

EFEITO DO TEMPO PÓS PROCESSAMENTO SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO

(Effect of post-processing time on the physical and chemical characteristics of Nile tilapia fillets)

Bianca Luany Inhã de GODOI¹; Hugo Henrique D'Amore SOARES²; Brenda Leite DEMARTINI²; Cristiele da Silva RIBEIRO^{3*}; Leonardo Susumu TAKAHASHI³

¹Laboratório de Estudos em Fisiologia Animal (UNESP), Rua Monção, 226. Zona Norte, Ilha Solteira/SP. CEP: 15.385-000; ²Laboratório de Nutrição e Metabolismo Animal (UNESP); ³Laboratório de Estudos em Fisiologia Animal (UNESP). *Email: cristiele.ribeiro@unesp.br

RESUMO

O Brasil se destaca como o quarto país em escala global com maior produção de tilápia. Apesar da espécie apresentar um pacote tecnológico desenvolvido frente a outras espécies, estudos acerca da qualidade do filé ainda precisam ser mais abordados e enfrentam desafios. O objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros físicos, químicos e sensoriais em filés de 60 exemplares de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), divididos em quatro tratamentos: recebimento dos filés, um dia antes da data de vencimento estabelecido pelo frigorífico, dois dias após o vencimento e quatro dias após o vencimento. O pH aumentou significativamente com o tempo pós processamento; os filés avaliados próximo e após o vencimento tiveram maiores valores de força de cisalhamento, indicando uma carne mais rígida. A perda por cocção mostrou valores maiores nos filés avaliados após seu vencimento, indicando que os filés perdem grande parte do seu peso após a sua cocção. A capacidade de retenção de água mostrou que os filés analisados no dia da chegada apresentaram menor perda, o que indica maior retenção de água. Na perda por resfriamento foi detectada diferença ($p < 0,05$), sugerindo que quanto maior o tempo de prateleira, maior a perda de água, mostrando uma grande diferença entre os filés que foram avaliados no dia da chegada (2,02%) e os últimos filés avaliados quatro dias após o vencimento (16,67%). Após o final do prazo de validade, a concentração de proteínas diminuiu consideravelmente, mesmo padrão observado para lipídeos totais.

Palavras-chave: Processamento de carne, qualidade de pescado, parâmetros de qualidade.

ABSTRACT

*Brazil stands out as the fourth largest country on the global scale in terms of tilapia production. Although the species presents a well-developed technological package compared to other species, studies on the fillet quality still need to be further addressed and face challenges. This study aimed to evaluate physical, chemical, and sensory parameters in fillets of 60 specimens of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), divided into 4 treatments: obtaining the fillets, one day before the expiration date predicted by the slaughterhouse, two days after expiration, and four days after expiration. The pH increased significantly with post-processing time; the fillets evaluated close to and after the expiration date had higher shear force values, resulting in a more rigid meat. The cooking loss showed higher values in the fillets evaluated after the expiration date, indicating that the fillets lost a large part of their weight after their cooking. The water retention capacity showed that the fillets analyzed on the day of arrival presented less loss, which indicates a higher water retention. A difference was detected for the refrigeration loss ($p < 0.05$), indicating that the longer the shelf life, the greater the water loss, showing a large difference between the fillets that were evaluated on the day of their arrival (2.02%) and the last fillets evaluated four days after their expiration date (16.67%). After the end of the expiration date, the protein concentration decreased considerably the same pattern found for total lipids.*

Keywords: Meat processing, fish quality, quality parameters.

INTRODUÇÃO

A refrigeração a granel, conservação feita através da ação do gelo e da câmara fria, favorece a qualidade do filé, mantendo as características deste produto (OETTERER, 1998;

MINOZZO, 2011). Porém, a combinação dos processos físico-químicos e bioquímicos leva a degradação do músculo do pescado, resultado da ação de enzimas endógenas, induzindo a perda do frescor e alterações indesejadas, o que pode trazer riscos à saúde dos consumidores (OLIVEIRA *et al.*, 2014), resultando na produção de substâncias que geram um odor e aparência desagradável ao pescado e um meio favorável para a proliferação bacteriana, assim, acelerando o processo de deterioração (PACHECO-AGUILAR *et al.*, 2000; JESUS *et al.*, 2001).

O aumento na produção desta proteína animal tem gerado uma preocupação em relação à qualidade do pescado, com uma maior procura em atingir um padrão, garantindo a comercialização (MACEDO-VIEGAS e SOUZA, 2004). Através dos métodos físicos, químicos e sensoriais é possível realizar a avaliação das características de qualidade do filé, sendo importantes na detecção de compostos que possam degradar o produto, garantindo a qualidade durante o tempo de armazenamento (EMBRAPA, 2009; SOARES e GONÇALVES, 2012). Em relação ao aspecto nutricional, o filé do pescado apresenta vantagens quando comparado a outros alimentos de origem animal, constituindo-se de proteínas, lipídios, ácidos graxos essenciais, vitaminas e baixo teor de colesterol, características que aumentam o interesse dos consumidores por esse alimento (SOARES e GONÇALVES, 2012).

