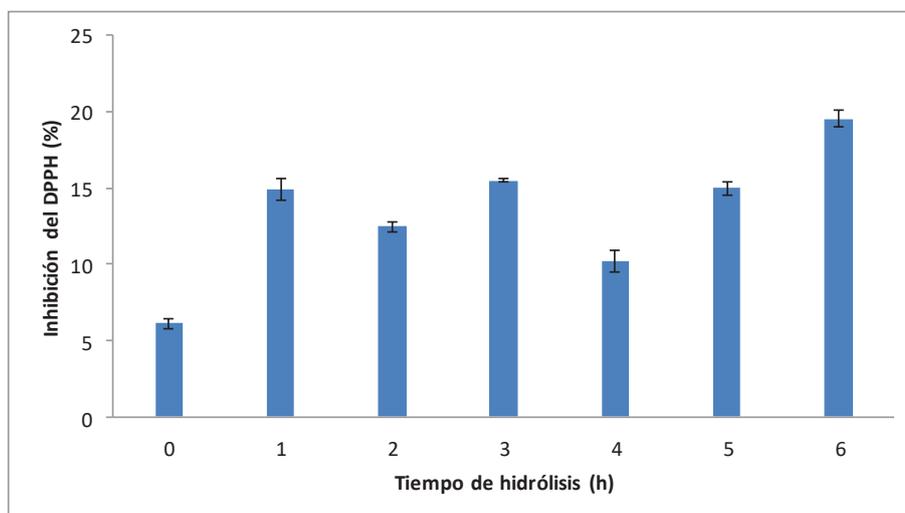


Figura 3. Inhibición del radical DPPH en relación al tiempo de hidrólisis de los recortes de remanentes de pota con la enzima Protamex® 2 %. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Propiedad antioxidante

Respecto a la propiedad antioxidante que se muestra en la Figura 3 se observa cambios no significativos de esta capacidad en función a los tiempos de hidrólisis de la enzima Protamex®. Sin embargo, a las 6 horas se evidencia una inhibición significativa del radical DPPH alrededor del 20 % en relación a los tratamientos de menor tiempo.

Grado de Hidrólisis

De acuerdo a lo observado en la figura 4, el tiempo de hidrólisis incrementa significativamente los grados de hidrólisis en los remanentes cocidos de pota, siendo los valores del tiempo 0 de $2,5 \pm 0,8$ % y a las 6 horas de $17,9 \pm 0,6$ % de grado de hidrólisis.

DISCUSIÓN

En la información obtenida, se evidencian variaciones en los contenidos de humedad y proteínas por efecto de la eliminación de agua tras la cocción de los remanentes cárnicos de la pota. De acuerdo a lo reportado por Maza et al⁵ el tratamiento de eliminación de componentes del mal sabor y la posterior cocción del músculo de la pota mejoran las propiedades organolépticas y la aceptación para el consumo. Así también, el contenido proteico de la materia prima posterior a la cocción se ve favorecido durante el proceso de la hidrólisis enzimática, por cuanto existe mayor disponibilidad de sustrato y liberación de fracciones peptídicas y polipeptídicas, que favorecen las características funcionales del hidrolizado.

En relación a la capacidad espumante y su incremento durante el proceso de hidrólisis de los recortes del manto de pota se debe tener en cuenta las características intrínsecas tales como la solubilidad de sus proteínas constituyentes (incluyendo proteínas miofibrilares) a

soluciones de baja fuerza iónica e inclusive agua, la cual es una particularidad de los cefalópodos^{8,11}.

En las proteínas de calamares la propiedad espumante presenta valores entre 3 a 4 veces superiores a la albúmina¹⁴. Se debe tener en cuenta que la formación de espuma y su estabilidad son aspectos importantes que deben ser discernidos claramente en relación a la estructura proteica y su relación con la tensión superficial del solvente¹². Así mismo, se reporta que las estructuras proteicas terciarias favorecen las redes intermoleculares extensas que generan estabilidad de la espuma¹³.

