REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

HIDROLISADO PROTEICO DE PESCADO: FONTE PROMISSORA DE COMPOSTOS BIOATIVOS

FISH PROTEIN HYDROLYSATE: A PROMISING SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS

Ciências Biológicas • 27/06/2024

REGISTRO DOI: 10.5281/zenodo.12571663

Maria de Morais Lima

RESUMO

Os hidrolisados de proteína de pescado emergem como uma valiosa fonte de peptídeos bioativos, com potenciais benefícios para a saúde humana. Podem ser definidos como produtos resultantes da quebra de proteínas, seja por processos químicos ou enzimáticos, resultando em peptídeos de variados tamanhos. O processo de hidrólise enzimática pode ser influenciado por diversos fatores, incluindo a escolha da enzima e as condições de hidrólise. O controle desses parâmetros é essencial para a liberação e funcionalidade dos peptídeos, especialmente daqueles com propriedades antioxidantes. Este estudo, baseado em uma revisão de literatura nacional e internacional, visa investigar as propriedades biológicas dos hidrolisados proteicos de peixe e suas aplicações principais. Os resultados evidenciaram que os hidrolisados de pescados possuem diversas bioatividades benéficas, como atividades antioxidantes que combatem o estresse oxidativo, regulação da homeostase lipídica para equilibrar os lipídios, propriedades anti-inflamatórias que reduzem a inflamação, atividades anticancerígenas úteis na prevenção e tratamento do câncer, e efeitos neuroprotetores que protegem as células nervosas. Além disso, possuem propriedades anti-hipertensivas que ajudam a regular a pressão arterial. Contudo, é essencial realizar mais estudos para aprimorar os métodos de extração e purificação, tornando-os mais acessíveis e globalmente aceitos como ingredientes funcionais de alto valor agregado.

Palavras-chaves: pescado, hidrolise de proteínas, compostos bioativos.

ABSTRACT

Fish protein hydrolysates are emerging as a valuable source of bioactive peptides, with potential benefits for human health. They

can be defined as products resulting from the breakdown of proteins, either by chemical or enzymatic processes, resulting in peptides of varying sizes. The enzymatic hydrolysis process can be influenced by several factors, including the choice of enzyme and the hydrolysis conditions. Controlling these parameters is essential for the release and functionality of the peptides, especially those with antioxidant properties. This study, based on a review of national and international literature, aims to investigate the biological properties of fish protein hydrolysates and their main applications. The results showed that fish hydrolysates possess several beneficial bioactivities, such as antioxidant activities that combat oxidative stress, regulation of lipid homeostasis to balance lipids, anti-inflammatory properties that reduce inflammation, anticancer activities useful in the prevention and treatment of cancer, and neuroprotective effects that protect nerve cells. Furthermore, they possess antihypertensive properties that help regulate blood pressure. However, it is essential to conduct more studies to improve extraction and purification methods, making them more accessible and globally accepted as high value-added functional ingredients.
Keywords: fish, protein hydrolysis, bioactive compounds.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os hidrolisados proteicos de pescado têm atraído a atenção de muitos pesquisadores, sendo reconhecidos como uma riqueza de proteínas e peptídeos bioativos (NAJAFIAN e BABJI, 2012). Esses hidrolisados são obtidos através da quebra das proteínas em peptídeos de vários tamanhos, utilizando métodos químicos ou enzimáticos. Os peptídeos bioativos são compostos por sequências curtas de aminoácidos, variando entre 3 a 20, que demonstram diversas atividades biológicas importantes, incluindo efeitos anti-

hipertensivos, imunomoduladores, antitrombóticos, antioxidantes, anticancerígenos e antimicrobianos (DI BERNARDINI *et al.,* 2011; VERCRUYSSE *et. al.,* 2005).