Representando o segundo maior grupo de peixes cultivado na piscicultura mundial, a tilápia do Nilo destaca-se pelas suas características sensoriais, baixo preço comercial, facilidade de reprodução e rápido crescimento (ARAUJO *et al.*, 2013). Nativa do continente africano, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi introduzida no Brasil no ano de 1971 e sua produção intensiva vem se destacando desde então devido ao rápido crescimento, resistência ao manejo e flexibilidade às mudanças ambientais da espécie (EMBRAPA, 2007; ALBINO *et al.*, 2020). Atualmente, o Brasil está na 4ª posição mundial dos maiores produtores de tilápia, principal espécie cultivada no país, representando 63,5% de toda piscicultura nacional, e registrando um crescimento de 9,8%, em 2021 (PEIXE BR, 2022).

Tendo em vista as informações elucidadas, torna-se importante o monitoramento e a avaliação dos principais parâmetros de qualidade durante o armazenamento dos filés, como um desafio para dispor ao consumidor um produto de alta qualidade. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros físicos, químicos e sensoriais de qualidade em filés de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), em períodos diferentes de pós-processamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados filés de 60 exemplares de tilápia do Nilo, resfriados a granel, provenientes do frigorífico comercial GeneSeas, localizado em Aparecida do Taboado/MS, cerca de 210km de Dracena/SP. Os filés foram acondicionados em gelo e transportados para os locais de análises.

A caracterização dos files foi realizada em quatro momentos distintos, correspondendo as quatro amostragens pós processamento: recebimento dos filés (T0), um dia antes do vencimento pelo frigorífico (T1), dois dias após o vencimento (T2) e quatro dias após o vencimento (T3).

Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) na musculatura branca e musculatura vermelha, foi realizada seguindo o método de Beltrán *et al.* (1997).

Cor da carne

A cor da carne foi estabelecida através da leitura em três pontos distintos na superfície de cada filé, tanto na musculatura branca quanto na musculatura vermelha, utilizando-se um espectrofotômetro portátil (CR-410-Konica Minolta, Câmera Co. Ltda Osaka, Japão) com iluminante D65, abertura de 8 mm de diâmetro e ângulo de observação de 10° (AMSA, 2012), inicialmente calibrado com padrão branco. Foi aplicado o sistema CIELAB para a leitura da refletância da luz em três dimensões: L* (luminosidade), a* (vermelho) e b* (amarelo), segundo metodologia descrita por Honikel (1998).

O ângulo de tonalidade (H*) foi encontrado de acordo com a metodologia descrita por Macdougall (1994) e a determinação do teor de oximioglobina e metamioglobina (O/M) foi realizada segundo Olivio e Shimokomaki (2001), utilizando as coordenadas de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*), por meio das equações 01 e 02, respectivamente:

$$H^* = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (01)$$

$$O/M = (a^*/b^*) \quad (02)$$

Força de cisalhamento

Para determinar a força de cisalhamento, os filés de tilápia foram cozidos e com auxílio de um texturômetro (CT3 Brookfield, USA), possuindo célula de carga de 25kg, equipado com lâmina Warner Bratzler de espessura de 3,0mm e largura de 70mm, obteve-se a força de corte da carne. O corte foi realizado transversalmente às fibras dos filés, com velocidade de teste de 2mm s⁻¹, seguindo a metodologia adaptada de Sigurgilsadottir *et al.* (1999). Como a espessura do filé cozido varia da cabeça para a cauda, as amostras foram cortadas em pedaços cúbicos de tamanho igual (2cm de comprimento x 2cm de largura x 1cm de espessura), acima da linha lateral. A força de cisalhamento foi expressa em quilograma-força (kgf).

Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água (CRA) foi avaliada de acordo com a metodologia modificada de Hamm (1960). Para isso foram utilizados aproximadamente 2g de filé fresco, pesados, colocado em papel filtro e dispostos entre duas placas de plástico. As placas foram comprimidas por um peso de 10kg durante 5 minutos e após esse processo os filés foram pesados novamente. A CRA foi determinada pela equação 03:

$$CRA (\%) = \frac{(\text{Peso amostra final}) \times 100}{\text{Peso amostra inicial}} \quad (3)$$

Perda de peso por cocção (*cooking loss*)