Respecto a la capacidad emulsionante en los procesos de hidrólisis enzimática se menciona que, un mayor grado de hidrólisis en las moléculas proteicas disminuye la capacidad de interacción de la grasa y proteína, este hecho se explica en base a la mayor exposición de los terminales carboxilo y los lípidos que no interactúan, ni forman uniones electrostáticas y en este sentido se repelen, lo cual genera una inestabilidad de fases y por tanto separación de la grasa. Al respecto, otros estudios afirman que péptidos de bajo peso molecular no poseen la capacidad de formar moléculas con cargas positivas y negativas, por tanto, no exhiben buenas propiedades emulsificantes^{15,16}. También mencionan que es de mayor importancia la constitución de aminoácidos en las cadenas polipeptídicas para evidenciar una buena capacidad emulsificante¹⁷. Las proteínas globulares, en su estado nativo, tienden a formar micelas y uniones electrostáticas estables con lípidos, inclusive al calor y en este sentido la formación de sistemas micelares denominados emulsiones¹⁷.

Sobre la capacidad antioxidante, se debe considerar que los tiempos de hidrólisis juegan un papel importante en relación a esta propiedad evaluada por el método de

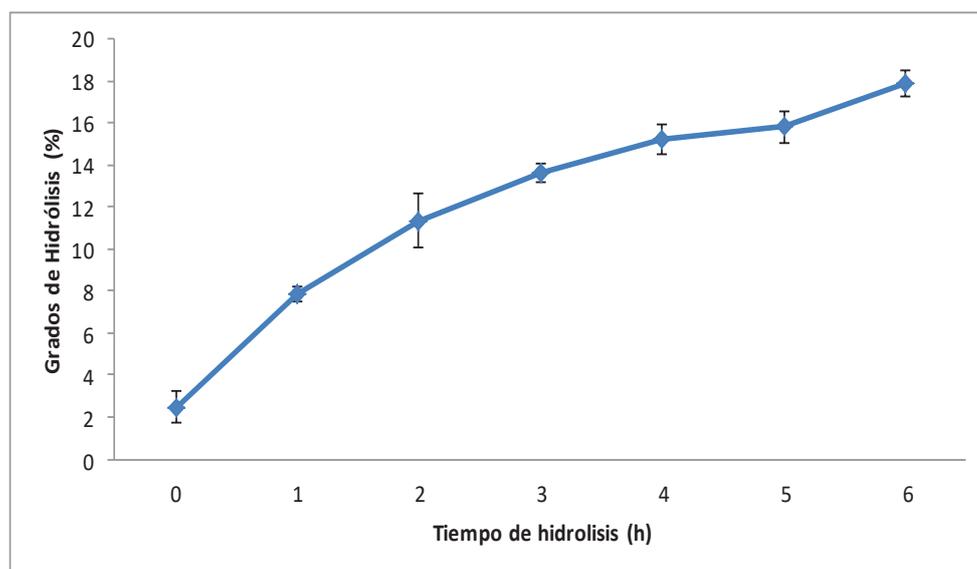


Figura 4. Evolución del grado de hidrólisis enzimática de los recortes de remanentes de pota de los recortes de remanentes de pota con la enzima Protamex® 2 %. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

DPPH y en este sentido la transferencia de electrones para la inhibición del radical DPPH es más activa cuando existen péptidos y moléculas de menor peso molecular que le permiten actuar como donadores de electrones¹⁸. De acuerdo a estudios realizados este efecto es observado y evaluado en hidrolizados de pescado, en los cuales los prolongados tiempos de hidrólisis permiten mejorar ostensiblemente esta propiedad siendo los péptidos de menores pesos moleculares, alrededor de 3000 daltons los que la poseen¹⁹. Así también, la presencia de aminoácidos no aromáticos, tales como: prolina, alanina, valina y leucina en las cadenas de péptidos de proteínas hidrolizadas de calamares las que poseen gran capacidad antioxidante²⁰. En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas de inhibición del radical a las 1, 3 y 5 horas. No obstante, los valores más bajos de inhibición se mostraron a las 0, 2, 4 horas de hidrólisis y a las 6 horas se produjo la mayor inhibición del DPPH (19,6±0,5 %), siendo esta diferencia significativa. De acuerdo a lo encontrado en el presente estudio, se muestra variaciones en la inhibición del radical. Al respecto, algunos estudios reportan valores de inhibición del DPPH de 35 % en residuos hidrolizados de pescados tñidos utilizando pepsina⁴. Por otro lado, los hidrolizados de descartes de pescado “black scabbard fish” usando la enzima Protamex reportó actividad secuestradora de radicales libres DPPH y poder reductor del hierro. Además, mencionan que el uso de combinaciones de enzimas en diferentes etapas del proceso genera productos y con diversas bioactividades tales como actividad antitumoral, antihipertensiva, saciante²¹.

