

ATIVIDADE DE TRIPSINA E QUIMOTRIPSINA NO HEPATOPÂNCREAS DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADAS COM SILAGENS ÁCIDA OU FERMENTADA DE RESÍDUOS DE TILÁPIA**TRYPSIN AND CHYMOTRYPSIN ACTIVITY IN THE HEPATOPANCREAS OF JUVENILE NILE TILAPIA FED ACIDIC OR FERMENTED TILAPIA WASTE SILAGES** <https://doi.org/10.63330/aurumpub.012-046>**Gabriel Caetano Ferreira**Special Dog Company
Santa Cruz do Rio Pardo, São Paulo, Brasil
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0884980878057709>**Ligia Maria Neira**Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro "Victório Cardassi"
Taquaral, São Paulo, Brasil
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4172348756813111>**Dalton José Carneiro**Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Câmpus Jaboticabal
Jaboticabal, São Paulo, Brasil
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4172348756813111>**Caroline Carla Santana**Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Câmpus Jaboticabal
Taúva, São Paulo, Brasil
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/8934181667313550>**Luiz Flávio José dos Santos**Faculdade de Tecnologia de Ribeirão Preto – São Paulo
Jaboticabal, São Paulo, Brasil
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/5888302973425312>**João Martins Pizauro Junior**Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Câmpus Jaboticabal
Jaboticabal, São Paulo, Brasil
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/3958124498479090>**RESUMO**

No Brasil, a aquicultura é uma atividade em franca expansão, ganhando destaque por ser uma alternativa econômica e viável aos pequenos, médios e grandes produtores. O aumento da produção e do consumo de pescados faz com que aumente também a quantidade de resíduos gerados na cadeia. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), espécie exótica de origem africana, foi introduzida no Brasil e disseminada em todas as bacias hidrográficas, fazendo com que sua cultura seja a principal representante da produção de pescados. A alimentação de peixes possui um alto custo, em particular, devido à utilização da farinha de peixe como um dos componentes nas rações. Contudo, tem-se buscado fontes proteicas alternativas que sejam econômicas e sustentáveis para substituição da farinha de peixe. O aproveitamento dos resíduos

Contribuições Multidisciplinares Para o Conhecimento Atual



gerados na própria cadeia produtiva de pescado são fontes de energia e proteína, que podem ser convertidos em ingredientes para a indústria de alimentos para animais. Os filés compõem em média 30 a 33% do peixe, sendo o restante considerado resíduo da filetagem, composto por nadadeiras, cabeça, cauda, espinha dorsal e vísceras. O presente estudo teve como objetivo avaliar as atividades enzimáticas da tripsina e quimotripsina obtidas a partir do hepatopâncreas de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com substituição parcial ou total da farinha de peixe por silagens ácida e fermentada do resíduo da filetagem de tilápia. Foram utilizados 384 peixes de 15 gramas, distribuídos em 32 caixas d'água de 450L num delineamento inteiramente casualizado, com 8 tratamentos e 4 repetições. Os resultados das atividades da tripsina e da quimotripsina não apresentaram diferenças significativas entre o controle e os tratamentos, sugerindo que a substituição total ou parcial da farinha de peixe por silagem ácida ou fermentada de filetagem de tilápias é vantajosa pois além de diminuir os custos e os resíduos gerados, não acarreta perdas na produção.

Palavras-chave: Enzimas digestivas; Proteases, Silagem de tilápia.

ABSTRACT

In Brazil, aquaculture is a rapidly expanding activity, gaining prominence as a viable, economical alternative for small, medium, and large producers. The increase in fish production and consumption also increases the amount of waste generated in the chain. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), an exotic species of African origin, was introduced to Brazil and spread throughout all river basins, making its culture the main representative of fish production. Fish feed is expensive, particularly due to the use of fishmeal as a component in feed. However, alternative, economical, and sustainable protein sources have been sought to replace fishmeal. The use of waste generated in the fish production chain itself provides energy and protein, which can be converted into ingredients for the animal feed industry. Fillets make up an average of 30 to 33% of the fish, with the remainder considered filleting residue, consisting of fins, head, tail, backbone, and viscera. This study aimed to evaluate the enzymatic activities of trypsin and chymotrypsin obtained from the hepatopancreas of juvenile Nile tilapia fed with partial or total replacement of fishmeal with acidic and fermented silages made from tilapia filleting residue. A total of 384 15-gram fish were distributed across 32 450-L water tanks in a completely randomized design with eight treatments and four replicates. The results of trypsin and chymotrypsin activities did not show significant differences between the control and treatments, suggesting that the total or partial replacement of fishmeal by acidic or fermented silage from tilapia fillets is advantageous because, in addition to reducing costs and waste generated, it does not result in production losses.