A determinação da perda de peso por cocção (*cooking loss*) foi realizada a partir da metodologia adaptada de Honikel *et al.* (1994). Os filés foram pesados individualmente,

armazenados em sacos de polietileno, fechados a vácuo e submetidos a cocção por cinco minutos em banho-maria com temperatura de 85 °C. Em seguida, os filés foram resfriados com água gelada (4 a 8 °C), retirados da embalagem, secos com papel absorvente e novamente pesados. A diferença entre peso inicial e peso final correspondeu à perda de água pelo cozimento, sendo calculada pela equação 04:

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{Peso da amostra crua} - \text{Peso da amostra cozida} \times 100}{\text{Peso da amostra crua}} \quad (4)$$

Perda de peso por resfriamento

Para avaliar a perda de peso por resfriamento as amostras de filés foram identificadas, pesadas e submetidas a resfriamento em refrigerador convencional a 4 °C durante 48 horas, como descrito na metodologia de Honikel (1998). Após esse período, os filés foram levemente enxugados com papel toalha e então pesados novamente, obtendo-se a perda de peso. O resultado foi expresso em porcentagem através da equação 05:

$$\text{Perda de peso por resfriamento (\%)} = \frac{100 \times (\text{Peso inicial}) - (\text{Peso final da amostra})}{(\text{Peso final da amostra})} \quad (5)$$

Proteínas totais

O teor proteico dos filés foi analisado pelo método colorimétrico de Lowry *et al.* (1951). Para tanto foi realizada uma prévia precipitação e solubilização das proteínas totais segundo método proposto por Milligan e Girard (1993). A concentração de proteínas foi calculada com base em uma curva padrão de albumina sérica bovina, e apresentadas em g/g.

Glicogênio total

O glicogênio total dos tecidos foi extraído a partir do método de Bidinotto *et al.* (1997). A determinação de glicogênio dos tecidos foi feita pelo método colorimétrico de Dubois (1956). A concentração de glicogênio foi calculada com base em uma curva padrão de glicose e apresentada em nmol glicose/grama de tecido.

Lipídios totais

Os lipídios totais teciduais foram extraídos com uma mistura de clorofórmio:metanol:água (2:1:0,5) (FOLCH *et al.*, 1956) adaptada por Parrish (1998), e quantificados pelo método colorimétrico descrito por Frings *et al.* (1972). A concentração de lipídeos foi calculada com base em uma curva padrão de óleo de fígado de bacalhau, e apresentada em mg/g.

Lipoperoxidação

A determinação da lipoperoxidação foi realizada através do método de FOX (Ferrous Oxidation in Xylenol Orange) adaptado por Hermes-Lima *et al.* (1995). Os valores obtidos foram expressos em equivalentes de hidroperóxido de cumeno (CHP)/g de peso úmido.

Análise Estatística

Todos os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA one way), através do software Sigma Stat 3.1 e posterior teste de comparação entre grupos experimentais ($p \leq 5\%$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos resultados encontrados para potencial hidrogeniônico (pH) dos filés (Tab. 1) não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para musculatura branca. No entanto, diferenças significativas ($p < 0,05$) foram encontradas nos valores de pH da musculatura vermelha, considerando que os filés T0, T1 e T2 não diferiram entre si ($p > 0,05$), mas T3 apresentou pH mais elevado (6,45).

Tabela 01: Parâmetros químicos dos filés de tilápia analisados em diferentes tempos de prateleira.

Variável	Recebimento	1 dia antes vencimento	2 dias após vencimento	4 dias após vencimento	EPM ¹	P valor
pH MB ²	6,42	6,36	6,48	6,57	0,249	0,099
pH MV ³	6,27 ^b	6,22 ^b	6,33 ^{ab}	6,45 ^a	0,022	0,001
LPO ⁴ MB	493,83 ^a	694,70 ^a	608,40 ^a	747,79 ^b	14,39	0,001
LPO MV	577,44 ^a	619,14 ^a	649,73 ^a	704,91 ^a	13,61	0,086

Letras diferentes entre as linhas indicam diferença a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. **Obs.:** ¹Erro Padrão Médio; ²Musculatura Branca; ³Musculatura vermelha; ⁴Liperoxidação.

O pH é o resultado do teor de glicogênio presente no músculo, estando relacionado com todas as variáveis de qualidade (YUE *et al.*, 2004). O pescado é considerado um dos produtos mais susceptíveis ao processo de deterioração, pois tem seu pH próximo a neutralidade (PRATA, 1999) o que o torna inferior das demais carnes para armazenamento (JUL, 1953). Com o passar do tempo o pH se eleva (SOARES *et al.*, 1998) e esse aumento pode ser resultado do acúmulo de produtos de natureza básica e bases orgânicas (putrescina e cadaverina) que são produzidas pela hidrólise bacteriana de compostos hidrogenados (SIKORSKI *et al.*, 1994). Conforme o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA, 1952), o pH ideal para o consumo humano deve ser inferior a 6,5, tornando importante salientar que o pH dos filés analisados após quatro dias do vencimento quase atingiu esse limite.

