

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

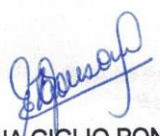
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

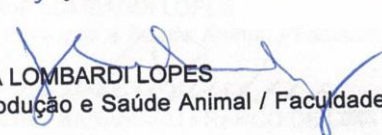
Título: Recuperação e uso de proteínas das águas de lavagem do surimi utilizando filtração por membrana

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.

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

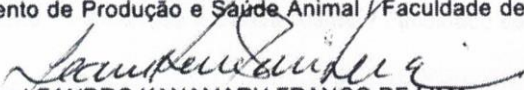
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

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

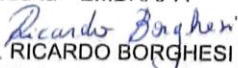
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

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 *fishburger*. 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.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

3. CAPÍTULO 1 - RECUPERAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PROTEÍNAS DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DO SURIMI	29
Figura 1 - Sistema piloto de ultrafiltração	32
Tabela 1 - Análises da água de lavagem do surimi (original) e do permeado obtidos após a ultrafiltração (médias $\pm$ desvios padrões)	36
Figura 2 - SDS-PAGE das águas de lavagem do surimi. (1) proteína padrão; (2) águas originais; (3) permeado; (4) concentrado	37
Tabela 2 - Composição de aminoácidos e concentrações de proteínas e carotenoides no concentrado desidratado resultante da ultrafiltração das águas de lavagem do surimi.....	39

LISTA DE TABELAS

4. CAPÍTULO 2 - ENRICHMENT OF FISHBURGERS WITH PROTEINS FROM SURIMI WASHING WATERS	46
Table 1 - Formulations of tilapia surimi fishburgers	49
Table 2 - Microbiological evaluation of surimi	51
Table 3 - Proximate composition of fishburgers made of proteins recovered from surimi washing waters (means $\pm$ standard deviations).	52
Table 4 - Median, minimum and maximum values assigned by the panelists for the sensory analysis of the fishburgers.	53
Table 5 - Acceptability index (AI) of the fishburgers sensory characteristics.	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 Recursos hídricos, poluição e reuso da água.....	18
2.2 Produção e consumo de pescado	19
2.3 Composição e valor nutricional do pescado.	21
2.4 Proteínas do pescado	22
2.5 Surimi.	23
2.6 Tecnologia de filtração por membrana.	25
2.7 Produtos elaborados com surimi.	27
3. CAPÍTULO 1 - RECUPERAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PROTEÍNAS DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DO SURIMI	29
3.1 Resumo	29
3.2 Introdução	30
3.3 Material e Métodos	31
3.3.1 Preparo do surimi	31
3.3.2 Ultrafiltração (UF) das águas de lavagem do surimi.....	31
3.3.3 Caracterização das águas de lavagem do surimi (original), do concentrado e do permeado.....	32
3.3.4 Recuperação de proteínas	32
3.3.5 Eletroforese SDS-PAGE.....	33
3.3.6 Perfil de aminoácidos e quantificação de proteínas no concentrado	34
3.3.7 Conteúdo de carotenoides no concentrado.....	34
3.3.8 Análise estatística	34
3.4 Resultados e Discussão	35
3.4.1 Eletroforese SDS-PAGE.....	37
3.4.2 Aminoácidos, proteínas e carotenóides no concentrado	38
3.5 Conclusão	40
3.6 Referências	40
4. CAPÍTULO 2 - ENRICHMENT OF FISHBURGERS WITH PROTEINS FROM SURIMI WASHING WATERS	46

4.1 Abstract	46
4.2 Introduction.....	47
4.3 Materials and methods	48
4.3.1 Raw material and surimi preparation	48
4.3.2 Obtention of the proteins	48
4.3.3 Microbiological analysis of surimi	49
4.3.4 Elaboration of fishburgers with tilapia surimi	49
4.3.5 Proximate composition of fishburgers	49
4.3.6 Sensory analysis	50
4.3.7 Cooking measurement of fishburgers	50
4.3.8 Statistical analysis	50
4.4 Results and discussion.....	51
4.4.1 Microbiological analyses of surimi	51
4.4.2 Proximate composition of fishburgers	51
4.4.3 Percent cooking yield (%)	52
4.4.4 Sensory analysis	52
4.4.5 Acceptability index (AI)	53
4.5 Conclusion	54
4.6 References	54
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	59
ANEXO A – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DO PERIÓDICO FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY	68

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os resíduos sólidos das indústrias de processamento de pescado apresentam grande potencial de utilização devido à facilidade de serem transformados em diversos produtos, como o surimi, que consiste em uma preparação estável de proteínas miofibrilares obtida a partir de carne mecanicamente separada ou de resíduos de filetagem lavados e adicionados de crioprotetores (KUHN et al., 2004). A preparação do surimi é um importante caminho para diversificar e melhorar os recursos pesqueiros pois, além de ampliar o número de espécies com potencial de comercialização e dar um uso mais nobre a grande quantidade de resíduos sólidos, confere maior vida de prateleira e estabilidade às proteínas durante o armazenamento e o congelamento (DUMAY et al., 2008; PARK, 2014).

Para a produção do surimi, grandes quantidades de água são utilizadas nas operações de lavagem, em média 27 m³ por tonelada de produto. Ao mesmo tempo em que a água é fundamental para o processo produtivo do surimi, as inevitáveis águas residuárias (efluentes) com elevada carga orgânica são geradas, podendo contaminar o solo e poluir os corpos hídricos quando eliminadas sem o devido tratamento (HUANG; MORRISSEY, 1998; AFONSO; BÓRQUEZ, 2002).

A recuperação de sólidos solúveis dispersos nas águas de lavagem do surimi representa uma alternativa para reduzir a matéria orgânica. Estas águas contêm entre 0,5 a 2,3% de proteínas, o que desperta o interesse em sua recuperação, pois, além de reduzirem a carga poluente das águas, gera-se um coproduto com alto teor de proteínas, que pode ser utilizado como ingrediente na indústria de alimentos (STINE et al., 2012).

A filtração por membrana se destaca entre os métodos para promover a recuperação de proteínas das águas de lavagem do surimi (LIN et al., 1995; STINE et al., 2012). A membrana filtrante age como uma barreira seletiva, separando substâncias de acordo com seu tamanho ou peso molecular (MURO et al., 2012). Com essa tecnologia, diferentes substâncias de interesse podem ser recuperadas e utilizadas para a alimentação humana ou animal (ALMAS, 1985).

Dentre os processos de filtração por membrana, a ultrafiltração (UF) é a mais indicada para concentração, fracionamento e purificação de materiais solúveis

e insolúveis (MOHAMMAD et al., 2012), e representa o sistema de escolha das indústrias produtoras de surimi, visando à recuperação proteica e o tratamento das águas residuárias (ZEMAN; ZYDNEY, 2017).

Com a crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de água, a busca por métodos que reduzam o impacto negativo da descarga direta de águas residuais e os custos de eliminação de resíduos são de suma importância (BOURTOOM et al., 2009; STINE et al., 2012). Além disso, o uso de tecnologias que colaboram com o atendimento à crescente demanda por proteínas para a alimentação humana, reitera o compromisso com a sustentabilidade nas práticas industriais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Recursos hídricos, poluição e reuso da água

A quantidade de água salina é de, aproximadamente, 97,5%, sendo encontrada em mares e oceanos, enquanto a de água doce é de aproximadamente 2,5% e encontra-se armazenada no subsolo (30%) ou sob a forma de gelo (aproximadamente 70%), sendo encontrada nas regiões montanhosas, no Antártico e no Ártico. Apenas 0,3% das águas doces são acessíveis para os seres humanos (SHIRAZI; KARGARI, 2015).

Atualmente, verifica-se uma crise hídrica, decorrente de mudanças no clima, aumento contínuo das demandas e poluição. A seca e a estiagem no Brasil de 2013 a 2016 afetaram 48 milhões de pessoas, tendo sido quantificados 4.824 eventos de seca associados a danos humanos. O ano de 2016 se destacou como o mais crítico em relação aos impactos da seca sobre a população (ANA, 2018).

Com o crescimento populacional, a necessidade de água doce utilizada para diversas funções vem aumentando ao ponto de o consumo exceder a renovação da mesma, resultando na falta de água doce, principalmente junto aos grandes centros urbanos. Além do consumo desenfreado, a diminuição da qualidade das águas causada pela poluição inviabiliza sua utilização para abastecimento público e usos diversos (ANA, 2018).

As principais causas da poluição hídrica são o lançamento de efluentes domésticos e industriais nos mares, rios, lagos e represas, que contaminam os corpos d'água e os tornam nocivos ou prejudiciais aos organismos, às plantas e à atividade humana (DERISIO, 2017).

O potencial poluidor das indústrias de pescado está diretamente relacionado às águas residuárias resultantes das operações de antissepsia da matéria prima na recepção, escaldamento, cozimento, resfriamento e da higienização dos equipamentos e utensílios. Comparados ao esgoto doméstico, os efluentes das indústrias de pescado chegam a ser até 10 vezes mais concentrados em quantidade de matéria orgânica e podem gerar impactos negativos ao ambiente, especialmente para a qualidade da água (CHOWDHURY et al., 2010; SUCASAS, 2011).

O despejo inadequado de efluentes com grande aporte de matéria orgânica e poluentes nos rios e mananciais provoca o problemático processo de eutrofização. A elevação dos níveis de nutrientes como nitrogênio e fósforo em ecossistemas aquáticos continentais propicia a proliferação de algas e cianobactérias, que produzem toxinas prejudiciais à saúde humana e aos animais silvestres (BRASIL, 2005).

Os parâmetros poluentes de importância nos efluentes das indústrias de processamento de pescado são a demanda química de oxigênio (DQO), os sólidos suspensos totais (SST) e os óleos e graxas (OG). A minimização desses parâmetros e do uso de água ajuda a reduzir os custos de operação de um sistema de tratamento. As medidas que podem ser tomadas com essa finalidade abrangem modificações em operações e processos para a redução do consumo da água, reuso e reciclagem das águas residuárias e recuperação e reaproveitamento de subprodutos potencialmente poluidores (HESPANHOL, 2002).

Com um tratamento adequado, as águas geradas pelas industriais de processamento do pescado podem ser reutilizadas para fins não potáveis como, por exemplo, nas etapas de limpeza, abastecimento de sanitários, água para caldeiras e sistemas de resfriamento. No Brasil ainda não é permitido o reuso da água para fins potáveis (Resoluções nº 54/2005 e nº 430/2011 do Ministério do Meio Ambiente). (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Em 2017, apenas 2 m³/s das águas no Brasil foram reutilizadas para fins não potáveis, e a meta proposta pela Agência Nacional de Águas para 2030 é de, aproximadamente, 13 m³/s (ANA, 2018). Com a conscientização da reutilização da água como estratégia de combate à escassez, a utilização de águas residuárias tratadas contribui para uma gestão dos recursos hídricos mais sustentável, protegendo os ecossistemas e atendendo às necessidades presentes e futuras (MONTE; ALBUQUERQUE, 2010).

2.2 Produção e consumo de pescado

A produção mundial de pescado em 2016 chegou a 171 milhões de toneladas, representando uma fonte de renda e subsistência para milhões de pessoas em todo o mundo (FAO, 2018). No Brasil, em 2018, foram produzidas 722.560 toneladas de peixes de cultivo, indicando um aumento de 4,5% em relação

a 2017. Dentre as espécies cultivadas no Brasil, a tilápia representou 55,4% da produção total de peixes, com produção de 400.280 toneladas e crescimento de 11,9% em relação a 2017. Esses dados mantêm o Brasil na 4ª posição de produtor mundial de tilápia, ficando atrás apenas de China, Indonésia e Egito (PEIXE BR, 2019).

A tilápia se destaca entre as demais espécies pela facilidade de se adaptar a diferentes sistemas de produção, além do bom resultado em cultivos intensivos (BRASIL, 2014). Possui carne branca, não tem espinhas e é de sabor suave, características típicas dos peixes preferidos pelos consumidores brasileiros (PEIXE BR, 2019). A expansão da tilapicultura tem sido impulsionada pela demanda de mercado e pela aprovação da população, principalmente pelo valor nutritivo e pelos preços baixos, pois sua alta produção permite a redução do preço final do produto (CARLSON, 2014; SIMÕES, 2007).