Os peptídeos provenientes de proteínas de pescado são reconhecidos por serem seguros, apresentam baixa massa molecular, têm baixo custo e alta atividade biológica (SARMADI e ISMAIL, 2010). Suas propriedades biológicas são fortemente ligadas à composição de aminoácidos, à sequência e à hidrofobicidade molecular (BOUGATEF *et al.,* 2010). Alguns estudos indicam que as proteínas de peixe são altamente adequadas para este processo devido à presença de todos os aminoácidos essenciais em quantidades e qualidades requeridas e à sua alta sensibilidade à hidrólise (NISANG *et al.,* 2005).

Os hidrolisados proteicos de pescado podem ser obtidos por métodos químicos ou biológicos. Na prática industrial, a hidrólise química é mais utilizada devido ao menor custo do processo, enquanto a hidrólise enzimática é mais promissora quando se busca obter produtos de melhor qualidade. Nesse processo, são utilizadas enzimas proteolíticas com o objetivo de solubilizar as proteínas do pescado (FERNANDES *et al.,* 2016).

Laroque *et al.* (2008) relataram que a escolha da enzima é um fator crucial a ser considerado no processo de hidrólise enzimática, pois influencia o rendimento e a funcionalidade dos peptídeos. A enzima Alcalase (endopeptidase bacteriana alcalina, produzida a partir da fermentação submersa do *Bacillus licheniformis*) tem sido reconhecida como uma das melhores para hidrolisar proteínas de pescado (GUERARD *et al.,* 2010).

É importante ressaltar que o processo de hidrólise enzimática pode ser afetado por diversos fatores, incluindo a escolha da enzima e as condições de hidrólise. Controlar esses parâmetros é fundamental para a liberação e a funcionalidade dos peptídeos, especialmente os que possuem propriedades antioxidantes. (GAO *et al.,* 2021). Diversas pesquisas indicam que o tempo é um fator importante na qualidade dos peptídeos, com reações mais prolongadas resultando em peptídeos com maior capacidade antioxidante. Este estudo, baseado em uma revisão abrangente da literatura nacional e internacional e tem como objetivo investigar as propriedades biológicas dos hidrolisados proteicos de pescados e suas principais aplicações.

DESENVOLVIMENTO

2.1 Hidrolisado proteico de pescado

A proteína de pescado é notável por seu alto valor nutritivo e pelo equilíbrio de aminoácidos essenciais, compatível com o padrão de proteína estabelecido pela FAO (1973). Devido à excelente composição nutricional, perfis detalhados de aminoácidos e atividades biológicas benéficas, os hidrolisados de peixes tem atraído interesse específico de pesquisadores para aplicações industriais como ingredientes funcionais. Segundo Himaya *et al.* (2012), a proteína de peixe pode ser utilizada na produção de hidrolisados proteicos e peptídeos bioativos, o que não só aumenta seu valor econômico, mas também reduz seu impacto ambiental.

Os hidrolisados proteicos de pescado são concentrados que possuem excelentes propriedades funcionais e contêm aproximadamente 90% de proteínas (CHALAMAIAH *et al.,* 2012). Eles

são definidos como proteínas que foram quebradas quimicamente ou enzimaticamente em peptídeos de vários tamanhos (BENITEZ *et al.,* 2008; SBROGGIO *et al.,* 2016). Segundo Ghribi *et al.* (2015), os hidrolisados apresentam propriedades moleculares distintas das proteínas originais, pois o processo de hidrólise resulta na diminuição da massa molecular, aumento do número de grupos ionizáveis, e à exposição de grupos hidrofóbicos e dos aminoácidos das cadeias laterais.

A hidrólise enzimática apresenta diversas vantagens em comparação com outros métodos de hidrólise, incluindo a especificidade da ação enzimática, a digestão em condições moderadas, o controle sobre o grau de hidrólise, que pode ser regulada pela inativação térmica das enzimas. Além disso, esse método oferece propriedades funcionais atraentes, preservação dos aminoácidos, ampla disponibilidade comercial, custo moderado, menor teor de sal no produto final e formação mínima de subprodutos (LIRA, 2010; AMORIM *et al.,* 2016).

