



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOQUÍMICAS DO FILÉ DE *Pangasius bocourti* CULTIVADO EM BOM JARDIM, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

Physical and Biochemical Characteristics of *Pangasius bocourti* fillet cultivated in Bom Jardim, State of Maranhão, Brazil

Diego Aurélio dos Santos Cunha^{1*}  Alline Vieira Coelho²  Lyssandra Kelly Silva Ferreira³ 
Elaine Cristina Batista dos Santos⁴  & Audálio Rebelo Torres Junior⁵ 

¹ Programa de Pós-graduação em Recursos Aquáticos e Pesca - Universidade Estadual do Maranhão

² Programa de Pós-graduação em Oceanografia - Universidade Federal do Maranhão

³ Programa de Pós-graduação em Ciência Animal - Universidade Estadual do Maranhão

⁴ Departamento do Curso de Engenharia de Pesca - Universidade Estadual do Maranhão

⁵ Programa de Pós-graduação em Recursos Aquáticos e Pesca - Universidade Federal do Maranhão

*Autor Correspondente: Cunha, D.A.S., e-mail: diegomorpheus13@gmail.com

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade do filé com pele do panga (*Pangasius bocourti*) inteiro estocado em gelo durante 25 dias, utilizando como indicadores de qualidade os valores de bases voláteis totais e pH; e medidas físicas como cor, perda de água por cocção e capacidade de retenção de água. Foram utilizados 80 exemplares de *P. bocourti* e analisados durante o 1º, 4º, 8º, 12º, 16º, 19º, 22º e 25º dia estocado em gelo, onde para cada dia foram utilizados 10 exemplares. No 1º dia, os filés apresentaram bases nitrogenadas voláteis totais (N-BVT) de 15,65 mgN.100g⁻¹ que aumentou progressivamente e atingiu 30,10 mgN.100g⁻¹ no 25º dia de armazenamento em gelo. O pH inicial dos filés de *P. bocourti* foi 6,76 (± 0,05) e atingiu um pH de 6,96 (± 0,09) no 25º dia de armazenamento, apresentando características organolépticas inaceitáveis para consumo humano. Os filés expressaram inicialmente aspecto avermelhado e amarelado para o filé de fêmea e vermelhidão para os filés de macho. As luminosidades indicaram que os filés inicialmente possuíram aparências levemente translúcida aos filés de fêmeas e suavemente opaca aos filés de machos, e ao término do período estocagem os filés estavam excessivamente opacos para ambos os sexos. A capacidade de retenção de água no 1º dia foi 77,83% e 70,16% no 25º dia armazenamento. A perda de água por cocção inicial foi 16,9% e 22,9% no 25º dia armazenamento. Contudo, os filés de *P. bocourti* frescos e estocados em gelo permaneceram aptos para o consumo humano até 12º dia de estocagem, com concentrações de bases voláteis nitrogenadas totais (N-BVT) e pH dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira.

Palavras-chave: Segurança alimentar; Qualidade do pescado; Processamento do pescado; Peixe-panga; Consumidor.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the quality of whole panga skin fillet (*Pangasius bocourti*) stored on ice for 25 days, using total volatile base and pH values as quality indicators; and physical measurements such as color, water loss during cooking and water retention capacity. 80 specimens of *P. bocourti* were used and

analyzed during the 1st, 4th, 8th, 12th, 16th, 19th, 22nd and 25th day stored on ice, where 10 specimens were used for each day. On the 1st day, the fillets presented total volatile nitrogen bases (N-BVT) of 15.65 mgN.100g⁻¹, which progressively increased and reached 30.10 mgN.100g⁻¹ on the 25th day of storage on ice. The initial pH of *P. bocourti* fillets was 6.76 (\pm 0.05) and reached a pH of 6.96 (\pm 0.09) on the 25th day of storage, presenting organoleptic characteristics unacceptable for human consumption. The fillets initially expressed a reddish and yellowish appearance for the female fillet and redness for the male fillets. The luminosity indicated that the fillets initially had a slightly translucent appearance for female fillets and slightly opaque appearance for male fillets, and at the end of the storage period the fillets were excessively opaque for both sexes. The water retention capacity on the 1st day was 77.83% and 70.16% on the 25th day of storage. The water loss due to initial cooking was 16.9% and 22.9% on the 25th day of storage. However, fresh *P. bocourti* fillets stored on ice remained suitable for human consumption until the 12th day of storage, with concentrations of total volatile nitrogenous bases (N-BVT) and pH within the limit established by Brazilian legislation.

Keywords: Food security; Fish quality; Fish processing; Panga fish; Consumer

INTRODUÇÃO

A piscicultura brasileira em 2023 avançou 3,1% e chegou a 887.029 t, a tilápia contou com 579.080 t (65,3% do total), os peixes nativos com 263.479 t (29,7% do total) e as outras espécies (carpa, truta e pangasius) somaram 44.470 toneladas (5% do total), a produção do panga em estados das regiões Sudeste e Nordeste, o Rio Grande do Sul, com 17.000 toneladas, lidera o cultivo dessas espécies, seguido por Santa Catarina, Maranhão, Piauí e São Paulo. Entre os cinco estados, dois apresentaram queda da produção de outras espécies (SC e MA), dois em alta (PI e SP) e um com estabilidade (RS) (Peixe-BR, 2024).

Estimativas oficiais apontam que o pescado é uma parte essencial da dieta diária de muitos países, contribuindo com 25% da oferta mundial de teor proteico de origem animal. O consumo mundial per capita de pescado chegou a ser de 20,2 kg em 2020, a população brasileira consome 9,5 kg/ano (Sofia, 2022).

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2016) calcula que o Brasil terá crescimento de 104% na produção decorrente da pesca e aquicultura até o ano de 2025. Segundo o Peixe-BR (2024), a tilápia representou um crescimento na produção de 2023, onde representou 65,3% do total. Disponibilidade hídrica e clima favorável, beneficiam o país a ser um dos poucos aptos no mundo a expandir a oferta de pescado nos anos que estão por vir (Brasil, 2013a; Brasil, 2013b).

O peixe é uma das fontes de proteína mais conhecidas devido a alguns peptídeos e aminoácidos essenciais de fácil digestibilidade (Tacon & Metian, 2012; Tilami & Sampels, 2017), proteína altamente digerível, aminoácidos não essenciais ideais, ácidos graxos e composição de micronutrientes (Merino et al., 2012). O processamento deste pescado gera quantidades consideráveis de resíduos (Surasani, Khatkar & Singh, 2017), estes resíduos ricos em nutrientes podem ser usados para consumo humano (Surasani, Tanaji & Ballari, 2018). Os filés de pangas contêm uma quantidade considerável de sobras de carne, que pode ser recuperado para fins comestíveis (Reddy Surasani et al., 2019).