A demanda mundial por pescados tem crescido consideravelmente, superando a de outras cadeias do agronegócio. Com diferentes maneiras de comercialização, a forma fresca ou refrigerada representou 45% do pescado comercializado para consumo humano direto em 2016, seguido pela congelada (31%), pelo pescado preparado e conservado (12%) e curado (12%) (FAO, 2018). O comércio de peixe e produtos da pesca desempenha um papel essencial na ascensão do consumo e na segurança alimentar global. Como o pescado está cada vez mais introduzido no varejo e nos restaurantes, ele se torna um alimento bastante acessível aos consumidores de diferentes perfis (CARLSON, 2014).

Em 2015, o pescado representou 17% da ingestão mundial de proteína animal e 7% de toda a proteína consumida pela população (FAO, 2018). De acordo com SOFIA (State of World Fisheries and Aquaculture), a principal publicação do Departamento de Pesca e Aquicultura da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), o consumo *per capita* de peixe no mundo aumentou de 20,2 kg em 2015 para 20,5 kg em 2017 (FAO, 2018). No entanto, no Brasil, o consumo de pescado não ultrapassa 10 kg/hab/ano, sendo equivalente à média mundial da década de 60, inferior à recomendada pela FAO, de 12 kg/hab/ano (PEIXE BR, 2019).

Apesar da importância nutricional, o pescado é o alimento de origem animal com maior probabilidade de deterioração, principalmente por apresentar pH próximo à neutralidade, elevada atividade de água nos tecidos, alto teor de

nutrientes facilmente utilizáveis por micro-organismos, acentuado teor de lipídios e rápida ação destrutiva das enzimas presentes nos tecidos e nas vísceras (GASPAR et al., 1997; LEITÃO et al., 1997).

2.3 Composição e valor nutricional do pescado

O pescado é composto principalmente por água, que pode variar de 64% a 90% na parte comestível, seguido por proteínas (8% a 23%) e gordura (0,5% a 25%). No pescado também são encontrados sais minerais, (1,0% a 2,0%), carboidratos, que não chegam a representar 1,0% da sua composição, e substâncias nitrogenadas não proteicas, que não atingem 0,5% na carne do peixe fresco e não possuem importância nutricional (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009).

Os peixes contêm de 17 a 25% de proteína, teor que pode variar entre as espécies. Qualitativamente, o pescado contém todos os aminoácidos essenciais para humanos (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina), que auxiliam na formação das proteínas, resultando no crescimento e na manutenção de um corpo saudável (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009; BRASIL, 2014).

Além de ser uma excelente fonte de proteína, os demais nutrientes presentes em quantidades significativas fazem dos peixes um alimento verdadeiramente único. O pescado é uma excelente fonte de minerais como iodo, selênio, zinco, ferro, cálcio, fósforo e potássio, e de vitaminas como A e D e várias outras do complexo B, podendo haver variações entre espécies e entre diferentes partes do pescado. Estes micronutrientes ajudam a reduzir os riscos de desnutrição e doenças que podem ocorrer quando a alta ingestão de energia é combinada com uma falta destes elementos (FAO, 2018).

Os lipídeos presentes no pescado são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, que abrangem as famílias de ácidos graxos ômega-3 e ômega-6. O pescado contém uma grande variedade de ácidos graxos com 20 a 22 átomos de carbono, altamente insaturados, destacando-se o eicosapentaenóico (EPA) e o docosaexaenoico (DHA), pertencentes à família ômega-3. Estes ácidos graxos, além de reduzirem o risco de doenças coronarianas, possuem efeitos imunológicos e anti-inflamatórios (SARTORI; AMANCIO, 2012).

Além das propriedades nutricionais do pescado, as propriedades funcionais de suas proteínas podem ser aproveitadas para a produção de novos alimentos na indústria (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009).

2.4 Proteínas do pescado

As proteínas da dieta exercem funções estruturais, reguladoras, de defesa e de transporte nos fluidos celulares. Além disso, também são responsáveis pela produção de hormônios e do fator de crescimento (IGF-I), que modulam a síntese óssea (PREMAOR; BRONDANI, 2016).

A ingestão de proteína na dieta promove o crescimento ósseo, contribuindo com o metabolismo ideal durante o crescimento e o envelhecimento, influenciando favoravelmente a massa, a densidade mineral e a resistência ósseas. A ingestão de proteína também auxilia na formação de massa muscular e força, que reduzem o impacto durante a queda (CONIGRAVE et al., 2008).

Os músculos de diferentes animais são muito semelhantes, contendo proteínas e perfis de aminoácidos similares. No entanto, o músculo do pescado se destaca do músculo dos animais terrestres por conter menos tecido conjuntivo, resultando em uma textura mais macia. Além disso, o pescado possui digestibilidade ao redor de 90%, coeficiente de eficiência proteica superior ao da caseína (2,9) e escore químico de aminoácidos de 100% para diferentes peixes de água doce (EL; KAVAS, 1996; MACHADO; SGARBIERI, 1991).

No músculo do pescado, as proteínas são normalmente divididas em três principais grupos: sarcoplasmáticas, miofibrilares e do tecido conjuntivo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009). Além de possuírem propriedades nutricionais, as proteínas do pescado apresentam características funcionais e tecnológicas, que são classificadas segundo a sua solubilidade (ZAYAS, 1997).

As proteínas sarcoplasmáticas estão localizadas dentro das células (sarcoplasma) e incluem as enzimas sarcoplasmáticas e mitocondriais, mioglobina, hemoglobina, citocromo e flavoproteínas. Constituem de 20 a 30% das proteínas totais, são solúveis em água e se precipitam no cozimento, não contribuindo significativamente para a textura do pescado. As proteínas miofibrilares são as principais determinantes da textura (KUHN et al., 2004; ORDÓÑEZ-PENEDA, 2005).

As proteínas miofibrilares (miosina e actina) compreendem 66 a 77% da proteína total na carne de peixe, são insolúveis em água e solúveis em solução salina, e possuem um papel fundamental na coagulação e formação de gel quando o músculo de pescado é processado (KRISTINSSON; RASCO, 2000; SUZUKI, 1987).

A miosina compreende de 50 a 60% das proteínas contráteis miofibrilares e a actina, de 15 a 30%. A miosina é a mais abundante das proteínas musculares e perfaz cerca de 38% do total. É uma molécula grande, composta de duas cadeias pesadas (200 a 223 kDa) e duas cadeias leves (22 e 18 kDa). Já a actina perfaz cerca de 13% do total das proteínas do músculo, e é o maior componente dos filamentos finos, que desempenham papel fundamental na contração muscular. A actina ocorre na forma de actina G, um monômero esférico, e na forma da actina F, um polímero grande que se conecta à miosina formando um complexo chamado actomiosina. Este complexo, responsável por contração e relaxamento muscular, desempenha um papel importante na determinação da qualidade da carne de peixe, pois é bastante instável e facilmente afetado durante o armazenamento (KRISTINSSON; RASCO, 2000).

As proteínas do tecido conjuntivo ou proteínas do estroma incluem, principalmente, o colágeno, que é facilmente convertido em gelatina durante o cozimento e possui diversas aplicações na indústria de processamento alimentício. A elastina é a principal proteína das fibras, elástica, altamente hidrofóbica, possui função de ser muito resistente, bem mais que o colágeno, diferindo deste por não ser glicosilada, tendo pouca hidroxiprolina e nenhuma hidroxilisina (HASHIM et al., 2015).

A demanda por proteínas de alta qualidade é impulsionada pelo crescimento populacional e por mudanças nas preferências alimentares que atendam ao estilo de vida atual, incluindo-se o anseio por alimentos ricos nutricionalmente, tal como o surimi.

2.5 Surimi

O surimi teve origem no Japão no século IX, mas seu crescimento em relação à produção deu-se somente na década de 60, quando descobriram que a adição de determinados carboidratos protegiam as proteínas da desnaturação durante o congelamento, proporcionando um produto final estável (LEE, 1984;

PARK, 2014). Contudo, apenas no final dos anos 70 e no começo da década de 80, com o surgimento de produtos conhecidos como “análogos de pescado” (imitações de carne de mariscos, crustáceos, etc.) dentro do mercado norte-americano, a importância dos produtos à base de surimi no mundo ocidental aumentou (LEE, 1984; STINE et al., 2012).

Classificado como produto de pescado, o surimi é definido pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA - Art.339 do decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017) como “produto congelado obtido a partir de carne mecanicamente separada de peixe, submetida a lavagens sucessivas, drenagem e refino, com adição de aditivos” (RIISPOA, 2017).

As etapas de lavagens na fabricação do surimi servem para a eliminação de proteínas solúveis, gordura, pigmentos e compostos nitrogenados não proteicos, minimizando o sabor e o odor característicos do pescado e melhorando a cor, o que permite que ele seja utilizado como intermediário na elaboração de produtos derivados (STINE et al., 2012). O número de ciclos de lavagem e o volume de água utilizada dependem da espécie de pescado processado. Com base em três ciclos de lavagem, na proporção de 3:1 para a relação água:carne, 1 kg de surimi produzido com *Threadfin bream* (*Nemipterus* sp., TB) requer cerca de 20 L de água (PIYADHAMMAVIBOON; YONGSAWATDIGUL, 2009).

Apesar da importância das etapas de lavagem na fabricação do surimi, grandes quantidades de água são utilizadas (aproximadamente 65% do total de água), gerando, ao final, um grande volume de águas residuárias ricas em matéria orgânica que podem gerar problemas no tratamento, com risco de poluição (HUANG et al., 1997; YEONG et al., 2002). Park e Lin (2004) relatam processamentos em que foram gerados até 29,1 L de águas residuárias para cada 1 kg de surimi produzido com *Merluccius productus*.

Este grande volume de água residuária, quando descartado no sistema de coleta de esgoto sem tratamento adequado pode causar desequilíbrio nas propriedades físicas, químicas e biológicas das águas dos rios e mares, afetando tanto as formas de vida presentes nestes ecossistemas como o ciclo biogeoquímico de diferentes espécies (GARCÍA et al., 2009; HUANG; MORRISSEY, 1998; LIN; PARK, 1997).

Devido a crescentes preocupações com o impacto negativo da descarga direta de águas residuárias no ambiente, processadores de surimi vêm buscando

uma produção baseada em estratégias sustentáveis (MARTÍN-SÁNCHEZ et al., 2009). Como estes efluentes não possuem substâncias tóxicas ou materiais cancerígenos como outros tipos de efluentes municipais e industriais, uma alternativa para reduzir a matéria orgânica das águas de lavagem do surimi e os custos de seu tratamento é a recuperação de compostos com alto valor agregado, como as proteínas (AFONSO; BORQUEZ, 2002; STINE et al., 2012).

As proteínas eliminadas nas águas residuárias do surimi representam aproximadamente 15 - 30% da quantidade de proteína inicial presente no pescado moído (HUIDOBRO et al., 1998), resultando em considerável desperdício de recursos proteicos. Em uma produção anual de surimi de 200.000 toneladas, são eliminadas mais de 6.000 toneladas de resíduos proteicos (DING et al. 2016). Estima-se que logo na primeira etapa de lavagem para a produção de surimi sejam perdidos 70% de proteína (LIN et al., 1995). Assim, métodos eficientes de recuperação destas proteínas estão sendo estudados a fim de reduzir o impacto ambiental negativo, o custo da eliminação de resíduos e ainda, gerar lucros adicionais (DING et al. 2016; LIN et al., 1995).

2.6 Tecnologia de filtração por membrana

A separação por membrana é reconhecida como uma ferramenta padrão na indústria de laticínios, bebidas, peixes e aves, cujo uso aplica-se, também, ao tratamento de águas residuais (MOHAMMAD et al., 2012; SAXENA et al., 2009; SHIRAZI; KARGARI, 2015).