O grau de hidrólise é um parâmetro crucial que influencia a classificação e a aplicação dos hidrolisados. Este parâmetro é definido como a porcentagem de ligações peptídicas rompidas em relação à proteína original e é determinado pelas condições de processamento, incluindo a concentração do substrato, a relação enzima/substrato, o tempo de incubação e as condições físico-químicas como pH e temperatura. A natureza da enzima, caracterizada por sua atividade específica e tipo de atividade, também desempenha um papel significativo no grau de hidrólise (BENÍTEZ *et al.,* 2008).

As enzimas proteolíticas são essenciais nos processos hidrolíticos, pois catalisam a quebra de ligações peptídicas na cadeia proteica. Dependendo de sua especificidade, essas enzimas podem influenciar o tamanho, a quantidade, a composição de aminoácidos livres, peptídeos e a sequência de aminoácidos presentes (KARAMAĆ *et al.,* 2016).

As endopeptidases hidrolisam ligações peptídicas preferencialmente nas regiões internas das cadeias polipeptídicas, atuando entre as extremidades N e C terminais. Em contraste, as exopeptidases agem nas extremidades das cadeias polipeptídicas, especificamente nas regiões N ou C terminais, formando aminopeptidases ou carboxipeptidases. Em proteínas alimentares, são geralmente usadas endoproteinases, que podem ser combinadas com exoproteinases para promover a degradação completa (RAO *et al.,* 1998).

A escolha da enzima proteolítica adequada é fundamental para a liberação de peptídeos a partir de proteínas de peixe. Diversas enzimas proteolíticas, como alcalase, α-quimotripsina, neutrase, papaína, pepsina, tripsina, pancreatina, flavourzyme, bromelina, pronase E, protamex, orientase, termolisina e validase, têm sido testadas com sucesso para a produção de peptídeos derivados de proteínas de peixe (NAKAJIMA *et al.,* 2009; LI *et al.,* 2016).

2.1.1 Propriedades biológicas dos hidrolisados proteicos de pescado

Os hidrolisados de peixe são reconhecidos por uma variedade de bioatividades benéficas, como atividades antioxidantes, que combatem o estresse oxidativo no corpo; a regulação da

homeostase lipídica, que contribui para o equilíbrio dos lipídios; propriedades anti-inflamatórias, que podem ajudar na redução da inflamação; e atividades anticancerígenas, que podem auxiliar na prevenção ou tratamento do câncer. Além disso, apresentam efeitos neuroprotetores, que ajudam a proteger as células nervosas, e propriedades anti-hipertensivas, que auxiliam na regulação da pressão arterial (KIM *et al.,* 2015; GAO *et al.,* 2021; e GAO *et al.,* 2020; VIK *et al.,* 2015; CHALAMAIAH *et al.,* 2015; CHAI *et al.,* 2016; YANG *et al.,* 2016; BALTI *et al.,* 2015; NGO *et al.,* 2015)

Pesquisas também demonstraram que os hidrolisados de peixe possuem atividade antimicrobiana, podendo reduzir a presença de microrganismos como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e outros micro-organismos nocivos (ENNAAS *et al.,* 2015; ENNAAS *et al.,* 2016; HALIM *et al.,* 2016). Neste estudo, será enfatizada a atividade antioxidante dos hidrolisados proteicos de pescado por ser uma das bioatividades mais exploradas na literatura.

2.1.1.1 Atividade antioxidantes dos hidrolisados de peixe

Recentemente, o interesse científico tem crescido na busca por antioxidantes de fontes naturais, que possam oferecer menos risco potencial do que os antioxidantes sintéticos. Pesquisas sobre os hidrolisados de proteína de peixe, que demonstram atividade antioxidante, têm despertado grande interesse (GIRGIH *et al.,* 2015). Estudos recentes destacam que os hidrolisados proteicos obtidos de proteínas de peixe são fontes promissoras de peptídeos antioxidantes (GARCÍA-MORENO *et al.,* 2014; SLIZYTE *et al*., 2016). Durante o processo de hidrólise, a quebra das ligações peptídicas libera peptídeos ativos que podem neutralizar radicais livres, quelar

íons metálicos pró-oxidantes e inibir a peroxidação lipídica em sistemas alimentares (YOU *et al.,* 2010).