Los grados de hidrólisis están en relación al tiempo de hidrólisis y en este contexto las reacciones de hidrólisis proteica son rápidas en la etapa inicial debido a la avidez de la enzima por el sustrato, la cual genera cadenas de péptidos²⁰. Así también, la utilización de concentraciones de enzimas y combinaciones pueden mejorar ostensiblemente los grados de hidrólisis con valores superiores al 15 % a los 20 minutos de reacción²². No obstante, las concentraciones de enzima evaluadas en la bibliografía fueron en el orden del 5 %. Para procesos de hidrólisis eficientes es necesario una adecuada proporción de agua : sustrato y la concentración de enzima ya que favorecen la solubilización de proteínas, así también es importante destacar que a nivel industrial elevados contenidos de agua en la reacción hidrolítica requiere mayores capacidades y evaporación de la misma para su deshidratación, lo cual genera tiempos y costos que encarecen el costo de producción^{23,24}. Se debe indicar que el incremento de los grados de hidrólisis evidencia menores pesos moleculares y por tanto un comportamiento y efecto sobre las propiedades funcionales de los hidrolizados siendo las propiedades más afectadas: espumante, emulsificante y antioxidante.

CONCLUSION

Se encontraron diferencias significativas entre los valores de las propiedades tecno-funcionales, de los hidrolizados (2 % de sólidos disueltos) obtenidos en relación al tiempo de hidrólisis. La propiedad espumante

aumentó significativamente de 27,4±2,5 % (0 horas) hasta 96,2±5,0 % (6 horas). En relación a la propiedad emulsificante, los menores valores fueron observados a las 5 y 6 horas de hidrólisis, esto demostraría que la pérdida de ciertas estructuras polipeptídicas, por hidrólisis, influye negativamente la propiedad emulsificante. Sobre la capacidad antioxidante, a las 6 horas se evidenció una inhibición significativa del radical DPPH, alrededor del 20 % en relación a los tratamientos de menor tiempo. Finalmente, a mayor tiempo de hidrólisis se incrementa significativamente el grado de hidrólisis (incremento de péptidos de menor peso molecular), por tal motivo algunas propiedades tecno-funcionales, como la propiedad emulsificante, se ven afectadas.

REFERENCIAS

1. Makinen OE, Wanhalinna V, Zannini E, Arendt EK. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015; 56 (3):339–49.
2. Calado R, Leal MC, Gaspar H, Santos S, Marques SA, Nunes ML. How to Succeed in Marketing Marine Natural Products for Nutraceutical, Pharmaceutical and Cosmeceutical Markets. *Grand Challenges in Marine Biotechnology Grand Challenges in Biology and Biotechnology*. 2018: 317–403.
3. Dehnad D, Jafari SM, Afrasiabi M. Influence of drying on functional properties of food biopolymers: From traditional to novel dehydration techniques. *Trends in Food Science & Technology*. 2016; 57: 116–31.
4. Sila A, Bougatef A. Antioxidant peptides from marine by-products: Isolation, identification and application in food systems. A review. *J. Funct. Foods* 2016(21): 10–26.
5. Maza S, Solari A, Albrecht-Ruiz M. Reducción de la intensidad del sabor ácido amargo de la pota mediante lavados con soluciones ácidas y neutralizantes. *Boletín de Investigación del Instituto Tecnológico Pesquero del Perú*. 2008 (8): 23-9.
6. AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 2005. *Official Methods of Analysis of the Association the Official Agricultural Chemists*. De Board. USA.
7. Ambigaipalan P, Al-khalifa AS, Shahidi F. Antioxidant and angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activities of date seed protein hydrolysates prepared using Alcalase, Flavourzyme and Thermolysin. *Journal of Functional Foods*. 2015(18):1125–37.
8. Villamil O, Váquiro H, Solanilla JF. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food Chemistry*. 2017 (224):160–71.
9. Brand-williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. Academic Press; 2005. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643895800085>.
10. Al-janabi Y. The Utilization of Mackerel (*Scomber scombrus*) Rest Raw Material Towards the Production of Oil and Protein - Effect of Storage Conditions on Yield, Quality, and Composition. 2016. In: NTNU
11. Solari-Godiño A., Córdova-ramos J, Pilco-quesada S, Cerrón-mallqui L, Albrecht-ruiz M, Sánchez J. Proximal compo-

