

RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora,
o texto completo desta

TESE

será

disponibilizado somente a partir
de

08/01/2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DE ARAÇATUBA

DAYSE LÍCIA DE OLIVEIRA

**RECUPERAÇÃO E USO DE PROTEÍNAS DAS ÁGUAS DE
LAVAGEM DO SURIMI UTILIZANDO FILTRAÇÃO POR
MEMBRANA**

ARAÇATUBA
2020

DAYSE LÍCIA DE OLIVEIRA

**RECUPERAÇÃO E USO DE PROTEÍNAS DAS ÁGUAS DE
LAVAGEM DO SURIMI UTILIZANDO FILTRAÇÃO POR
MEMBRANA**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

Orientadora: Profa. Dra. Elisa Helena Giglio Ponsano.

ARAÇATUBA

2020



O48r	Oliveira, Dayse Lícia de Oliveira Recuperação e uso de proteínas das águas de lavagem do surimi utilizando filtração por membrana / Dayse Lícia de Oliveira Oliveira. -- Araçatuba, 2020 73 f. : tabs Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba Orientadora: Elisa Helena Giglio Ponsano 1. Águas residuárias. 2. Alimentos fortificados. 3. Produtos pesqueiros. 4. Tilápia. 5. Ultrafiltração. I. Título
------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba. Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

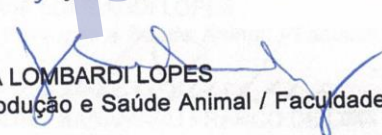
Título: Recuperação e uso de proteínas das águas de lavagem do surimi utilizando filtração por membrana

AUTORA: DAYSE LÍCIA DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp


Pesquisadora FLÁVIA LOMBARDI LOPES
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba - Unesp

Pesquisador LEANDRO KANAMARU FRANCO DE LIMA
Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA


Prof. Dr. RICARDO BORGHESI
EMBRAPA Agropecuária Oeste / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária


Dr. THIAGO LUÍS MAGNANI GRASSI
Doutor em Ciência Animal pela Faculdade de Medicina Veterinária do Câmpus de Araçatuba/UNESP

Araçatuba, 07 de janeiro de 2020.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Recuperação e uso de proteínas das águas de lavagem do surimi utilizando filtração por membrana

AUTORA: DAYSE LÍCIA DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Pesquisadora FLÁVIA LOMBARDI LOPES

Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba - Unesp

Pesquisador LEANDRO KANAMARU FRANCO DE LIMA

Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Prof. Dr. RICARDO BORGHESI

EMBRAPA Agropecuária Oeste / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Dr. THIAGO LUÍS MAGNANI GRASSI

Doutor em Ciência Animal pela Faculdade de Medicina Veterinária do Câmpus de Araçatuba/UNESP

Araçatuba, 07 de janeiro de 2020.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Recuperação e uso de proteínas das águas de lavagem do surimi utilizando filtração por membrana

AUTORA: DAYSE LÍCIA DE OLIVEIRA

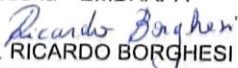
ORIENTADORA: ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Pesquisadora FLÁVIA LOMBARDI LOPES
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba - Unesp

Pesquisador LEANDRO KANAMARU FRANCO DE LIMA
Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA


Prof. Dr. RICARDO BORGHESI
EMBRAPA Agropecuária Oeste / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Dr. THIAGO LUÍS MAGNANI GRASSI
Doutor em Ciência Animal pela Faculdade de Medicina Veterinária do Câmpus de Araçatuba/UNESP

Araçatuba, 07 de janeiro de 2020.



“Dedico este trabalho ao meu irmão Daniel Lucas de Oliveira, por ser meu exemplo, um segundo pai, um mestre. Agradeço por tudo que aprendi e aprendo com você”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar o meu caminho, colocando nele pessoas maravilhosas, sempre dispostas a ajudar e a me orientar em momentos difíceis.

Aos meus pais, Antônio e Fátima, pela confiança e paciência durante a realização deste trabalho.