As técnicas de filtração por membranas, além de serem mais baratas que os tratamentos térmicos, são capazes de reduzir a carga poluidora das águas pela retenção de compostos, originando um permeado de boa qualidade, que pode ser reutilizado na própria planta de fabricação. Outra vantagem importante dos processos de membrana acionados por pressão é que eles são particularmente adequados para a concentração e a purificação de substâncias de alto valor biológico, sem o uso de calor ou produtos químicos (AFONSO; BORQUEZ, 2002; LIN et al., 1995).

Industrialmente, os processos de separação por membrana mais difundidos são microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF) e osmose

inversa (OI), sendo que a diferença entre eles decorre do tamanho das partículas ou moléculas a serem separadas (KOTSANOPOULOS; ARVANITOYANNIS, 2015).

As membranas de MF, UF e NF são porosas e a força motriz do processo é a pressão aplicada (HABERT et al., 2006). O processo de MF foi adaptado para reter células e detritos celulares, permitindo que proteínas e moléculas menores passem para o filtrado. A MF é adequada para a separação de partículas finas na faixa de 500 kDa (0,1 a 10 μ m), sendo aplicada em várias indústrias tanto para proteger produtos de micro-organismos quanto para a separação de partículas. (HABERT et al., 2006; KOTSANOPOULOS; ARVANITOYANNIS, 2015).

As membranas de UF foram projetadas para fornecer alta retenção de proteínas e outras macromoléculas. Este processo envolve a filtragem de soluções biológicas contendo proteínas, peptídeos, aminoácidos, sais e outros compostos como ácidos orgânicos, açúcares, vitaminas, entre outros, retraindo partículas com massa molar de 5.000 Da (1 a 100 nm) (HABERT et al., 2006; KOTSANOPOULOS; ARVANITOYANNIS, 2015; SAXENA et al., 2009). Na indústria de processamento de peixe, a UF é usada para reduzir a carga orgânica dos efluentes e para a recuperação de proteína (AFONSO; BÓRQUEZ, 2002).

A NF é utilizada para separar partículas que possuem ou não carga elétrica em soluções aquosas. Por meio desse processo, é possível separar solventes, sais monovalentes e íons divalentes de pequenas moléculas orgânicas, com peso molecular de 500 a 2.000 Da (HABERT et al., 2006; SAXENA et al., 2009), sendo frequentemente aplicada nos processos de separação, dessalinização de água salobra e salgada, retenção de minerais de efluentes, processamento de efluentes de indústrias correlacionadas à fabricação de roupas e remoção de contaminantes de empresas produtoras de medicamentos, produtos comestíveis e orgânicos (KOTSANOPOULOS; ARVANITOYANNIS, 2015). Estas membranas têm alta permeabilidade para sais monovalentes e compostos orgânicos com baixo peso molecular e baixa permeabilidade para compostos orgânicos como sacarose, lactose, proteína, entre outros (ALKHATIM et al., 1998).

As membranas de OI são densas e o transporte do soluto pela membrana é sempre de natureza difusiva. A OI rejeita todos os sais em solução aquosa e é capaz de separar as menores moléculas de soluto. (HABERT et al., 2006). A classificação das membranas de OI é feita com base na porcentagem de rejeição a determinados íons, sob condições específicas, e sua principal utilização tem sido na

dessalinização da água do mar, com o objetivo de remover os sais dissolvidos e compostos orgânicos da água (BARREDO-DAMAS et al., 2010; GOH, et al., 2016; KOTSANOPOULOS; ARVANITOYANNIS, 2015).

Os processos de separação por membrana já eram conhecidos e utilizados em pequena escala desde 1930, mas somente no final da década de 50 eles deixaram de ser uma curiosidade científica (HABERT et al., 2006). Nas indústrias de frutos do mar, as aplicações com membranas surgiram no início dos anos 80 (AFONSO et al., 2004), sendo que nos últimos 30 anos a UF tem sido utilizada para o tratamento e a recuperação de proteínas das águas residuárias de indústria de pescado, que podem ser utilizadas em alimentação animal ou humana (AFONSO; BÓRQUEZ, 2002).

Estudos mostraram que o uso de UF permite uma recuperação superior a 65% de proteínas perdidas nas operações de lavagem do surimi (AFONSO et al., 2004; KHATPRATHUM et al., 2010; WIBOWO et al., 2007), gerando um componente para alimentos funcionais devido à sua atividade antioxidante e com potencial de aplicação em produtos à base de surimi (LIN et al., 1995; ZHOU et al., 2016).

2.7 Produtos elaborados com surimi

O surimi é uma base proteica com excelente funcionalidade (KUHN; SOARES, 2002). Depois de aromatizado e moldado, ele pode ser utilizado para a fabricação de produtos como *kamaboko*, bolinhos de peixe, *fishburgers*, linguiça de peixe, macarrão de peixe, imitação de caranguejo e camarão (PARK 2014; STINE et al., 2012). Devido à sua qualidade nutritiva, o surimi pode ser utilizado para prevenir e tratar a desnutrição com a vantagem de ter maior vida de prateleira e sabor mais suave do que os peixes (BOCHI et al., 2008).

O *kamaboko* é elaborado pela submissão da pasta de surimi a um processo de baixa temperatura, 20 – 40°C por 30 a 60 minutos, dependendo da espécie e do tamanho do produto. Durante este processo, as proteínas miofibrilares formam um gel forte e elástico, com uma textura perceptível à mastigação e muito similar à do pescado *in natura* (AN et al., 1996; PARK, 2014). Os bolinhos de peixes são produzidos de modo semelhante ao *kamaboko*, mas ao surimi são adicionados sal, açúcar, glutamato monossódico, amido e água e, dependendo do país, uma variedade de aditivos e especiarias são usadas nas formulações (SHAVIKLO, 2006).

Para os produtos análogos ou imitações de caranguejo e camarão, a fabricação consiste na adição de aromas e saborizantes artificiais, a fim de obter sabor, textura e aparência similares aos do produto que se deseja imitar. Sua textura deve ser firme e ligeiramente elástica durante a mastigação e estável durante a comercialização e o cozimento posterior (ORDÓÑEZ-PENEDA, 2005).

Os *fishburguers* são preparados pela mistura do surimi com diferentes ingredientes, formando uma pasta de peixe que é moldada na forma pretendida do produto. O preparo do *fishburguer* é muito parecido com o do hambúrguer, no entanto, a expressão *fishburguer* é utilizada para o hambúrguer produzido com a carne de peixe (OETTERER et al., 2006).

Conhecidos como produtos de fácil preparo, os *fishburguers* apresentam-se como uma alternativa ao consumo dos tradicionais hambúrgueres de carne bovina, condizendo com o atual estilo de vida da população, onde os consumidores estão cada vez mais preocupados com a saúde (BOCHI et al., 2008).

3. CAPITULO 1 – RECUPERAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PROTEÍNAS DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DO SURIMI

**Dayse Lícia de Oliveira^{1*}, Thiago Luís Magnani Grassi¹, Natália Mingues Paiva¹,
Bruna Nicoletti Santana¹, Alex Akira Nakamura¹, Elisa Helena Giglio Ponsano¹**

¹Faculdade de Medicina Veterinária/ UNESP – Depto. de Apoio, Produção e Saúde Animal, 16050-680, Araçatuba, SP – Brasil . *Autor para correspondência:
dayse_1184@hotmail.com

3.1 Resumo

A grande quantidade de matéria orgânica presente nas águas geradas nas operações de lavagem do surimi representa um problema para os corpos d'água quando descartadas sem o devido tratamento. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do processo de ultrafiltração (UF) no tratamento despoluente das águas de lavagem do surimi de tilápia e na recuperação de componentes com valor biológico, visando o reaproveitamento dos mesmos. Após a fabricação do surimi de tilápia, parte das águas geradas nas operações de lavagem foi submetida à UF em membrana de polietersulfona de 30 kDa. As águas de lavagem do surimi não filtradas (original) e após a UF (permeado e concentrado) foram destinadas às determinações de pH, sólidos totais (ST) e fixos (SF), proteínas totais e óleos e graxas. A demanda química de oxigênio (DQO) foi determinada nas águas originais e no permeado. O concentrado resultante da UF foi desidratado em *spray dryer* e analisado quanto ao perfil de aminoácidos e ao teor de carotenoides. O permeado apresentou uma redução significativa ($p < 0,05$) para ST (63%), proteínas (93%) e DQO (88%), indicando que a UF foi eficiente na remoção da carga orgânica das águas, o que facilita o descarte. A porcentagem de recuperação de proteínas pela UF foi de 93,12% e o concentrado desidratado apresentou 67,35% de proteína, contendo todos os aminoácidos essenciais, sendo leucina (5,47%), lisina (6,49%), valina (3,59%) e fenilalanina (3,68%) os de maiores concentrações, além de 0,67 mg/100 g de carotenoides, indicando uma composição de interesse para o setor alimentício. Assim, a aplicação da UF mostrou ser viável tanto na recuperação de

compostos valiosos quanto na despoluição das águas, contribuindo para a sustentabilidade do setor produtivo do pescado.

Palavras-chave: Ultrafiltração, águas residuais de surimi, recuperação de proteínas.

3.2 Introdução

De acordo com a FAO (2016), a pesca e a aquicultura são importantes fontes de alimentação, nutrição, renda e meios de subsistência para milhares de pessoas em todo o mundo. Em 2017 o consumo *per capita* global de peixe atingiu 20,5 kg (FAO, 2018), sendo 30-40% no estado *in natura*, apenas sob ação do gelo e 60-70% na forma de pescado processado (CARAWAN, 1991; PARK; MORRISSEY, 2000).

De modo geral, as técnicas industriais de processamento e conservação do pescado requerem água em grandes quantidades, praticamente em todas as etapas de produção (LIU, 2007). No entanto, para o processamento do surimi, o volume de água utilizado é ainda maior, devido às operações de lavagens do músculo do pescado (AFONSO; BÓRQUEZ, 2002). Por exemplo, para as operações de limpeza, moagem e lavagem do pescado, são utilizados cerca de 5,7 L de água por kg de peixe cru, que se dividem em 35% para limpeza e moagem e 65% para a lavagem (HUANG et al., 1997; RAMIREZ et al., 2007).

As lavagens realizadas na fabricação do surimi eliminam proteínas solúveis, pigmentos heme e carotenoides, cuja presença interfere na formação dos géis e causam coloração indesejável no produto final (GALVÃO et al., 2012; LEE, 1984; SUZUKI, 1987). O grande volume de água rica em matéria orgânica gerada após a fabricação do surimi representa um problema ambiental, pois, quando descartado no sistema de coleta de esgoto sem tratamento adequado, acarreta em poluição dos corpos d'água (HUANG; MORRISSEY, 1998; LIN; PARK, 1996).

Uma alternativa para reduzir a matéria orgânica das águas de lavagem do surimi e os custos de tratamento é a recuperação de compostos com potencial poluente, dentre eles, as proteínas. As águas de lavagem do surimi contêm 0,5-2,3% de proteínas, compostas principalmente pelas sarcoplasmáticas, com pequenas quantidades de proteínas miofibrilares, miosina e actina (LIN; PARK, 1996; STINE et al, 2012). A recuperação destas proteínas por tecnologia de membranas, em

especial por ultrafiltração (UF), permite o tratamento da água e sua reutilização na planta ou sua eliminação direta em corpos d'água, além de recuperação e concentração simultânea das proteínas, sem o uso de calor ou produtos químicos (AFONSO; BÓRQUEZ, 2002).

Devido à crescente preocupação com o impacto negativo decorrente do lançamento de efluentes no meio ambiente e à possibilidade de obtenção de coproduto com aplicação na indústria alimentícia, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do processo de UF no tratamento despoluente das águas de lavagem do surimi e na recuperação de proteínas.

