

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

BIANCA LETICIA RICHTER

**DESEMPENHO PRODUTIVO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE DA
CARNE DE TILÁPIAS DO NILO ALIMENTADAS COM DIETAS
SUPLEMENTADAS COM HISTIDINA E LISINA**

PONTA GROSSA
2019

BIANCA LETICIA RICHTER

**DESEMPENHO PRODUTIVO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE DA
CARNE DE TILÁPIAS DO NILO ALIMENTADAS COM DIETAS
SUPLEMENTADAS COM HISTIDINA E LISINA**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa - Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya
Coorientadora: Dr^a Tarcila Souza de Castro Silva
Coorientadora: Prof^a Dr^a Viviane Nogaroto Vicari

PONTA GROSSA
2019

R535 Richter, Bianca Leticia
Desempenho produtivo, parâmetros sanguíneos e qualidade da carne de tilápias do Nilo alimentadas com dietas suplementadas com histidina e lisina/ Bianca Leticia Richter. Ponta Grossa, 2019. 72 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de concentração – Produção Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya
Coorientadoras: Dra. Tarcila Souza de Castro Silva; Profa. Dra. Viviane Nogaroto Vicari.

1. Tilapia. 2. Aminoácidos. 3. Textura. 4. Cor. 5. Nutrição. 6. *Oreochromis niloticus*. 7. Filé – rendimento. I. Furuya, Wilson Massamitu. II. Silva, Tarcila Souza de Castro. III. Vicari, Viviane Nogaroto. IV. Universidade Estadual de Ponta Grossa - Mestrado em Zootecnia. V. T.

CDD: 639.3



TERMO DE APROVAÇÃO

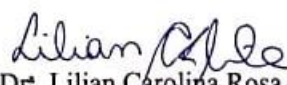
BIANCA LETICIA RICHTER

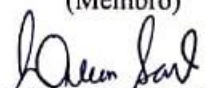
”

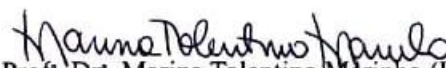
“DESEMPENHO PRODUTIVO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE DA CARNE DE TILÁPIAS DO NILO ALIMENTADAS COM DIETAS SUPLEMENTADAS COM HISTIDINA E LISINA”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no dia 26 de fevereiro de 2019, pela seguinte banca examinadora:


Prof. Dr. **Wilson Massamitu Furuya** - (UEPG)
(Presidente - Orientador)


Prof. Dr. **Lilian Carolina Rosa da Silva** (UFPR)
(Membro)


Prof. Dr. **Lilian Denz dos Santos** (UFPR)
(Membro)


Prof. Dr. **Marina Tolentino Marinho** (UEPG)
(Membro)

Ponta Grossa, 26 de fevereiro de 2019.

“Nam myoho rengue kyo”

Nichiren Daishonin

AGRADECIMENTOS

Ao meu mestre Dr. Daisaku Ikeda por todos os dias me mostrar a ser forte e uma mulher sábia, por me incentivar a manter uma fé inabalável em todas as situações durante esse percurso. Sensei, arigato gozaimasu!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya, muito obrigada pela honra de sua orientação, por todos os incentivos e ajuda;

À Universidade Estadual de Ponta Grossa- UEPG, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e aos professores do Programa, por toda dedicação e conhecimentos adquiridos durante as disciplinas cursadas;

Aos meus colegas e amigos da Universidade Estadual de Ponta Grossa;

À Prof^a Dr^a Marina Tolentino Marino, do Departamento de Engenharia de Alimentos da UEPG, Ponta Grossa, PR, pelas análises de qualidade da carne;

À minha Coorientadora Prof^a Dr^a Viviane Nogaroto Vicari;

Aos meus amigos de trabalho da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, em especial, minha Coorientadora Dr^a Tarcila Souza de Castro Silva;

Ao Dr. Luis Inoue, a técnica de laboratório Debora Bastos e a estagiária Natália Viegas da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, pelas análises de parâmetros sanguíneos;

Ao Dr. Giovani Sampaio Gonçalves (APTA - São José do Rio Preto, SP), pela concessão dos ingredientes e fabricação das rações experimentais;

À EMBRAPA Agropecuária Oeste, Dourados- MS, pela concessão dos peixes e do laboratório experimental, para execução desta pesquisa;

À CAPES, pelo auxílio financeiro da bolsa de mestrado;

À minha família Gakkai, por mediar reencontros e lutas conjuntas de transformação e revolução humana, obrigada por este “alicerce”;

À minha família de sangue, minha família de coração, meu namorado e meus amigos, pela compreensão, paciência e participação abnegada durante todo esse processo;

À todos que de alguma forma contribuíram para que tudo se tornasse realidade.

GRATIDÃO A TODOS VOCÊS!

RESUMO

Considerando a crescente demanda para a inclusão de alimentos vegetais em dietas para tilápias, tornam-se importantes os estudos sobre a suplementação de lisina e histidina, aminoácidos potencialmente limitantes e moduladores do crescimento para tilápias do Nilo na fase de terminação. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a suplementação isolada ou combinada de histidina e lisina para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação, com base no desempenho produtivo, parâmetros sanguíneos e qualidade da carne. Foi elaborada uma dieta extrusada com 27,60% de proteína bruta e 3056,26 kcal/kg de energia digestível (Controle). A partir da dieta controle foram elaboradas três dietas suplementadas com L-histidina (His), L-lisina (Lys) ou *blend* de L-histidina e L-lisina (His+Lys). Os peixes (n = 192; peso corporal médio = 136,14 ± 2,58 g) foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, em 16 tanques circulares de 600 L cada. Foram alimentados quatro vezes ao dia (8, 10, 13 e 15 horas) até saciedade aparente. Não foi observado efeito ($P < 0,05$) das dietas com diferentes suplementações de histidina e lisina sobre o peso final, ganho de peso, índice hepatossômico, gordura visceral, composição de aminoácidos corporais, pH, intensidade de cor amarelo-azul, adesividade, mastigabilidade da carne e parâmetros sanguíneos de hematócrito, hemoglobina, colesterol e proteína total. Peixes alimentados com as dietas que receberam suplementação de His e o *blend* (His+Lys) apresentaram melhor conversão alimentar ($P = 0,001$) em relação a dieta Controle. O rendimento de filé, retenção de nitrogênio, retenção corporal de lisina e o nível plasmático de lisina foram maiores ($P < 0,001$) para os peixes que receberam dietas Lys e o *blend* (His+Lys). Peixes alimentados com dietas Lys e o *blend* (His+Lys) apresentaram menor ($P < 0,001$) deposição de lipídeos corporais e teores de triglicerídeos e glicose. A retenção de histidina e o seu nível plasmático não foram influenciados pelos tratamentos. A variável dureza (D) dos filés de tilápia apresentou efeito ($P = 0,001$) para os peixes que receberam as dietas His, Lys e *blend* (His+Lys), apresentando filés mais firmes em relação a dieta Controle. A intensidade de cores vermelho – verde (a^*), foi influenciada pelas dietas ($P = 0,021$), onde os peixes alimentados com as dietas His e o *blend* (His+Lys) apresentaram menores valores para coloração da carne em relação as demais dietas. Concluiu-se que a suplementação combinada de histidina e lisina melhora o desempenho produtivo, reduz a deposição de lipídeos corporais, os parâmetros bioquímicos como teores de triglicerídeos e glicose, melhora a concentração de lisina no plasma, o rendimento de filé e a qualidade de carne de tilápias do Nilo na terminação.