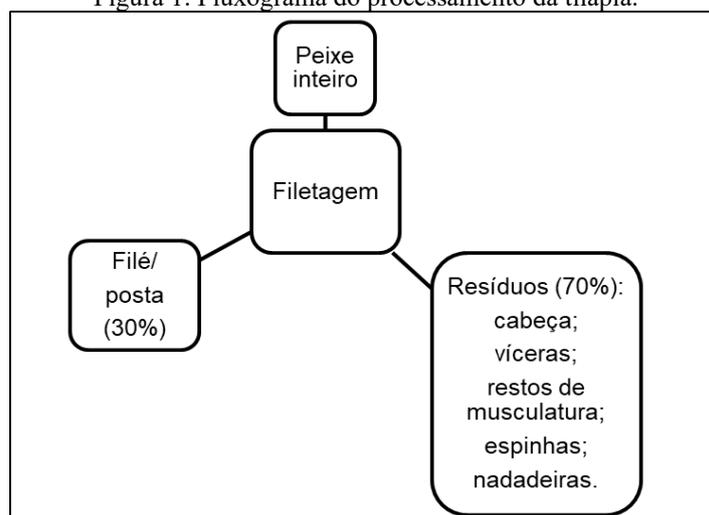
Keywords: Digestive enzymes; Protease, Tilapia silage.

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A aquicultura brasileira configura-se como uma atividade em franca expansão, representando uma alternativa econômica viável para produtores de pequeno e médio porte. Em 2024, a produção nacional de tilápias atingiu a marca de aproximadamente 660 mil toneladas, registrando um crescimento de 14,3% em relação ao ano de 2023 (Peixe BR, 2025). Dentre as espécies cultivadas, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se como a mais produzida e comercializada no país, sendo criada predominantemente em sistema intensivo, o que demanda alimentação exógena de alta qualidade nutricional (ZANIBONI FILHO et al., 2005).

Paralelamente ao crescimento da produção, surge o desafio do manejo dos resíduos gerados pelo processamento industrial do pescado (Figura 1), os quais podem representar até 70% do peso total do peixe (NGUYEN et al., 2010).

Figura 1. Fluxograma do processamento da tilápia.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O descarte inadequado desse material constitui um sério passivo ambiental, representando potenciais fontes poluidoras (PESSATTI, 2001). Diante deste cenário, o desenvolvimento de tecnologias para aproveitar esses subprodutos, reduzindo desperdícios, custos de produção e impactos ambientais, torna-se imperativo para a sustentabilidade do setor (SANTA ROSA, 2009).

Neste contexto, a transformação dos resíduos em silagem de pescado emerge como uma estratégia promissora e viável. O processo de ensilagem, que pode ser ácido, enzimático ou fermentativo, resulta em um produto líquido ou pastoso de alto valor nutricional, rico em minerais e proteínas hidrolisadas de alta digestibilidade (TIBBETTS et al., 1981; OETTERER, 1999; NEIRA et al., 2024). Sua produção é de baixo custo, não requer equipamentos sofisticados e permite o aproveitamento imediato dos resíduos, agregando valor e solucionando um problema de descarte (ARRUDA et al., 2006; OETTERER, 2002). Estudos



demonstram sua eficiência no emprego na alimentação de diversas espécies, como rãs-touro (OLIVEIRA et al., 2008), frangos de corte (ÁVILA; SOTELO, 2008) e suínos (SALES, 1995), sem prejudicar o desempenho zootécnico.