Os dados de liperoxidação da musculatura branca e vermelha estão apresentados na Tab. 01, e mostraram tendência não estatística de aumento de valores para o grupo coletado quatro dias após o vencimento (T3) em relação aos dias anteriores para o músculo branco, e inalteração para os valores avaliados na musculatura vermelha. Fatores estressantes fazem com que o oxigênio (O₂) presente no ambiente aeróbio se torne danoso ao sistema biológico, ou seja, gerando espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), o ânion superóxido (O₂⁻) e o radical hidroxila (HO•), que, em última instância, resultam em estresse oxidativo.

Weber (2007), avaliando a lipoperoxidação de filés de jundiá (*Rhamdia quelen*) submetidos à inclusão de 5% de óleo de soja ou arroz na dieta do jundiá, e a embalagem a vácuo, notou aumento do conteúdo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, índice de lipoperoxidação) nos filés dos peixes de ambas as dietas após 12 meses de armazenamento congelado, tanto nos filés embalados com ou sem vácuo. Tal observação parece coerente com a aparente tendência de aumento de lipoperoxidação após resfriamento dos filés, porém em tempo maior do que o analisado no presente trabalho.

Os resultados encontrados para os parâmetros de cor dos filés encontram-se na Tab. 02. Na avaliação da luminosidade (L^*) na musculatura branca foram observadas diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos, considerando que os filés T0, T1 e T3 não diferiram entre si ($p > 0,05$), e os filés avaliados dois dias após o prazo de validade (T2) apresentaram menor valor deste parâmetro. Na musculatura vermelha os resultados também foram significativos ($p < 0,05$), mostrando mesmo padrão da musculatura branca, menores valores no grupo T2 em comparação aos demais.

Para a variável de intensidade de vermelho (a^*) na musculatura branca (Tab. 02) houve resultado significativo ($p < 0,05$), observando que os filés avaliados no dia do recebimento (T0) apresentaram valor mais elevado em relação a outros tratamentos ($p > 0,05$). Para a musculatura vermelha, o a^* dos filés não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). A intensidade de amarelo (b^*) (Tab. 02) da musculatura branca não mostrou resultados significativos ($p > 0,05$) entre os tratamentos, porém na musculatura vermelha foram observadas diferenças ($p < 0,05$), sendo os filés T0 de média mais baixa em comparação com os demais grupos avaliados.

Tabela 02: Parâmetros sensoriais (cor) dos filés de tilápia analisados em diferentes tempos de prateleira.

Variável	Recebimento	1 dia antes vencimento	2 dias após vencimento	4 dias após vencimento	Erro Padrão Médio	P valor
L*MB¹	56,31 ^a	56,27 ^a	51,15 ^b	54,20 ^a	0,422	<0,001
a*MB²	1,17 ^a	-0,76 ^b	-0,68 ^b	-0,42 ^b	0,143	<0,001
b*MB³	1,38	0,59	0,22	0,44	0,180	0,114
L*MV⁴	43,95 ^a	44,21 ^a	40,00 ^b	44,15 ^a	0,408	<0,001
a*MV⁵	13,55 ^a	11,66 ^b	7,88 ^c	10,67 ^b	0,340	<0,001
b*MV⁶	5,31 ^c	6,80 ^{ab}	5,81 ^{bc}	7,40 ^a	0,167	<0,001
H*MB⁷	1,29	1,78	1,34	0,89	0,144	0,197
O/M MB⁸	2,63 ^a	1,73 ^b	1,21 ^c	1,44 ^{bc}	0,087	<0,001
H*MV⁹	56,31 ^a	56,27 ^a	51,15 ^b	54,20 ^a	0,422	<0,001
O/M MV¹⁰	1,17 ^a	-0,76 ^b	-0,68 ^b	-0,42 ^b	0,143	<0,001

Letras diferentes entre as linhas indicam diferença a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Obs.: ¹Luminosidade, musc. branca; ²Intensidade de vermelho, musc. branca; ³Intensidade de amarelo, musc. branca; ⁴Luminosidade, musc. vermelha; ⁵Intensidade de vermelho, musc. vermelha; ⁶Intensidade de amarelo, musc. vermelha; ⁷Ângulo de tonalidade, musc. branca; ⁸Teor de oximioglobina e metamioglobina, musc. branca. ⁹Ângulo de tonalidade, musc. vermelha. ¹⁰Teor de oximioglobina e metamioglobina, musc. vermelha.