PALAVRAS CHAVE: Aminoácidos, textura, cor, nutrição, *Oreochromis niloticus*, rendimento de filé

ABSTRACT

Considering the growing demand for the inclusion of plant foods in tilapia diets, studies on the supplementation of lysine and histidine, potentially limiting amino acids and growth modulators for Nile tilapia in the finishing phase are important. Thus, the objective of this work was to evaluate the isolated or combined supplementation of histidine and lysine for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the finishing phase, based on the productive performance, blood parameters and meat quality. An extruded diet was elaborated with 27.60% of crude protein and 3056.26 kcal / kg of digestible energy (Control). From the control diet, three diets supplemented with L-histidine (His), L-lysine (Lys) or *blend* of L-histidine and L-lysine (His+Lys) were prepared. Fish (n = 192; mean body weight = 136.14 ± 2.58 g) were distributed in a completely randomized design with four treatments and four replicates in 16 circular tanks of 600 L each. They were fed four times a day (8, 10, 13 and 15 hours) to apparent satiety. No effect ($P < 0.05$) of diets with different histidine and lysine supplementation on the final weight, weight gain, hepatosomatic index, visceral fat, body amino acid composition, pH, yellow-blue color intensity, adhesiveness, meat chewability, and hematocrit, hemoglobin, cholesterol, and total protein blood parameters. Fish fed diets that received His supplementation and *blend* (His+Lys) presented better feed conversion ($P = 0.001$) than Control diet. Fillet yield, nitrogen retention, lysine body retention and plasma lysine levels were higher ($P < 0.001$) for fish receiving diets Lys and the *blend* (His + Lys). Fish fed diets Lys and *blend* (His + Lys) presented lower ($P < 0.001$) deposition of body lipids and triglyceride and glucose contents. Histidine retention and plasma levels were not influenced by treatments. The hardness variable of the tilapia fillets presented an effect ($P = 0.001$) for the fish that received the His, Lys and *blend* (His + Lys) diets, showing steeper fillets compared to the Control diet. The red - green color intensity (a *) was influenced by the diets ($P = 0.021$), where the fish fed with diets His and the *blend* (His + Lys) had lower values for meat coloration than the other diets. It was concluded that the combined supplementation of histidine and lysine improves the productive performance, reduces the deposition of body lipids, biochemical parameters such as triglyceride and glucose contents, improves plasma lysine concentration, fillet yield and meat quality of Nile tilapia in the termination.

KEYWORDS: Amino acids, texture, color, nutrition, *Oreochromis niloticus*, fillet yield

LISTA DE FIGURAS

Figura – 1.1	Fórmula estrutural da histidina	14
Figura – 1.2	Fórmula estrutural da lisina.....	16
Figura – 1.3	CIE L* a* b* Diagrama de espaço de cores (L *: Escuro; a*: vermelho e b*: amarelo)	21
Figura – 2.1	Rendimento de filé em tilápias do Nilo na fase de terminação alimentadas com as dietas experimentais	49
Figura – 2.2	Retenção de histidina (A) e lisina (B) dietética em tilápias do Nilo na fase de terminação alimentadas com as dietas experimentais.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela – 1.1	Aminoácidos essenciais e não essenciais.....	12
Tabela – 2.1	Composição percentual e analisadas das dietas.....	41
Tabela – 2.2	Composição de aminoácidos das dietas (g/kg dieta seca).....	42
Tabela – 2.3	Desempenho produtivo de tilápias do Nilo na terminação alimentadas com dietas experimentais.....	48
Tabela – 2.4	Composição corporal (g/kg) de tilápias do Nilo na terminação alimentadas com as dietas experimentais.....	50
Tabela – 2.5	Composição corporal de aminoácidos de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais (g/kg dieta seca)	51
Tabela – 2.6	Retenção corporal de aminoácidos de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais (%)	52
Tabela – 2.7	Composição de aminoácidos plasmáticos (nmol/mL) de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais (g/kg dieta seca)	54
Tabela – 2.8	Parâmetros hematológicos de tilápia do Nilo alimentadas com dietas experimentais.....	55
Tabela – 2.9	Qualidade da carne de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de histidina e lisina ¹ após congelamento de 21 dias a -20 °C...	57

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
1.1 TILÁPIA DO NILO	11
1.2 AMINOÁCIDOS PARA PEIXES.....	12
1.2.1 Histidina.....	14
1.2.2 Lisina	15
1.3 HEMATOLOGIA EM PEIXES	18
1.4 QUALIDADE DE CARNE.....	19
1.4.1 Cor	20
1.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH).....	22
1.4.3 Textura.....	23
REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO PRODUTIVO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE DA CARNE DE TILÁPIAS DO NILO ALIMENTADAS COM DIETAS SUPLEMENTADAS COM HISTIDINA E LISINA	35
2.1 INTRODUÇÃO.....	38
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.2.1 Comitê de ética	39
2.2.2 Condições experimentais.....	39
2.2.3 Dietas e manejo alimentar	40
2.2.4 Desempenho produtivo e composição corporal.....	43
2.2.5 Ensaio hematológico e bioquímicos do sangue	43
2.2.6 Qualidade da carne	44
2.2.7 Delineamento experimental e análise estatística	45
2.3 RESULTADOS	45
2.3.1 Desempenho produtivo.....	45
2.3.2 Composição corporal.....	49
2.3.3 Retenção corporal de aminoácidos	51
2.3.4 Composição de aminoácidos plasmáticos	54
2.3.5 Parâmetros hematológicos e bioquímicos	54
2.3.6 Qualidade da carne	56
2.4 DISCUSSÃO	58

2.5 CONCLUSÕES	64
2.6 AGRADECIMENTOS	64
2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS.....	66

CAPÍTULO 1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 TILÁPIA DO NILO

A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é um peixe teleósteo pertencente à família *Cichlidae* (Perciformes) e originário da África (NOGUEIRA, 2007). Cerca de 22 espécies são criadas globalmente, e as tilápias gênero *Oreochromis* são as mais utilizadas na piscicultura, representando 90% das tilápias criadas comercialmente (EL-SAYED, 2006; WANG; LU, 2015). Essa espécie possui potencial para a piscicultura pelas suas características de crescimento rápido, carne de boa qualidade e bom rendimento de filé (BORGHETTI et al., 2003).

O Brasil é o quarto produtor de tilápias do mundo, alcançando produção de 400.280 toneladas em 2018, com crescimento de 11,9% em relação a produção do ano anterior (357.639 t) (PEIXE BR, 2019). A maior produção de tilápias ocorreu no estado do Paraná, com 105 mil toneladas. Representando em torno de 64,9% da produção nacional, nos estados do Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Bahia foram relatadas as maiores produções de tilápias, de acordo com a Associação Brasileira de Piscicultura (PEIXE BR, 2019).

As tilápias possuem carne com boas características sensoriais e de grande versatilidade na culinária, sendo possível a obtenção de filés sem espinhas (FURUYA, 2010). Apresenta ciclo de vida rápido e se adapta às inúmeras condições de criação, desde tanques-rede, escavados até “*raceways*”, nas diferentes regiões do Brasil (TURRA et al., 2010). A tilápia do Nilo possui hábito alimentar onívoro, tendo preferência para fitoplâncton e zooplâncton, consumindo alimento artificial logo após o início da absorção do saco vitelínico (BEVERIDGE; BAIRD, 2000).

A expansão da tilapicultura ocorreu pelo desenvolvimento de pacotes tecnológicos, incluindo os nutricionais. A formulação de dietas comerciais de peixes tem como base o teor de proteína bruta. No entanto, diversas pesquisas vêm sendo realizadas para determinar a digestibilidade da energia e nutrientes dos alimentos e as exigências nutricionais, destacando-se os estudos com aminoácidos, considerando sua disponibilidade (NRC, 2011).

A suplementação isolada ou combinada de aminoácidos essenciais melhora a síntese proteica e o crescimento muscular dos peixes (LI et al., 2014). Entre os aminoácidos, destaca-se a lisina, um dos aminoácidos mais limitantes em dietas para peixes elaboradas com alimentos como o milho, trigo, girassol e coprodutos. Sua suplementação dietética resulta em aumento no ganho de peso, redução no conteúdo de gordura corporal e retenção de nitrogênio (YANG et al., 2011; NGUYEN et al., 2009; CAO et al., 2012). Além da lisina, a histidina foi considerada como aminoácidos potencialmente limitante em dietas para tilápias do Nilo (VIDAL et al.,

2017). A histidina possui ação antioxidante e está presente em grandes proporções na hemoglobina (KHAN; ABIDI, 2014) e influencia a síntese proteica (LI et al., 2009) e o crescimento dos peixes (MICHELATO et al., 2016).

Ainda não existe estudo avaliando a combinação de lisina e histidina em dietas para tilápias do Nilo com peso comercial para retirada dos filés. Assim, torna-se importante a avaliação da suplementação isolada e combinada desses aminoácidos considerando o desempenho produtivo e qualidade de carne, com destaque para o rendimento e qualidade dos filés, o produto mais valorizado da industrialização de tilápias.

1.2 AMINOÁCIDOS PARA PEIXES

Em criação intensiva, os peixes exigem dieta balanceada para adequado desempenho produtivo para minimizar a poluição ambiental. Os peixes exigem 10 aminoácidos essenciais, sendo a lisina e a metionina os mais limitantes (NRC, 2011). Os peixes não possuem exigência em proteína *per se*, mas de aminoácidos em quantidades e proporções adequadas (WILSON, 2002). Os aminoácidos são nutricionalmente classificados de acordo com sua essencialidade, divididos em essenciais e não essenciais (Tabela 1).