A minha irmã Débora, pelo apoio, companheirismo e conselhos sinceros.

Ao André Luis, pela dedicação, pelo amor e carinho.

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Medicina Veterinária e ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal pela oportunidade de realização do curso de Doutorado, na pessoa do Diretor Prof. Titular Iveraldo dos Santos Dutra.

À Professora Elisa, pela orientação e amizade, por ser um exemplo para mim, como pessoa e como profissional.

À Professora Silvia Helena Venturoli Perri por me ajudar com as análises estatísticas do trabalho.

Aos Professores Max José de Araújo Faria Junior, Alex Akira Nakamura, Leandro Kanamaru Franco de Lima, Flávia Lombardi Lopes, Ricardo Borghesi e Thiago Luis Magnani Grassi, pela valiosa colaboração na finalização deste trabalho.

A todos os professores e colaboradores da UNESP que, de alguma forma, fizeram parte desta conquista.

À CAPES pelo apoio financeiro concedido durante a pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pelo auxílio financeiro concedido ao projeto de pesquisa (2015 / 25853-1).

Ao Laboratório de Análises de Alimentos – UNESP – Araçatuba-SP. Em especial ao ex. funcionário Wellington Tonon pela atenção dada durante o experimento.

Aos colegas de pesquisa Thiago, Natália, Juliana Diniz, Juliana Sedlacek, Bruna e Alex, pelo auxílio no experimento e pela amizade. A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa etapa da minha vida



*“Construí amigos, enfrentei derrotas,
venci obstáculos, bati na porta da vida e disse-
lhe: Não tenho medo de vivê-la...” (Augusto Cury)*

OLIVEIRA, D. L. **Recuperação e uso de proteínas das águas de lavagem do surimi utilizando filtração por membrana**. 2020. 73 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2020.

RESUMO

No processo de produção do surimi, grande quantidade de água é utilizada para as operações de lavagens, resultando na geração de grande volume de águas residuárias ricas em matéria orgânica que causam problemas ambientais quando descartadas inadequadamente. As proteínas presentes nestas águas podem ser recuperadas, reduzindo o impacto ambiental e gerando um ingrediente com aplicação na indústria de alimentos. O objetivo geral deste estudo foi recuperar proteínas das águas de lavagem de preparo do surimi utilizando a tecnologia de filtração por membranas e utiliza-las na elaboração de *fishburguer*. As águas de lavagem resultantes da produção do surimi de tilápia foram reunidas e filtradas em membrana de ultrafiltração (UF) de 30 kDa. As determinações de pH, sólidos totais (ST) e fixos (SF), proteínas totais, óleos e graxas e a análise eletroforética foram realizadas nas águas obtidas nas lavagens do surimi (original) e após a UF (concentrado e permeado) e a demanda química de oxigênio (DQO) foi determinada nas águas originais e no permeado da UF. O concentrado desidratado em *spray dryer* foi analisado quanto ao perfil de aminoácidos e teor de carotenóides. As proteínas recuperadas no concentrado desidratado foram adicionadas nas proporções de 0, 5 e 10% aos *fishburgers* de surimi e os produtos finais foram avaliados quanto à composição proximal, rendimento na cocção, análise sensorial e índice de aceitabilidade (IA). Os dados físicos e químicos das águas originais, do concentrado e do permeado e a composição proximal dos *fishburgers* foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Os resultados da análise sensorial foram analisados pelo teste de Friedman e a comparação múltipla entre as amostras foi feita pelo teste de Dunn. A aplicação da UF nas águas de lavagem do surimi reduziu em 88% a carga poluente desse efluente e permitiu a recuperação de 93% de proteínas com alto teor de aminoácidos essenciais que, quando adicionadas na

concentração de 10% aos *fishburgers*, elevaram o conteúdo proteico e proporcionaram IA maiores que 70%, indicando que o produto foi aprovado pelos avaliadores, podendo ser inserido no mercado. Todas as formulações de *fishburgers* atingiram mais de 90% de rendimento na cocção, e as formulações adicionadas de proteína foram as preferidas em relação a cor e aparência. Esses resultados colaboram com o atendimento à crescente demanda por proteínas para a alimentação humana, reiterando o compromisso com a sustentabilidade nas práticas industriais.