3.3 Material e métodos

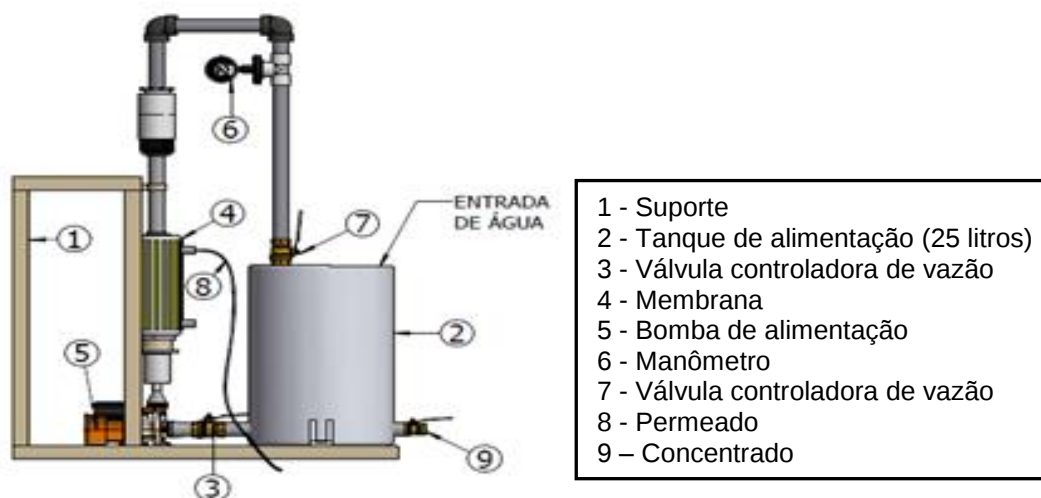
3.3.1 Preparo do surimi

Aparas de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) resultantes de filetagem foram trituradas e submetidas a três lavagens sucessivas com água destilada a 6 °C por 5 min, intercaladas por 5 min de repouso, mantendo-se a proporção de 3:1 (água:carne) (OLIVEIRA et al., 2017). Após cada lavagem, as águas foram drenadas em tecido de helanca bailarina (100% poliéster) reunidas (aproximadamente 72 L) e reservadas. O procedimento foi repetido por 8 vezes em um mesmo dia, apresentando um rendimento de 82%. Na sequência, as águas de lavagem foram caracterizadas e destinadas à UF.

3.3.2 Ultrafiltração (UF) das águas de lavagem do surimi

A UF foi realizada em membrana de polietersulfona de 30 kDa, modelo FE10-FC-FUS0382, com área de 5,0 m², à temperatura ambiente (29 ± 3 °C) e 2 bar (Figura 1). O fluxo do líquido e o tempo de operação foram regulados de forma a minimizar o entupimento da membrana.

Figura 1 - Sistema piloto de ultrafiltração



Fonte: Produção do próprio autor

3.3.3 Caracterização das águas de lavagem do surimi (original), do concentrado e do permeado

As determinações de pH (peagômetro), sólidos totais (ST) (evaporado em banho-maria e estufa a 105 °C), sólidos fixos (SF) (incineração a 550 °C) e óleos e graxas (OG) (filtração em celite e extração por Soxhlet), foram realizadas conforme as técnicas descritas em APHA et al. (2005). As proteínas foram determinadas utilizando-se o método do ácido bicinconínico (BCA), utilizando-se kit comercial BCA Protein Assay kit. Todas as análises foram realizadas nas águas obtidas nas lavagens do surimi (original) e após sofrerem UF (concentrado e permeado). A demanda química de oxigênio (DQO) foi medida nas águas originais e no permeado, após a digestão química a 150 °C por 120 min (Hach® DRB - 200) e leitura a 435 nm (Hach® DR - 2800). As análises foram realizadas em triplicata.

3.3.4 Recuperação de proteínas

O percentual de proteínas recuperadas foi avaliado pela equação:

$$Rp = \frac{Ca - Cb}{Ca} \times 100,$$

onde R_p (%) é a recuperação da proteína, C_a é a concentração de proteínas nas águas originais e C_b é a concentração de proteínas no permeado (YEONG et al., 2002).

3.3.5 Eletroforese SDS-PAGE

A caracterização das frações de proteínas das águas de lavagem originais, do concentrado e do permeado resultantes da UF foi realizada por eletroforese em gel de poliacrilamida na presença de dodecilsulfato de sódio (SDS-PAGE), com utilização de produtos da marca Sigma.

Para a confecção do gel de corrida, foram utilizados 1,38 mL de água deionizada, 1,9 mL de solução de tris-HCL 2,0 M, pH 8,9, 4 mL de solução de acrilamida/bis (30% / 1,866%) e 100 μ L de solução de dodecilsulfato de sódio (SDS) 10%. A polimerização foi realizada pela adição de 100 μ L de persulfato de amônio a 10% e 8 μ L de tetrametil-etilenodiamina (TEMED).

O gel de empilhamento consistiu de 1,19 mL de água deionizada, 405 μ L de solução tris-HCL 2 M pH 6,8, 335 μ L de acrilamida/bis (30%/1,866%) e 20 μ L de SDS 10%. A polimerização foi realizada com 20 μ L de persulfato de amônio 10% e 4 μ L de TEMED.

A solução tampão de corrida concentrada 10 vezes consistiu de 30,2 g de tris base, 188 g de glicina e 10 g de SDS em 1000 mL de água destilada. A solução tampão de amostra consistiu de 10 mL de lauril sulfato de sódio a 10%, 4 mL de EDTA 0,5 M, 5 mL de triz-fosfato 0,617 M (pH 6,8), 3 mL de mercaptoetanol, 10 mL de glicerol, 18 mL de água deionizada e 5 mg de azul de bromofenol.

Dez μ L das amostras (água original e permeado na forma pura e retentado diluído 1:10 em água deionizada) foram adicionadas de 10 μ L de tampão de amostra em microtubos de 0,5 mL, fervidas a 95 °C por 10 min para a desnaturação das proteínas e aplicadas ao gel (20 μ L). Foi utilizada uma cuba vertical de eletroforese ligada à fonte de energia programada a 250 mA com voltagem 180 V por 2 h. As bandas de proteína foram visualizadas a partir do gel corado com corante PAGE BLUE (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO).

Após o descoramento do gel em água deionizada, as frações de proteínas foram identificadas utilizando como referência um marcador de peso molecular (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) de 11 a 245 kDa.

3.3.6 Perfil de aminoácidos e quantificação de proteínas no concentrado

O concentrado foi desidratado em *spray dryer* MSD 1.0 (Labmaq do Brasil, Ribeirão Preto, SP) a 120 °C, com vazão de alimentação de 0,81 L/h e vazão de ar comprimido de 30 L/min.

Os aminoácidos foram extraídos em HCl 6 N e fenol, neutralizados e derivatizados em sistema pré-coluna com fenilisotiocianato. A quantificação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa, com detecção em 254 nm, utilizando-se o ácido alfa-aminobutírico como padrão interno. O triptofano foi extraído por hidrólise enzimática, detectado em espectrofotômetro a 590 nm e quantificado por padrão externo. O percentual de proteínas foi determinado pelo método de micro Kjeldhal, a partir da quantificação do nitrogênio das amostras ($N \times 6,25$) (HORWITZ; LATIMER Jr, 2006).

3.3.7 Conteúdo de carotenoides no concentrado

O concentrado desidratado foi processado em vórtex com dimetilsulfóxido após sonicação durante 15 minutos a 40 °C. A extração foi realizada repetidamente com acetona. A separação de fases foi obtida com éter dietílico e água destilada e a hiperfase foi seca com nitrogênio. O extrato foi suspenso em etanol e os carotenoides totais foram calculados a partir da absorbância a 475 nm, utilizando 2500 como coeficiente de extinção (GRASSI et al., 2016).

3.3.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System, version 9.3), com nível de significância de 5%.

3.4 Resultados e discussão

A comparação entre os teores de ST, proteínas e DQO das águas originais e do permeado (Tabela 1) apontou uma redução significativa dos parâmetros após a UF com membrana de 30 kDa, em especial da DQO (99%, $p < 0,05$), indicando a eficiência do processo na remoção da carga orgânica das águas geradas durante a fabricação do surimi.

A Resolução CONAMA 430/2011, que regulamenta os padrões nacionais para o lançamento de efluentes em corpos d'água, não estabelece limites para DQO. No entanto, algumas legislações ambientais estaduais estabelecem limites máximos para este parâmetro, como a Normativa Conjunta COPAM 01/2008, que estabelece um limite de até 180 mg/L para a DQO. Já a Resolução COMDEMA 34/2012 estabelece um limite de, no máximo, 100 mg/L de DQO para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de qualquer fonte poluidora.

Assim, os valores de DQO encontrados neste estudo (142,72 mg/L) apresentam-se dentro do limite estabelecido pela COPAM 01/2008 e acima do estabelecido pela COMDEMA 34/2012. Segundo Wiesner et al. (1994), para águas com baixas concentrações de DQO, o tratamento por UF pode ser suficiente para conferir alta qualidade a esse efluente.

Para Afonso e Borquez (2002), as técnicas de filtração por membranas são capazes de reduzir a carga poluidora das águas, originando um permeado de boa qualidade, que pode ser reutilizado na planta, além de serem mais baratas que os tratamentos térmicos. Lin et al. (1995) também referem-se a um tratamento com membrana de UF de 30 kDa para a filtração das águas de lavagem do surimi, ressaltando que o processo possibilitou a reutilização das águas em etapas de limpeza, abastecimento de sanitários, entre outros.

Segundo Oenning e Pawlowsky (2007) o requisito máximo de DQO que permite a reutilização de água tratada de efluentes em torres de resfriamento e descarga sanitária é de 75 mg/L e de 25 mg/L para a lavagem de pisos e irrigação de áreas verdes industriais. Tomando estes autores como base, o permeado resultante da UF das águas de lavagem do surimi (1,76 mg/L de DQO) poderia ser reutilizado na própria instalação industrial, representando uma economia de água.

Tabela 1 - Análises da água de lavagem do surimi (original) e do permeado obtido após a ultrafiltração (médias $\pm$ desvios padrões)

Análises	Original	CV (%)	Permeado	CV (%)	Redução (%)
Sólidos totais (mg/L)	7,93 $\pm$ 0,96 ^a	12,11	2,94 $\pm$ 0,51 ^b	17,35	63
Sólidos fixos (mg/L)	1,10 $\pm$ 0,15	13,94	0,95 $\pm$ 0,16	16,56	14
DQO (mg/L) ¹	142,72 $\pm$ 32,52 ^a	22,79	1,76 $\pm$ 0,07 ^b	0,96	99
Óleos e graxas (mg/L)	0,71 $\pm$ 0,15	20,56	0,11 $\pm$ 0,04	32,17	84
Proteínas (μ g/10 μ L)	19,27 $\pm$ 0,92 ^a	4,80	1,33 $\pm$ 0,41 ^b	30,92	93
pH	6,52 $\pm$ 0,01	0,15	6,35 $\pm$ 0,25	3,97	-

¹DQO: Demanda Química de Oxigênio. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve alterações nos valores de SF, OG e no pH após a aplicação da UF. No entanto, os valores encontrados para OG e pH já se apresentavam dentro dos padrões de lançamento exigidos pela legislação (Resolução CONAMA nº 430/2011), que estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições de pH entre 5 a 9 e até 50 mg/L de óleos vegetais e gorduras animais (BRASIL, 2011).

O concentrado resultante da UF das águas de lavagem do surimi apresentou 14,87 mg/L de ST, 1,26 mg/L de SF, 0,87 mg/L de óleos e graxas, 5,98 de pH e 37,66 μ g/10 μ L de proteína, o que representou uma recuperação de 93,12% das proteínas. Diferentes conteúdos de sólidos e proteínas podem ser recuperados por filtração por membrana, dependendo de fatores como espécie de peixe utilizado no processamento, tamanho (kDa), material da membrana e número de lavagens realizadas na fabricação do surimi.