Os peixes certamente vão além de uma fonte de proteína e podem servir como um vetor ideal para a entrega de muitos nutrientes vitais (Kwasek, Thorne-Lyman & Phillips, 2020).

No presente estudo objetivamos avaliar a qualidade do filé semi-aparado do *Pangasius bocourti* inteiro estocado em gelo durante 25 dias, utilizando como indicadores de qualidade os valores de bases nitrogenadas voláteis totais e pH; e medidas físicas de cor, perda de água por cozimento e capacidade de retenção de água.

MATERIAL E MÉTODOS

A proposta de pesquisa tem protocolo de aprovação nº 027/2019, pela Comissão de Ética e Experimentação Animal-CEEA do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão para atender as normas das Resoluções do Conselho Federal de Medicina Veterinária-CFMV nº 879/2008, revogada pela 1000/2012 e a Lei Federal nº 11794/2008, que tratam dos procedimentos Éticos na Experimentação Animal.

Os 80 exemplares de *P. bocourti* foram obtidos em uma piscicultura localizada no município de Bom Jardim, Estado do Maranhão, armazenados em caixas térmicas com gelo e vedadas, transportadas para o Laboratório de Tecnologia do Pescado, localizado na Fazenda Escola São Luís no Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão.

Foram medidos o pH muscular utilizando pHmetro digital portátil previamente calibrado, os procedimentos de preparação do material a ser medido foram: trituração e homogeneização da carne do *P. bocourti* (10 g) em água destilada (40 mL), seguido da leitura através da introdução da sonda na mistura nos 10 exemplares/dia dos 1º, 4º, 8º, 12º, 16º, 19º, 22º e 25º dias.

A concentração de bases nitrogenadas voláteis totais (N-BVT) foi determinada nos 10 exemplares/dias e para cada exemplar foi feita triplicata nos 25 dias de análises, a partir de uma porção de 10 g de músculo triturado, no 1º, 4º, 8º, 12º, 16º, 19º, 22º e 25º dia, de acordo com a metodologia de Howgate (1976).

A capacidade de retenção de água foi estimada conforme a metodologia descrita por (Goes et al., 2015), onde os filés foram triturados e homogeneizados, retirou uma amostra de 5g, foi envolvida em um papel filtro com espessura de 200 µm e gramatura de 80 g/m² e submetida à centrifugação a 3500 rpm por 10 minutos. A pressão por centrifugação exercida sobre a amostra foi uniforme em toda sua área. Posteriormente a amostra foi pesada e os resultados expressos em percentuais.

Para determinação da perda de água por cocção (*cooking loss*), foi utilizada a metodologia de Cason, Lyon & Papa (1997) e adaptada. Os filés de cada exemplar foram pesados individualmente e acondicionados em sacos de polietileno (*zip lock*), fechados e submetidos à cocção por cinco minutos em banho-maria com temperatura de 90°C, a seguir foram resfriados ainda na embalagem em água gelada, em água gelada, a seguir foram secos utilizando papel absorvente e finalmente pesados. A diferença entre o peso inicial e o final do filé correspondeu à perda de água por cozimento.

Para a análise da variação de coloração dos filés semi-aparados, foi realizado inicialmente registro fotográfico utilizando uma Câmera *Canon PowerShot SX540 HS* (20,3 *Mpixel*). As imagens foram transferidas para um computador para análise do padrão de coloração digital RGB (*Red, Green, Blue*), utilizando o software de edição de cores - *Paint - Microsoft Windows 10* para gerar os respectivos valores. As leituras foram coletadas aleatoriamente para cada amostra em dez pontos equidistantes para obtenção da média dos padrões RGB e posteriormente foram convertidos ao sistema de cores *CIE Lab*.

O delineamento experimental foi realizado com oito tempos (no 1º, 4º, 8º, 12º, 16º, 19º, 22º e 25º dia) e dez repetições. Foi realizada análise de variância (ANOVA) com $p < 0,05$, nos casos em que houve diferenças significativas foram aplicados o teste de *Tukey* e o método não-paramétrico de *Friedman*, a um nível de significância ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nível inicial de bases nitrogenadas voláteis totais (N-BVT) verificados nos filés semi-aparados foi 15,65 mgN.100g⁻¹ a qual aumentou progressivamente durante todos os períodos de estocagem e atingiu 30,10 mgN.100g⁻¹ no vigésimo quinto dia de armazenamento em gelo (Figura 1). Esses níveis variaram significativamente a partir 12 dias de estocagem, mantendo-se sem variação significativa até período de 22 dias de estocagem, após este período de estocagem os filés apresentam concentrações de bases nitrogenadas voláteis totais superiores a 30 mgN.100g⁻¹ de carne.

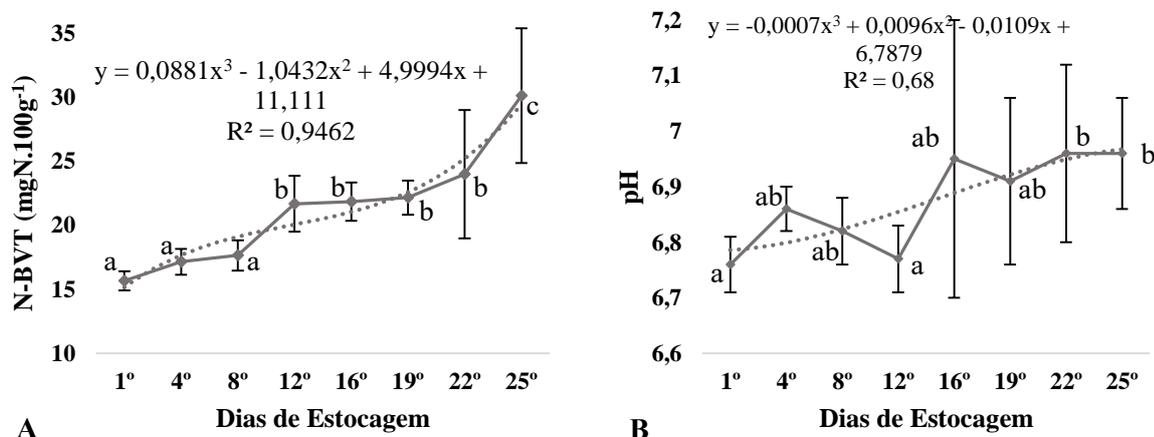


Figura 1. Valores médios das análises de bases nitrogenadas voláteis totais e pH dos filés de *Pangasius bocourti* inteiros estocados em gelo por 25 dias. Nota: Média ± Desvio padrão. A) Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (N-BVT); B) Potencial Hidrogeniônico (pH); As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos dentro do mesmo tratamento pelo teste de *Friedman* ($p < 0,05$).

O acréscimo de N-BVT durante o período de estocagem é resultante do aumento da amônia gerado pelas ações bacterianas anaeróbicas facultativas, que por sua vez influencia na perda gradativa da qualidade do frescor dos filés e do grau de conservação (Howgate, 2010).