Os aminoácidos essenciais, são aqueles os quais o organismo não sintetiza, ou não consegue produzir em quantidades suficientes para a manutenção e crescimento e devem ser adicionados na dieta. Os aminoácidos não essenciais são biosintetizados e não há necessidade de suplementar na dieta (NRC, 2011).

Tabela 1.1 - Aminoácidos essenciais e não essenciais

Aminoácidos essenciais	Aminoácidos não essenciais
Arginina (Arg)	Alanina (Ala)
Fenilalanina (Phe)	Asparagina (Asp)
Histidina (His)	Aspartato (Asp)
Isoleucina (Ile)	Cisteína (Cys)
Leucina (Leu)	Glicina (Gly)
Lisina (Lys)	Glutamina (Gln)
Metionina (Met)	Glutamato (Glu)
Treonina (Thr)	Prolina (Pro)
Triptofano (Trp)	Serina (Ser)
Valina (Val)	Tirosina (Tyr)

Fonte: Adaptado de NRC (2011)

Os aminoácidos sintéticos têm sido utilizados principalmente para suplementar dietas elaboradas com alimentos de origem vegetal (FOURNIER et al., 2003; NRC, 2011). O consumo de dietas com níveis inadequados de aminoácidos reduz o consumo e o crescimento dos peixes (D'MELLO, 2003). Além disso, aumenta o custo de produção e a excreção de nitrogênio pelos peixes (FURUYA et al., 2001). A redução no crescimento também ocorre pela menor retenção de aminoácidos, resultando em menor deposição proteica (ENCARNAÇÃO et al., 2006).

O valor nutritivo de uma proteína dietética depende do seu conteúdo em aminoácidos e da extensão da absorção dos aminoácidos (YAMADA, 1981). O consumo de aminoácidos cristalinos favorece uma rápida absorção intestinal, levando a um rápido fornecimento de pool de aminoácidos plasmáticos elevando seu catabolismo. O fluxo de aminoácidos no plasma reflete a disponibilidade de aminoácidos da dieta, desde que, suas funções digestivas e de absorção do trato gastrointestinal estejam intactas (WU, 2013). Murai et al. (1987) descreve uma correlação positiva entre o nível de aminoácidos no plasma e a composição de aminoácidos na dieta, quando um aminoácido se apresenta deficiente na dieta teste, mostrará níveis plasmáticos ainda mais baixos após um período de metabolismo (síntese proteica) (MURAI et al., 1987).

Há uma forte interação entre aminoácidos plasmáticos e a frequência de alimentação, fontes proteicas utilizadas, suplementação e disponibilidade de aminoácidos, além disso, o fluxo de um aminoácido no plasma é também influenciado pela sua degradação intracelular nos tecidos, em particular no músculo esquelético.

Vários pesquisadores (YAMADA et al., 1981; MURAI et al., 1987; SCHUHMACHER et al., 1997) demonstraram que as concentrações de aminoácidos no plasma aumentam rapidamente alcançando picos mais altos após a alimentação com aminoácidos cristalinos em relação a alimentação com proteínas intactas. Outra atribuição que altera os valores de aminoácidos plasmáticos são agentes estressores, relacionados ao manejo de produção, que induzem alterações fisiológicas em resposta ao estresse. Desta forma, os peixes apresentam exigências maiores de aminoácidos, decorrente da maior demanda de energia, para síntese de proteínas e outros compostos relacionados com a resposta ao estresse (ARAGÃO et al., 2008; ARAGÃO et al., 2010; COSTAS et al., 2008).

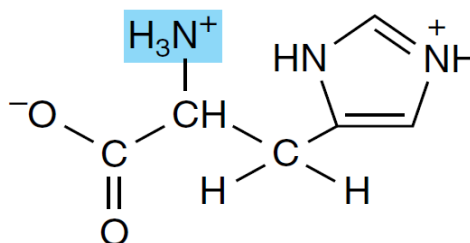
Desta forma, a quantidade de aminoácidos no plasma em relação à qualidade da proteína da dieta deve ser interpretada com cuidado. Portanto, a avaliação sobre os aminoácidos plasmáticos, juntamente com a avaliação da síntese proteica em tecidos ou em todo o corpo,

será uma abordagem poderosa para avaliar a qualidade da proteína na dieta e os efeitos da mesma sobre o peixe.

1.2.1 Histidina

A histidina é um aminoácido essencial e é classificada como um aminoácido básico. Possui um grupo funcional imidazol carregado positivamente (Figura 1). O grupo imidazol participa no metabolismo de carboidratos e proteínas, fazendo ligações com as metaloproteínas, atuando como sítio catalítico para determinadas enzimas, auxiliando as funções catalíticas da quimiotripsina e outras enzimas do metabolismo. Pode atuar tanto como um ácido ou como uma base. A desaminação da histidina é catalisada pela enzima histidase, e o resíduo pode desempenhar um papel na estabilização das estruturas enoveladas das proteínas (NRC, 2011).

Figura 1.1 - Fórmula estrutural da histidina.



Fonte: Rodwell (2003)

A histidina é encontrada em elevada concentração na hemoglobina. É uma importante fonte de átomos de carbono para síntese de purinas (KHAN; ABIDI, 2014; NRC, 2011), age como um antioxidante cristalino (WAAGBO et al., 2010) e participa metabolicamente de uma unidade carbonada, afetando o DNA e a síntese proteica consequentemente (LI et al., 2009). Histidina está presente em muitas funções metabólicas, essencial para formação e reparação de tecidos. Desempenha um papel importante na osmorregulação em peixes, além da produção de energia para uso nas vias metabólicas (ABE, 1995).

A suplementação de histidina tem um papel importante como antioxidante e tampão em vários órgãos de diferentes espécies de peixes (HIROSHI; MURAI, 1994; WADE; TUCKER, 1998; MUNAKATA et al., 2000). Compostos relacionados com histidina (imidazol), anserina, carnosina e fosfato inorgânico (DAVY, 1960; ABE et al., 1985), atuam como componente do tamponamento contra alterações do pH muscular do peixe, evitando acidose da musculatura branca (GAO et al., 2016), agindo como antioxidante. Desta forma, a

histidina pode funcionar como um regulador de concentração de íons de metais livres, aumentando a defesa das células contra danos oxidativo (WADE; TUCKER, 1998).

A histidina e seus derivados imidazólicos (anserina e carnosina) conferem sabor e textura e a suplementação dietética de histidina pode melhorar atributos sensoriais da carne de peixes (OGATA, 2002), afetando a qualidade da carcaça, influenciando o rendimento do produto final e seu tempo de prateleira. Por este motivo, as pesquisas têm sido focadas em meios que melhorem a qualidade da carcaça e a eficiência da utilização de nutrientes para o crescimento muscular (AHMED; KHAN, 2005; KHAN; ABIDI, 2009; NRC, 2011; ZHAO et al., 2012).

A suplementação de histidina pode aumentar o conteúdo de proteína tecidual (BJERKAS; SVEIER, 2004; KHAN; ABIDI, 2009), e como um componente importante para os tecidos, a prioridade é aumentar a quantidade e melhorar a qualidade da proteína dos tecidos (BJERKAS; SVEIER, 2004; ZHAO et al., 2012). A síntese e deposição proteica se dá quando todos os aminoácidos estão presentes nos sítios de síntese (CHO; KAUSHIK, 1990; NG et al., 1996). FØRDE-SKJÆRVIK et al. (2006) relataram que a suplementação dietética de histidina aumenta os níveis de histidina intramuscular e o pH, enquanto reduz o gap muscular *post-mortem*, podendo, desta forma, contribuir para um filé de maior qualidade.

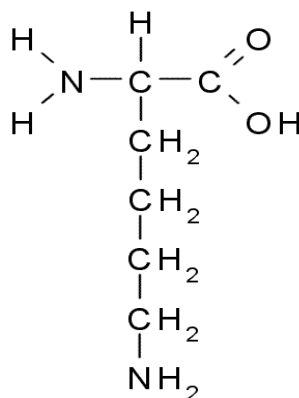
Tem sido relatado que a histidina dietética reduz a gordura corporal em várias espécies de peixes (NRC, 2011; FARHAT; KHAN, 2013), podendo estar relacionado ao ganho de proteína, quando a dieta encontra-se balanceada atendendo as exigências de aminoácidos (CHENG et al., 2003b; SARDAR et al., 2009), já um desequilíbrio dietético de aminoácidos pode induzir a liberação de aminoácidos para serem oxidados, em vez de serem canalizados para a síntese proteica corporal (FARHAT; KHAN, 2013).