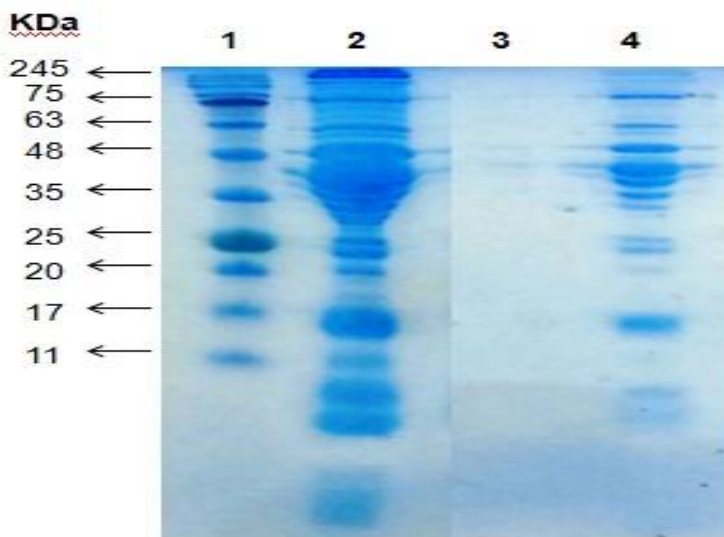
DeWitt e Morrissey (2002), por exemplo, utilizando uma membrana semelhante à do presente estudo, encontraram 24,38 mg/mL de ST, 3,74 mg/mL de SF e 19,69 mg/mL de proteínas no concentrado. Segundo os autores, mais sólidos/proteína passavam para o permeado quando uma membrana de 50 kDa era usada para a filtração. Stine et al. (2012), recuperaram 80% da proteína contida nas águas de lavagem do surimi utilizando uma membrana de UF com ponto de corte de 50 kDa e Yeong et al. (2002) recuperaram 95,1% de proteína nas águas obtidas na

primeira lavagem usando um sistema de nanofiltração com membrana de poliamida de 500 Da.

3.4.1 Eletroforese SDS-PAGE

As operações de lavagem e drenagem utilizadas no preparo do surimi têm por finalidade eliminar as proteínas sarcoplasmáticas e reter as miofibrilares. Apesar da grande quantidade de proteínas sarcoplasmáticas evidenciadas pelas bandas na faixa de 39 a 41 kDa na água original (Figura 2, coluna 2), as operações de lavagem realizadas na fabricação do surimi também provocaram a passagem de parte das proteínas miofibrilares, que apresentam bandas próximas a 200 kDa (cadeias pesadas de miosina), 70 kDa (meromiosina leve), entre 20 e 25 kDa (cadeias leves de miosina) e entre 43 e 45 kDa (actina) (LIN; PARK, 1996; ZHOU et al., 2016).

Figura 2 - SDS-PAGE das águas de lavagem do surimi. (1) peso molecular (kDa); (2) águas originais; (3) permeado; (4) concentrado.



Fonte: Produção do próprio autor

A perda de proteínas miofibrilares nas águas de lavagem do surimi pode estar associada às extensas lavagens e à força mecânica realizada durante a remoção da água (LIN et al., 1995). Segundo Lin e Park (1996) a eliminação de proteínas miofibrilares ocorre após a segunda lavagem, aumentando à medida que o número de ciclos de lavagem aumenta. As bandas de menores PM nas águas

originais referem-se a peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos (DING et al., 2016; ZHOU et al., 2016), formados devido à degradação parcial das proteínas no processo produtivo.

O perfil eletroforético do concentrado (coluna 4) mostrou que a UF foi capaz de reter grande parte das proteínas, dos peptídeos e dos aminoácidos presentes nas águas de lavagem do surimi, reforçando o potencial da técnica para a recuperação de substâncias de interesse na indústria de alimentos.

3.4.2 Aminoácidos, proteínas e carotenóides no concentrado

O concentrado resultante da UF continha 66,49% de aminoácidos, incluindo todos os essenciais para humanos, sendo leucina (5,47%), lisina (6,49%), valina (3,59%) e fenilalanina (3,68%) os de maiores concentrações, superiores às concentrações presentes na soja (4,5% de leucina, 3,7% de lisina, 3,4% de valina e 3,1% de fenilalanina) (Tabela 2) (WIBOWO et al., 2007).

A composição química do concentrado proteico obtido neste estudo favorece sua utilização como ingrediente para elaboração e o enriquecimento de produtos alimentícios, assim como ocorre com a carne mecanicamente separada (CMS) obtida a partir de resíduos da industrialização do pescado. Na comparação com a CMS produzida por Forgaça et al. (2015) com resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), o concentrado proteico desidratado apresentou maiores concentrações de aminoácidos essenciais. A forma física do produto desenvolvido neste estudo representa uma vantagem adicional para sua utilização como ingrediente, já que, na forma de pó, sua incorporação às preparações é facilitada.

Segundo a WHO/FAO/UNU (World World Health Organization, 2007), a recomendação diária de leucina é de 39 mg/kg. Considerando que um adulto de 70 kg necessita de 2730 mg/kg por dia de leucina, para alcançar a quantidade recomendada desse aminoácido, 0,05 g do concentrado da UF das águas de lavagem do surimi seriam suficientes. O mesmo raciocínio se aplica para todos os outros aminoácidos essenciais, sendo que para atingir as recomendações diárias de lisina e isoleucina, 0,03 g e 0,04 g do concentrado da UF seriam suficientes. Como o consumo de aminoácidos garante um padrão saudável de síntese proteica em músculos e tecidos, sugere-se a aplicação do método para a obtenção de um suplemento nutricional para a alimentação humana.

Tabela 2 - Composição de aminoácidos e concentrações de proteínas e carotenóides no concentrado desidratado resultante da UF das águas de lavagem do surimi e valores de literatura para comparação (g 100g).

Aminoácidos	Concentrado desidratado	¹CMS	²Soja	³FAO/WHO
Fenilalanina	3,7	0,74	3,1	0,0025
Isoleucina	3,4	0,37	2,9	0,0020
Lisina	6,5	1,86	3,7	0,0030
Leucina	5,5	1,00	4,5	0,0039
Metionina	1,6	0,27	0,8	0,0010
Histidina	2,4	0,38	1,2	0,0015
Treonina	3,0	0,78	1,8	0,0015
Triptofano	0,5	0,77	-	0,0004
Valina	3,6	0,77	3,4	0,0026
Prolina	2,3	0,83	-	-
Tirosina	1,8	0,56	-	-
Alanina	4,4	1,08	-	-
Taurina	0,3	-	-	-
Cistina	0,7	-	-	-
Ácido glutâmico	7,8	2,56	-	-
Ácido aspartico	8,9	1,71	-	-
Glicina	4,2	1,13	-	-
Serina	2,7	0,72	-	-
Arginina	3,4	1,29	-	-
Total de aminoácidos (%)	66,49			
Proteína bruta (%)	67,35			
Total de carotenóides	0,67mg/100g			

¹Fogaça et al. (2015).

²Wibowo et al. (2007).

³Necessidades diárias de aminoácidos essenciais em adultos (FAO/WHO/UNU).

O concentrado obtido por Stine et al. (2012) após a filtração das águas de lavagem do surimi a 80 kDa apresentou histidina (2,9%), glicina (4,45%) e treonina (4,5%). Segundo os autores, os aminoácidos presentes nas águas de lavagem do surimi após a UF eram semelhantes aos aminoácidos encontrados no surimi, sugerindo sua aplicação em produtos à base de pescado.

Além dos aminoácidos, o concentrado resultante da UF das águas de lavagem do surimi continha 0,67 mg/100g de carotenóides. Este fato pode estar associado com a formação de um complexo entre os carotenoides e as proteínas, chamado de carotenoproteína. A carotenoproteína é normalmente utilizada como suplemento alimentar em rações para peixes que, assim como outros animais, não sintetizam carotenóides. Essas substâncias chegam aos organismos dos animais por meio dos alimentos e algumas delas podem ser convertidas em outros carotenóides via oxidação ou redução e em vitamina A (CHAKRABARTI, 2002; CZECHUGA et al., 2013).

O presente estudo demonstrou que as proteínas eliminadas nas águas de lavagem do surimi possuem alto valor nutricional e seu desperdício é indesejável, diante das crescentes necessidades de alimento para a população. O tratamento proposto neste estudo mostrou ser adequado não só para a concentração destas substâncias mas, também, para possibilitar o reaproveitamento das águas residuárias. Com estes resultados, esperamos contribuir com subsídios para que a indústria transformadora de pescado invista no uso eficiente da água e, ainda, obtenha lucros adicionais ao suprir as necessidades proteicas do consumidor.

3.5 Conclusão

A aplicação da UF proporcionou a redução da matéria orgânica nas águas de lavagem do surimi e permitiu a obtenção de um concentrado de proteínas contendo aminoácidos essenciais e carotenoides, que pode ser utilizado pela indústria de alimentos.

Agradecimentos:CAPES e Projeto Fapesp 2015 / 25853-1 pela bolsa de estudo.

3.6 Referências

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.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington: American Public Health Association, 2005. 1.268 p.

BORGSTROM, G. **Fish as food**. Academic Press, New York, v. 1, 2, 3 e 4, 1967

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. **Resolução 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2011. Diário Oficial [da] União, de 16 maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 2 janeiro 2018.

CARAWAN, R. E. **Processing plant waste management guidelines for aquatic fishery products: seafood and the environment**. 1991. 36p. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/02/01796.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

CHAKRABARTI, R. Carotenoprotein from tropical brown shrimp shell waste by enzymatic process. **Food Biotechnology**, v.16, n.1, p.81-90, 2002.

Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam). Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01, de 05 de Maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. MG. 2008

CONSELHO MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (Comdema). **Resolução nº 34, de 27 de Julho de 2012**. Estabelece normas e

padrões para qualidade das águas, condições para lançamento de efluentes e dá outras providências. Manaus, AM. 2012.

CZECZUGA B.; SEMENIUK J.; CZECZUGA-SEMENIUK E.; SEMENIUK A.; KLYSZEJKO B. Amount and qualities of carotenoids in fillets of fish species fed natural feed in some fisheries of West African Coast. **African Journal of Biotechnology**, v.12, p.1443–1448, 2013.

DEWITT, C. A. M.; MORRISSEY, M, T. Pilot plant recovery of catheptic proteases from surimi wash water. **Bioresource Technology**, v.82, p.295–301, 2002.

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. n. p. 1-7, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **The state of world fisheries and aquaculture 2016**. Part one - *World review*. Roma: FAO, 2016. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. Acesso em: 11 fevereiro 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **The state of world fisheries and aquaculture 2018**. Meeting the sustainable development goals. Roma: FAO, 2018. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf> >. Acesso em: 11 fevereiro 2019.

GALVÃO, G. C. D. S.; LOURENÇO, L. D. F. H.; RIBEIRO, S. D. C. A.; RIBEIRO, C. D. F. A.; PARK, K. J.; ARAUJO, E. A. F. Microbiological and physicochemical characterization of surimi obtained from waste of piramutaba fillet. **Food Science and Technology**, v.32, n.2, p.302-307, 2012.

GRASSI, T. L. M.; SANTO, E. F. E.; MARCOS, M. T. S.; CAVAZZANA, J. F.; OLIVEIRA, D. L.; BOSSOLANI, I. L. C.; PONSANO, E. H. G. Bacterial pigment for Nile tilapia feeding. **Aquaculture International**, v.24, p.647–660, 2016.

HORWITZ, W.; LATIMER JR, G H. (Eds.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2006.

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.

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, n. 1-3, p.1-7, 2010.

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.

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, 1996.

LIU, S. X. **Food and agricultural utilization and treatment**. 1st ed. Ames: Blackwell, 2007.

NEVES, R. A. M; MIRA, N. V. M; MARQUEZ, U. M. L. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.101-108, 2004.

OENNING, A. J; PAWLOWSKY, U. Avaliação de tecnologias avançadas para o reúso de água em indústria metal-mecânica. **Engenharia sanitária e ambiental**, v.12, n.3, 305-316, 2007.