A atividade antioxidante dos hidrolisados de peixe é influenciada por diversos fatores, como a especificidade da protease utilizada e o grau de hidrólise das proteínas, que afetam características como peso molecular, sequência de aminoácidos, hidrofobicidade e carga dos peptídeos produzidos. Peptídeos com pesos moleculares entre 500 e 1.500 Da demonstram atividades antioxidantes mais pronunciadas em comparação a outros peptídeos (POWNALL *et al.,* 2010). Aminoácidos hidrofóbicos têm propriedades significativas na eliminação de radicais livres e na quelatação de metais, além de poderem inibir a peroxidação lipídica. Por outro lado, aminoácidos aromáticos são conhecidos por potencializar a capacidade dos peptídeos de eliminar radicais (CHI *et al.,* 2015).

De acordo com Gao *et al.* (2021), os hidrolisados de peixe exibem uma forte atividade antioxidante, tanto *in vivo* quanto *in vitro*, destacando seu potencial aplicativo no combate a doenças relacionadas ao estresse oxidativo. Esta propriedade antioxidante dos hidrolisados proteicos de peixe tem sido documentada por diversos estudos, abrangendo diferentes espécies como tilápia (BERNARDI *et al.,* 2016), bacalhau (*Gadus morhua*) (GIRGIH *et al.,* 2015), sardinha (*Sardinella aurita*) (BOUGATÉF *et al.,* 2010), escamudo (*Pollachius virens*) (CHABEAUD *et al.,* 2009), linguado albacora (*Limanda aspera*) (JUN *et al.,* 2004) e cavala (*Scomber austriasicus*) (WU *et al.,* 2003).

3 CONCLUSÃO

Conclui-se que os hidrolisados e peptídeos de peixes apresentam uma ampla gama de atividades biológicas, incluindo propriedades antioxidantes, modulação da homeostase lipídica, efeitos anti-inflamatórios, anticancerígenos, neuroprotetores e anti-hipertensivos, tornando-os ingredientes nutracêuticos promissores para aplicação em alimentos. Além disso, suas propriedades emulsificantes, espumantes e gelificantes os tornam adequados como ingredientes funcionais versáteis. Transformar subprodutos de resíduos de peixe em ingredientes funcionais de alto valor agregado para o tratamento de doenças crônicas é uma possibilidade promissora.

Essas diversas bioatividades fazem dos hidrolisados de peixe uma opção extremamente promissora para múltiplas aplicações na saúde e nutrição. No entanto, são necessárias mais pesquisas para desenvolver métodos de extração e purificação comercialmente viáveis desses produtos, a fim de facilitar sua popularização e consumo em larga escala. Adicionalmente, a otimização dessas técnicas poderia contribuir para a sustentabilidade ambiental, reduzindo o desperdício e promovendo uma utilização mais eficiente dos recursos marinhos. Essa abordagem integrada poderia beneficiar tanto a indústria alimentícia quanto a farmacêutica, promovendo inovações em produtos saudáveis e sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. G. O.; DESCHAMPS, F. C.; PESSATTI, M. L. Protein hydrolysate waste of whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) as a way of adding value to fish and reducing the environmental liabilities of the fishing industry. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 5, p. 967, 2016.

BALTI, R.; BOUGATEF, A.; SILA, A.; GUILLOCHON, D.; DHULSTER, P.; NEDJAR-ARROUME, N. Nine novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from cuttlefish (*Sepia officinalis*) muscle protein hydrolysates and antihypertensive effect of the potent active peptide in spontaneously hypertensive rats. **Food chemistry**, v. 170, p. 519-525, 2015.