Desta forma, formular dietas balanceadas em aminoácidos fornece uma base para avaliar o valor nutritivo de fontes proteicas, garantindo o crescimento em máximo potencial e retorno econômico (MAI et al., 1995), principalmente conferindo a qualidade do produto final.

1.2.2 Lisina

A lisina (Lys) (Figura 2) é um aminoácido essencial encontrado na composição corporal de muitas espécies de peixes (KIM; LALL, 2000; NRC, 1993; FURUYA et al., 2004a; NRC, 2011).

Figura 1.2 - Fórmula estrutural da lisina



Fonte: Nelson; Cox (2011)

A lisina está presente em elevada proporção no tecido muscular dos peixes, e desta forma, sendo exigido em elevada quantidade na dieta. Por ser aminoácido limitante, sua suplementação é realizada por meio de aminoácido cristalino, que é utilizado de forma menos eficiente que a lisina ligada à proteína dos alimentos (YAMADA et al., 1981; SCHUHMACHER et al., 1997). Os aminoácidos cristalinos são rapidamente absorvidos, ocorrendo súbita elevação nos níveis plasmáticos, e consequentemente menor eficiência de absorção em relação aos aminoácidos ligados à proteína dos alimentos (CHEN et al., 1992; LIM, 1993).

A lisina é um aminoácido sensível a danos causados por calor e reações de glicolização não enzimática, resultando na produção de reações de *Maillard* (MOUGHAN; RUTHERFURD, 1996). Quando isso acontece, resultam em danos químicos irreversíveis, reduzindo a quantidade de lisina dietética disponível (NRC, 2011). Por este motivo, é o primeiro aminoácido limitante quando fontes de proteína vegetal como subprodutos de grãos de cereais, como farinha de glúten e glúten de trigo e milho, são utilizadas na suplementação total ou parcial da farinha de peixe na dieta (MOUGHAN; RUTHERFURD, 1996; FORSTER; OGATA, 1998; HAULER; CARTER, 2001; FURUYA et al., 2004b; NRC, 2011; CAO et al., 2012; WU, 2013).

A deficiência deste aminoácido causa redução no crescimento e piora da eficiência alimentar. Além disso, resulta em erosão da barbatana dorsal e caudal (GUILLAUME et al., 1999). A suplementação de lisina melhora o ganho de peso, o rendimento de filé (FURUYA et al., 2006; BOMFIM et al., 2010), a conversão alimentar (FURUYA et al., 2006; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010), a retenção de nitrogênio (FURUYA et al., 2006; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010) e reduz o conteúdo de lipídeos na carcaça (DAVIS et al., 1998; MAI et al., 2006; ZHANG et al., 2008; CARTER; HAULER, 2011).

A lisina tem sido utilizada para permitir aos peixes expressar o máximo potencial genético (CHENG et al., 2003a; HAULER et al., 2007; ZHOU et al., 2007; LIN et al., 2012), conferindo melhora na resposta imune e no desenvolvimento do trato respiratório (ZHOU, 2010).

A exigência dietética de lisina, pode variar de 12 a 28 g kg⁻¹, variando de acordo com o hábito alimentar do peixe, porém, alguns autores recomendam que as exigências sejam descritas em percentagem em relação a proteína dietética (SANTIAGO; LOVELL, 1988; NRC, 2011). NRC (2011) determina que a exigência de lisina corresponde em média a 5% da proteína, independente do hábito alimentar do peixe, considerando a variação no conteúdo de proteína total utilizada em dietas experimentais.

A suplementação de lisina dietética proporciona melhores níveis de proteína na carcaça resultando em aumento da retenção proteica (RODEHUTSCORD et al., 2000; CHENG et al., 2003a; MAI et al., 2006; YANG et al., 2010). A síntese proteica do tecido corporal é prejudicada pelo desequilíbrio de lisina na dieta, podendo influenciar uma menor retenção de proteína e nas respostas de crescimento dos peixes (RUCHIMAT et al., 1997; AHMED; KHAN, 2004), além de afetar a concentração de lisina em todo o corpo do peixe e induzir um efeito inibidor que afeta o desempenho do crescimento e a utilização da ração (conversão alimentar) (WALTON et al., 1984; AHMED; KHAN, 2004).

Nos últimos anos, a demanda por produtos de valor agregado, como o filé, tem aumentado, e os nutricionistas vem buscando diferentes alternativas, a fim de atender a demanda e oferecer produtos de melhor qualidade. Segundo Johnston et al. (1975) o crescimento muscular está associado ao aumento do diâmetro das fibras e é influenciado pelo nível nutricional da dieta. Em peixes adultos, espera-se que a hipertrofia das fibras promova aumento da massa muscular, aumento do peso do filé e produção de carne. A suplementação de lisina influencia o nível de crescimento das fibras brancas, sendo, desta forma, um aminoácido importante para o crescimento dos peixes, particularmente no desenvolvimento muscular (JOHNSTON et al., 1975).

Desta forma, avaliar o efeito da lisina dietética para tilápias é muito importante, a fim de elaborar dietas equilibradas e sustentáveis, evitando a deficiência e/ou excesso deste aminoácido, buscado máximo desempenho, aumento na produção de filés e a qualidade final do produto.

1.3 HEMATOLOGIA EM PEIXES

A hematologia é uma ferramenta amplamente utilizada para avaliar a condição de saúde dos peixes (RANZANI-PAIVA et al., 2013). Parâmetros hematológicos e bioquímicos refletem nas respostas fisiológicas e de saúde e podem ser influenciadas por estresse causado por fatores ambientais e práticas inadequadas de manejo, que incluem estado sanitário e nutricional, principalmente em restrições dietéticas de nutrientes essenciais (PERES et al., 2009).

O sangue é um tecido composto por plasma e células, possui inúmeras funções no organismo, desde transporte de gás carbônico, oxigênio, nutrientes, como também flui através de tecidos sensoriais, reagindo seletivamente a fatores como pressão osmótica, pH, temperatura, hormônios e também age no sistema imunológico (RANZANI-PAIVA et al., 2013).

A praticidade e o baixo custo tornam a hematologia um dos exames sanguíneos mais utilizados em peixes. Em peixes, a análise de sangue é uma ferramenta para detectar precocemente situações de desnutrição, estresse e infecções que impactam negativamente a produtividade.

A análise de eritograma consiste em contagem total de eritrócitos, percentual de hematócrito e taxa de hemoglobina. Em conjunto com o hemograma, existem estudos de parâmetros bioquímicos, que servem como auxílio para avaliação do estado fisiológico do animal, indicador de processos adaptativos do organismo, metabolismo energético, proteico e mineral, além de oferecer subsídios na interpretação do funcionamento muscular, hepático, renal, pancreático e ósseo (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

Nas análises bioquímicas, as proteínas plasmáticas totais são um dos fatores avaliados. A concentração de proteínas plasmáticas totais varia de acordo com o estado nutricional do animal e a qualidade do alimento, e uma baixa na concentração desta variável implica significativamente sobre as atividades fisiológicas, podendo causar impacto negativo sobre o desempenho produtivo (GBORE et al., 2010).

Outro fator importante a ser avaliado é a glicose, pois seu nível no plasma muda devido a vários fatores, como estresse, reprodução, idade, peso, temperatura do ambiente e nutrição. Da mesma forma que as proteínas plasmáticas totais, o nível de glicose eleva ou reduz no plasma em condições relacionadas ao metabolismo ou fisiologia do animal, sugerindo uma resposta ao estresse, ocorrendo utilização do glicogênio e elevação da glicose para finalidade metabólica (KAVITHA et al., 2009).

Os triglicerídeos são determinados pela natureza química de seus ácidos graxos constituintes, sendo uma das classes mais importante de gordura na dieta, e sua função é fornecer energia para funções vitais do organismo (GUYTON; HALL, 2002). O colesterol é um esteroide que atua como precursor na síntese de hormônios e sais biliares. Nos peixes, a quantidade de colesterol no plasma, determina a saúde do peixe, sendo influenciado pelos nutrientes da dieta, principalmente fontes proteicas, energéticas e a composição dos ácidos graxos (DUNCAN, 2000; MESSINA et al., 2013).