O valor nutricional da silagem e seu potencial de utilização na alimentação animal estão diretamente ligados à capacidade dos organismos em digerir e absorver seus nutrientes. Em peixes, a digestão proteica é um processo mediado por enzimas específicas, cuja atividade está intimamente relacionada à composição da dieta (RAY, 1988). Proteases como a tripsina e a quimotripsina são secretadas pelo hepatopâncreas na forma de zimogênios (tripsinogênio e quimotripsinogênio) e ativadas no lúmen intestinal. Elas são as principais responsáveis pela hidrólise de proteínas em peptídeos e aminoácidos, sendo consideradas enzimas-chave no processo digestivo, especialmente em peixes jovens (HJELMELAND et al., 1984; EL-BELTAGY et al., 2004). A atividade dessas enzimas é influenciada por fatores como pH, temperatura e, crucialmente, pela própria composição do substrato alimentar (NELSON; COX, 2014).

Portanto, avaliar a atividade das enzimas tripsina e quimotripsina em peixes alimentados com dietas contendo silagem é fundamental para compreender a eficiência digestiva dessa matéria-prima alternativa. Alterações na atividade enzimática podem indicar a capacidade de adaptação do animal à nova dieta ou, por outro lado, possíveis déficits digestivos que poderiam limitar seu aproveitamento nutricional.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as atividades enzimáticas da tripsina e quimotripsina obtidas do hepatopâncreas de juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com substituição parcial ou total da farinha de tilápia pela silagem ácida ou fermentada (proteína hidrolisada) de resíduo da filetagem de tilápia, isolado proteico de soja ou aminoácidos livres.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) e no Laboratório de Enzimologia e Imunoquímica Aplicadas (LEIA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal-SP. Todos os procedimentos envolvendo animais foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da FCAV, estando em conformidade com os princípios do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

2.1 PRODUÇÃO DAS SILAGENS DE TILÁPIA

Os resíduos de tilápia (*in natura*) foram adquiridos de um abatedouro e transportados em caixas térmicas com gelo. Dois tipos de matéria-prima foram utilizados: resíduo total de filetagem (cabeça, vísceras, espinhas, nadadeiras e restos de musculatura) e somente vísceras. Após a moagem e homogeneização, os resíduos foram submetidos a dois processos de hidrólise:



- Silagem Ácida: Adição de 2% (p/v) de ácido fosfórico e 3% (p/v) de ácido acético.
- Silagem Fermentada: Adição de 15% (p/p) de melaço de cana-de-açúcar e 5% (p/p) de *Lactobacillus* sp.

As silagens foram armazenadas à temperatura ambiente (28–32°C) até a completa liquefação, resultando em quatro produtos: Silagem de Vísceras Ácida (SVA), Silagem de Vísceras Fermentada (SVF), Silagem Total Ácida (STA) e Silagem Total Fermentada (STF).

2.1.1 Animais, delineamento e dietas experimentais

Foram utilizados 384 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso inicial de 15 g, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 4 repetições (12 peixes por unidade experimental, totalizando 32 caixas de 150 L). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente, duas vezes ao dia (8h e 15h), e mantidos em condições de água adequadas para a espécie.

Foram formuladas oito dietas isoproteicas e isoenergéticas, conforme o NRC (2011), nas quais a proteína da farinha de tilápia (controle) foi substituída parcial (50%) ou totalmente (100%) por diferentes fontes proteicas:

1. FP 100%: Controle (100% farinha de peixe);
2. SA 50%: 50% farinha de peixe + 50% silagem ácida;
3. SA 100%: 100% silagem ácida;
4. SF 50%: 50% farinha de peixe + 50% silagem fermentada;
5. SF 100%: 100% silagem fermentada;
6. IPS 50%: 50% farinha de peixe + 50% isolado proteico de soja;
7. IPS 100%: 100% isolado proteico de soja;
8. AA 100%: 100% aminoácidos cristalinos;