Os consumidores estão cada vez mais exigentes com a qualidade dos filés, e uma das formas visuais de avaliação é a cor. Sendo assim, esse parâmetro se torna de suma importância para a determinação da qualidade do pescado (SKJERVOLD *et al.*, 2001). Quando a luz entra em contato com a superfície da carne ela pode ser absorvida, refletida ou dispersada, contudo, a mais importante delas é a luz refletida, pois determina a percepção visual do consumidor (HUGHES *et al.*, 2014).

A intensidade de vermelho (a^*) é um indicativo da presença de oximioglobina na carne, neste sentido, se a sangria após abate dos animais for feita de maneira correta a tendência é que os valores de a^* sejam mais baixos (UTTARO *et al.*, 1993). A intensidade de amarelo (b^*) demonstra a quantidade de carotenoides e derivados de hemoglobina, que possivelmente se intensificam ao longo do processo de maturação (IRIE, 2001). A luminosidade (L^*) indica a coloração branca (JOO *et al.*, 2002) tornando-se o parâmetro mais importante, uma vez que a tilápia tem a tonalidade mais clara devido as características da espécie (MUCHENJE, 2009).

Como os valores de L^* são elevados, significa que os filés tendem a ser mais claros, apresentando uma alta luminosidade. Já os resultados de a^* encontrados, indicam que na musculatura vermelha, os filés avaliados apresentaram números muito baixo, podendo indicar pouca presença de oximioglobina. É possível observar uma diferença semelhante nos parâmetros de b^* , na musculatura branca valores menores foram encontrados, já na musculatura vermelha apresentou números mais elevados de b^* .

O teor de oximioglobina e metamioglobina (O/M) também é uma variável encontrada a partir das funções a^* e b^* , sendo importante na avaliação da qualidade de filés de peixe, pois está diretamente relacionada com a oxidação lipídica e a cor da carne. Neste sentido, valores elevados de O/M indicam teor mais elevado de oximioglobina, contrapartida, um menor valor indica maior teor de metamioglobina. A oximioglobina é a forma de mioglobina presente na carne de peixe fresca, enquanto a metamioglobina é uma forma oxidada que surge após o início da decomposição (FAUSTMAN, 1994; OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2001; LUZ, 2014).

Para os resultados de O/M (Tab. 02) na musculatura branca dos filés, não houve diferenças significativas ($p>0,05$). Na musculatura vermelha houve diferenças ($p<0,05$), sendo possível observar que os valores de O/M diminuíram de acordo com o aumento do prazo de validade, apresentando um maior teor de metamioglobina, sendo os filés avaliados dois dias após o prazo de validade (T2) apresentando o menor valor. Esses resultados indicam que a carne de tilápia apresenta um rápido processo de oxidação após o abate, o que pode afetar a qualidade sensorial e nutricional.

A partir dos dados obtidos para perda de peso por resfriamento (Tab. 03) foi possível notar diferenças ($p<0,05$) entre os tratamentos, sendo os filés analisados no dia do recebimento (T0) com o maior valor e o grupo T3, com o maior valor deste parâmetro. Com esses resultados é notório que conforme o tempo de prateleira aumenta a perda de peso por resfriamento também aumenta. A perda por resfriamento é um dano celular com liberação de água, que é ligada a um sinal de desidratação das proteínas musculares devido a desnaturação proteica, sendo assim, nesse processo ocorre perda de proteínas e minerais, o que diminui o valor nutritivo da carne (SUTTON, 1969). Valores altos de perda por resfriamento estão diretamente ligados a comercialização do pescado, pois influenciam na qualidade, podendo afetar a cor e a textura (HONG-JU HE *et al.*, 2014).

Tabela 03: Parâmetros físicos dos filés avaliados em diferentes tempos de prateleira.

Variável	Recebimento	1 dia antes vencimento	2 dias após vencimento	4 dias após vencimento	EPM ¹	P valor
P. Cozi² (%)	9,57 ^b	10,88 ^b	14,83 ^a	15,55 ^a	0,407	<0,001
P. Resf³ (%)	2,02 ^d	6,45 ^c	9,46 ^b	16,23 ^a	0,756	<0,001
CRA⁴ (%)	78,39 ^a	73,34 ^{bc}	72,17 ^c	76,14 ^{ab}	0,606	<0,001
FC⁵ (kgf/cm²)	4,44 ^c	7,23 ^b	9,48 ^a	7,80 ^b	0,318	<0,001

Letras diferentes entre as linhas indicam diferença a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. **Obs.:** ¹Erro Padrão Médio; ²Perda de peso por cozimento (*cooking loss*); ³Perda de peso por resfriamento; ⁴Capacidade de retenção de água; ⁵Força de cisalhamento.