As variações nos parâmetros hematológicos e químicos podem ser decorrentes de fatores ambientais onde esses animais estão sendo criados (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004), fatores fisiológicos, metodologia empregada para realização das análises, como também a nutrição, estado que modula os níveis de metabolitos no plasma, como aminoácidos, glicose e cortisol (COSTAS et al., 2011).

Desta forma, mais informações são necessárias para determinação destes valores de referências para a tilápia do Nilo objetivando fornecer uma ferramenta prática para determinar o estado sanitário, nutricional e de bem-estar dos animais, permitindo a avaliação e validação de algumas práticas da piscicultura, particularmente aquelas relacionadas com a nutrição e que podem induzir o estresse metabólico.

1.4 QUALIDADE DE CARNE

A carne de peixe é um dos produtos de origem animal mais susceptível ao processo de deterioração por apresentar particularidades químicas e bioquímicas que prejudicam a validade comercial e o potencial de consumo da carne (CICERO et al., 2014).

A carne de peixe é constituída por componentes químicos como a água, proteína e lipídios, em proporções de 50 a 85%, 12 a 24% e 0,1 a 22%, respectivamente (BRITTO et al., 2014; YARNPAKDEE et al., 2014) e sua composição muscular pode variar de acordo com a espécie, idade, sexo e nutrição (BRITTO et al., 2014).

A qualidade da carne pode ser afetada por inúmeros fatores, sendo estes os responsáveis por alterar os aspectos sensoriais e nutricionais como: características intrínsecas (espécie, idade e sexo), condições ambientais (temperatura, salinidade), alimentação e composição da dieta (GRIGORAKIS, 2007). Existem outros fatores responsáveis pela relação de deterioração dos peixes, como o método de abate, a concentração enzimática, contaminação inicial microbiana, a forma de abate e as condições de armazenagem pós abate (ÖZOGUL; ÖZOGUL, 2004).

O termo qualidade de carne envolve aspectos sensoriais de cor, maciez, sabor, suculência e odor, funcionais relacionados ao pH e capacidade de retenção de água e fatores nutricionais como a quantidade de deposição de gordura, perfil de ácidos graxos, nível de oxidação, teores de proteína, vitaminas e minerais, que atuam de forma direta influenciando vários aspectos relacionados à qualidade da carne (BOYD, 2015).

A dieta influencia diretamente a qualidade do filé (SANTOS et al., 2000), sendo importante dietas de qualidade e a baixo custo e principalmente, que adicionem atributos desejáveis a carne (CYRINO et al., 2010). A composição muscular é um importante aspecto de qualidade e mudanças que ocorram na aparência e composição afetam diretamente a comercialização do pescado (GRIGORAKIS, 2007).

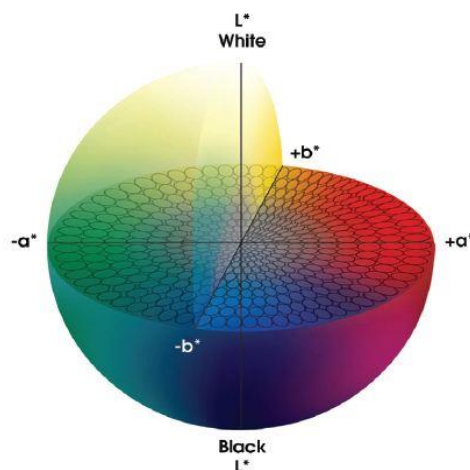
1.4.1 Cor

A cor é o atributo de maior influência e está diretamente correlacionado com a aceitação de um alimento (BLOUKAS et al., 1999). Entender os efeitos da cor dos peixes é essencial, uma vez que este é um dos principais atributos para avaliar a frescura, com grande impacto na decisão de compra dos consumidores (TRUONG et al., 2015).

Medições de cor em peixes são recorrentes, e o sistema CIELAB é amplamente utilizado. Em 1932, com o intuito de normalizar a medida da cor a “*Commission Internationale de l'Eclairage*” adotou métodos de medição e especificação de cor com uso de fontes de luz padronizada, utilizando unidades matemáticas adequadas para expressão da cor e do observador padrão (JIMÉNEZ, 2001). Por meio de instrumentos como o espectrofotômetro, colorímetro triestímulos e colorímetro visuais aditivos ou subtrativos, a cor pode ser avaliada (HUNTER, 1987).

A cor é expressa como um diagrama tridimensional composto por escalas de cor $L^*a^*b^*$, onde L^* representa escala de brilho de 0 (preto) a 100 (branco), a^* escala representando -a (verde) a +a (vermelho) e b^* escala variando de -b (azul) a +b (amarelo), conforme observado na Figura 3. Destes parâmetros, ΔE^* é usado para prever as diferenças na capacidade de percepção do consumidor: $\Delta E > 3,0$ = muito distintivo, $1,5 < \Delta E < 3,0$ = distinto e $\Delta E < 1,5$ = ligeiramente distinto (ADEKUNTE et al., 2010).

Figura 1.3 - CIE L* a* b* Diagrama de espaço de cores (L *: Escuro; a*: vermelho e b*: amarelo).



Fonte: HUNTERLAB (1996)

A variação na coloração da carne, está relacionada a quatro grupos de pigmentos que fornecem cor as células, melanina, carotenoides, pteridinas e purinas, além desses, existem também, as mioglobinas, hemoglobina, bilinas e hemocianina (MAIA; OGAWA, 1999; ANDERSON, 2000). Esses pigmentos participam de reações químicas e bioquímicas, e a variação na cor do alimento é um indicador na alteração dessas reações, principalmente durante o processamento da carne e/ou estocagem (RIBEIRO, 2007).

A coloração varia também em relação as espécies de peixes, por apresentarem particularidade de coloração na musculatura, vísceras, líquido corporal, couro e escamas. As alterações se dão também, através da idade, do sexo, alimentação, esforço do animal antes do abate, e alterações post-mortem como pH, temperatura e região anatômica, o tempo de armazenagem e a temperatura de congelamento também influenciam na coloração (BOLES; PEGG, 2017).

A melanina confere a coloração mais escura nos peixes, os carotenoides são responsáveis pela coloração amarelada e vermelha, por serem pigmentos lipossolúveis, as pteridinas também é um composto solúvel em água, em conjunto com os carotenoides resultam na coloração brilhante da carne. Os pigmentos compostos por purinas, principalmente ricos em guanina, conferem na coloração prateada, encontrada principalmente na região ventral dos peixes (ANDERSON, 2000). As proteínas em conjunto com estes pigmentos básicos, produzem cores nos peixes que vão das cores azul, violeta até tons de verde (RIBEIRO, 2007).

A hemoglobina e principalmente a mioglobina conferem a cor da carne fresca, pois permanecem no tecido como sangue residual, e pela concentração e estado químico (PARDI, 2006), conferindo a coloração vermelha (SURENDRANATH; POULSON, 2013). No

momento em que a carne vai perdendo a coloração avermelhada, é devido a taxa de oxidação da mioglobina (RICHARDS; HULTIN, 2002), indicativo que a carne está perdendo seu frescor.

Segundo Carlez et al., (1995), três mecanismos podem levar a alteração de cor em peixes: A desnaturação da proteína (globina); Mudanças no anel perfirínico com possível liberação de ferro; e Oxidação de ferro. Estes autores também relacionam as alterações dos índices de cor ao desdobramento de proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas e o limite de pressão e extensão das mudanças de cor estão relacionadas às espécies de peixes.

A aparência, especialmente a cor, é um atributo importante de qualidade da carne crua, da mesma forma, a textura, a aparência e o sabor (LYON; LYON, 2001; AASLYNG, 2002). A coloração dos peixes, principalmente da carne, é de grande importância para a comercialização do produto, e está diretamente associada a aceitação ou rejeição do consumidor.

1.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é utilizado como parâmetro de frescor da carne. Níveis baixos de pH estão relacionados ao estresse no momento do abate, que utiliza as reservas de glicogênio e ATP, produzindo ácido lático, a concentração de ácido lático irá determinar a quantidade de pH da carne (RAHMANIFARAH et al., 2011).

O pH final da carne, é alterado pelo método de abate, estação do ano e maturidade sexual, além de alterar também, a qualidade da textura, coloração, atividade enzimática e taxa de oxigenação muscular (ZEOLA, 2002; MØRKØRE, 2006; BOLES; PEGG, 2017).