Tabela 1. Composição dos ingredientes dos tratamentos experimentais

Ingredientes (%)	FP	SA ₅₀ ³	SA ₁₀₀ ³	SF ₅₀ ³	SF ₁₀₀ ³	IPS ₅₀ ³	IPS ₁₀₀ ³	AA ³
FP ¹	16,20	8,10	0,00	8,10	0,00	8,10	0,00	0,00
SA	0,00	10,60	21,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SF	0,00	0,00	0,00	11,57	23,15	0,00	0,00	0,00
IPS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,03	8,05	0,00
AA ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,79
Farelo de soja	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72	36,72
Milho	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Farelo de trigo	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Quirera de arroz	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farelo de arroz	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Caulin	0,00	1,38	1,66	1,11	1,49	2,22	6,12	4,98
Ácido glutâmico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	3,00
Óleo de soja	5,00	2,50	0,00	2,10	0,00	6,25	8,30	7,00
Fosfato Bicálcico	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	1,90	2,40
Calcário	1,20	0,30	0,00	0,00	0,00	1,80	2,30	2,10
Suplemento Vit e Min ⁴	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-lisina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
DL-Metionina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,23
L-treonina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	0,38
L-histidina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
L-fenilalanina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09

Nota: ¹FP = farinha de tilápia, SA= silagem ácida, SF= silagem fermentada, IPS= isolado proteico de soja, AA=aminoácidos cristalinos. ²Mix de aminoácidos não essenciais. Glicina 14,89%, tirosina 4,02%, Cistina 3,63%, Ácido aspártico 2,51%, Alanina 1,98% e Serina 0,64%. ³50 ou 100% de substituição da PB da farinha de tilápia por uma das silagens, isolado proteico de soja ou aminoácidos livres. ⁴Suplemento vitamínico e mineral: ácido fólico (1.250 mg); pantotenato de cálcio (1.200 mg); cobre (2.500 mg); ferro (15 g); iodo (375 mg); manganês (12,5 g); selênio (87,5 mg); zinco (12,5 mg); cobalto (125 mg); Vit A (2.500 U I); Vit B12 (4.000 mg); Tiamina B1 (4.000 mg); Riboflavina B2 (4.000 mg); Piridoxina B6 (4.000 mg); Vit C (50.000 mg); Vit D3 (600.000 UI); Vit E (37.500); Vit K3 (3.750 mg); niacina (122.500 mg); biotina (15 mg).

Fonte: Neira (2016).

Os ingredientes foram moídos, homogeneizados, umedecidos, peletizados em moinho de carne e secos em estufa com ventilação forçada a 55°C por 24 horas.

2.1.2 Coleta de amostras e preparo dos extratos enzimáticos

Ao final do período experimental, dois peixes por unidade experimental (total de 64 animais, ~350 g cada) foram eutanasiados para coleta do hepatopâncreas. As amostras de cada repetição foram agrupadas (*pool*), congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -70°C.

Para a análise, o tecido foi homogeneizado (1:10 p/v) em tampão Tris.HCl 5 mmol.L⁻¹ (pH 7,5) contendo MgCl₂ 2 mmol.L⁻¹ e ZnCl₂ 1 μmol.L⁻¹. O homogeneizado foi centrifugado a 10.000 g por 10 min a 4°C. O sobrenadante foi filtrado em lã de vidro, aliquoteado e armazenado a -70°C para as dosagens enzimáticas.



2.1.3 Atividade de Tripsina

Foi determinada pelo método de Kakade (1974), utilizando N- α -benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide (BAPNA) como substrato. O extrato foi previamente ativado com enteroquinase (0,08 U) por 5 min a 37°C. A reação foi interrompida com ácido acético 30% (v/v) após 20 min, e a absorbância foi determinada a 410 nm.

2.1.4 Atividade de Quimotripsina

Foi determinada pelo método de Erlanger et al. (1966), utilizando glutaryl-L-phenylalanine-p-nitroanilide (GAPNA) como substrato. O extrato foi ativado da mesma forma que para a tripsina. A reação foi interrompida após 45 min, e a absorbância foi determinada a 410 nm.

Para ambas as enzimas, uma unidade de atividade (U.mg⁻¹) foi definida como a quantidade de enzima que libera 1 nmol de *p*-nitroanilida por minuto por mg de proteína.