Salienta-se que, os filés semi-aparado sob refrigeração durante 25 dias apresentaram níveis N-BVT acima do limite preconizada pela Portaria nº 185/97 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (Mapa), cujo valor estabelecido para esse parâmetro deve se mantido abaixo de 30 mgN.100g⁻¹ de carne para assegurar a validade comercial do pescado apto ao consumo humano.

Baseado nas informações de Marinho et al. (2014), que estabeleceu uma classificação a qualidade de peixes de água doce conforme os níveis de N-BVT em três categorias: i) Excelente estado de frescor (N-BVT = 4 a 10 mgN.100g⁻¹), ii) peixes com frescor razoável (N-BVT = 10 a 19 mgN.100g⁻¹), iii) peixes no início da putrefação (N-BVT = acima de 20 mgN.100g⁻¹). Utilizando essa classificação, observa-se que o período máximo de estocagem e comercialização para os filés são para até 12 dias, pois o produto a base do pescado encontra-se com características organolépticas adequadas ao consumo humano, tal fato foi constatado por Cunha et al. (2020) onde foi constatado que a vida útil de prateleira do *P. bocourti* inteiro armazenado em gelo durante 25 dias através de análise sensorial utilizando método de índice de qualidade, permanecem aptos para o consumo humano pelo mesmo período do referido estudo.

Os valores de N-BVT encontrados no estudo apresentam resultados análogos aos observados por Jeyasekaran et al. (2005), ao relatar as mudanças em N-BVT em bacalhau (*Epinephelus merra*), nas quais apresentaram valores de 15,18 a 35,60 mgN.100g⁻¹ de carne no período de 11 a 19 dias de armazenamento em gelo. Assim como, Chudasama, Dave & Bhola (2018) avaliando as mudanças de N-BVT na cavala indiana (*Rastrelliger kanagurtae*) resfriados durante 7 dias estocagem a uma temperatura 2 a 4°C observaram que valores entre 18,6 a 25,9 mgN.100g⁻¹ de musculatura durante 5 a 7 dias de armazenamento; e Gonçalves & Soares (2017), ao analisar a qualidade de carapeba (*Eucinostomus gula*) armazenada em gelo, constataram que ao 12º dia atingiu valores de 30,43 ± 2,11 mgN.100g⁻¹ com aumento com tempo de armazenamento.

O pH inicial dos filés de *P. bocourti* foi 6,76 (± 0,05) seguindo de um acréscimo para 6,86 (± 0,04) no 4º dia e uma diminuição para 6,82 (± 0,06) no 8º dia de estocagem em gelo. A partir do 12º dia em diante aumentou progressivamente até atinge um pH de 6,96 (± 0,09) no 25º dia de armazenamento, nas quais apresentaram características organolépticas inaceitáveis para consumo humano. Esses valores variaram significativamente durante todo os dias de estocagem, conforme mostra a Figura 1.

O acréscimo do pH verificados pode estar relacionado formação acumulativa de compostos alcalinos, como amônia e trimetilamina no desdobramento óxido de trimetilamina provenientes principalmente da ação microbiana e enzimática durante a deterioração muscular dos peixes (Ashie et al., 1996; Chudasama, Dave & Bhola 2018; Jeyasekaran et al., 2005; Rodriguez et al., 2004; Soares et al., 1998).

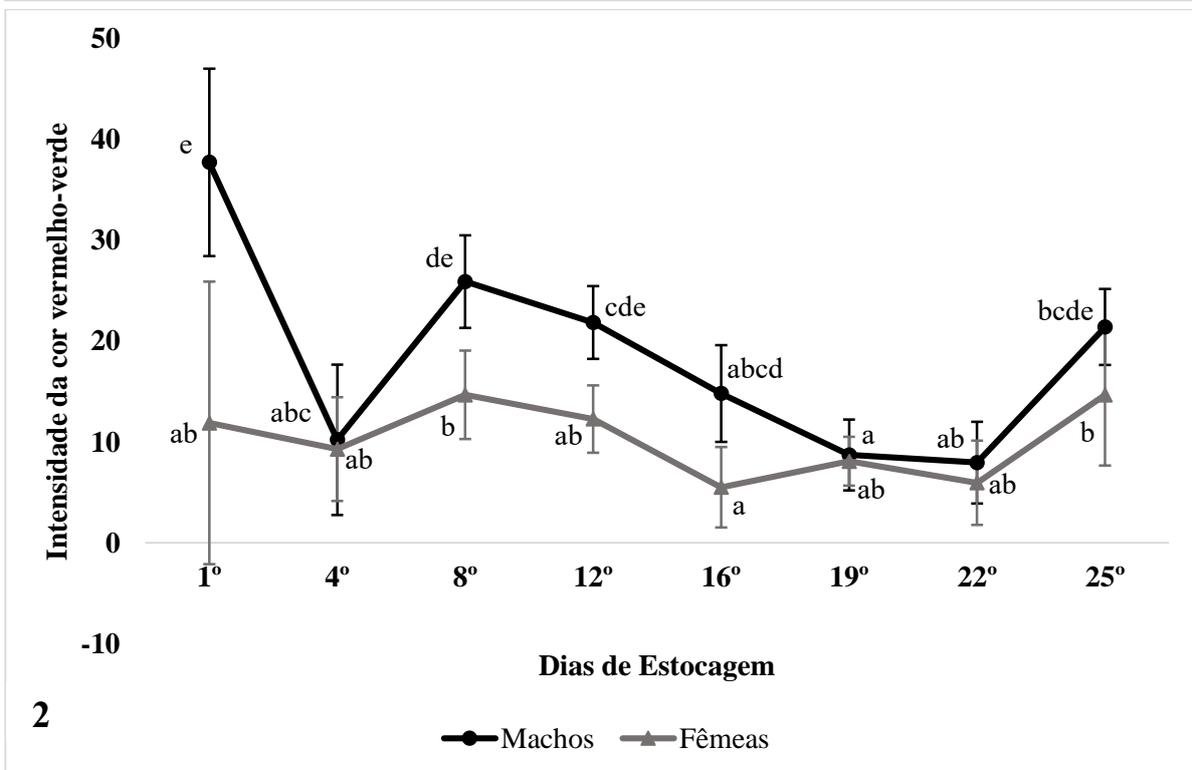
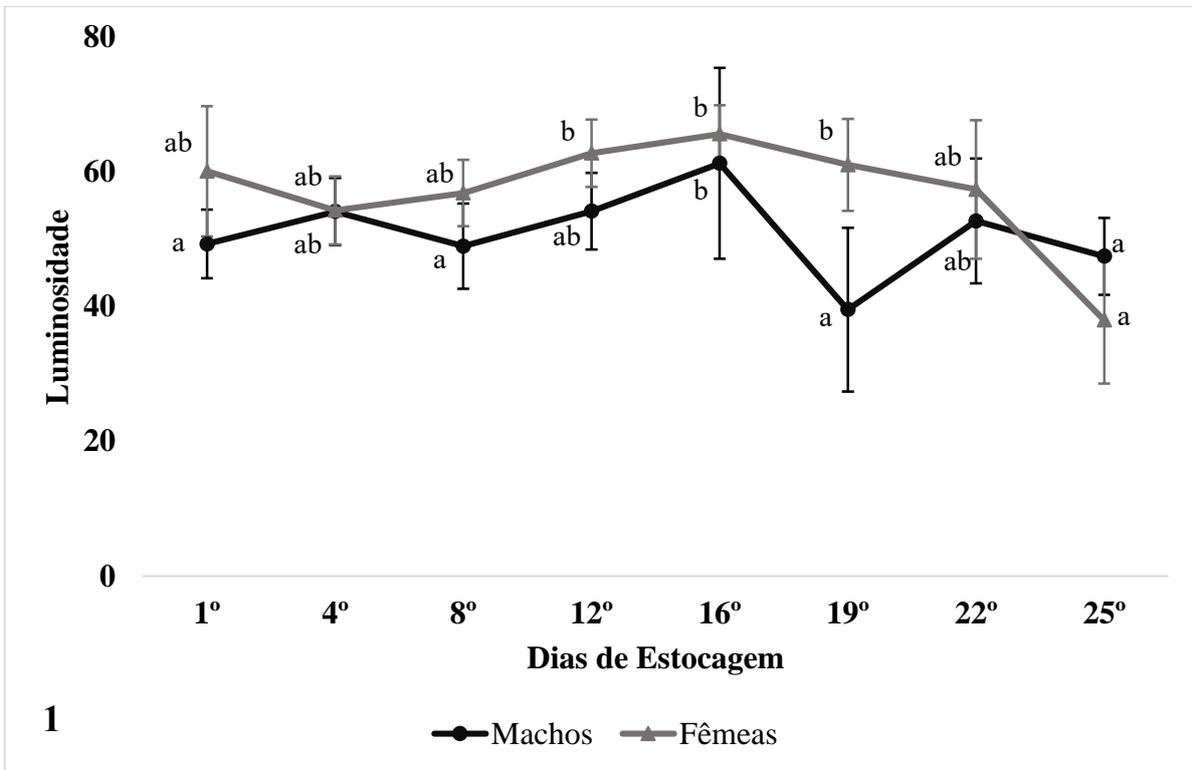
Notou-se que, também, os pH dos filés durante todos os períodos de estocagem, exceto o primeiro período (1º dia), se mantiveram acima do limite preconizada no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Riispoa) (2017) e a Portaria nº185/1997 do Mapa, cujo valor do pH para o pescado in natura varia entre 6,5 a 6,8 para que a matéria-prima esteja em boa qualidade.