Os valores aceitáveis de pH, devem encontrar-se abaixo de 7,0. Valores reduzidos de pH ocorrem devido a geração de íons H^+ associada à produção de ácido lático, o aumento do pH está relacionado ao acúmulo de substâncias base, como amônia e trimetilamina, que são produzidas pelo desenvolvimento de micro-organismos (HUSS, 1988). Albuquerque et al. (2004), encontraram medidas de pH em tilápia do Nilo variando de 6,18 a 6,77. Rodrigues (2008), avaliando o pH da mesma espécie, congelada por 28 dias, obteve valores de 7,29 a 7,38, a diferença nestes valores pode estar relacionada a espécie, estado nutricional, quantidade e grau de esgotamento no momento da morte do animal, influenciando assim a glicólise *post mortem* e consequentemente o pH (HUSS, 1998).

A medida do pH é um método que determina indiretamente a acidez de um produto alimentício, e é importante para avaliar a qualidade do pescado, por ser um alimento de baixa acidez. Por este motivo, bactérias que causam alterações no pescado são ativas em pH elevados. O pH é uma característica de qualidade de carne que deve ser realizada em conjunto com outros

índices de qualidade, como análises químicas, as avaliações sensoriais, as bioquímicas e as microbiológicas.

1.4.3 Textura

A medida de textura instrumental é uma análise que determina o frescor, qualidade da carne, aceitabilidade do produto e processamento (SANTOS, 2008; CHEN; OPARA, 2013). Segundo Szczesniak (2002), afirma que "a textura é a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos detectados através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestesia" (SZCZESNIAK, 2002). As propriedades de textura da carne são um grupo de características estruturais, avaliadas pelo tato, e relacionadas com a deformação, desintegração e fluidez, quando submetida a uma força (BOURNE, 2002).

Os instrumentos de avaliação da textura detectam e quantificam parâmetros físicos. Os parâmetros mecânicos, avaliam: dureza (força necessária para promover uma deformação (SZCZESNIAK, 2002)), coesividade (medida de força das ligações entre proteínas (TUNICK, 2000)), viscosidade, elasticidade (medida da distância recuperada pela amostra após uma deformação até a ocorrência da segunda deformação (BERTOLINO et al., 2011)) e adesividade (trabalho necessário para superar uma força de atração entre a sonda de teste e a superfície da amostra (TUNICK, 2000)), além de fragilidade, mastigabilidade e gomosidade (SZCZESNIAK, 2002).

A análise, ou determinação do perfil de textura (TPA – Texture Profile Analysis) é feita com um equipamento chamado texturômetro - TA-XT2 (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Reino Unido), equipado com uma célula de carga e uma sonda cilíndrica de extremidade plana que mede a força necessária para o corte da carne, no qual o valor é expresso em quilograma-força (kgf). Este teste simula a força de rompimento da amostra, medindo as características mecânicas pela reação da carne a uma força que simula a compressão da carne entre os dentes molares durante a mastigação (FOX et al., 2000).

Após o abate do peixe ocorrem reações químicas, bioquímicas e físicas que promovem a maciez *post mortem* da carne. A degradação e desnaturação das proteínas miofibrilares e do citoesqueleto são mudanças indesejáveis para peixes, pois a firmeza muscular do peixe é um importante indicador de frescor e qualidade do produto (BELEW et al., 2003; ESKIN, 2015). Condições de manipulação, como a temperatura de armazenamento, geram importantes efeitos nas propriedades de textura, como também a composição da dieta (CHEN; OPARA, 2013; SZCZESNIAK, 2002).

Hyldig; Nielsen (2001); Dunajski (1980) determinaram que os fatores que influenciam a textura e os métodos empregados na medida da textura, são espécie, idade, época do ano, tamanho e a nutrição, já os fatores após abate, são glicólise, pH e *rigor-mortis*, além da temperatura de estocagem e variação no tempo que esta carne é armazenada. Para Sigurgisladdottir et al. (2006), a textura da carne depende da proporção entre a miosina, actina, colágeno e elastina, do estado de *rigor mortis*, da temperatura de estocagem e da desnaturação nas carnes cozidas e assadas.

Dentre os métodos de preservação da carne, o tratamento térmico pode levar a alterações na aparência, textura e sabor do filé, além de alterar o valor nutricional. Por sua vez, a refrigeração pode retardar a taxa de deterioração (CHAIJAN et al., 2006). O músculo do peixe geralmente se torna mais macio durante o armazenamento refrigerado. Faergemand et al. (1995) descobriram que o tempo de armazenamento no gelo foi o fator mais importante que afetou a textura do filé. A dieta que é fornecida ao peixe afeta a composição muscular do peixe, e consequentemente altera a textura da carne. O teor de proteína na dieta pode influenciar a textura da carne de peixes, um indicativo da importância na avaliação da textura em relação a quantidade de proteína e aminoácidos presentes na dieta.

Os aminoácidos cristalinos são ferramentas nutricionais que contribuem para otimizar o valor nutritivo de dietas para organismos aquáticos, com efeitos positivos sobre o desempenho e saúde dos mesmos. No entanto, ainda não existem informações sobre a suplementação de lisina e histidina em dietas para tilápias em terminação considerando a qualidade da carne.

Considerando o elevado valor do filé na industrialização de tilápias, aminoácidos como a lisina e histidina que contribuem para o crescimento muscular podem contribuir para aumento no rendimento de filé e contribuir para o retorno econômico da criação de tilápias. Além disso, é importante considerar os impactos sobre a qualidade da carne, considerando-se a composição e os parâmetros físicos e químicos que podem influenciar as características sensoriais que são importantes para a segurança alimentar dos consumidores.

REFERÊNCIAS

- AASLYNG, M. D. Quality indicators for raw meat. In: KERRY, J.; LEDWARD, D. (Eds). Meat processing - improving quality. Boca Raton, Fla.: Woodhead Publishing. P 157–74. 2002.
- ABE, H. Histidine-related dipeptides: distribution, metabolism, and physiological function. **Biochemistry and Molecular Biology of Fishes**, 4, 309-333. 1995.
- ABE, H.; DOBSON, G. P.; HOEGER, U.; PARKHOUSE, W. S. Role of histidine-related compounds to intracellular buffering in fish skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, 249, R449–R454. 1985.
- ADEKUNTE, A.; TIWARI, B.; CULLEN, P.; SCANNELL, A.; O'DONNELL, C. Effect of 833 sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. **Food Chemistry**, 834 122(3), 500–507. 2010.
- AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary histidine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, 11(5): 359-366. 2005.
- AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture**, 235, 499–511. 2004.
- ALBUQUERQUE, W. F.; ZAPATA, J. F. F.; ALMEIDA, R. S. Estado de frescor, textura e composição muscular da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatida com dióxido de carbono e armazenada em gelo. **Revista Ciência Agronômica**, Vol. 35, Número Especial., out. 264 – 271. 2004.
- ANDERSON, S. “Salmon Color and the Consumer”. In: ANDERSON, S. **Proceedings of the IIFET**. International Institute of Fisheries Economics and Trade. Corvallis, OR: Oregon State University. 2000.
- ARAGÃO, C.; CORTE-REAL, J.; COSTAS, B.; DINIS, M. T.; CONCEIÇÃO, L. E. C. Stress response and changes in amino acid requirements in Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup 1758). **Amino Acids**, 34, 143–148. 2008.
- ARAGÃO, C.; COSTAS, B.; VARGAS-CHACOFF, L.; RUIZ-JARABO, I.; DINIS, M. T.; MANCERA, J. M.; CONCEIÇÃO, L. E. C. Changes in plasma amino acid levels in a euryhaline fish exposed to different environmental salinities. **Amino Acids**, 38, 311–317. 2010.
- BELEW, J. B.; BROOKS, J. C.; MCKENNA, D. R.; SAVELL, J. W. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscle. **Meat Science**, 64:507-512. 2003.
- BEVERIDGE, M. C. M.; BAIRD, D. J. Diet, feeding and digestive physiology. Pg 59-87. In: BEVERIDGE, M. C. M.; MCANDREW, B. J. (eds.). **Tilapias: Biology and Exploitation**, Kluwer Academic Press. 2000.
- BJERKAS, E.; SVEIER, H. The influence of nutritional and environmental factors on osmoregulation and cataracts in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, 235(1-4): 101-122. 2004.

BLOUKAS, J. G.; ARVANITOYANNIS, I. S.; SIOPI, A. A. Effect of natural colourants and nitrites on colour attribute of frankfurters. **Meat Science**, v. 52, n. 3, p. 257-265. 1999.

BOLES, J. A.; PEGG, R. **Meat Color**. Department of Animal and Range Sciences. Montana State University, p.4. 2017.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUZA, E. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39, 1-8. 2010.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. (2th ed.). New York: Academic Press, (Chapter 5). Cousin. 2002.