Palavras-chave: Águas residuárias. Alimentos fortificados. Produtos pesqueiros. Tilápia. Ultrafiltração.



OLIVEIRA, D. L. **Recovery and use of proteins from surimi washing waters by membrane filtration**. 2020. 73 f. Thesis (Doctorate) - Faculty of Veterinary Medicine, State University Paulista, Araçatuba, 2020.

ABSTRACT

In the production process of surimi, a large amount of water is used for washing operations, generation waste water rich in organic matter that causes environmental problems when they are improperly disposed. Proteins present in these waters can be recovered, reducing their environmental impact and generating an ingredient with application in the food industry. The general objective of this study was to recover proteins from surimi elaboration wash waters, using membrane filtration technology, and use them in fishburger elaboration. Wash waters resulting from tilapia surimi production were pooled and filtered on ultrafiltration membrane (UF, 30 kDa). Determination of pH, total (ST) and fixed solids (SF), total proteins, lipids and electrophoretic analysis were performed in the waters obtained from wash process of surimi (original) and after UF (concentrated and permeated). Oxygen chemistry (COD) was determined in the original waters and in the UF permeate. Spray-dried dehydrated concentrate was analyzed for amino acid profile and carotenoid content. Proteins recovered in the dehydrated concentrate were added in the proportion of 0, 5 and 10% to surimi fishburgers, and final products were evaluated for proximal composition, cooking yield, sensory analysis and acceptability index (IA). Physical and chemical data of the original concentrate and permeate waters and the proximal composition of fishburgers were subjected to an analysis of variance (ANOVA) and means were compared by Tukey's test, with a significance level of 5%. Results of sensory analysis were evaluated by using Friedman's test and multiple comparisons between samples were made by Dunn's test. The application of UF in the surimi washing waters reduced pollutant load of this effluent by 88% and allowed a 93% recovery of proteins with a high content of essential amino acids which, when added at 10% to fishburgers, increased protein content and provided IA greater than 70%, which is the used market cut off value. All fishburgers formulations achieved over 90% of cooking yield, and the formulations with proteins were preferred on color and

appearance. These results contribute to the growing demand for human consumption protein, reiterating the commitment to sustainability in industrial practices.

Keywords: Fish products. Fortified food. Tilapia. Ultrafiltration. Waste waters.



REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

AFONSO, M. D.; BÓRQUEZ, R. Review of the treatments of seafood processing wastewaters and recovery of proteins therein by membrane separation processes – prospects of the ultrafiltration of wastewaters from the fish meal industry. **Desalination**, v. 142, p. 29 – 45, 2002.

AFONSO, M. D.; FERRER, J.; BÓRQUEZ, R. An economic assessment of proteins recovery from fish meal effluents by ultrafiltration. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, p. 506 – 512, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Capítulo 5 - Crise Hídrica. Brasília, 88p, 2018. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/porta/publicacao/Conjuntura2018.pdf>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2019.

ALKHATIM, H. S.; ALCAINA, M.I.; SORIANO, E.; IBORRA, M.I.; LORA, J.; ARNAL, J. Treatment of whey effluents from dairy industries by nanofiltration membranes. **Desalination**, v.119, p.177-184, 1998.

ALMAS, K. A. Applications of crossflow membrane technology in the fishing industry. **Desalination**, v. 53, p. 167 – 180, 1985.

AN, H.; PETERS, M. Y.; SEYMOUR, T. A. Roles of endogenous enzymes in surimi gelation. **Trends in Food Science and Technology**, v.7, p. 321 – 326, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA: **ANUÁRIO Peixe BR da Piscicultura 2019** - Produção brasileira cresce 4,5% e atinge 722.560 t. São Paulo, p.148, 2019.