2.1.5 Dosagem de Proteína

A concentração de proteína total nos extratos foi determinada pelo método de Hartree (1972), utilizando soroalbumina bovina (BSA) como padrão.

2.1.6 Análise Estatística

Os dados foram analisados utilizando o programa SAS System versão 9.0. Após a verificação dos pressupostos de homocedasticidade e normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica das quatro silagens produzidas (SVA, SVF, STA, STF) apresentou diferenças significativas, conforme detalhado na tabela 2. A Silagem Total Fermentada (STF) apresentou o maior teor de matéria seca (52,10%), enquanto a Silagem Total Ácida (STA) registrou o maior conteúdo de proteína bruta (33,84%). As silagens de vísceras (SVA e SVF) exibiram os maiores teores de extrato etéreo (74,82% e 64,17%, respectivamente) e energia bruta, em comparação com as silagens totais. Essas variações na composição, influenciadas pelo tipo de resíduo (vísceras vs. total) e pelo processo de hidrólise (ácida vs. fermentada), estão de acordo com a literatura, que relata que a composição da silagem é diretamente dependente da matéria-prima e do método de produção utilizado (BORGHESI, 2004; SALES, 1995).



Tabela 2 - Composição bromatológica das silagens dos resíduos de filetagem de tilápias

Silagens	MS (%) ²	PB (%) ²	EE (%) ²	MM (%) ²	EM (kcal.kg. ⁻¹)
SVA ¹	50,91 ± 0,16 ^{ab}	15,85 ± 0,28 ^c	74,82 ± 0,71 ^a	6,99 ± 0,01 ^a	7700,26 ± 43,91 ^a
SVF	48,53 ± 0,39 ^c	15,45 ± 0,54 ^c	64,17 ± 0,95 ^b	6,96 ± 0,04 ^a	6893,48 ± 158,90 ^a
STA	50,07 ± 0,29 ^{ab}	33,84 ± 0,05 ^a	31,32 ± 1,03 ^c	6,70 ± 0,02 ^b	5348,63 ± 153,62 ^b
STF	52,10 ± 0,16 ^a	31,32 ± 0,26 ^b	35,64 ± 0,17 ^c	6,72 ± 0,02 ^b	5215,29 ± 10,78 ^b
Valor de p	0,005	<0,001	<0,001	0,004	0,001

Nota: ¹SVA = silagem de vísceras ácida, SVF = silagem de vísceras fermentada, STA = silagem total ácida e STF = silagem total fermentada; ² % em relação a MS. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5% de probabilidade). (Média ± erro padrão da média).

Fonte: Neira (2016).

O principal resultado deste estudo foi que não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) na atividade das enzimas digestivas tripsina e quimotripsina no hepatopâncreas de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com dietas que substituíram parcial ou totalmente a farinha de peixe por diferentes fontes proteicas. Os valores específicos de atividade enzimática para todos os tratamentos estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Atividade enzimática da quimotripsina e tripsina em tilápias alimentadas com diferentes tipos de silagens de tilápia

Tratamento	Atividade enzimática (Umg ⁻¹)	
	Quimotripsina	Tripsina
Farinha de tilápia	1,49±0,69	23,54±4,04
50% silagem ácida	1,89±0,78	20,32±9,68
100% Silagem ácida	1,62±0,47	19,85±9,84
50% silagem fermentada	1,80±0,72	18,60±7,63
100% silagem fermentada	1,40±0,85	14,83±8,66
50% isolado proteico de soja	1,11±0,77	12,24±23,19
100% isolado proteico de soja	1,52±0,09	15,50±2,03
Aminoácidos cristalinos	1,44±0,55	21,57±9,23
p-value	0,79 ^{NS}	0,47 ^{NS}
CV (%)	42,23	41,87

Nota: NS=Não significativo estatisticamente; CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Próprio autor

A ausência de diferenças significativas foi observada tanto para a quimotripsina ($P > 0,05$; CV=42,23%) quanto para a tripsina ($P > 0,05$; CV=41,87%), abrangendo as dietas contendo silagem ácida (SA 50% e 100%), silagem fermentada (SF 50% e 100%), isolado proteico de soja (IPS 50% e 100%) e aminoácidos cristalinos (AA 100%), quando comparadas à dieta-controle com 100% de farinha de peixe.