A perda de peso por cocção (*cooking loss*) (Tab. 03) apresentou diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos, apresentando um maior valor em T3, indicando maior perda de peso após o cozimento. Valores altos de perda por cocção são indesejáveis, pois é um sinal de que a carne está perdendo muita água no cozimento o que resulta em carnes duras e com menos suculência (SILVA *et al.*, 2018). Pode-se dizer que essa avaliação é essencial para a qualidade da carne, considerando que durante o cozimento, o calor provoca alterações tanto na aparência quanto na relação com maciez e suculência (BRESSAN *et al.*, 2001).

De acordo com os números para a capacidade de retenção de água (CRA) (Tab. 03), quando analisados de forma isolada, mostram que os filés T0 apresentaram maior CRA quando comparados aos outros tratamentos ($p < 0,05$). Porém, avaliado de forma conjunta, os filés T0 e T3 apresentaram maior capacidade de retenção de água em relação aos outros tratamentos, indicando que os fatores externos como armazenamento e resfriamento podem ter influenciado nos resultados obtidos.

É de suma importância lembrar que para a CRA não existe um valor de referência para esta propriedade (HONIKEL e HAMM, 1994) por ser um processo dinâmico onde podem ocorrer diversas mudanças em decorrência da exposição a fatores externos como congelamento, resfriamento e cozimento. A CRA é diretamente ligada com a maciez dos pescados, o que engloba a suculência e textura, tendo uma importância a mais quando os filés são submetidos a um armazenamento e cozimento (CASTRO, 2007).

Os tratamentos apresentaram diferenças ($p < 0,05$) em relação aos dados obtidos para força de cisalhamento (Tab. 03), demonstrando que os filés analisados dois dias após o vencimento (T2) apresentaram os maiores valores, o que indica uma carne mais dura, enquanto os filés avaliados no dia da chegada (T0) apresentaram os menores valores, que aponta uma textura mais macia. A maciez, ou força de cisalhamento da carne talvez seja o fator de maior importância para o consumidor, quando observada a qualidade da carne. Alguns fatores podem afetar diretamente nessa qualidade, sendo eles os ante-mortem e post-mortem. Ante-mortem: nutrição, estresse antes do abate, espessura e comprimento do sarcômero, sexo, exercício, presença do tecido conjuntivo e idade. Post-mortem: pH final, maturação, estimulação elétrica, esfriamento da carcaça, rigor-mortis e métodos e temperatura de cozimento (JUÁREZ *et al.*, 2012).

Os resultados obtidos para as concentrações proteicas mostraram que os filés avaliados nos diferentes momentos: T0, T1 e T2, foram maiores comparados à do grupo T3. Em relação

aos resultados obtidos para glicogênio total em diferentes momentos do armazenamento, não foram observadas alterações significantes estatisticamente. A concentração de lipídeos totais foi mais alta estatisticamente nos primeiros dias amostrados; T0, T1 e T2 em comparação com T3, mesmo padrão observado nas proteínas totais. Os valores médios encontrados para os parâmetros metabólicos dos filés de *O. niloticus*, em diferentes momentos pós processamento, estão apresentados na Tab. 04.

De acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA, 1952), o processo de deterioração do pescado inicia-se após o prazo final de sua conservação, aproximadamente 12 dias, de acordo com o prazo de validade, e, com isso, ocorre a diminuição de proteínas e lipídios no filé. Essas informações são confirmadas de acordo com os resultados apresentados nesse trabalho. Quatro dias após a data de vencimento estipulada pelo frigorífico, ou seja, treze dias de conservação, os valores de proteína e lipídio no músculo diminuíram consideravelmente.

Tabela 04: Valores médios dos parâmetros metabólicos do tecido muscular (filés) de *Oreochromis niloticus* coletadas em diferentes momentos pós processamento.

Variável	Receber	1 dia antes	2 dias após	4 dias após	EPM ¹	P valor
Proteínas Totais (g/100g)	199,76 ^a	196,33 ^a	164,89 ^a	127,90 ^b	54,14	0,037
Glicogênio Total (nmol de glicose/g tecido)	0,2610 ^a	0,2561 ^a	0,2555 ^a	0,2553 ^a	0,046	0,049
Lipídios Totais (g/100g)	27,40 ^a	40,10 ^a	36,20 ^a	22,40 ^b	14,65	0,033