BENÍTEZ, R.; IBARZ, A.; PAGAN, F . Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones Protein hydrolysates: processes and applications. **Acta bioquímica clínica latinoamericana**, v. 42, n. 2, p. 227-236, 2008.

BERNARDI, D. M.; PARIS, L. D.; DIETERICH, F.; SILVA, F. G. D.; BOSCOLO, W. R.; SARY, C.; SIGNOR, A.; BERTOL, T. M.; SGARBIERI, V. C. Production of hydrolysate from processed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) residues and assessment of its antioxidant activity. **Food Science and Technology (Campinas)**, n. AHEAD, p. 0-0, 2016.

CHAI, H. J.; WU, C. J.; YANG, S. H.; LI, T. L.; PAN, B. S. Peptides from hydrolysate of lantern fish (*Benthosema pterotum*) proved neuroprotective in vitro and in vivo. **Journal of Functional Foods**, v. 24, p. 438-449, 2016.

CHALAMAIAH, M.; HEMALATHA, R.; JYOTHIRMAYI, T.; DIWAN, P. V.; BHASKARACHARY, K.; VAJRESWARI, A.; KUMAR, B. D. Chemical composition and immunomodulatory effects of enzymatic protein hydrolysates from common carp (*Cyprinus carpio*) egg. **Nutrition**, v. 31, n. 2, p. 388-398, 2015.

CHI, C.F.; HU, F.Y.; WANG, B.; REN, X.J.; DENG, S.G.; WU, C.W. Purification and characterization of three antioxidant peptides from

protein hydrolyzate of croceine croaker (*Pseudosciaena crocea*) muscle. **Food Chemistry**, v. 168, p. 662-667, 2015.

DI BERNARDINI, R.; HARNEDY, P.; BOLTON, D.; KERRY, J.; O'NEILL, E.; MULLEN, A. M.; HAYES, M. Antioxidant and antimicrobial peptidic hydrolysates from muscle protein sources and by-products. **Food Chemistry**, v. 124, n. 4, p. 1296-1307, 2011.

BOUGATEF, A.; NEDJAR-ARROUME, N.; MANNI, L.; RAVALLEC, R.; BARKIA, A.; GUILLOCHON, D.; NASRI, M. Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products proteins. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 559–565, 2010.

CHABEAUD, A.; DUTOURNIE, P.; GUERARD, F.; VANDANJON, L.; BOURSEAU, P. Application of response surface methodology to optimize the antioxidant activity of a Saithe (*Pollachius virens*) hydrolysate. **Marine Biotechnology**, v. 11, n. 4, p. 445–455, 2009.

CHALAMAIAH, M.; HEMALATHA, R.; JYOTHIRMAYI, T. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. **Food Chemistry**, v. 135, n. 4, p. 3020-3038, 2012.

ENNAAS, N.; HAMMAMI, R.; BEAULIEU, L.; FLISS, I. Purification and characterization of four antibacterial peptides from protamex hydrolysate of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) by-products. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 462, n. 3, p. 195-200, 2015.

ENNAAS, N.; HAMMAMI, R.; GOMAA, A.; BÉDARD, F.; BIRON, É.; SUBIRADE, M.; Fliss, I. Collagencin, an antibacterial peptide from fish

collagen: Activity, structure and interaction dynamics with membrane. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 473, n. 2, p. 642-647, 2016.

FERNANDES, P. Enzymes in Fish and Seafood Processing. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 4, n. 59, p. 1-14, 2016.

Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO. **Species fact sheets. Micropogonias furnieri, Fisheries and Aquaculture Department**. Rome: FAO, 2014, Disponível em: Acesso em: 09 fev. 2024.

GAO, R.; YU, Q.; SHEN, Y.; CHU, Q.; CHEN, G.; FEN, S.; SUN, Q. Production, bioactive properties, and potential applications of fish protein hydrolysates: Developments and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 687-699, 2021.

