AVALIAÇÃO DA EXPRESSÃO DOS GENES COLÁGENO TIPO I SUBUNIDADES ALFA 1, 2 E 3 NO MÚSCULO E PERFIL DE TEXTURA DO FILÉ DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) PRETAS E VERMELHAS

Maria Alice de Oliveira Gonçalves (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Gabriela Hernandes Cangianelli (Coorientadora), Angélica de Souza Khatlab, Eliane Gasparino (Orientadora). E-mail: egasparino@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá, PR.

Zootecnia/Recursos Pesqueiros, Genética e Melhoramento dos Animais Domésticos.

Palavras-chave: aquicultura; dureza; linhagem

RESUMO

Nosso objetivo foi avaliar se existe diferença no perfil de textura do filé e na expressão dos genes colágenos tipo I subunidades alfa 1 (*COL1A1*), 2 (*COL1A2*) e 3 (*COL1A3*) no músculo de tilápias do Nilo de cor preta e vermelha. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos referentes a cor da pele das tilápias (pele preta, n=12 e vermelha, n=12). O filé do lado esquerdo do peixe foi coletado para a análise de perfil de textura e amostras de músculo, obtidas do lado direito do corpo do animal, foram coletadas para a análise de expressão dos genes *COL1A*, *COL1A2* e *COL1A3*. Os dados foram analisados por meio da ANOVA-one-way e as médias foram comparadas pelo teste t de Student (P<0,05). A análise correlação de Pearson foi realizada para verificar se existe correlação entre a expressão dos genes colágenos tipo I com o perfil de textura. As tilápias de cor vermelha apresentaram filés com menor valor de dureza, adesividade e mastigabilidade, e maior valor de coesividade, e maior expressão dos genes *COL1A1*, *COL1A2* e *COL1A3*. Houve moderada correlação negativa entre a expressão dos genes colágenos tipo I, a dureza e a mastigabilidade. Existe diferença no perfil de textura do filé e na expressão dos genes colágenos tipo I no músculo de tilápia preta e vermelha, sendo que as tilápias vermelhas apresentaram os melhores níveis de expressão dos genes colágenos tipo I e melhor perfil de textura. A expressão dos genes colágenos tipo I está correlacionada negativamente com a dureza e a mastigabilidade do filé, sugerindo uma relação da expressão gênica no processo de remodelamento da matriz extracelular, e não necessariamente no acúmulo de colágeno muscular.

INTRODUÇÃO

A textura do filé é uma característica relevante que contribui significativamente para a comercialização dos produtos aquícolas, uma vez que este é um dos fatores mais importantes para a qualidade do filé. O perfil de textura dos filés que inclui a avaliação dos parâmetros de firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade e mastigabilidade, é uma das análises utilizadas para a obtenção de informações sobre a qualidade e a potencial aceitação dos filés pelos consumidores. Por esta ser uma análise que avalia atributos que influenciam a percepção da qualidade da carne durante a mastigação (Nascimento et al., 2007). Existe relação direta entre a textura

do filé com as características e as propriedades das células do tecido muscular, ou seja, as espécies com filés mais firmes apresentam menor tamanho de miofibra e maior conteúdo de colágeno intramuscular (Listrat et al., 2016). O colágeno é uma proteína fibrosa de cadeia não ramificada presente na matriz extracelular, e desempenha papel na manutenção da homeostase tecidual, integridade biológica e mecânica estrutural (He et al., 2023). Os colágenos tipo I e V são os principais colágenos fibrosos que compõem o tecido conjuntivo intramuscular dos peixes e, tem sido apontado como um dos principais fatores que afetam a qualidade da carne de peixe. Isso porque, o colágeno apresenta uma relação complexa com a maciez da carne, um dos atributos qualitativos mais importante do filé (He et al., 2023). A cor da pele da tilápia é uma característica fenotípica importante que pode ser usada para distinguir diferentes variedades e está associada a diversas características adaptativas, reprodutivas e produtivas. Recentemente Campos et al. (2025) sugeriram que o fenótipo da cor da pele das tilápias pode estar ligado a importantes vias metabólicas que influenciam as características qualitativas do filé. O nosso objetivo foi avaliar se existe diferença no perfil de textura e na expressão dos genes colágenos tipo I subunidades alfa 1, 2 e 3 no filé de tilápias do Nilo de cor preta e vermelha, e se existe correlação entre a expressão dos genes colágenos e o perfil de textura do filé.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Maringá (nº 2942240423) e foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos referentes a cor da pele das tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*): pele preta e pele vermelha. Vinte e quatro tilápias do Nilo (12 pretas e 12 vermelhas), com 150 dias de idade e peso médio de 0,450 kg foram criadas na Estação Experimental de Piscicultura (CODAPAR-UEM) em tanque escavado na densidade de 3 peixes/m^3. Os parâmetros da água foram monitorados diariamente, 2 vezes por dia (09:00 h e as 17:00 h) e o sistema de aeração foi o convencional funcionando de 30 e 30 minutos durante 12 horas, com descanso de 12 horas. Aos 150 dias de idade os peixes foram coletados e eutanasiados, em seguida, o filé inteiro sem pele do lado esquerdo do peixe foi coletado para a análise de perfil de textura do filé. Amostras de músculo, do lado direito do corpo do peixe, foram coletadas sem pele para a análise de expressão gênica.