Os valores de pH encontrados no presente estudo foram semelhantes aos relatados por Chudasama, Dave & Bhola (2018), ao expor as mudanças de pH de cavala indiana (*Rastrelliger kanagurtae*) resfriados e congelados durante 7 dias estocagem a uma temperatura de 2 a 4°C, nas quais mencionaram um aumento significativo nos valores de pH durante o período de estocagem, que variaram conforme a forma de armazenamento em 5,67 a 7,27 para peixes congelado e 5,67 a 6,53 para peixe resfriado. Também apresenta semelhança as informações Gonçalves & Soares (2017), ao expor os parâmetros de qualidade de carapeba (*Eucinostomus gula*) fresca e inteira armazenado durante 18 dias, que apresentou valores de pH entre 6,16 e 6,96. Assim como aos mencionados por Jeyasekaran et al. (2005), ao relatar as mudanças em pH em bacalhau (*Epinephelus merra*) durante 19 dias de armazenamento de gelo, que expuseram valores de pH entre 6,36 a 7,47.

Com base nos valores a* que expressa pigmentação amarelada, b* proporciona a pigmentação avermelhado visualizado na coloração do filé, conforme a Figura 2.

Notou-se que durante o período de estocagem dos filés expressaram inicialmente aspecto avermelhado e amarelado para o filé de fêmea e vermelhidão para os filés de macho. No 4º dia de estocagem, os filés apresentaram uma cor mais clara, menos avermelhada e amarelada para ambos. A partir do 8º dia os filés apresentaram comportamentos cromáticos distintos conforme o sexo do exemplar. Para os filés de fêmea apresentaram variações de despigmentações abrangendo avermelhado acentuado, passando para amarelado e

levemente avermelhado (12º dia), amarelado (16º dia), avermelhado levemente amarelado (19º dia e 22º dia) até a carne amarelada com regiões avermelhado acentuado. Já em relação aos filés de macho uma despigmentação da carne que varia de avermelhada e amarelada (8º a 22º dia), até amarelada acentuada com regiões isoladas avermelhada (25º dia).