GAO, R.; SHU, W.; SHEN, Y.; SUN, Q.; BAI, F.; WANG, J.; YUAN, L. Sturgeon protein-derived peptides exert anti-inflammatory effects in LPS-stimulated RAW264. 7 macrophages via the MAPK pathway. **Journal of Functional Foods**, v. 72, p. 104044, 2020.

GARCÍA-MORENO, P. J.; BATISTA, I.; PIRES, C.; BANDARRA, N. M.; ESPEJO-CARPIO, F. J.; GUADIX, A.; GUADIX, E. M. Antioxidant activity of protein hydrolysates obtained from discarded Mediterranean fish species. **Food Research International**, v. 65, p. 469-476, 2014.

GHRIBI, A. M.; GAFSI, I. M.; SILA, A.; BLECKER, C.; DANTHINE, S.; ATTIA, H.; BOUGATEF, A.; BESBES, S. Effects of enzymatic hydrolysis on conformational and functional properties of chickpea protein isolate. **Food chemistry**, v. 187, p. 322-330, 2015.

GIRGIH, A. T.; HE, R.; HASAN, F. M.; UDENIGWE, C. C.; GILL, T. A.; ALUKO, R. E. Evaluation of the in vitro antioxidant properties of a cod (*Gadus morhua*) protein hydrolysate and peptide fractions. **Food chemistry**, v. 173, p. 652-659, 2015.

GUERARD, F.; DECOURCELLE, N.; SABOURIN, C.; FLOCH-LAIZET, C.; LE GREL, L.; LE FLOCH, P.; GOURLAY, F.; LE DELEZIR, R.; JAOUEN, P.; BOURSEAU, P. Recent developments of marine ingredients for food and nutraceutical applications: a review. **Journal des sciences Halieutique et Aquatique**, v. 2, p. 21-27, 2010.

HALIM, N. R. A.; YUSOF, H. M.; SARBON, N. M. Functional and bioactive properties of fish protein hydolysates and peptides: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 51, p. 24-33, 2016.

HIMAYA, S. W. A.; NGO, D. H.; RYU, B.; KIM, S. K. An active peptide purified from gastrointestinal enzyme hydrolysate of Pacific cod skin gelatin attenuates angiotensin-1 converting enzyme (ACE) activity and cellular oxidative stress. **Food Chemistry**, v. 132, n. 4, p. 1872-1882, 2012.

JUN, S.; PARK, P.; JUNG, W.; KIM, S. Purification and characterization of an antioxidative peptide from enzymatic hydrolysate of yellowfin sole (*Limanda aspera*) frame protein. **European Food Research and Technology**, v. 219, n. 1. p. 20–26, 2004.

KARAMAĆ, M.; KOSIŃSKA-CAGNAZZO, A.; KULCZYK, A. Use of Different Proteases to Obtain Flaxseed Protein Hydrolysates with Antioxidant Activity. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 7, p. 1027, 2016.

KIM, Y. M.; KIM, I. H.; CHOI, J. W.; LEE, M. K.; NAM, T. J. The anti-obesity effects of a tuna peptide on 3T3-L1 adipocytes are mediated by the inhibition of the expression of lipogenic and adipogenic genes and by the activation of the Wnt/β- catenin signaling pathway. **International journal of molecular medicine**, v. 36, n. 2, p. 327-334, 2015.

LAROQUE, D.; CHABEAUD, A.; GUÉRARD, F. Antioxidant capacity of marine protein hydrolysates. **Added value to fisheries waste, Transworld Research Network, Kerala**, p. 147-161, 2008.

LIRA, T. B. F. Avaliação das variaveis que influenciam o grau de hidrolise enzimática da caseina do leite de cabra (*Capra hircus Linnaeus*, 1758) Moxotó.

Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.

LI, Y.; SADIQ, F. A.; FU, L.; ZHU, H.; ZHONG, M.; SOHAIL, M. Identification of Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides Derived from Enzymatic Hydrolysates of Razor Clam Sinonovacula constricta. **Marine drugs**, v. 14, n. 6, p. 110, 2016.