BARREDO-DAMAS, S.; ALCAINA-MIRANDA, M.I.; BES-PIÁ, A.; IBORRA-CLAR, M.I.; IBORRA-CLAR, A.; MENDOZA-ROCA, J.A. Ceramic membrane behavior in textile wastewater ultrafiltration. **Desalination**. v.250, p. 623-628, 2010.

BOCHI, V. C., WEBER, J., RIBEIRO, C. P., VICTÓRIO, A. M., & EMANUELLI, T. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. **Bioresource Technology**, v.99, n.18, p.8844-8849, 2008.

BOURTOOM, T.; CHINNAN, M. S.; JANTAWAT, P.; SANGUANDEEKUL, R. Recovery and characterization of proteins precipitated from surimi wash-water. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 2, p. 599-605, 2009.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura. Potencial brasileiro**. Brasília: MPA, 2014. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/aquicultura/potencial-brasileiro>>. Acesso em: 19 maio 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 maio 2011. p. 89.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2005. p. 58-63.

BRASIL. Decreto-Lei nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=NzU2NQ%2C%2C>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2020.

CARLSON, V. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**. Rio de Janeiro: ACEB, 2014. 136p.

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater: a review. **Bioresource Technology**, Barking, v.101, p. 239-449, 2010.

CONIGRAVE, A. D., BROWN, E. M., RIZZOLI, R. Dietary protein and bone health: roles of amino acid-sensing receptors in the control of calcium metabolism and bone homeostasis. **Annual Review of Nutrition**, v.28, p.131-155, 2008.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 5ª ed. São Paulo: Oficina de texto, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=dwPDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&ots=sk64TnAln&sig=H7_zleKjM9ciisERxF7cQKKriXY#v=-onepage&q&f=false>. Acesso em 12 de fevereiro de 2019.

DING, H-C.; LI, D-F., WEI, X-Y.; HUANG, Y-W.; CUI, S. XIE, H-J.; ZHOU, T. Protein-peptide nutritional material prepared from surimi wash-water using immobilized chymotrypsin-trypsin. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97 n.6 p. 1746-1752, 2016.

DUMAY, J; RADIER, S; BARNATHAN, G; BERGÉ, J. P; JAOUEN, P. Recovery of valuable soluble compounds from washing waters generated during small fatty pelagic surimi processing by membrane processes. **Environmental Technology**, v. 29, n. 4, p. 451–461, 2008.

EL, S. N.; KAVAS, A. Determination of protein quality of rainbow trout (*Salmo irideus*) by in vitro protein digestibility-corrected amino-acid score (PDCAAS). **Food Chemistry**, v. 55, n. 3, p. 221-223, 1996.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture**. Meeting the sustainable development goals. Roma: FAO, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i9540en/i9540-EN.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2019.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Propriedades funcionais das proteínas do peixe. **Revista-fi**, n.8, p.23-32, 2009.

GARCÍA S, C. O.; PACHECO A, R.; VALDEZ H, S.; MÁRQUEZ R, E.; LUGO S, M. E.; ESQUERRA B. J. M. Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamientos y usos Impact of stickwater produced by the fishery industry: treatment and uses. **CyTA – Journal of Food**, v. 7, n. 1, p. 67-77, 2009.

GASPAR, J.; VIEIRA, R.; TAPIA, M. Aspectos sanitários do pescado de origem de água doce e marinha, comercializado na feira de Gentilândia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 11, p. 20-28, 1997.

GOH, P. S.; MATSUURA, T.; ISMAIL A.F.; HILAL, N. Recent trends in membranes and membrane processes for desalination. **Desalination**, v. 391, p. 43–60, 2016.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de separação com membranas**. Escola Piloto em Engenharia Química. COPPE/UFRJ, E-pappers. Rio de Janeiro, p. 180, 2006. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=P7kje1EincC&oi=fnd&pg=PA5&dq=de+separa%C3%A7%C3%A3o+com+membranas&ots=0GK7j4Abz0&sig=ApWva2PD5f6wNSAACaf4aGnSNZs#v=onepage&q=de%20separa%C3%A7%C3%A3o%20com%20membranas&f=false>>. Acesso em 05 de julho de 2019.