BOYD, C. E. Overview of aquaculture feeds: global impacts of ingredient use. In: DAVIS, D. A. (Ed.). **Feed and feeding practices in aquaculture**. Cambridge: Elsevier/ Woodhead Publishing, p. 3-26. 2015.

BRITTO, A. C. P.; ROCHA, C. B.; TAVARES, R. A.; FERNANDES, J. M.; PIEDRAS, S. R. N.; POUEY, J. L. O. F. Rendimento corporal e composição química do filé da viola (*Loricariichthys anus*). **Ciência Animal Brasileira**, 15(1):38-44. 2014.

CAO, J.; CHEN, Y.; ZHU, X.; HUANG, Y.; ZHAO, H.; LI, G.; LAN, H.; CHEN, B.; PAN, Q. A study on dietary L-lysine requirement of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **Aquaculture Nutrition**, 18, 35-45. 2012.

CARLEZ, A.; VECIANA-NOGUES, T.; CHEFTEL, J. -C. Changes in colour and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing. **LWT - Food Science and Technology**, 28(5), 528–538. 1995.

CARTER, C. G.; HAULER, R. C. Effect of high digestible protein to digestible energy ratio on lysine utilisation by Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. **Aquaculture**, 311, 209-214. 2011.

CHAIJAN, M.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; FAUSTMAN, C. Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. **Food Chemistry**, 99(1), 83–91. 2006.

CHEN, H. Y. LEU, Y. T.; ROELANTS, L. Quantification of arginine requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon*, using microencapsulated arginine. **Marine Biology**, 114:229-233. 1993.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods: a review. **Food Research International**, 51:823-35. 2013.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W.; USRY, J. L. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. **Aquaculture**, 215, 255-265. 2003a.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W.; USRY, J. L. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein levels in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* diets, and reduce ammonia nitrogen and phosphorus excretion. **Aquaculture**, 218, 553–565. 2003b.

CHO, C.Y.; KAUSHIK, S. J. Nutritional energetics in fish: protein and energy utilization in rainbow trout. In: BOURNE, G. H. (Ed.), **Aspects of Food Production, Consumption and Energy Values: World Review of Nutrition and Dietetics**, 61, pp. 132–172. 1990.

CICERO, L. H.; FURLAN, E. F.; PRISCO, R. C. B.; NEIVA, C. R. P. Estudo das metodologias de destilação na quantificação do Nitrogênio das Bases Voláteis Totais em pescada, tilápia e camarão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 3, p. 192-197. 2014.

COSTAS, B.; ARAGÃO, C.; MANCERA, J. M.; DINIS, M. T.; CONCEIÇÃO, L. E. C. High stocking density induces crowding stress and affects amino acid metabolism in Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup 1858) juveniles. **Aquaculture Research**, 39, 1–9. 2008.

COSTAS, B.; CONCEIÇÃO, L. E. C.; ARAGÃO, C.; MARTOS, J. A.; JARABO-RUIZ, I.; MANCERA, J. M.; AFONSO, A. Physiological responses of Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) after stress challenge: Effects on non-specific immune parameters, plasma free amino acids and energy metabolism. **Aquaculture**, vol. 316, 1-4, 68-76 p. 2011.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A. A piscicultura e o ambiente - O uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, vol. 39. 2010.

D'MELLO, J. P. F. Conclusions, in: D'MELLO, J. P. F. (Ed.). **Amino acids in animal nutrition**. Cabin Publishing. London, 544p. 2003.

DAVIS, K. B.; SIMCO, W. A.; ROBINSON, E. Effect of reduction of supplementary dietary vitamins on the stress response of channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Journal of the world Aquaculture Society**, v.29, n. 3, p. 319-324. 1998.

DAVY, C. L. The significance of carnosine and anserine in striated skeletal muscle. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 89, 303–308. 1960.

DUNAJSKI, E. Texture of fish muscle. **Journal of Texture Studies**, v. 10, n. 4, p. 301-318. 1980.

DUNCAN, J. Bioquímica Clínica. En: **Manual de Patología Clínica em Pequenos Animales**. Davidson, M; R. Else; J. Lumsden (Eds). Ed. Harcourt, España. 2000.

EL-SAYED, A. F. M. Intensive Culture. In: Abdel-Fattah M. El-Sayed (Ed.) **Tilapia Culture**, London, Cap.5, p.70-94. 2006.

ENCARNAÇÃO, P.; DE LANGE, C.; BUREAU, D. P. Diet energy source affects lysine utilization for protein deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 261, 1371-1381, 2006.

ESKIN, M.; ALIANI, M.; SHAHIDI, F. Carnes e Peixes. In: ESKIN, M.; SHAHIDI, F. (Eds). **Bioquímica de Alimentos**. 3ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 536p. 2015.

FARHAT, M. A.; KHAN, M. A. Effects of varying levels of dietary L-histidine on growth, feed conversion, protein gain, histidine retention, hematological and body composition in fingerlings stinging catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Aquaculture**, 404-405: 130-138. 2013.

FAERGEMAND, J.; RONSHOLD, B.; ALSTED, N.; BORRESEN, T. Fillet texture of rainbow trout as affected by feeding strategy, slaughtering procedure and storage post mortem. **Water Science and Technology**, 31, 225-231, 1995.

FØRDE-SKJÆRVIK, O.; SKJÆRVIK, O.; MØRKØRE, T.; THOMASSEN, M. S.; RØRVIK, K. A. Dietary influence on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*): effect on glycolysis and buffering capacity in white muscle. **Aquaculture**, 252, 409–420. 2006.

FORSTER, I.; OGATA, H. Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, 161:131-142.1998.

FOURNIER, V.; GOUILLOU-COUSTANS, M. F.; METAILLER, R.; VACHOT, C.; MORICEAU, J.; LE DELLIOU, H.; HUELVAN, C.; DESBRUYERES, E.; KAUSHIK, S. J. Excess dietary arginine affects urea excretion but does not improve N utilization in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and turbot *Psetta maxima*. **Aquaculture**, 217, 559–576. 2003.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg, Aspen, 587 p. 2000.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 100p. 2010.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; NEVES, P. R.; SILVA, L. C. R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, 34, 1933-1937. 2004a.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FURUYA, V. R. B.; MIRANDA, E. C. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v.35, p.1110-1116. 2004b.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30,1143-1149. 2001.

FURUYA, W. M.; SANTOS, V. G.; SILVA, L. C. R.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.937-942. 2006.

GAO, Y.; LIU, Y.J.; CHEN, X. Q.; YANG, H. J.; LI, X. F.; TIAN, L. X. Effects of graded levels of histidine on growth performance, digested enzymes activities, erythrocyte osmotic fragility and hypoxia-tolerance of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. **Aquaculture**, 452, 338-394. 2016.

GBORE, F.; ADEWOLE, A.M.; OGinni, O.; OGUNTOLU, M. F.; BADA, A. M.; AKELE, O. Growth performance, haematology and sérum biochemistry of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings fed graded levels dietary fumonisin B1. **Mycotoxin Research**, 26, 221-227. 2010.

GONZÁLEZ, F. H. D.; DA SILVA, C. **Introdução a Bioquímica Química e Veterinária**. 2º edição, Editora UFRGS, 2006.

GRIGORAKIS, K. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: a review. **Aquaculture**, 272 (1-4):55-75. 2007.

GUILLAUME, J.; KAUSHIK, S.; BERGOT, P.; METAILLER, R. **Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés**. Paris: INRA Edition.1999.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 2002.

HAULER, R. C.; CARTER, C. G. Re-evaluation of the quantitative dietary lysine requirements of fish (review paper). **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, 9:133-163. 2001.

HAULER, R. C.; CARTER, C. G.; EDWARDS, S. J. Feeding regime does not influence lysine utilisation by Atlantic salmon, *Salmo salar* L., par. **Aquaculture**, 273, 545-555. 2007.

HIROSHI, H.; MURAI, T. White muscle of masu salmon, *Oncorhynchus masou masou*, smolts possesses a strong buffering capacity due to a high level of anserine. **Fish Physiology and Biochemistry**, 13: 285-293. 1994.

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The measurement of appearance**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 432p. 1987.

HUNTERLAB. **Applications note**: CIE L* a* b* color scale. Virginia, 8(7). 1996.

HUSS, H. H. **Fresh fish**: Quality and quality changes. Training manual. United Nations, FAO/DANIDA, Rome. 1998.

HYLDIG, G.; NIELSEN, D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. **Journal Texture Studies**, 32, 219– 242. 2001.