- sition and functional properties of lyophilized surimi of *Dosidicus gigas* "jumbo squid". *Scientia Agropecuaria*. 2017(8): 57-62. [10.17268/sci.agropecu.2017.01.05](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.05).
12. Wilde PJ, Clark DC. Foam formation and stability. In *methods of testing protein functionality* ed GM Hall pp 110-152. London Blackie Academic.
 13. Jang HL, Liceaga AM, Yoon KY. Purification, characterisation and stability of an antioxidant peptide derived from sandfish (*Arctoscopus japonicus*) protein hydrolysates. *Journal of Functional Foods*. 2016(20):433-42.
 14. Higuera-barraza O, Torres-arreola W, Ezquerra-brauer J, Cinco-moroyoqui F, Figueroa JR, Marquez-Ríos E. Effect of pulsed ultrasound on the physicochemical characteristics and emulsifying properties of squid (*Dosidicus gigas*) mantle proteins. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2017(38):829-34.
 15. Broyard C, Gaucheron F. Modifications of structures and functions of caseins: a scientific and technological challenge. *Dairy Science & Technology*. 2015; 95(6):831-62.
 16. Rahali V, Chobert JM, Haertlé T, Guéguen J. 2000. Emulsification of chemical and enzymatic hydrolysates of b-lactoglobulin: Characterization of the peptides adsorbed at the interface. *Nahrung/Food*, 44, pp. 89-95.
 17. Villalobos A. Aislamiento de péptidos potencialmente antihipertensivos y antioxidantes a partir de hidrolizados de subproductos de sardina monterey (*Sardinops sagax caerulea*). Tesis para optar el grado de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo Sonora. 2012.
 18. Castro RJSD, Sato HH. Biologically active peptides: Processes for their generation, purification and identification and applications as natural additives in the food and pharmaceutical industries. *Food Research International*. 2015; 74:185-98.
 19. Sánchez A, Vázquez A. Bioactive peptides: A review, *Food Quality and Safety*, Volume 1, Issue 1, 1 March 2017, Pages 29-46, <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyx006>
 20. Batista I, Ramos C, Coutinho J, Bandarra NM, Nunes ML. Characterization of protein hydrolysates and lipids obtained from black scabbardfish (*Aphanopus carbo*) by-products and antioxidative activity of the hydrolysates produced. *Process-Biochemistry*. Elsevier; Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135951130900241>.
 21. Benjakul S, Yarnpakdee S, Senphan T, Halldorsdottir SM, Kristinsson HG. *Fish protein hydrolysates*. Wiley Online Library. John Wiley & Sons, Ltd; 2014. Disponible: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118855102.ch9>.
 22. Girgih AT, He R, Hasan FM, Udenigwe CC, Gill TA, Aluko RE. Evaluation of the in vitro antioxidant properties of a cod (*Gadus morhua*) protein hydrolysate and peptide fractions. *Food Chemistry*. 2015; 173:652-9.
 23. PANDIA, S.; SOLARI, A.; ALBRECHT-RUIZ, M. Hidrólisis enzimática de residuos de anchoveta y anchoveta entera a nivel piloto y caracterización de sus productos. *Boletín investigación del ITP*. Volumen 11, 2013, 21-28.
 24. Šližytė R, Carvajal AK, Mozuraityte R, Aursand M, Storror I. Nutritionally rich marine proteins from fresh herring by-products for human consumption. *Process-Biochemistry*. Elsevier; 2014. Disponible from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511314001445>

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.