O perfil de textura dos filés foi avaliado por meio da determinação da dureza, elasticidade, coesividade, adesividade e mastigabilidade conforme descrito por Nascimento et al. (2007). O RNA total do músculo foi extraído com o reagente TRIzol (Invitrogen, Carlsbad CA, USA) de acordo com as normas do fabricante. O RNA total foi tratado com o kit DNase I amplification grade (Invitrogen, Carlsbad CA, USA), de acordo com as instruções do fabricante. O DNA complementar (cDNA) foi sintetizado usando o kit SuperScript III First-Strand Synthesis SuperMix (Invitrogen Corporation) de acordo com as instruções do fabricante. As reações em cadeia da polimerase quantitativa em tempo real foram realizadas usando o PowerUP SYBR® Green Master Mix (Applied Biosystems, Vilnius, Lithuania) no termociclador StepOne Real Time PCR System versão 2.3 (Applied Biosystems) em duplicata. Os genes colágenos tipo I subunidade alfa 1 (*COL1A1*, nº de acesso: AB603656.1), subunidade alfa 2 (*COL1A2*, n° de acesso: AB603657.1), subunidade alfa 3

(*COL1A3*, n° de acesso: AB603658.1) e beta actina (n° de acesso: 100534414) foram desenhados de acordo com as sequências depositadas no site www.ncbi.nlm.nih.gov. O método $2^{-\Delta Ct}$ foi utilizado para a quantificação relativa da expressão gênica. Os dados foram analisados por meio da ANOVA-one-way e as médias foram comparadas pelo teste t de Student (P<0,05). A correlação de Pearson foi realizada para verificar se existe correlação entre a expressão dos genes colágenos tipo I com o perfil de textura (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tilápias de cor vermelha apresentaram filés com menor valor de dureza (51,51 N vs. 75,27 N; P=0,0019), adesividade (-0,18 vs. -0,28; P=0,0104), mastigabilidade (44,68 N/mm vs. 72,86 N/mm; P=0,0077), bem como o maior valor de coesividade (0,87 vs. 0,85; P=0,0353) do que as tilápias pretas. O perfil de textura do filé, é uma das formas de mensurar a qualidade do filé e, a aceitação do mesmo pelos consumidores, já que essas análises avaliam atributos que influenciam a percepção da qualidade da carne durante a mastigação (Nascimento et al., 2007). O filé de tilápia vermelha apresentou os melhores resultados na análise de perfil de textura mecânica, uma vez que, as tilápias vermelhas mostraram ter filés com coesividade elevada, capazes de manter sua estrutura interna, não se desintegrando facilmente, ainda sim, suave, suculento e fácil de mastigar.

As tilápias vermelhas apresentaram maior expressão dos genes *COL1A1* (P=0,0088), *COL1A2* (P=0,0098) e *COL1A3* (P=0,0129) (Figura 1).

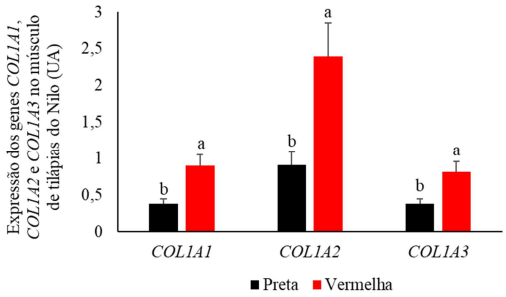


Figura 1. Expressão dos genes cólagenos tipo I subunidades alfa 1 (*COL1A1*), 2 (*COL1A2*) e 3 (*COL1A3*) no músculo de tilápias pretas e vermelhas. Os resultados são expressos como unidade arbitrária (UA) e são apresentados como média e erro padrão. [a,b]Médias diferentes pelo teste t de Student (P<0,05).

Bjarnadottir et al. (2012) observaram que menor conteúdo dos colágenos subunidades 1 e 2, foi relacionado à redução da força de cisalhamento em bovinos com carne de textura macia. Porém, nós verificamos que a tilápia vermelha teve maior expressão dos genes do colágeno tipo I e filé menos rígidos, mas que ao mesmo tempo é coeso e não se desintegra facilmente. Indicando possivelmente que a maior expressão dos genes colágenos esteja associada mais ao processo de remodelamento da matriz extracelular, e que a maior expressão dos genes colágenos não necessariamente resulte em aumento da resistência mecânica do filé.