NAJAFIAN, L.; BABJI, A. S. A review of fish-derived antioxidant and antimicrobial peptides: their production, assessment, and applications. **Peptides**, v. 33, n. 1, p. 178-185, 2012.

NAKAJIMA, K.; YOSHIE-STARK, Y.; OGUSHI, M. Comparison of ACE inhibitory and DPPH radical scavenging activities of fish muscle hydrolysates. **Food Chemistry**, v. 114, n. 3, p. 844–851, 2009.

NGO, DAI-HUNG.; RYU, B.; KIM, SE-KWON. Active peptides from skate (*Okamejei kenojei*) skin gelatin diminish angiotensin-I converting enzyme activity and intracellular free radical-mediated oxidation. **Food Chemistry**, v. 143, p. 246-255, 2014.

NILSANG S.; LERTSIRI S.; SUPHANTHARIKA M. Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Fish Soluble Concentrate by Commercial Proteases. **Journal of Food Engineering**. University of California, v. 70, n. 4, p. 571-578, Davis, California, 2005.

PRABHA, J.; VINCENT, S.; JOSEPH, S.; MAGDALENE, J. Bioactive and functional properties of fish protein hydrolysate from leiognathus bindus. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**. v. 9, n. 5, p. 277-281, 2016.

POWNALL, T. L.; UDENIGWE, C. C.; ALUKO, R. E. Amino acid composition and antioxidant properties of pea seed (*Pisum sativum* L.) enzymatic protein hydrolysate fractions. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 8, p. 4712-4718, 2010.

RAO, M. S.; KANATT, S. R.; CHAWLA, S. P.; SHARMA, A. Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 4, p. 1243-1247, 2010.

SARMADI, B. H.; ISMAIL, A. Antioxidative peptides from food proteins: A review. **Peptides**, v. 31, n. 10, p. 1949–1956, 2010.

SBROGGIO, M. F.; MONTILHA, M. S.; FIGUEIREDO, V. R. G. D.; GEORGETTI, S. R.; KUROZAWA, L. E. Influence of the degree of hydrolysis and type of enzyme on antioxidant activity of okara

protein hydrolysates. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 36, n. 2, p. 375-381, 2016.

SLIZYTE, R.; ROMMI, K.; MOZURAITYTE, R.; ECK, P.; FIVE, K.; RUSTAD, T. Bioactivities of fish protein hydrolysates from defatted salmon backbones. **Biotechnology Reports**, v. 11, p. 99-109, 2016.

VERCRUYSSE, L.; VAN CAMP, J.; SMAGGHE, G. ACE inhibitory peptides derived from enzymatic hydrolysates of animal muscle protein: a review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 21, p. 8106-8115, 2005.

VIK, R.; TILLANDER, V.; SKORVE, J.; VIHERVAARA, T.; EKROOS, K.; ALEXSON, S.E; BJØRNDAL, B. Three differently generated salmon protein hydrolysates reveal opposite effects on hepatic lipid metabolism in mice fed a high-fat diet. **Food chemistry**, v. 183, p. 101-110, 2015.

WU, H.; CHEN, H.; SHIAU, C. Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of Mackerel (*Scomber austriasicus*). **Food Research International**, v. 36, n. 9, p. 949–957, 2003.

YANG, J.I.; TANG, J.Y.; LIU, Y.S.; WANG, H.R.; LEE, S.Y.; YEN, C.Y.; CHANG, H.W. Roe protein hydrolysates of giant grouper (*Epinephelus lanceolatus*) inhibit cell proliferation of oral cancer cells involving apoptosis and oxidative stress. **BioMed Research International**, v. 2016, n. 1, p. 8305073, 2016.

YOU, L.; ZHAO, M.; REGENSTEIN, J. M.; REN, J. Purification and identification of antioxidative peptides from loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) proteinhydrolysate by consecutive

chromatography and electrospray ionization- mass spectrometry. **Food Research International**, v. 43, n. 4, p. 1167-1173, 2010.