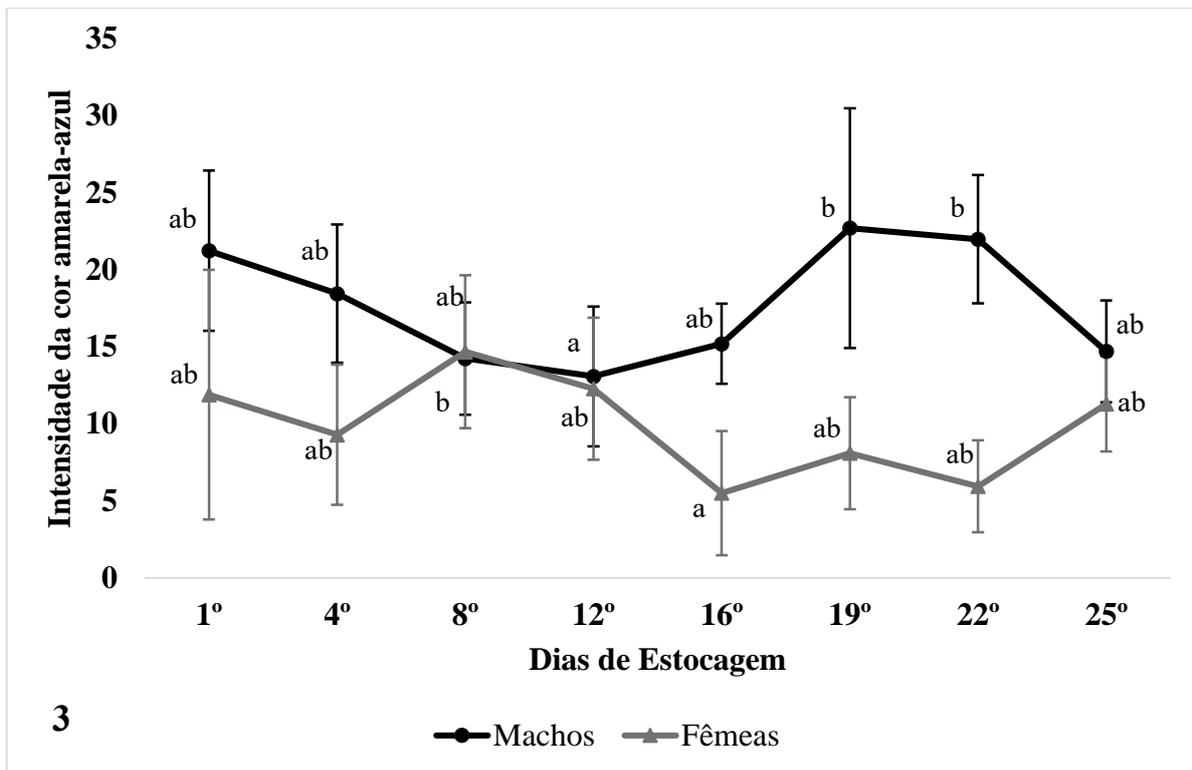


Figura 2. Valores médios de CIE L* a* b* dos filés de fêmeas e de machos de *Pangasius bocourti* inteiros estocados em gelo por 25 dias. Nota: Média \pm Desvio padrão. 1) L* = luminosidade; 2) a* = intensidade da cor vermelho-verde; 3) b* = intensidade da cor amarela-azul. As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos dentro do mesmo tratamento pelo teste de *Friedman* ($p < 0,05$).

Os aspectos cromáticos dos filés podem ser influenciados pelos carotenóides astaxantina e cantaxantina, que por sua vez intervêm na percepção da coloração do filé e aceitação/rejeição do produto cárneo pelo consumidor (Nickell & Springate, 2001). Esses carotenóides apresentam uma correlação com teores lipídicos na qual afeta a pigmentação dos filés. Segundo Erikson & Misimi (2008) e Aursand et al. (1994), o alto teor de lipídio causa diluição da astaxantina e cantaxantina, que resulta na coloração mais pálida em regiões abdominais e tecidos musculares acima da linha lateral, isso é decorrente porque a gordura não é distribuída uniformemente ao longo do filé.

As pigmentações dos filés podem estar correlacionadas com a desnaturação da proteína, perda do líquido, mudança no conteúdo mioglobina e hemoglobina, exposição da carne fresca ao ar e oxidação da oximioglobina e lipídica (Huaman, Rosa & Prentice, 2019; Ozbay, Spencer & Gill, 2006; Stien et al., 2005). As reações de pigmento oximioglobina são consideradas a principal razão para o aumento da cor vermelha e reações oxidação lipídica está fortemente associada com cor amarela (Guerrero et al., 2015; Sun et al., 2017).

As luminosidades indicaram que os filés inicialmente possuíram aparências levemente translúcida para filés de fêmeas e suavemente opaca para filés de machos (Figura 2). A partir do 4º dia os filés apresentaram comportamentos cromáticos distintos conforme o sexo do exemplar. No período de estocagem do 8º ao 16º dia, os filés de fêmea expressaram um aumento na translúcida da carne (menos opacidade) conforme o aumento do tempo de estocagem. Após esse período percebeu-se, ainda, um aumento contínuo da opacidade dos filés estocados até 25º dia, tornando-os extremamente opaco e altamente pálidos. Já em relação aos filés de machos apresentaram alto e diminuição na opacidade, respectivamente, de forma contínua durante o período do 8º ao 25º dia, resultando assim ao término do período estocagem os filés estavam excessivamente opacos.

Um fenômeno semelhante foi observado por Chan et al. (2020), onde a luminosidade do salmão do atlântico diminuiu até o 4º dia, mostrando filés menos translúcidos (mais opaco), e aumentou no 7º ao 15º dia, tornando os filés mais pálidos. Segundo Erikson & Misimi (2008), a luminosidade pode ser influenciada pela duração do rigor, desnaturação proteica e tensão de manuseio *perimortem*, pois a contração muscular pode causar diferenças nos aspectos da carne.

A capacidade de retenção de água (CRA) de filés no primeiro dia foi de 77,83%. No 8º dia de estocagem ocorreu um aumento no percentual para 79,00%. Em seguida, no 12º dia de estocagem, houve um acréscimo

no valor percentual para 79,17%. Sucedeu-se um aumento no 16º dia, na qual proporcionou percentual de 79,50% e diminuição no 19º dia que apresentaram percentual de 79,33%. A partir do dia 19º dia de estocagem sofreu uma redução na capacidade até o 25º dia que atingiu percentual de 70,16% (Figura 3A).

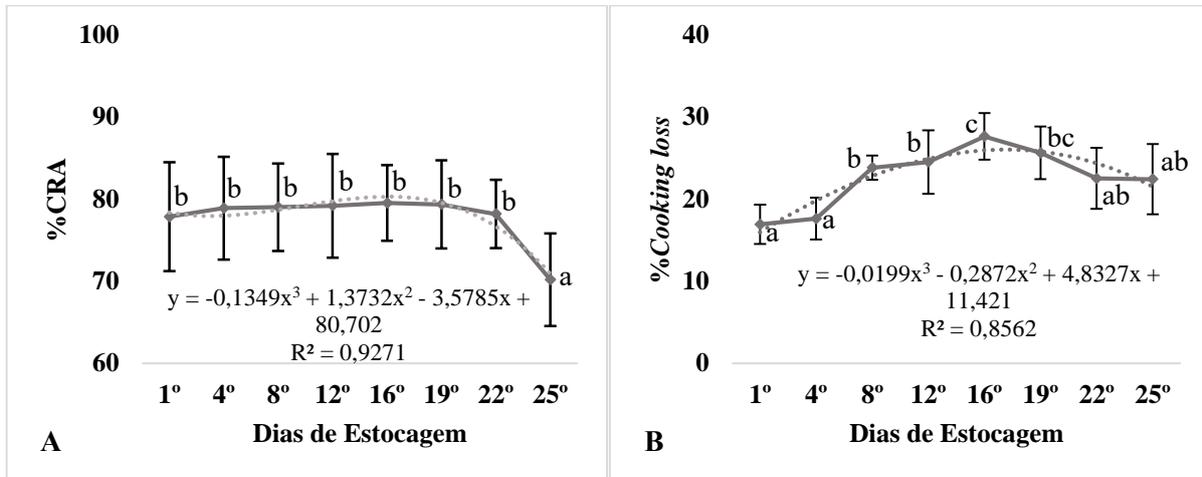


Figura 3. Percentuais médios de capacidade de retenção de água (%CRA) e perda de água por cocção (%Cooking loss) dos filés de *Pangasius bocourti* inteiros estocados em gelo por 25 dias. Nota: A) Capacidade de retenção de água (CRA) e B) Perda de água por cocção (Cooking loss). As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos dentro do mesmo tratamento pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A capacidade de retenção de água dos filés *P. bocourti* pode ser influenciado pelas características genéticas e nutricionais, grau de desnaturação proteica presente no pescado, distribuição do fluido nos espaços intra e extracelular, pH, força iônica e forças físicas (pressão e calor) durante o processo congelamento, descongelamento (*drip loss*) e cocção (*cooking loss*) e processo de filetagem que expõem muco e exerce uma pressão na carne interferindo na sua propriedade física (Jonsson et al., 2001; Rotabakk, Melberg & Lerfall, 2018; Warner, 2017). Por sua vez esta afeta diretamente importantes parâmetros na qualidade da carne como textura, aparência e estabilidade na preservação, especificamente na distribuição celular (Lakshmanan, Parkinson. & Piggott, 2007).