HASHIM, P.; MOHD RIDZWAN, M.S.; BAKAR, J.; MAT HASHIM, D. Collagen in food and beverage industries. **International Food Research Journal**, v.22, n.1, p.1-8, 2015.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7 n.4, p.75-95, 2002.

HUANG, L.; CHEN, Y.; MORRISSEY, M. T. Coagulation of fish proteins from frozen fish mince wash water by ohmic heating. **Journal of Food Process Engineering**, v. 20, p.285-300, 1997.

HUANG, L.; MORRISSEY, M. T. Fouling of membranes during microfiltration of surimi wash water: Roles of pore blocking and surface cake formation. **Journal of Membrane Science**, v.144, p.113-123, 1998.

HUIDOBRO, A.; MONTERO, P.; BORDERÍAS, A. Emulsifying properties of an ultrafiltered protein from minced fish wash water. **Food Chemistry**, v.6, n.3, p.339–343, 1998.

KHATPRATHUM, A.; SIRIWONGPAISAAN, P.; YOURAVONG, W. Concentration of proteinin fish mince wash water discharged from Surimi processing plant by ultrafiltration. **Desalination and Water Treatment**, v.21, p.1–7, 2010.

KOTSANOPOULOS, K. V, ARVANITOYANNIS, I. S. Membrane processing technology in food industry: Food processing, wastewater treatment and effects on physical, microbiological, organoleptic and nutritional properties of foods. **Food Sci. Nutrition**, v.55, n.9, p.1147-1175, 2015.

KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A. Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical, and Functional Properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.40, n.1, p.43–81, 2000.

KUHN, C. R.; SOARES, G. J. D. Proteases e inibidores no processamento do surimi. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.1, p.5-11, 2002.

KUHN, C. R.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; VENDRUSCOLO, J. L.; SOARES, G. J. D. Surimi of king weakfish (*Macrodon ancylodon*) wastes: texture gel evaluation with protease inhibitors and transglutaminase. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.6, p.895–901, 2004.

LEE, C. M. Surimi process technology. **Food Technology**, v. 38, n. 11, p. 69-80, 1984.

LEITÃO, M. F. F.; RIOS, D. P. F. A.; GUIMARÃES, J. G. L.; BALDINI, V. L. S.; MAINDADES PINTO, C. S. R. Alterações químicas e microbiológicas em pacu

(*Piaractus mesopotamicus*) armazenado sob refrigeração a 5 °C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, p. 160-166, 1997.

LIN, T. M.; PARK, J. W.; MORRISSEY, M. T. Recovered protein and reconditioned water from surimi processing waste. **Journal Food Science**, v. 60, n. 1, p. 4-9, 1995.

LIN, T. M.; PARK, J. W. Effective washing conditions reduce water usage for surimi processing. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.6, n.2, p.65–79, 1997.

LIU, S. X. **Food and agricultural utilization and treatment**. 1ed. Ames: Blackwell, pp. 45-102, 2007.

MACHADO, M. G. S.; SGARBIERI, V. C. Partial characterization and nutritive value of proteins from pacu (*Colossoma mitrei*, Berg, 1895). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 39, n. 10, p. 1715-1718, 1991.

MARTÍN-SÁNCHEZ, A. M.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; KURI, V. Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 4, p.359-374, 2009.

MOHAMMAD, A. W.; NG, C. Y.; LIM, Y. P.; NG, G. H. Ultrafiltration in Food Processing Industry: Review on Application, Membrane Fouling, and Fouling Control. **Food and Bioprocess Technology**, v.5. n.4, p.1143-1156, 2012.

MONTE, H. M.; ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de Águas Residuais**. Série Guias Técnicos. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, 339 p., 2010.

MURO, C.; RIERIRA, F.; DÍAZ, M. C. Membrane separation process in wastewater treatment of food industries. In: VALDEZ, B. (Ed.). **Food and Industrial Processes – Methods and Equipments**. Rijeka: Intech. p. 253 – 280, 2012.