OLIVEIRA, D. L.; GRASSI, T. L. M.; SANTO, E. F. E.; CAVAZZANA, J. F.; MARCOS, M. T. S.; PONSANO, E. H. G. Washings and cryoprotectants for the production of Tilapia Surimi. **Food Science and Technology**, v.37, n.3, p. 432-436, 2017.

PARK, J. W.; MORRISSEY, M. T. Manufacturing of surimi from light muscle fish. p. 23-58. In: PARK, J. W. (Ed.). **Surimi and Surimi Seafood**. New York: Marcel Dekker, 2000. 500 p.

RAMÍREZ, J. A.; VELAZQUEZ, G.; ECHEVARRÍA, G. L.; TORRES, J. A. Effect of adding insoluble solids from surimi wash water on the functional and mechanical properties of pacific whiting grade A surimi. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 2148–2153, 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.

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

WIESNER, M. R; HACKNEY, J; SETHI, S; JACANGELO, J. G; AND LAINE, J. M. Cost estimates for membrane filtration and conventional treatment. **Journal American. Water Works Association**, v.85, n.12, p.33–41, 1994.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Protein and aminoacid requirements in human nutrition. **Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation**, United Nations University. Technical Report Series, 935. WHO; 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.

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. WIBOWO, S. V; SAVANT, V; CHERIAN, G; SAVAGE, T. F;

4. CAPITULO 2 – ENRICHMENT OF FISHBURGERS WITH PROTEINS FROM SURIMI WASHING WATERS

Food Science and Technology – DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.21319>

Dayse Lícia de OLIVEIRA^{1*}, Thiago Luís Magnani GRASSI¹, Juliana Sedlacek BASSANI¹, Juliana Campos Pereira DINIZ¹, Natália Minguês PAIVA¹, Elisa Helena Giglio PONSANO¹

¹Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Araçatuba, SP, Brazil. *Corresponding author: dayse_1184@hotmail.com

4.1. Abstract

Proteins recovered by ultrafiltration (UF) represent a co-product of fish industrialization and can be used as a protein ingredient in the fortification of food formulations. The objective of this study was to evaluate the quality of surimi fishburger elaborated with the proteins recovered by UF from the wastewater generated in the production of surimi. The water generated in the washing operations of trims of farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) were filtered in a 30 kDa polyethersulfone membrane. The recovered proteins were dehydrated in spray dryer and added at 5 and 10% into fishburgers made with tilapia surimi. The fishburgers were evaluated for proximal composition, cooking yield, sensory parameters and acceptability. The incorporation of proteins into the fishburgers improved the sensory aspects of the final product and provided greater acceptability while maintaining the same manufacturing yield. The addition of 10% of the recovered proteins increased the nutritional value of surimi fishburgers.

Keywords: Ultrafiltration; tilapia; co-product; sensory analysis

Practical Application: The recovery of proteins from surimi wastewaters reduces organic matter, makes the production process more profitable and less aggressive to environment and, in addition, provides a protein-rich ingredient that may find use in food industry. The use of this protein concentrate in food products like surimi increases nutritional quality and productivity and so may reach consumers and producers demands.

4.2 Introduction

Proteins have a great impact on the growth and maintenance of tissues and, in children and adolescents, their ingestion influences bone growth and accumulation of bone mass (Conigrave et al., 2008). Fish proteins are nutritionally complete. Their digestibility is around 90%, their protein efficiency coefficient is higher than caseins' (2.9), and some freshwater fish have a 100% chemical amino acid score (Ei & Kavas, 1996; Machado & Sgarbieri, 1991).

With the awareness of the importance of fish in the human diet, its consumption has been growing steadily. In 2015, global per capita consumption reached 20.2 kg, with estimates of 20.3 and 20.5 kg for 2016 and 2017, respectively (Food and Agriculture Organization, 2018). With increasing productivity and better utilization of fisheries resources, surimi processors are seeking alternative technologies to make production more economically and environmentally efficient (Stine et al., 2012).

Surimi is a concentrate of myofibrillar proteins obtained from solid residues from fish processing, which is minced, washed, drained and stabilized with cryoprotectants (Barreto & Beirão, 1999; Mello et al., 2010; Park, 2014). The washing operations carried out in the manufacture of surimi eliminate large amounts of proteins. It is estimated that, in an annual production of 200.00 tonnes of surimi, more than 6.000 tonnes of protein residues are eliminated, which means loss of nutrients and increase in treatment steps and costs for effluent disposal (Ding et al., 2017; Lin et al., 1995).

Studies have shown that the use of ultrafiltration (UF) in fish industry effluent allows a recovery of more than 65% of proteins (Afonso & Bórquez, 2002; Khatprathum et al., 2010; Wibowo et al., 2007), resulting in a functional food component due to its antioxidant activity (Lin et al., 1995; Zhou et al., 2016). In

addition, the use of the UF-recovered protein concentrate back to the surimi production line can increase the yield of the product by 1.7% without reducing its final functionality (Lin et al., 1995).

Among products elaborated with surimi, fishburger stands out for having good nutritional value, appreciated sensory characteristics and reasonable prices, which facilitates its acquisition (Fogaça et al., 2015; Marengoni et al., 2009). The incorporation of the protein recovered by UF into fishburgers can enhance the nutritional value of these products and prevent or correct nutritional deficiencies.

In order to offer the consumer a new convenience product and to present to the industry an alternative to make the productive process more profitable and less aggressive to the environment, the present study aimed at recovering proteins from surimi washing water, adding them into fishburgers and analyzing their chemical, physical and sensory aspects .

4.3 Materials and methods

4.3.1 Raw material and surimi preparation

For the elaboration of surimi, trims of farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) obtained after filleting were stored in polyethylene bags and maintained at -20 °C. After thawing at 5 °C for 24 h, trims were ground and washed three times with 3:1 water:muscle (6 °C) and alternation of 5 min gentle stirring/5 min of rest (Oliveira et al., 2017). After each washing cycle, the water was drained through a 100% polyester bag and reserved for the UF. Sodium chloride (2% w /w) and sucrose (1% w /w) were added to the washed proteins to make the surimi, which was packed in plastic film and frozen at -20 °C.

4.3.2 Obtention of the proteins

The water generated in the washing operations of the surimi was filtered in a UF system with a 5.0 m² 30 kDa polyethersulfone membrane (FE10-FC-FUS0382) at room temperature (29 ± 3°C) and 2 bar. The liquid flow and the operating time were previously determined in order to minimize membrane clogging. The proteins recovered from UF were dehydrated in spray dryer MSD 1.0 (Labmaq do Brasil,

Ribeirão Preto, SP) at 120 °C, with feed flow of 0.81 L/h and compressed air flow of 30 L/min. The proteins recovered contained 66.49% amino acids, including all the essential ones, with leucine (5.47%), lysine (6.49%), valine (3.59%) and phenylalanine (3.68%) as the major components.

4.3.3 Microbiological analysis of surimi

Surimi was tested for *Salmonella* sp., coagulase-positive staphylococci and coliforms at 45 °C, according to American Public Health Association (APHA) (Downes & Ito, 2001).

4.3.4 Elaboration of fishburgers with tilapia surimi

Surimi was thawed at 5 °C for 24 hours and added of ingredients and dehydrated proteins to compose the three treatments of the experiment (Table 1). The blending was performed manually until a homogeneous mass was obtained, then fishburgers with approximately 60 g were shaped into circular mold (9 cm diameter), individually wrapped in plastic wrap and kept under refrigeration (5 °C) for 24 hours. Good hygiene practices were adopted at all stages of processing and handling in order to produce a suitable product for consumption.

Table 1. Formulations of tilapia surimi fishburgers.

Ingredients (%)	Treatments		
	1	2	3
Surimi	94.52	89.52	84.52
Dehydrated proteins	-	5	10
Salt	0.57	0.57	0.57
Fine herbs	0.28	0.28	0.28
Whole oat flour	4.63	4.63	4.63

4.3.5 Proximate composition of fishburgers

Moisture, total protein and ash were determined according to AOAC methodology (Horwitz & Latimer, 2006) and lipids were determined by Folch method (Folch et al., 1957). Analyzes were performed in triplicate.

4.3.6 Sensory analysis

Procedures used in the sensory analysis of the fishburguers were approved by the Human Research Ethics Committee of the University of Dentistry of Araçatuba / Unesp (opinion no. 2.352.730) and the participating volunteers signed a consent term for the research.

An affective test was performed with 52 untrained panelists of both sexes, aged between 23 and 45 years old, selected for habitually consuming fish products and for being interested in participating. Each participant evaluated the attributes flavor, aroma, color, texture and appearance using a structured hedonic scale of 5 points (1 = “didn't like”; 5 = “liked very much”).

The fishburguers were grilled at 350° C, for 20 min (10 min on each side). Each panelist received ¼ of each formulation (approximately 15 g) on a white disposable dish coded with three random digits. Panelists also received a glass of water and cream cracker to clean the taste buds between the samples.

The acceptability index (AI) was calculated according to Equation 1, described by Dutcosky (2011). According to the author, a product is considered to be well accepted when AI is higher than or equal to 70%.

$$AI (\%) = \frac{\text{Average score obtained on attribute} \times 100}{\text{Highest grade given to attribute}} \quad (\text{Eq. 1})$$

4.3.7 Cooking measurement of fishburguers

Percent cooking yield was determined according to Berry (1992) and Seabra et al. (2002). Six samples of each formulation were weighed before and after grilling and the percent cooking yield was obtained according to Equation 2.

$$\% \text{ Cooking yield} = \frac{\text{Cooked weight} \times 100}{\text{Raw weight}} \quad (\text{Eq. 2})$$

4.3.8 Statistical analysis

The results of the proximal composition and yield were submitted to analysis of variance and the averages were compared by Tukey's test. The results of the sensory analysis were evaluated by Friedman test and the multiple comparison between the means was performed by Dunn's test. The analyses were performed with the statistical package SAS (Statistical Analysis System, version 9.3) at 5% significance level.

4.4 Results and discussion

4.4.1 Microbiological analyses of surimi

Table 2 shows the results for the microbiological analysis of surimi, as well as the microbiological standards defined in the Resolution of the Collegiate Board of Directors (RDC) nº 331 of the National Sanitary Surveillance Agency (Brasil, 2019), for comparison.

Table 2. Microbiological evaluation of surimi.

Microbial group	Surimi	RDC nº 331/2019
<i>Salmonella</i> sp	Absence in 25 g	Absence in 25g
Coliforms at 45 °C (MPN/g)	0.1	≤ 100
Coagulase positive staphylococci (UFC/g)	Negative	≤ 5.0 x 10 ²

MPN/g - Most Probable Number per gram of product; UFC/g - Colony Forming Unit per gram of product; RDC - Resolution of the Collegiate Board (Brasil, 2019).

The results were within the standards required by current legislation, which reflects the appropriate conditions of hygiene in processing, which provided a product suitable for consumption. Similar microbiological quality was found by Forgaça et al. (2015), who used mechanically separated meat of tilapia to obtain the surimi.

4.4.2 Proximate composition of fishburgers

Formulation 3 (10% protein) had a significantly higher protein content ($p < 0.05$) than formulation 1 (without protein addition), whereas lipid, moisture and ash

concentrations did not differ statistically ($p > 0.05$) between treatments (Table 3). This result indicates that the addition of 10% of the dehydrated protein recovered by UF from the washing water of surimi may contribute to the protein enrichment of the fishburgers.

The type of raw material and the number/kind of washings used for the surimi elaboration determine the amount of materials eliminated in the wastewaters. According to Lin et al. (1995), 0.04 to 0.19% fat and 0.09 to 0.41% ash may result from the various washing cycles, whereas 2.5% proteins are eliminated right at the first washing operation. Even though the washing operations provide the removal of lipids and minerals, the UF membrane cutoff (30 kDa) was not able to recuperate these compounds due to their small sizes. Moreover, the deformable character of fat globules helps the transmembrane pressure imparted during UF to induce their migration across the membrane (Ebrahimi et al., 2010; Chakrabarty et al., 2008).