Os percentuais da capacidade de retenção de água do *Pangasius bocourti* durante todos os períodos de estocagem em gelo mantiveram superior a capacidade de retenção de filé do *P. hypophthalmus* congelado (Souza et al., 2020), na qual expressou percentual médio de 45,96%.

A capacidade de retenção de água é a competência da carne em prender a água refreada em sua composição (Honorato et al., 2014), e/ou parte de sua própria água durante a aplicação de forças externas, corte, trituração, prensagem ou aquecimento (Zayas, 1997). Tal característica, para o consumidor, encontra-se arrolada com a feição inicial com a palatabilidade da carne (Olivo, 2004) e suculência (Elmasry et al., 2012; Warner, 2017), e estar diretamente influenciada pelo pH do músculo (Rebouças et al., 2017; Huff-Lonergan, 2009).

A capacidade de retenção de água pode afetar as mudanças de peso durante o armazenamento e transporte, a perda de peso durante o descongelamento e o cozimento e a textura da carne (Huff-Lonergan, 2009; Kaale et al., 2014).

Com a elevação do pH na carne, as proteínas se espaçam do seu estado isoelétrico, derivando no crescimento do aditivo líquido negativo e, dessa forma, aumentando a animosidade eletrostática entre elas, que beneficia a detenção da água no músculo (Carneiro et al., 2013; Huff-Lonergan, 2009). A previsão da capacidade de retenção de água é uma indicação para perda de peso em carnes cruas, cozidas e processadas (Elmasry et al., 2012; Warner, 2017).

A perda de água por cocção inicial foi 16,9% (Figura 3B) seguindo de uma redução para 16,6% no 4º dia e um acréscimo para 23,8% no 8º dia de estocagem em gelo. No período do 8º ao 16º dia de estocagem apresentam um aumento na perda de água, resultando um percentual de perda de 27,6%. A partir do 19º dia em diante aumentou progressivamente até o percentual de perda de 22,9% no 25º dia armazenamento.

Os percentuais de perda de água foi influenciado pelo aquecimento de sítios ativos em domínios hidrofílicos das proteínas musculares ocasionados pelas alterações químicas, físico-químicas e estruturais dos componentes

da compartimentalização da membrana celular, assim com a diminuição das fibras musculares, redução da coagulação proteica, agregação miofibrilares e sarcoplasmáticas, e solubilização do tecido conjuntivo e adiposo, ocasionando uma perda de água (Fauconneau et al., 1995; Califano et al., 1997; Careche et al., 1999; García et al., 1999; Tornberg, 2005). Esses parâmetros apresentam uma interdependência com características da matéria-prima como peso, composição centesimal e, principalmente com o pH, devido a sua influência nos níveis de desnaturação proteica (Roman & Sgrabieri, 2005; Huff-Lonergan, 2009).

Quanto maior a capacidade de reter água, menor será a perda por cocção das amostras (Bouton, Harris & Shorthose, 1971). No processo de cocção, vários atributos são modificados, como os teor lipídico e umidade, influenciando diretamente no produto (Freire et al., 2016).

A desnaturação e agregação das proteínas miofibrilares em peixes durante o armazenamento congelado leva à diminuição da capacidade de retenção de água, o que causa um aumento no cozimento (Li et al., 2018; Warner, 2017).

Em geral, as indústrias pesqueiras preferem um longo período de pré-rigor para dar maior flexibilidade de produção, portanto, é importante minimizar o rápido início de rigor por meio de métodos controláveis, como resfriamento rápido, manuseio cuidadoso e processamento adequado (Chan et al., 2020; Warner, 2017).

Os peixes certamente vão além de uma fonte de proteína e podem servir como um vetor ideal para a entrega de muitos nutrientes vitais (Kwasek, Thorne-Lyman & Phillips, 2020).

CONCLUSÃO

Os filés de *P. bocourti* frescos e estocados em gelo permaneceram aptos para o consumo humano até 12º dia de estocagem, nas quais os filés apresentaram concentrações de bases nitrogenadas voláteis totais e pH dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira. Além disso, os mesmos apresentaram aparência avermelhada e levemente translúcida na qual influencia na tomada de decisão do momento da aquisição dos produtos, pois associam estas características com produtos de qualidade e alto teor nutricional no momento de aquisição.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (Fapema) pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Tecnologia do Pescado (LabTEP/Uema) pelo suporte técnico; e a Fazenda Escola São Luís pela oportunidade da infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- Ashie, I.N.A., Smith, J.P., Simpson, B.K. & Haard, N.F. (1996) Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36, 87–121, doi 10.1080/10408399609527720.
- Aursand, M., Bleivik, B., Rainuzzo, Jr., Jørgensen, L. & Mohr, V. (1994). Lipid distribution and composition of commercially farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Sci. Food Agric.* 64, 239–248, doi 10.1002/jsfa.2740640214.
- Bouton, P.E., Harris, P.V. & Shorthose, W.R. (1971) Effects of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. *Journal of Food Science*, 36, 435-439, doi 10.1111/j.1365-2621.1971.tb06382.x.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). (1997) Portaria nº185, de 13 de maio de 1997. Aprovar o regulamento técnico de identidade e qualidade de peixe fresco. Disponível em http://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2016/05/RTIQ-Pescado-completo-Portaria-185_1997.pdf
- Brasil. Ministério da Aquicultura e Pesca. (2013a) Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011. Brasília: República Federativa do Brasil. Disponível em <https://docplayer.com.br/5171414-Boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2011.html>
- Brasil. Ministério da Aquicultura e Pesca. (2013b) Censo aquícola nacional ano 2008. Brasília: República Federativa do Brasil. Disponível em https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica_est_2008_2009_nac_pesca.pdf
- Brasil. Ministério da Agricultura. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem

- Animal (Riispoa). (2017) Decreto 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 dispõe sobre o novo regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal - Riispoa. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm
- Califano, A.N., Bertola, N.C., Bevilacqua, A.E. & Zaritzky, N.E. (1997) Effect of processing conditions on the hardness of cooked beef. *Journal of Food Engineering*, Oxford, 34(1) 41-54, doi 10.1016/S0260-8774(97)00066-6.
- Careche, M., Herrero, A.M., Rodriguez-Casado, A., Del Mazo, M.L. & Carmona, P. (1999) Structural changes of hake (*Merluccius merluccius* L.) fillets: effects of freezing and frozen storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(3), 952-959, doi 10.1021/jf9809481.
- Carneiro, S.C., Marsico, E.T., Ribeiro, R.O.R., Conte Júnior, C.A. Alvares, T.S. & Jesus, E.F.O. (2013) Studies of the effect of sodium tripolyphosphate on frozen shrimp by physicochemical analytical methods and Low Field Nuclear Magnetic Resonance (LF 1H NMR). *LWT - Food Science and Technology*, 50, 401-407, doi 10.1016/j.lwt.2012.09.009.
- Cason, J. A., Lyon, C. E. & Papa, C. M. (1997) Effect of muscle opposition during rigor on development of broiler breast meat tenderness. *Poultry Sci.* 76, 785-787, doi 10.1093/ps/76.5.785.
- Chan, S.S., Roth, B., Skare, M., Hernar, M., Jessen, F., Løvdal, T., Jakobsen, A.N. & Lerfall, J. (2020) Effect of chilling technologies on water holding properties and other quality parameters throughout the whole value chain from whole fish to cold-smoked fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 526, 735381, doi 10.1016/j.aquaculture.2020.735381.
- Chudasama, B.G.; Dave, T.H. & Bholia, D.V. (2018) Comparative study of quality changes in physicochemical and sensory characteristics of iced and refrigerated chilled store Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagartha*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 533-537. Disponível em <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue4/PartJ/6-4-91-992.pdf>
- Cunha, D.A.S., Coelho, A.V., Ferreira, L.K.S., Sampaio, A.P.R., Braga, J.C.C.M., Jesus, G.S., Bezerra, N.P.C., Santos, E.C.B. & Torres Junior, A.R. (2020) Quality Index Method applied to the *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) (Suriliformes; Pangasidae). *Research, Society and Development*, 9(10), e6449109032, doi 10.33448/rsd-v9i10.9032.
- Elmasry, G., Barbin, D. F., Sun, D.W., & Allen, P. (2012). Meat Quality Evaluation by Hyperspectral Imaging Technique: An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(8), 689-711, doi 10.1080/10408398.2010.507908.
- Erikson, U. & Misimi, E. (2008) Atlantic salmon skin and fillet color changes effected by *perimortem* handling stress, *rigor mortis*, and ice storage. *J. Food Sci.* 73, 50-59, doi 10.1111/j.1750-3841.2007.00617x.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Rome, FAO yearbook. 2016. 224.
- Fauconneau, B.; Alami-Durante, H.; Laroche, M.; Marcel, J. & Vallot, D. (1995) Growth and meat quality relations in carp. *Aquaculture*, Ámsterdam, 129(1-4), 265-297, doi 10.1016/0044-8486(94)00309-C.
- García, M.L.; Martín-Benito, J.; Solas, M.T.; & Fernández, B. (1999) Ultrastructure of the myofibrillar component in cod (*Gadus morhua* L.) and hake (*Merluccius merluccius* L.) stored at -20°C as a function of time. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 47(9), 3809-3815, Sept., doi 10.1021/jf980925m.
- Goes, E.S., Lara, J.A., Gasparino, E., Del Vesco, A.P., Goes, M.D., Alexandre Filho, L., & Ribeiro, R.P. (2015) Pre-slaughter stress affects ryanodine receptor protein gene expression and the water-holding capacity in fillets of the Nile tilapia. *PloS one*, 10(6), e0129145, doi 10.1371/journal.pone.0129145.
- Gonçalves, A.A. & Soares, K.M.P. (2017) Quality Index Method scheme for whole fresh carapeba (*Eucinostomus gula*, Quoy & Gaimard, 1824) stored in ice. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, 1-6, doi 10.1590/1981-6723.8816.
- Guerrero, P., O'Sullivan, M.G., Kerry, J.P. & De La Caba, K. (2015) Application of soy protein coatings and their effect on the quality and shelf-life stability of beef patties. *RSC Advances* 5(11), 8182-8189, doi 10.1039/C4RA12345A

10.1039/C4RA13421D.

Honorato, C.A.; Caneppele, A.; Matoso, J.C.; Prado, M.R.; Siqueira, M.S. & Souza, L.R.O. (2014) Caracterização física de filés de Surubim (*Pseudoplatystoma* sp.), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pirarucu (*Arapaimas gigas*). Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, 17(4), 237-242, out./dez., doi 10.25110/arqvet.v17i4.2014.5023.

Howgate, P. (1976) Determination of total volatile bases. Aberdeen, Torry Research Station, ITD 564, Appendix 4.

Howgate, P. (2010) A Critical Review of Total Volatile Bases and Trimethylamine as Indices of Freshness of Fish. Part 1, Determination. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, West Sussex, 9(1), 29-57.

Huaman, R.; Rosa, G.F. & Prentice, C. (2019) Avaliação e estabilidade da cor em filés de burriquete (*Pogonias cromis*) utilizando um sistema de visão computacional. Braz. J. Food Technol. Campinas, 22, e2015088, doi 10.1590/1981-6723.08815.

Huff-Lonergan, E. (2009) Fresh meat water-holding capacity. Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat, 147–160, doi 10.1533/9781845695439.1.147.

Jeyasekaran, G.; Maeswari, K.; Ganesan, P.; Jeya Shakila, R. & Sukumar, D. (2005) Quality changes in ice stored tropical wirenetting reef cod (*Epineohelus merra*). Journal of Food Processing and Preservation, 29, 165-182, doi 10.1111/j.1745-4549.2005.00021x.

Jonsson, A.; Sigurgisladottir, S.; Hafsteinsson, H. & Kristbergsson, K. (2001) Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets measured by different methods in comparison to expressible moisture. Aquaculture Nutrition, 81, 81-89, doi 10.1046/j.1365-2095.2001.00152x.

Kaale, L.D.; Eikevik, T.M.; Rustad, T. & Nordtvedt, T.S. (2014) Changes in water holding capacity and drip loss of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle during superchilled storage. LWT-Food Science and Technology, 55, 528-535, doi 10.1016/j.lwt.2013.10.021.

Kwasek, K.; Thorne-Lyman, A.L. & Phillips, M. (2020) Can human nutrition be improved through better fish feeding practices? a review paper. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1-14, doi 10.1080/10408398.2019.1708698.