Este resultado é de grande relevância, pois indica que o trato digestivo dos peixes foi capaz de se adaptar metabolicamente às diferentes fontes proteicas, mantendo a produção dessas enzimas-chave para a digestão proteica. A atividade das enzimas digestivas está intrinsecamente relacionada ao hábito alimentar e à composição da dieta (HERNÁNDEZ; MURUETA, 2009). A estabilidade na atividade de tripsina e

Contribuições Multidisciplinares Para o Conhecimento Atual



quimotripsina sugere que nenhuma das dietas testadas exerceu um efeito inibitório ou estressante suficientemente forte para comprometer esta função pancreática fundamental. Este achado corrobora os resultados de desempenho zootécnico reportados por Neira (2016) para os mesmos tratamentos, que não encontrou prejuízos no crescimento dos animais com a substituição parcial ou total por silagem, embora tenha observado resultados insatisfatórios para as dietas com IPS e AA.

A literatura especializada apresenta um consenso de que o tipo de ingrediente (e a presença de fatores antinutricionais, por exemplo) pode influenciar mais a atividade da protease do que simplesmente a quantidade de proteína bruta na dieta (MELO et al., 2002; LUNDSTEDT et al., 2004). O fato de as silagens não alterarem a atividade enzimática é um indicativo positivo de sua qualidade e digestibilidade, já que a presença de fatores antinutricionais em outros ingredientes como o farelo de soja, tem sido associada à redução da atividade protease em tilápias (LIN; LU, 2011). Os resultados estão alinhados com estudos em outras espécies, como os de Srour (2009), que concluiu que a farinha de peixe pode ser substituída em até 60% por silagem fermentada de resíduo de pescado sem interferir no crescimento de tilápias, e com Ozório et al. (2015), que também não encontraram alterações na atividade de quimotripsina e tripsina em camarões alimentados com dietas experimentais.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a atividade das enzimas tripsina e quimotripsina no hepatopâncreas de juvenis de tilápia do Nilo não foi influenciada pela substituição parcial ou total da farinha de peixe por silagem ácida, silagem fermentada, isolado proteico de soja ou aminoácidos cristalinos. Este resultado, associado aos dados de desempenho zootécnico da literatura, indica que a silagem de resíduos de tilápia (tanto ácida quanto fermentada) é uma fonte proteica viável e que pode ser utilizada para substituir a farinha de peixe em dietas para a espécie, pelo menos do ponto de vista da capacidade digestiva e adaptação metabólica.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Jaboticabal pela infraestrutura cedida.

A FAPESP (Processo 2013/16773-9) e ao CNPq pelo suporte financeiro.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, L. F.; BORGHESI, R.; BRUMI, A.; D'ARCE, M. R.; OETTERER, M. Nutricional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 749-753, 2006.

AVILA, E.; SOTELO, A. Preparation of fish silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*, v.141, p.129-140, 2008.

EL-BELTAGY, A.E.; EL-ADAWY, T.A.; RAHMA, E.H.; EL-BEDAWAY, A.A. Purification and characterization of an acidic protease from the viscera of bolti fish (*Tilapia nilotica*). *Food Chemistry*, v. 86, p. 33-39, 2004.

Erlanger BF, Edel F, Cooper AG. The action of chymotrypsin on two new chomogenic substrates. *Archives Biochemistry Biophysic* 1966.

HARTREE, E. F. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry*, v. 48, p. 422-427, 1972.

HERNÁNDEZ, J. C. S; MURUETA, J. H. C. Activity of trypsin from *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, v. 290, p. 190-195, 2009.

HJELMELAND, K.; HUSE, I.; JØRGENSEN, T.; MOLUIK, G.; RAA, J. Trypsin and tripsinogen as indices of growth and survival potential of cod (*Gadus morhua*) larvae. In: EDAHL, E.; DANIELSSEN, D. S. MOKSNESS, E.; SOLEMDAL, P. (ed.). The propagation of cod *Gadus morhua*. Institute of Marine Research, Flodevigen/Biological Station. Flodevigen Rapport, serie 1, Arendal. Norway: 1984, p. 198-202.