Table 3. Proximate composition of fishburgers made with proteins recovered from surimi washing water (mean $\pm$ standard deviation).

Parameters (%)	Treatments ¹		
	1	2	3
Lipid	1.27 $\pm$ 0.38	1.86 $\pm$ 0.23	2.02 $\pm$ 0.48
Moisture	74.73 $\pm$ 2.22	69.58 $\pm$ 3.14	66.89 $\pm$ 4.19
Ash	2.59 $\pm$ 0.09	3.17 $\pm$ 0.26	3.31 $\pm$ 0.41
Protein	15.41 $\pm$ 0.83 ^b	17.63 $\pm$ 1.18 ^{ab}	20.53 $\pm$ 0.73 ^a

¹1 (no protein added), 2 (5% protein), 3 (10% protein).

Means followed by different letters in the row differed by Tukey's test ($p < 0.05$).

4.4.3 Percent cooking yield (%)

All formulations of fishburgers reached more than 90% yield (T1 = 92.29%, T2 = 90.55%, T3 = 92.01) ($p > 0.05$). Other authors found lower yields for fishburgers made from filleting residues of tilapia (Bainy et al., 2015) and catfish (Bochi et al., 2008). In the present study, the addition of oatmeal to the fishburgers contributed to the good yield indexes because it provides water retention in the final product (Aleson-Carbonell et al., 2005).

4.4.4 Sensory analysis

The fishburgers added of proteins recovered by UF had better scores for color and appearance than the standard formulation (Table 4), which was reported as “very clear” and “unattractive” by some tasters. The formulations added of proteins were considered well accepted since they graded 4 (liked moderately) for all the attributes in the 5-points hedonic scale, while the minimum score expected was 3.5 (Dutcosky, 2011). This result has great relevance when evaluating a new product, since in the first contact of the consumer with the product, the visual presentation (in which color and appearance stand out) arises personal reactions of acceptance, indifference or rejection (Teixeira, 2009).

The addition of proteins to the fishburgers probably favored Maillard reaction, in which browning occurs due to the formation of melanoidins arisen from the reaction between proteins and reducing sugars during thermal processing (Shibao & Bastos, 2011). Denaturation of proteins and the exudation of fat and water may also be related to color enhancement in products during heating (Bochi et al., 2008).

Table 4. Median, minimum and maximum values assigned by the panelists in the sensory analysis of the fishburgers.

Sensory attribute	Treatments ¹						P value ²
	1		2		3		
	Md	Min – Max	Md	Min – Max	Md	Min – max	
Flavor	3,5	1 – 5	4	1 – 5	4	1 – 5	0.1101
Aroma	4	2 – 5	4	2 – 5	4	1 – 5	0.6482
Color ³	3 ^b	1 – 5	4 ^a	2 – 5	4 ^a	2 – 5	< 0.0001
Texture	4	1 – 5	4	2 – 5	4	2 – 5	0.0505
Appearance ³	3 ^b	1 – 5	4 ^a	2 – 5	4 ^a	3 – 5	< 0.0001

¹1 (no protein added), 2 (5% protein), 3 (10% protein);

²Friedman's Test;

³Medians followed by distinct letters, in the row, differed by Dunn's test (p <0.05).

4.4.5 Acceptability index (AI)

Fishburgers added of UF proteins had higher AI than the standard formulation in all sensory attributes analyzed (Table 5). According to Dutcosky

(2011), so that a product is accepted and find insertion in the market, it must reach at least 70% for AI. These results, therefore, attest the acceptability of fishburgers enriched with proteins recovered from the UF in the market.

Table 5. Acceptability index (AI) of the fishburgers sensory characteristics.

Sensory attribute (%)	Treatments ¹		
	1	2	3
Flavor	65	71	71
Aroma	71	72	70
Color	57	75	86
Texture	67	73	74
Appearance	61	76	83

¹1 (no protein added), 2 (5% protein), 3 (10% protein).

4.5 Conclusion

The incorporation of the proteins recovered by UF of the washing water of surimi into fishburgers improved the sensory aspects of the final product and provided greater acceptability without affecting manufacturing yield. The addition of 10% of proteins to the fishburgers increased the protein content of the final product, contributing to its nutritional enrichment.

Acknowledgements: CAPES and Project Fapesp 2015/25853-1 for the scholarship

4.6. References

- Afonso, M. D., & Bórquez, R. (2002). 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*, 142(1), 29 – 45.
- Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A.; & Kuri, V. (2005). Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture. *Food Science and Technology International*, 11(2), 89-97.

Bainy, E. M., Bertan, L. C., Corazza, M. L., & Lenzi, M. K. (2014). Effect of grilling and baking on physicochemical and textural properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish burger. *Journal of Food Science Technology*, 52(8), 5111–5119.

Barreto, P. L. M., & Beirão, L. H. (1999). Influência do amido e carragena nas propriedades texturais de surimi de tilápia (*Oreochromis* sp). *ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19(2), 183-188.

Berry, B. W. (1992). Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 57(3), 537-540.

Bochi, V. C., Weber, J., Ribeiro, C. P., Victório, A. M., & Emanuelli, T. (2008). Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. *Bioresource Technology*, 99(18), 8844-8849.

Brasil. (2019, Dezembro 23). *Resolução RDC nº 331, de dezembro de 2019. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos*. Brasília: ANVISA. Retrieved from: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/46-60474/%281%29IN_60_2019_.pdf/0070e9dc-78a3-4c33-9b60-8a8dbbc6528e

Chakrabarty, B., Ghoshaland A. K., Purkait, M. K. (2008) Ultrafiltration of stable oil-in-water emulsion by polysulfone membrane. *Journal of Membrane Science*, 325 (1), 427-437.

Conigrave, A. D., Brown, E. M., Rizzoli, R.(2008). Dietary protein and bone health: roles of amino acid-sensing receptors in the control of calcium metabolism and bone homeostasis. *Annual Review of Nutrition*, 28, 131-155.

Ding, H. C., Li, D. F., Wei, X. Y., Huang, Y. W., Cui, S., Xie, H. J.; Zhou, T. (2016). Protein–peptide nutritional material prepared from surimi wash -water using immobilized chymotrypsin–trypsin. *Journal of the science of food and Agriculture*, 97(6), 1746-1752.

Downes, F. P., & Ito, K. (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. (4. ed). Washington: American Public Health Association (APHA).

Dutcosky, S.D. (2011). *Análise Sensorial de Alimentos*. (3. ed; p.426). Curitiba: Champagnat.

Ebrahimi, M., Willershausen, D., Ashaghi, S. K., Engel, L., Placido, L., Mund, P., Bolduan, P., Czermak, P. (2010). Investigations on the Use of Different Ceramic Membranes For Efficient Oil-Field Produced Water Treatment. *Desalination*, 250 (3), 991-996.

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

Fogaça, F. H. S., Otani, F. S., Portella, C. G., Santos-Filho, L. G. A., & Sant'Ana, L. S. (2015). Caracterização de surimi obtido a partir da carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo e elaboração de fishburger. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2), 765- 776.

Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J biol Chem*, 226(1), 497-509.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018* - Meeting the sustainable development goals. Rome: FAO, Retrived from: < <http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf> >.

Horwitz, W., & Latimer JR, G H. (2006). *Official methods of analysis of AOAC International*. (18. ed). Gaithersburg: AOAC International.

Khatprathum, A., Siriwongpaisaan, P., Youravong, W. (2010). Concentration of proteinin fish mince wash water discharged from Surimi processing plant by ultrafiltration. *Desalination and Water Treatment*, 21, 1-7.

Lin, T. M., Park, J. W., & Morrissey, M. T. (1995). Recovered protein and reconditioned water from surimi processing waste. *Journal Food Science*, 60(1), 4-9.

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

Marengoni, N. G., Pozza, M. S. S., Braga, G. C., Lazzeri, D. B., Castilha, L. D., & Bueno, G. W. (2009). Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de *fishburgers* de carne de tilápia mecanicamente separada. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(1), 168-176.

Mello S. C. R. P., Freitas M. Q., Clemente S. C. S., Franco R. M., Nogueira E. B., & Pinto M. D. S. R. (2010). Caracterização química e bacteriológica de polpa e surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia. *Ciência Rural*, 40(3), 648-653.

Oliveira, D. L., Grassi, T. L. M., Santo, E. F. E., Cavazzana, J. F., Marcos, M. T. S., & Ponsano, E. H. G. (2017). Washings and cryoprotectants for the production of Tilapia Surimi. *Food Science and Technology*, 37(3), 432-436.

Park, J. W. (2014). *Surimi and surimi seafood*. (3rd ed). Boca Raton: CRC, Retrived from: <<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=yWZmAQAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=501wpq3BVc&sig=RvrMUmAPCUxQCN2bSlvXPNzyYQk#v=onepage&q&f=false>>.

Seabra, L. M. J., Zapata, J. F. F., & Nogueira, C. M. (2002). Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. *Food Science and Technology*, 22(3), 245-248.

Shibao, J., Bastos, D. H. M. (2011). Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. *Revista de Nutrição*, 24(6), 895-904.

Stine, J. J., Pedersen, L., Smiley, S., & Bechtel, P. J. (2012) Recovery and utilization of protein derived from surimi wash-water. *Journal of Food Quality*, 35(1), 43–50.

Teixeira, L. V. (2009). Análise sensorial na indústria de alimentos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 366(64), 12-21.

Wibowo, S. V., Savant, V., Cherian, G., Savage, T. F., Velazquez, G., & Torres, J. A. (2007). A Feeding Study to Assess Nutritional Quality and Safety of SurimiWashWater Proteins Recovered by a Chitosan-Alginate Complex. *Journal of Food Science*, 2(3), 179–184.

Zhou, Q. W., Ding, H. C., Li, D. F., Zhang, Y. P., Dai, Z. Y., & Zhou, T. (2016). Antioxidant Activity of Enzymatic Hydrolysate Derived From Hairtail Surimi Wash Water Using an Immobilized Chymotrypsin-Trypsin Column Reactor. *Journal of Food Biochemistry*, 40(1), 39– 46.

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/portal/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=RvrMUmAPCUxQCN2bSlvXPNzyYQk#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.

ANEXO A – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DO PERIÓDICO FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

A **Food Science and Technology** (Campinas) publica artigos científicos na área. Os trabalhos devem ser apresentados em inglês, escritos com texto claro e conciso, devendo observar as disposições normativas relacionadas neste documento.

Política editorial

A Food Science and Technology (Campinas) aceita submissões de artigos que contenham resultados de pesquisa original e adota a política de revisão por pares, anônima. A Rejeição de artigos pode ser feita pelo Editor Chefe, Editor Adjunto e pelos Editores associados.

O aceite dos trabalhos depende do parecer de pelo menos dois revisores indicados pela Comissão Editorial. Os pareceres dos revisores serão encaminhados aos autores para que verifiquem as sugestões e procedam às modificações que se fizerem necessárias. Em caso de discordância, a decisão final caberá ao Editor responsável pelo artigo ou, se este considerar necessário, outro revisor será consultado e os três pareceres serão analisados pela Diretoria de Publicações da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia - sbCTA, que tomará a decisão final.

Os trabalhos aceitos serão publicados na versão on-line da Revista e no SciELO, dentro um prazo médio de doze meses.

Autoria

A autoria deve ser limitada a aqueles que participaram e contribuíram substancialmente para o desenvolvimento do trabalho.

O autor para correspondência deve ter obtido permissão de todos os autores para realizar a submissão do artigo e para realizar qualquer alteração na autoria do mesmo.

Termo de concordância e cessão de direitos de reprodução gráfica

O autor para correspondência deverá assinar e encaminhar à Diretoria de Publicações da sbCTA o Termo de Concordância e Cessão de Direitos de Reprodução Gráfica em nome de todos os autores. Assinando o Termo de Concordância e Cessão de Direitos de Reprodução Gráfica, os autores concordam com o seguinte, descrito no Termo:

- Que o trabalho não foi submetido para avaliação por outra publicação de mesma finalidade;
- A submissão do trabalho e a nomeação do autor para correspondência indicado;
- A cessão do direito de reprodução gráfica para a sbCTA, caso o trabalho seja aceito para publicação.