Houve moderada correlação negativa significativa entre a expressão dos genes colágenos itpo I, a dureza (*COL1A1* r=-0,692; P=0,0062; *COL1A2* r=-0,672, P=0,0085 e *COL1A3* r=-0,698, P=0,0055) e a mastigabilidade (*COL1A1* r=-0,589, P=0,0267; *COL1A2* r=-0,583, P=0,0285 e *COL1A3* r=-0,616, P=0,0191). A relação entre o colágeno e a textura é complexa e depende não apenas da expressão gênica, mas também da quantidade, organização, estrutura, solubilidade e grau de

ligações cruzadas do colágeno. Portanto, nós podemos atribuir estes resultados as diferenças estruturais e de degradação do colágeno de tilápias de cores diferentes. Reátegui-Pinedo et al. (2022) demonstraram que a estrutura do colágeno de tilápias vermelhas apresenta vantagem sobre o colágeno da tilápia cinza, uma vez que o colágeno da tilápia cinza mostrou maior degradação e menor temperatura de desnaturação do que os do colágeno da tilápia vermelha. Os resultados sugerem que a transcrição e a deposição do colágeno, no músculo da tilápia vermelha ocorrem em quantidades adequadas para conferir aos filés uma carne mais coesa, mas ainda assim, macia.

CONCLUSÕES

O perfil de textura do filé e a expressão dos genes colágenos tipo I no músculo de tilápia, podem variar dependendo da cor da pele do peixe. As tilápias vermelhas apresentaram vantagem em relação as tilápias pretas, por apresentarem os melhores níveis de expressão dos genes colágenos tipo I e perfil de textura que refletem a qualidade do filé. Além disso, nossos resultados sugerem uma possível relação da expressão gênica no processo de remodelamento da matriz extracelular, e não necessariamente no acúmulo quantitativo de colágeno muscular.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação Araucária pela concessão da bolsa de estudo, a Universidade Estadual de Maringá e ao Departamento de Zootecnia pelo apoio técnico (DZO).

REFERÊNCIAS

BJARNADÓTTIR, S. G.; HOLLUNG, K.; HØY, M.; BENDIXEN, E.; CODREA, M. C.; VEISETH-KENT, E. Changes in protein abundance between tender and tough meat from bovine Longissimus thoracis muscle assessed by isobaric Tag for Relative and Absolute Quantitation (iTRAQ) and 2-dimensional gel electrophoresis analysis. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 6, p. 2035-2043, 2012.

CAMPOS, V. J.; GASPARINO, E.; LIMA JÚNIOR, J. W. R.; KHATLAB, A, S.; BASTOS, M. S.; SANTANA, T. P.; ALMEIDA, F. L. A.; SOUZA, M. L. R.; MATIUCCI, M. A.; OLIVEIRA, G. G.; RIBEIRO, R. P.; SCHLOTEFELDT, C.; OLIVEIRA, I. R. S.; OLIVEIRA, J. G.; DEL VESCO, A. P. Characterization of fillets and skins from two varieties of genetically improved farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Plos One**, v. 20, n. 2, p. e0314928, 2025.

HE, X.; WU, Q.; XUE, W.; WU, R.; HUANG, Y.; CHEN, L.; HAN, Y.; WU, J.; BORJIGIN, G.; SHA, R. Characterization of type I and type III collagen in the intramuscular connective tissue of Wuzhumuqin sheep. **Animals**, v. 13, n. 3, p. 395, 2023.

LISTRAT, A.; LEBRET, B.; LOUVEAU, I.; ASTRUC, T.; BONNET, M.; LEFAUCHEUR, L.; PICARD, B.; BUGEON, J. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. **The Scientific World Journal**, v. 2016, p. 1-14, 2016.

NASCIMENTO, R.; CAMPAGNOL, P. C. B.; MONTEIRO, E. S.; POLLONIO, M. A. R. Substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre as

características físico-químicas e sensoriais de salsichas. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 297-302, 2007.

REÁTEGUI-PINEDO, N.; SALIRROSAS, D.; SÁNCHEZ-TUESTA, L.; QUIÑONES, C.; JÁUREGUI-ROSAS, S. R.; BARRAZA, G.; CABRERA, A.; AYALA-JARA, C.; MARTINEZ, R. M.; BABY, A. R. Characterization of collagen from three genetic lines (Gray, Red and F1) of Oreochromis niloticus (Tilapia) skin in young and old adults. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 1123, 2022.