Lakshmanan, R.; Parkinson, J.A. & Piggott, J.R. (2007) High-pressure processing and water-holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). LWT - Food Science and Technology, 40(3), 544-551, doi 10.1016/j.lwt.2005.12.003.

Li, D., Qin, N., Zhang, L., Li, Q., Prinyawiwatkul, W., & Luo, Y. (2018). Degradation of adenosine triphosphate, water loss and textural changes in frozen common carp (*Cyprinus carpio*) fillets during storage at different temperatures. International Journal of Refrigeration, doi 10.1016/j.ijrefrig.2018.11.014.

Marinho, L.S.; Nunes, E.S.C. L.; Ferreira, M.S.; Monteiro, M.L.G.; Silva, F.E.R.; Mársico, E.T. & Freitas, M.Q. (2014) Parâmetros físico-químicos e sensoriais na avaliação da qualidade da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*, Valenciennes, 1840) inteira estocada em gelo. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, 21(4), 273-277, doi 10.4322/rbcv.2015.309.

Merino, G., Barange, M.; Blanchard, J. L.; Harle, J.; Holmes, R.; Allen, I.; Allison, E.H.; Badjeck, M.C.; Dulvy, N.K.; Holt, J.; Holt, J.; Jennings, S.; Mullon, C. & Rodwell, L. D. (2012) Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? Global Environmental Change 22(4), 795–806, doi 10.1016/j.gloenvcha.2012.03.003.

Nickell, D.C. & Springate, J.R.C. (2001) Pigmentation of farmed salmonids. In, Kestin S, Wariss P, editors. Farmed fish quality. Oxford, U.K., Blackwell Science. 58–75.

Olivio, R. (2004) Atualidades na qualidade da carne de aves. Revista Nacional da Carne, 28, 38-50.

Ozbay, G., Spencer, K. & Gill, T.A. (2006) Investigação da desnaturação da proteína e desbotamento do pigmento em filetes de truta prateada (*Onchorhynchus mykiss*) durante o armazenamento congelado. J. Food Process. Preserv. 30, 208–230, doi 10.1111/j.1745-4549.2006.00060.x.

Peixe-BR. Anuário Peixe BR. (2024) Associação Brasileira de Piscicultura, São Paulo, 124.

- Rebouças, L., Figueiredo, J., Mesquita, A., Santos Júnior, J., Assis, A., Campêlo, M., Silva, J. & Lima, P. (2017). Qualidade física e sensorial da tilápia (*Oreochromis niloticus*) cultivada em ambiente de água doce e salgada. *Boletim De Indústria Animal*, 74(2), 116-121, doi 10.17523/bia.v74n2p116.
- Reddy Surasani, V.K., Singh, A., Gupta, A. & Sharma, S. (2019) Functionality and cooking characteristics of pasta supplemented with protein isolate from pangas processing waste. *LWT - Food Science and Technology*, 111, 443–448, doi 10.1016/j.lwt.2019.05.014.
- Rodríguez, O.; Losada, V.; Aubourg, S.P. & Barros-Velázquez, J. (2004) Enhanced shelf -life of chilled European hake (*Merluccius merluccius*) stored in slurry ice as determined by sensory analysis and assessment of microbiological activity. *Food Research International*, 37, 749-757, doi 10.1016/j.foodres.2004.03.008.
- Roman, J.A. & Sgarbiere, V.C. (2005) Efeito da hidrólise enzimática sobre as propriedades funcionais de caseína bovina coagulada pela ação da quimosina. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25, 468-474, doi 10.1590/S0101-20612005000300013.
- Rotabakk, B.T., Melberg, G.L., & Lerfall, J. (2018). Effect of Season, Location, Filleting Regime and Storage on Water-Holding Properties of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). *Food technology and biotechnology*, 56(2), 238–246, doi 10.17113/ftb.56.02.18.5346.
- Soares, V.F.M.; Vale, S.R.; Junqueira, R.G. & Glória, M.B.A. (1998) Teores de histamina e qualidade físico-química e sensorial de filé de peixe congelado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 18(4), 462-467, doi 10.1590/S0101-20611998000400020.
- Sofia. State of the World Fisheries and Aquaculture, publicação bienal da Organização das Nações Unidas para a agricultura e alimentação (FAO/ONU) 2022. Disponível em <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc0461en>
- Souza, J.T., Silva, Érica L.B., Silva, L.R.C., Oliveira, P.V.C., Luz, K.S.S., Firmino, S.S., Pereira, G.S., Rebouças, L.O.S. & Lima, P.O. (2020). Physical-chemical and sensory comparison of frozen fillets of *Oreochromis niloticus* and *Pangasius hypophthalmus*. *Research, Society and Development*, 9(10), e3489108583, doi 10.33448/rsd-v9i10.8583.
- Stien, L.H.; Hirmas, E.; Bjornevik, M.; Karlsen, O.; Nortvedt, R.; Ror, A.M.B.; Sunde, J. & Kiessling, A. (2005) The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquac. Res.* 36, 1197–1206, doi 10.1111/j.1365-2109.2005.01339x.
- Sun, L., Sun, J., Thavaraj, P., Yang, X. & Guo, Y. (2017) Effects of thinned young apple polyphenols on the quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) surimi during cold storage. *Food Chemistry* 224, 372–381, doi 10.1016/j.foodchem.2016.12.097.
- Surasani, V.K.R.; Khatkar, S.K. & Singh, S. (2017) Effect of process variables on solubility and recovery yields of proteins from pangas (*Pangasius pangasius*) frames obtained by alkaline solubilization method, Characteristics of isolates. *Food and Bioproducts Processing*, 106, 137–146, doi 10.1016/j.fbp.2017.09.008.
- Surasani, V.K.R.; Tanaji, K. & Ballari, R.V. (2018) Recovery and characterization of proteins from pangas (*Pangasius pangasius*) processing waste obtained through pH shift processing. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 11987–11998, doi 10.1007/s11356-018-1456-x.
- Tacon, A.G.J. & Metian, M. (2012) Fish Matters, Importance of aquatic foods in human nutrition and global. *Reviews in Fisheries Science*, 21, 37–41, doi 10.1080/10641262.2012.753405.
- Tilami, S.K. & Sampels, S. (2017) Nutritional value of Fish, Lipids, proteins, vitamins and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26, 243–253, doi 10.1080/23308249.2017.1399104.
- Tornberg, E. (2005) Effects of heat on meat proteins. Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, Oxford, 70(3) 493-508, doi 10.1016/j.meatsci.2004.11.021.
- Warner, R.D. (2017) The Eating Quality of Meat—IV Water-Holding Capacity and Juiciness. *Lawrie’s Meat Science*, 419–459, doi 10.1016/b978-0-08-100694-8.00014-5.
- Zayas, J.F. (1997) *Functionality of Proteins in Food*. Springer-Verlag, Berlin, doi 10.1007/978-3-642-59116-7.