Conteúdo da publicação

Artigos originais

O trabalho deve apresentar o resultado claro e sucinto de pesquisa realizada com respaldo do método científico.

Artigos de revisão

O trabalho deve apresentar um overview relativo à temática desta revista, normalmente com foco em literatura publicada nos últimos cinco anos.

Trabalhos envolvendo humanos

Quando houver apresentação de resultados de pesquisas envolvendo seres humanos, citar o número do processo de aprovação do projeto por um Comitê de Ética em Pesquisa, conforme Resolução nº 196/96, de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde.

Formatação dos manuscritos

A checagem das informações e a formatação do manuscrito são de responsabilidade dos autores. Artigos originais não podem exceder 16 páginas (excluindo referências). O manuscrito deve ser digitado em espaçamento duplo, em uma única coluna justificada, com margens de 2,5 cm. Linhas e páginas devem estar numeradas sequencialmente. (Verifique também o item Formatos de arquivo ao final deste documento).

Primeira página

A primeira página do manuscrito submetido deve conter obrigatoriamente as seguintes informações, nesta ordem:

- Relevância do trabalho: breve texto de no máximo 100 palavras que descreva sucintamente a relevância do trabalho;
- Títulos do trabalho:
 - a) Título em inglês;
 - b) Título para cabeçalho (6 palavras no máximo).

Página de autoria

A página de autoria do manuscrito deverá conter as seguintes informações:

- Nome completo e e-mail de todos os autores;
- Nomes abreviados de todos os autores para citação (ex.: nome completo: José Antonio da Silva; nome abreviado: Silva, J. A.);
- Informação do autor para correspondência (indicar o nome completo, endereço postal completo, números de telefone e FAX, e endereço de e-mail do autor para correspondência);
- Nome das instituições onde o trabalho foi desenvolvido, sendo: nome completo da instituição (obrigatório), unidade (opcional), departamento (opcional), cidade (obrigatório), estado (obrigatório) e país (obrigatório).

Página de Abstract e Keywords

Abstract

O abstract deve:

- Estar apenas em inglês;
- Estar em um único parágrafo de, no máximo, 200 palavras;
- Explicitar claramente o objetivo principal do trabalho;
- Delinear as principais conclusões da pesquisa;
- Se aplicável, indicar materiais, métodos e resultados;
- Sumarizar as conclusões;
- Não usar abreviações e siglas.

O Abstract não devem conter:

- Notas de rodapé;
- Dados e valores estatísticos significativos;
- Referências bibliográficas.

Practical Application

Texto curto, com no máximo 85 caracteres, apontando as inovações e pontos importantes do trabalho. O *Practical Application* será publicado.

Keywords e palavras-chave

O artigo deve conter no mínimo três(3) e no máximo seis(6) Keywords. Keywords devem estar somente em inglês. Para compor o Keywords de seu artigo, evite a utilização de termos já utilizados no título.

Páginas de Texto

O trabalho deverá ser dividido nas seguintes partes. As partes devem ser numeradas na seguinte ordem:

- Introdução;
- Material e métodos, que deve incluir delineamento experimental e forma de análise estatística dos dados;
- Resultados e discussão (podem ser separados);
- Conclusões;
- Referências bibliográficas;
- Agradecimentos (opcional).

No texto:

- Abreviações, siglas e símbolos devem ser claramente definidos na primeira ocorrência;
- Notas de rodapé não são permitidas;
- Títulos e subtítulos são recomendados, sempre que necessários, mas devem ser utilizados com critério, sem prejudicar a clareza do texto. Títulos e subtítulos devem ser numerados, respeitando a ordem em que aparecem;
- Equações devem ser geradas por programas apropriados e identificadas no texto com algarismos arábicos entre parêntesis, na ordem que aparecem. Elas devem ser citadas no corpo do texto em formato editável e devem estar em posição indicada pelo autor. Por favor, não envie imagens de equações em hipótese alguma. Equações enviadas separadamente não serão aceitas, serão consideradas apenas as equações contidas no texto.

Tabelas, Figuras e Quadros

Tabelas, Figuras e Quadros devem formar um conjunto de no máximo sete elementos. Devem ser numerados com numerais arábicos, seguindo-se a ordem em que são citados. No Manuscrito.pdf - versão para avaliação - e no Manuscrito.doc - versão para produção -, tabelas, equações, figuras e quadros devem ser inseridos no texto completo e na posição preferida pelo autor e que também proporcione o melhor fluxo de leitura. Veja abaixo os detalhes para o envio desses itens na versão para produção.

Figuras e quadros (versão para produção)

Figuras e Quadros devem ser citados no corpo do texto, em posição que proporcione o melhor fluxo de leitura, e ordenados numericamente, utilizando-se numerais arábicos; as respectivas legendas devem ser enviadas no texto principal de acordo com a indicação do autor. Ao enviar figuras com fotos ou micrografias certifique-se que essas sejam escaneadas em alta resolução, para que cada imagem fique com no mínimo mil pixels de largura. Todas as fotos devem ser acompanhadas do nome do autor, pessoa física. Para representar fichas, esquemas ou fluxogramas devem ser utilizados Quadros.

Tabelas (versão para produção)

As tabelas devem ser citadas no corpo do texto e numeradas com algarismos arábicos. Devem estar inseridas no corpo do texto em posição indicada pelo autor. Tabelas enviadas separadamente não serão aceitas, serão consideradas apenas as tabelas contidas no texto. As tabelas devem ser elaboradas utilizando-se o recurso Tabela do programa Microsoft Word 2007 ou posterior; não devem ser importadas do Excel ou Powerpoint e devem:

- Ter legenda com título da Tabela;
- Ser auto-explicativa;
- Ter o número de algarismos significativos definidos com critério estatístico que leve em conta o algarismo significativo do desvio padrão;
- Ser em número reduzido para criar um texto consistente, de leitura fácil e contínua;
- Apresentar dados que não sejam apresentados na forma de gráfico;
- Utilizar o formato mais simples possível, não sendo permitido uso de sombreamento, cores ou linhas verticais e diagonais;
- Utilizar somente letras minúsculas sobrescritas para indicar notas de rodapé que informem abreviações, unidades etc. Demarcar primeiramente as colunas e depois as linhas e seguir essa mesma ordem no rodapé.

Nomes proprietários

Matérias-primas, equipamentos especializados e programas de computador utilizados deverão ter sua origem (marca, modelo, cidade, país) especificada.

Unidades de medida

- Todas as unidades devem estar de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI);

Temperaturas devem ser descritas em graus Celsius.

Referências bibliográficas

Citações no texto

As citações bibliográficas inseridas no texto devem ser feitas de acordo com o sistema "Autor Data". Por exemplo, citação com um autor: Sayers (1970) ou (Sayers, 1970); com dois autores: Moraes & Furuie (2010) ou (Moraes & Furuie, 2010); e acima de dois autores apresenta-se o primeiro autor seguido da expressão "et al.". Nos casos de citação de autor entidade, cita-se o nome dela por extenso.

Lista de referências

A revista **Food Science and Technology (CTA)** adota o estilo de citações e referências bibliográficas da American Psychological Association - APA. A norma completa e os tutoriais podem ser obtidos no link <http://www.apastyle.org>.

A lista de referências deve ser elaborada primeiro em ordem alfabética e em seguida em ordem cronológica, se necessário. Múltiplas referências do mesmo autor no mesmo ano devem ser identificadas por letras "a", "b", "c" etc. apostas ao ano da publicação.

Artigos em preparação ou submetidos à avaliação não devem ser incluídos nas referências. Os nomes de todos os autores deverão ser listados nas referências, portanto não é permitido o uso da expressão "et al."

Segundo determinação da Diretoria de Publicações da sbCTA, os artigos aceitos cujas referências bibliográficas estejam fora do padrão determinado ou com informações incompletas NÃO SERÃO PUBLICADOS até que os autores adequem as referências às normas.

Exemplos de referências

Livro

Baccan, N., Aleixo, L. M., Stein, E., & Godinho, O. E. S. (1995). *Introdução à semimicroanálise qualitativa* (6. ed.). Campinas: EduCamp. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. (2006). Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO (versão 2, 2. ed.). Campinas: UNICAMP/NEPA.

Capítulo de livro

Sgarbieri, V. C. (1987). Composição e valor nutritivo do feijão *Phaseolus vulgaris* L. In E. A. Bulisani (Ed.), *Feijão: fatores de produção e qualidade* (cap. 5; p. 257-326). Campinas: Fundação Cargill.

Artigo de periódico

Versantvoort, C. H., Oomen, A. G., Van de Kamp, E., Rempelberg, C. J., & Sips, A. J. (2005). Applicability of an in vitro digestion model in assessing the bioaccessibility of mycotoxins from food. *Food and Chemical Toxicology*, 43(1), 31-40. Sillick, T. J., & Schutte, N. S. (2006). Emotional intelligence and self-esteem mediate between perceived early parental love and adult happiness. *E-Journal of Applied Psychology*, 2(2), 38-48. Retrieved from <http://ojs.lib.swin.edu.au/index.php/ejap>

Trabalhos em meio eletrônico

Richardson, M. L. (2000). *Approaches to differential diagnosis in musculoskeletal imaging* (version 2.0). Seattle: University of Washington, School of Medicine. Retrieved from <http://www.rad.washington.edu/mskbook/index.html>

Legislação

Brasil, Ministério da Educação e Cultura. (2010). *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Teses e dissertações

Fazio, M. L. S. (2006). *Qualidade microbiológica e ocorrência de leveduras em polpas congeladas de frutas* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

Eventos

Sutopo, W., Nur Bahagia, S., Cakravastia, A., & Arisamadhi, T. M. A. (2008). A Buffer

stock Model to Stabilizing Price of Commodity under Limited Time of Supply and Continuous Consumption. In *Proceedings of The 9th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS)*, Bali, Indonesia.

Formatos de arquivo

O texto principal do manuscrito deve ser submetido da seguinte forma:

Manuscrito.pdf: versão para avaliação

- Formato .pdf;
- Fonte Times New Roman, tamanho 12;
- Espaçamento duplo entre linhas;
- Texto completo do manuscrito (no máximo 16 páginas);
- Figuras, quadros e tabelas com suas respectivas legendas devem ser submetidos junto ao texto completo e nas posições preferidas pelo autor;
- Linhas e páginas devem ser numeradas seqüencialmente;
- Deve ter a folha de rosto excluída;
- Deve ter os nomes dos autores e instituições removidos da página de título;
- Deve ser nomeado manuscritoavaliacao.pdf.
-

Manuscrito.doc: versão para produção

- Formato Microsoft Word® 2007 ou posterior;
- Fonte Times New Roman, tamanho 12;
- Espaçamento duplo entre linhas;
- Figuras, quadros, tabelas, equações e suas respectivas legendas devem ser incorporadas no Texto do Manuscrito nas posições indicadas pelo autor;
- Linhas e páginas devem ser numeradas seqüencialmente;
- Deve ter a folha de rosto em arquivo separado;
- Deve ter os nomes dos autores e instituições na primeira página;
- Deve ser nomeado manuscritoproducao.doc

Revisão do inglês

Os trabalhos devem ser apresentados em inglês, com carta de comprovação de revisão assinada por especialista no idioma inglês (brasileiro ou estrangeiro). Todas as revisões de inglês devem ser acompanhadas de uma carta detalhando as alterações feitas no documento original.

Antes de realizar a submissão on-line, o autor para correspondência deverá preencher e assinar o Termo de Concordância e Cessão de Direitos de Reprodução Gráfica.

Encaminhar o termo para o e-mail publicacoes@sbcta.org.br. O processo de avaliação não se inicia até que o Termo de Concordância e Cessão de Direitos de Reprodução Gráfica seja recebido.