Letras diferentes entre as linhas indicam diferença a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Franco e Landgraf (2008) ressaltam que a ação das enzimas leva à desintegração do filé, o que facilita a disseminação de micro-organismos contaminantes. Já na concentração de glicogênio total, quando exposto a baixas temperatura, a reserva de glicogênio dos filés foi mantida sem muitas alterações, desde o recebimento dos filés até quatro dias após o vencimento.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, é possível concluir que após o prazo de conservação em refrigeração a granel, o conteúdo proteico e lipídico de filé de tilápia-do-Nilo diminui, tornando menos recomendável para o consumo, o mesmo para a tendência de aumento da lipoperoxidação. O tempo de prateleira apresenta influência na qualidade físicas, química e da cor dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com impactos negativos após o vencimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao frigorífico comercial GeneSeas, por cederem o material de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, F.R.; ALENCAR, B.S.; SOUZA, K.L.D.; TRINDADE, K. Reversão sexual de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de tratamento hormonal. **Pesquisa Agropecuária**, v.3, n.1, p.102-109, 2020.
- ARAÚJO, N.G.; CORRREIA, J.L.A.; COSTA, G.N.S.; ANDRADE, R.B.; MAGNANI, M.; CAVALHEIRO, J.M.O. **Caracterização do filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**, Rio de Janeiro, RJ, 2013. In: Congresso Brasileiro de Química, 53, 2013, Anais... Rio de Janeiro: [s.n.], 2013.
- BÉLTRAN, J.A.; JAIME, I.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO C.; ALBERTÍ, P.; RONCALÉS, P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Science**, v.45, n.2, p.201, 1997.
- BIDINOTTO, P.M.; MORAES, G.; SOUZA, R. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of microsamples. **Boletim Técnico (CEPTA)**, Pirassununga, n.10, p.53-60, 1997.
- BRESSAN, M.C.; PRADO, O.V.; PÉREZ, J.R.O.; LEMOS, A.L.D.S.C.; BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Food Science and Technology**, v.21, n.3, p.293-303, 2001.
- CASTRO, D.A. **Perdas de água em file de pescado do Pantanal**, 2007, 50p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Animal). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.
- DUBOIS, M.K.A.; GILLES, J.K.; HAMILTON, REBERS, P.A; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, n.3, p.350–356, 1956.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Métodos para Análise de Pescado**. Teresina, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80694/1/documento-189.pdf>. Acesso em: 08 set. 2021.
- FAUSTMAN, C. **Alterações post-mortem em alimentos musculares**. 1. ed., Springer, Boston, MA, 1994.
- FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497–509, 1956.
- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. 1. ed., São Paulo: Atheneu, p.182, 2008.
- FRINGS, C.S.; FENDLEY, T.W.; DUNN, R.T.; QUEEN, C.A. Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phospho-vanillin reaction. **Clinical chemistry**, v.18, n.7, p.673-674, 1972.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration: advances in food research. **Cleveland**, v.10, n.2, p.335-443, 1960.

HERMES-LIMA, M.; WILLMORE, W.G.; STOREY, K.B. Quantification of lipid peroxidation in tissue extracts based on Fe (III) xylenol orange complex formation. **Free Radical Biology and Medicine**, v.19, n.3, p.271-280, 1995.

HONG-JU, H.; DI WU, DA-WEN, S. Rapid and non-destructive determination of drip loss and pH distribution in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets using visible and near-infrared (Vis-NIR) hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v.156, n.1, p.394-401, 2014.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Barking, v.49, n.4, p.447-457, 1998.

HONIKEL, K.O.; HAMM, R. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Quality attributes and their measurement in meat, Poultry and fish products**. Advanced Meat Research, v.9, 1994. p.125-159.

HUGHES, J.M.; OISETH, S.K; PURSLOW, P.P; WARNER, R.D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v.8, p.520-532, 2014

IRIE, M. Optical evaluation of factors affecting appearance of bovine fat. **Meat Science**, v.57, n.1. p.19-22, 2001.

JESUS, R.S.D.; LESSI, E.; TENUTA-FILHO, A. Estabilidade química e microbiológica de "minced fish" de peixes amazônicos durante o congelamento. **Food Science and Technology**, v.21, n.1, p.144-148, 2001.

JUÁREZ, M.; DUGAN, M.E.R.; ALDAI, N.; BASARAB, J.A.; BARON, V.S; MCALLISTER, T.A.; AALHUS, J.L. Beef quality attributes as affected by increasing the intramuscular levels of vitamin E and omega-3 fatty acids. **Meat Science**, v.90, n.3, p.764-769, 2012.

JUL, M. **Productos pesqueros frescos y congelados**. 2. ed., Chile: Editorial Nascimento, 1953.

LEE, S.; DECKER, E.A.; FAUSTMAN, C., MANCINI, R.A. The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. **Meat Science**, v.70, n.40, p.683-689, 2005.

LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **The Journal of Biological Chemistry**, v.193, n.1, p.265-275, 1951.

LUZ, P.A.C. **Características qualitativas da carne de bubalinos submetida a diferentes períodos de maturação**, 2014. 80p. (Dissertação de Mestrado em Produção Animal). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2014.