KAKADE ML, RACKIS JJ, MCGHEE JG. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry*, 1974; 51: 376-82.

Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico. Polo de criação de peixes gera emprego e transforma vidas. IBGE. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20637-polo-de-criacao-d-peixes-gera-emprego-e-transforma-vidas.html>, 2018.

LIN, S.; LUO, L. Effects of dietary levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Animal Feed Science and Tecnology*, Amsterdam, v. 168, n. 1-2, p. 80-87, 2011.

LUNDSTEDT, L. M.; MELO, J. F. B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B*, v. 137, p. 331-339, 2004.

MELO, J. F. B.; et al. Respostas enzimáticas do trato digestório de juvenis de jundiá *Rhamdia quelen* alimentados com diferentes níveis de proteína. In: XXXIX REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. RECIFE, PE., Anais....., 2002, Cd-room.

NEIRA, L. M. Caracterização e avaliação nutricional de polipeptídeos de silagens de peixe. 2016. 69 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.



NEIRA, L.M.; GONÇALVES, A.M.; BUZOLLO, H.; DE SANDRE, L.C.G.; DO NASCIMENTO, T.M.T.; COUTINHO, J.J.O.; PIZAURO JUNIOR, J.M.; D.J. CARNEIRO. Effect of acid and fermented silage hydrolysis time on protein fractionation and digestibility for Nile Tilapia. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 318, 2024, 116126, ISSN 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116126>

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lenhinger*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1336 p.

NRC-National Research Council, *Nutrient requirement of fish and shrimp*. Washington, National Academy Press. 2011.

NGUYEN, N.H.; PONZONI, R.W.; ABU-BAKAR, K.R.; HAMZAH, A.; KHAW, H.L.; YEE, H.Y. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 305, p. 1-5, 2010.

OETTERER, M. *Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais*. Piracicaba, 1999. 196 f. Teses (Livre-Docência), Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Universidade de São Paulo.

OETTERER, M. *Industrialização do pescado cultivado*. Guaíba: Agropecuária, 2002.

OLIVEIRA, M. M.; PIMENTA, M. E. S. G.; PIMENTA, C. J.; CAMARGO, A. C. S.; FIORINI, J. E.; LOGATO, P. V. R. Silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias para girino de rãs touro: digestibilidade e desempenho. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 618-628, 2008.

OZÓRIO, R. A.; LOPES, R. G.; GÓES, B. S.; SILVA, C. P.; DERNER, R. B.; FRACALOSSO, D. M. *Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 123-131, 2015.

PEIXE BR. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. *Anuário Peixe BR da Piscicultura 2025*. Brasília: Peixe BR, 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

PESSATTI, M. L. *Aproveitamento dos subprodutos do pescado. Meta 11: Relatório Final de Ações Prioritárias ao Desenvolvimento da Pesca e Aqüicultura no Sul do Brasil, Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Universidade do Vale do Itajaí, MA/SARC, n. 003/2000, 2001.*

RAY, A. K. On the digestive enzymes in three Indian fresh water perches in relation to food and feeding habits. *Journal Inland Fishery Society India*, v.20, n.1, p.1-5, 1988.

SALES, R. O. *Caracterização química e avaliação nutricional da silagem da despesca da tilápia do Nilo (Oreochromis (Oreochromis) niloticus (Linnaeus) em dietas experimentais com ratos*. 1995. Tese de Doutorado (Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

SANTA ROSA, M. J. *Aproveitamento integral dos resíduos da filetagem de tilápia e avaliação do impacto econômico* [Dissertação de Mestrado]. Jaboticabal/SP: Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2009.

Contribuições Multidisciplinares Para o Conhecimento Atual



SROUR, T. M. Fish waste and shrimp head silage as dietary protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Egyptian Journal of Animal Production, Cairo, v.46, n.1, p.69-84, 2009.

ZANIBONI FILHO, E.; NUÑER, A. P. O.; GUERESCHI, R. M.; SILVA, S. H. Cultivo de peixes em tanques-rede e impactos ambientais. In: EPAMIG. Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para um desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005. 104 p.