ORDÓÑEZ-PEREDA, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos**. Alimentos de origem animal. Trad. MURAD, F. Porto Alegre: Artmed, v. 2. 74 p, 2005.

OETTERER, M.; D'ARCE, M. A. B. R.; SPOTO, M. H. F. Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos. Manole, 2006. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=sSdwGdNkfJIC&printsec=frontcover&dq=Fundamentos+de+ci%C3%Aancia+e+tecnologia+de+alimentos.+fisburguer&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwjYzZmw3vffAhWSlbkGHSZdAIYQ6AEIKjAA#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em 15 de abril de 2019.

PARK, J. W. **Surimi and surimi seafood**. 3rd ed. Boca Raton: CRC, 2014. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=yWZm-AQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=501wpq3BVc&sig=RvrMUmAPCUxQCN2bSlvXP NzyYQk#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 20 setembro. 2017.

PARK, J. W., LIN, T. N. J. **Surimi: manufacturing and evaluation**. 2004. In: Park, J.W. (Ed.), Surimi and Surimi Seafood. Taylor and Francis, New York, USA. Capítulo 2, p. 33-106.

PIYADHAMMAVIBOON, P; YONGSAWATDIGUL, J. Protein cross-linking ability of sarcoplasmic proteins extracted from threadfin bream. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p 37–43, 2009.

PREMAOR, M; O. BRONDANI, J; E. Nutrição e saúde óssea: a importância do cálcio, fósforo, magnésio e proteínas. **Revista da AMRIGS**, v.60, n.3, p. 253-263, 2016.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R .D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.19, n.2, p.83-93, 2012.

SAXENA, A.; TRIPATHI, B.P, KUMAR, M.; SHAHI, V. K. Membrane-based techniques for the separation and purification of proteins: An overview. **Advances in Colloid and Interface Science**, p. 1–22, n.145, 2009.

SHAVIKLO, G. R. **Quality assessment of fish protein isolates using surimi standard methods**. The United Nations University - Fisheries Training Programme, p.34, 2006.

SHIRAZI, M. M. A; KARGARI, A. A Review on Applications of Membrane Distillation (MD) Process for Wastewater Treatment. **Journal of Membrane Science and Research**, v.1, p.101-112, 2015.

SIMÕES, M. R.; RIBEIRO, C. F. A.; RIBEIRO, S. C. A.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.608-613, 2007.

STINE, J. J.; PEDERSEN, L.; SMILEY, S.; BECHTEL, P. J. Recovery and utilization of protein derived from surimi wash-water. **Journal of Food Quality**, v. 35, p. 43 – 50, 2012.

SUCASAS, L.F.A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado e desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva**. 2011. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SUZUKI, T. **Tecnología de las proteínas de pescado y krill**. Zaragoza: Acribia, 1987.

WIBOWO, S.; SAVANT, V.; CHERIAN, G.; SAVAGE, T F.; VELAZQUEZ, G.; TORRES, J. A. A Feeding Study to Assess Nutritional Quality and Safety of SurimiWashWater Proteins Recovered by a Chitosan-Alginate Complex. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. 179-184, 2007.

YEONG, W. T.; MOHAMMAD, A. W.; ANUAR, N.; RAHMAN, R. A. Potential use of nanofiltration membrane in treatment of wastewater from fish and surimi industries. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 24 (Suppl.), p. 977 – 987, 2002.

ZAYAS, J. F. Solubility of proteins. In: ZAYAS, J. F. **Functionality of proteins in food**. Heidelberg: Springer, p. 6-75, 1997.

ZEMAN, L. J.; ZYDNEY, A. L. **Microfiltration and ultrafiltration: Principles and applications**. New York, CRC, p.618. 2017.

ZHOU, Q. W.; DING, H. C.; LI, D. F.; ZHANG, Y. P.; DAI, Z. Y.; ZHOU, T. Antioxidant Activity of Enzymatic Hydrolysate Derived From Hairtail Surimi Wash Water Using an Immobilized Chymotrypsin-Trypsin Column Reactor. **Journal of Food Biochemistry**, v.40, n.1, p. 39– 46, 2016.