MACDOUGAL, D.B. Colour meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products - Advances 69** in

Meat Research Series. 1. ed., London: Blackie Academic & Professional, v.9, cap.3, 1994. p.79-93.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; SOUZA, M.L.R. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. 1. ed., São Paulo, Tec Art, cap.14, 2004. p.405-480.

MILLIGAN, C.L.; GIRARD, S.S. Lactate metabolism in rainbow trout. **The Journal of Experimental Biology**, v.180, n.1, p.175–193, 1993.

MINOZZO, M.G. Processamento e Conservação do Pescado. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia/Paraná**, Educação a Distância, Curitiba, 2011.

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P.E.; HUGO, A.; RAATS, J.G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, v.112, n.2, p.279-289, 2009.

OETTERER, M. Processamento de surimi, conhecimento das técnicas de obtenção e de controle da qualidade do produto para a introdução na indústria brasileira. **Projeto Programa de Cooperação Internacional CNPq/JAICA**. Brasília: CNPq, 1998.

OLIVEIRA, P.R.D.; JESUS, R.S.D.; BATISTA, G.M. LESSI, E. Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.1, p.67-74, 2014.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. 1. ed., Cocal do Sul: Imprint, 2001.

PACHECO-AGUILAR, R.; LUGO-SÁNCHEZ, M.E.; ROBLES-BURGUEÑO, M.R. *Postmortem* biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 C. **Journal of Food Science**, v.65, n.1, p.40-47, 2000.

PARRISH, C.C. Lipid biogeochemistry of plankton, settling matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. II. Lipid classes. **Organic Geochemistry**, v.29, n.5, p.1531–1545, 1998.

PEIXE, B.R. **Anuário peixe BR da piscicultura 2022**. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2022.

PRATA, L.F. **Higiene e inspeção de carnes, pescado e derivados**. FUNEP, Jaboticabal, 1999.

RIISPOA. **Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. DECRETO nº 30.691, 1952.

RUFF, N.; FITZGERALD, R.D.; CROSS, T.F.; KERRY, J.P. Fillet shelf-life of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. fed elevated levels of α -tocopheryl acetate. **Aquaculture Research**, v.33, n.13, p.1059-1071, 2002.

SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEINSSON, H.; JONSSON, A.; LIE, O.; NORTVEDT, R.; THOMASSEN, M.; TORRISSEN, O. Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, n.1, p.99-104, 1999.

SIKORSKI, Z.E; KOLAKOWSKA, A.; BURT, J.R Postharvest biochemical and microbial changes. In: SIKORSKI, Z.E. **Seafood: resources, nutritional, composition and preservation**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.55-73.

SILVA, M.R. S. E; RIBEIRO, E.A.S.; BARBOSA, J.P.; ALVES JÚNIOR, F.T.; GUEDES, M.C.; PINHEIRO, P.G.; BUFALINO, L. Quality attributes of commercial charcoals produced in Amapá, a Brazilian state located in the Amazonia. **Environment, Development and Sustainability**, v.2, n.2, p.1-14, 2018.

SINGH, A.; MITTAL, A.; BENJAKUL, S. Undesirable discoloration in edible fish muscle: Impact of indigenous pigments, chemical reactions, processing, and its prevention. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.21, n.1, p.580-603, 2022.

SKJERVOLD P.O.; RORA, A.M.B.; FJAERA, S.O.; VEGUSDAL, A.; VORRE, A.; EINEM, O. Effects of pré-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. **Aquaculture**, v.194, n.3, p.315, 2001.

SOARES, K.M.P.; GONCALVES, A.A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.71, n.1, p.1-10, 2012. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/view/32384/31215>. Acesso em: 05 jan. 2022.

SOARES, V.F.M; VALE, S.R.; JUNQUEIRA, R.G.; GLORIA, M.B. Teores de histamina e qualidade físico-química e sensorial de filé de peixe congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, p. 462-470, 1998.

SUTTON, A.H. Polyphosphate treatment of cod muscle. In: Freezing and irradiation of fish. **Rudolf Kreuzer**, v.21, n.1, p.172-178, 1969.

UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIAH, L.E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, n.9, p.2439-2449, 1993.

WEBER, J. **Estabilidade lipídica de filés de jundiá (*Rhamdia quelen*)**, 2007. 81p. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

YUE, S., MOCCIA, R.D., DUNCAN, I.J.H. Investigating fear in domestic rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*), using an avoidance learning task. **Applied Animal Behaviour Science**, v.87, n.3, p.343–54, 2004.

ZHU, W.; HAN, M.; BU, Y.; LI, X.; Yi, S.; XU, Y.; LI, J. Polifenóis vegetais que regulam a oxidação da mioglobina e a estabilidade da cor em carne vermelha e certos peixes: uma revisão. **Críticas em Ciência Alimentar e Nutrição**, v.6, n.32, p.1-13, 2022.