JIMÉNEZ, A.; GUTIÉRREZ, G. Color. In: ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propiedades físicas em indústrias de alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A, p. 325-346. 2001.

JOHNSTON, I. A.; WARD, P. S.; GOLDSPINK, G. Studies on the swimming musculature of the rainbow trout I. Fibre types. **Journal Fish Biology**, 7, 451-458. 1975.

KAVITHA, C.; HARADA, T.; KAWASHIMA, A.; IMADA, K.; MIZUGUCHI, K. Highly purified eicosapentaenoic acid prevents the progression of hepatic steatosis by repressing monounsaturated fatty acid synthesis in high-fat/high-sucrose diet-fed mice. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, 80, 229-238. 2009.

- KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Dietary histidine requirement of Singhi, *Heteropneustes fossilis* fry (Bloch). **Aquaculture Research**, 45, 1341–1354. 2014.
- KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Optimum histidine requirement of fry African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). **Aquaculture Research**, 40(9): 1000-1010. 2009.
- KIM, J-D.; LALL, S. P. Amino acid composition of whole-body tissue of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), yellowtail flounder (*Pleuronectes ferruginea*) and Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Aquaculture**, 187, 367-373. 2000.
- LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J.; WU, G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino acids**, 37, 43-53. 2009.
- LI, Y.; CHENG, Z.; KANGSEN, I.; AI, Q. M. Dietary Histidine Requirement for Juvenile Large Yellow Croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **The Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgah, 66: 1-7. 2014.
- LIM, C. Effect of dietary pH on amino acid utilization by shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, 114:293-303. 1993.
- LIN, Y.; GONG, Y.; YUAN, Y.; GONG, S.; YU, D.; LI, Q.; LUO, Z. Dietary L-lysine requirement of juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. **Aquaculture Research**, 1–11. 2012.
- LYON, B. G.; LYON, C. E. Meat quality: sensory and instrumental evaluations. In: SAMS, A. R. (Ed.). **Poultry meat processing**. New York: CRC Press., p.97–120. 2001.
- MAI, K.; MERCER, J. P.; DONLON, J. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. **Aquaculture**, 136, 165–180. 1995.
- MAI, K.; ZHANG, L.; AI, Q.; DUAN, Q.; ZHAN, G. C.; LI, H.; WAN, J.; LIUFU, Z. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, (*Lateolabrax japonicus*). **Aquaculture**, 258, 535-542. 2006.
- MAIA, E. L.; OGAWA, M. Cor. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed.). **Manual de pesca** (Ciência e tecnologia do pescado). São Paulo: Livraria Varela, p.75-85. 1999.
- MESSINA, M.; PICCOLO, G.; TULLI, F.; MESSINA, C. M.; CARDINALETTI, G.; TIBALDI, E. Lipid composition and metabolismo of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed diets containing wheat gluten and legume meals as substitutes for fish meal. **Aquaculture**, 376-379, 6-14. 2013.
- MICHELATO, M.; ZAMINHAN, M.; BOSCOLO, W. R.; NOGAROTO, V.; VICARI, M.; ARTONI, R. F.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M. Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses. **Aquaculture**, 467, 63–70. 2016.
- MØRKØRE, T. Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor filleted Atlantic cod, *Gadus morhua*. **Aquaculture**, 256:56-65. 2006.

MOUGHAN, P. J.; RUTHERFURD, S. M. A new method for determining digestible reactive lysine in foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 44: 2202-2209. 1996.

MUNAKATA, A.; AIDA, K.; AMANO, M.; IKUTA, K.; KITAMURA, S.; ET, A. L. Changes in histidine and anserine levels in hatchery-reared *honmasu salmon* parr after release in a river. **Journal of World Aquaculture Society**, 31(2): 274-278. 2000.

MURAI, T.; OGATA, H.; HIRASAWA, Y.; AKIYAMA, T.; NOSE, T. Portal absorption and hepatic uptake of amino acids in rainbow trout force-fed complete diets containing casein or crystalline amino acids. **Nippon Suisan Gakkaishi**, 53: 1847-1859. 1987.

National Research Council. [NRC]. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 1993.

National Research Council. [NRC]. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 2011.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger** - princípios de bioquímica, Artmed, Porto Alegre, Brazil. 2011.

NG, W. K.; HUNG, S. S. O.; HEROLD, M. A. Poor utilization of dietary free amino acids by white sturgeon. **Fish Physiology and Biochemistry**, 15, 131-142. 1996.

NGUYEN, T. N.; DAVIS, D. A. Methionine requirement in practical diets of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the world aquaculture society**, v.40, n. 3, p.410-416. 2009.

NOGUEIRA, A. C.; RODRIGUES, T. **Criação de tilápias em tanques-rede**. Salvador: Sebrae Bahia, 23 p. 2007.

OGATA, H. Y. Muscle buffering capacity of yellowtail fed diets supplemented with crystalline histidine. **Journal of Fish Biology**, 61(6): 1504-1512. 2002.

ÖZOGUL, Y.; ÖZOGUL, F. Effects of slaughtering methods on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) stored in ice and MAP. **Europe Food Research Technology**, v. 219, p. 211-216. 2004.

PEIXE BR – Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019**. Ed. Texto Comunicação Corporativa, São Paulo. 2019.

PERES, H.; OLIVA-TELES, A. The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. **Aquaculture**, 296: 81-86. 2009.

RAHMANIFARAH, K.; SHABANPOUR, B.; SATTARI, A. Effects of clove oil on behavior and flesh quality of common carp (*Cyprinus carpio L.*) in comparison with pre-slaughter CO2 stunning, chilling and asphyxia. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 11: 139-147. 2011.

RANZANI-PAIVA, M. J. T.; BENITES DE PÁDUA, S.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Eduem, Maringá, Paraná, 140p. 2013.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA. p. 196. 2007.

RICHARDS, M. P.; HULTIN, H. O. Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle. **Journal Agriculture Food Chemist**, 50:555–564. 2002.

RODEHUTSCORD, M.; BORCHET, F.; GREGUS, Z.; PACK, M.; PFEFFER, E. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): 1. Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture**, 187, 163–176. 2000.

RODRIGUES, T. P. Estudo de critérios para avaliação da qualidade da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada; eviscerada e estocada em gelo. Niterói, 2008. 104 f. **Tese** (doutorado em medicina veterinária) – Faculdade de veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2008.

RUCHIMAT, T.; MASUMOTO, T.; HOSOKAWA, H.; ITOH, Y.; SHIMENO, S. Quantitative lysine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, 158, 331–339. 1997.

SANTIAGO, B.C.; LOVELL, R. T. Amino Acid Requirements for Growth of Nile Tilapia. **The Journal of nutrition**, 118, 1539-1546. 1988.

SANTOS, A. B.; MELO, J. F. B.; LOPES, P. R. S.; MALGARIM, M. B. Composição química e rendimento do filé da Traíra (*Hoplias malabaricus*). **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Veterinária e Agronomia**, 7(1):33-39. 2000.

SARDAR, P.; ABID, M.; RANDHAWA, H. S.; PRABHAKAR, S. K. Effect of dietary lysine and methionine supplementation on growth, nutrient utilization, carcass compositions and haemato-biochemical status in Indian Major Carp, Rohu (*Labeo rohita* H.) fed soy protein-based diet. **Aquaculture Nutrition**, 15, 339–346. 2009.

SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J. M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture**, 151:15-28. 1997.

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**, v. 64, n. 1, p. 334- 342. 2006.

SURENDRANATH, P. S.; POULSON, J. Myoglobin chemistry and meat color. **Annual Review of Food Science and Technology**, 4:79-99. 2013.

SZCZESNIAK, A. S.; BLOCK, W. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**. Mont Vernon, NY, USA. Vol. 13, 215-225. 2002.

TAKISHITA, S. S.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; BOMFIM, M. A. D.; QUADROS, M.; SOUZA, M. P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38: 2099-2105. 2009.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. **Hematologia de peixes teleósteos**. 1ª ed. Ribeirão Preto, São Paulo. 144p. 2004.

TRUONG, B. Q.; BUCKOW, R.; STATHOPOULOS, C. E.; NGUYEN, M. H. Advances in high-pressure processing of fish muscles. **Food Engineering Reviews**, 7(2), 109–129. 2015.

TURRA, E. M., OLIVEIRA, D. A. A., TEIXEIRA, E. A., PRADO, S. A., MELO, D. C., SOUZA, A. B. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 34, 29-36. 2010.

VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B.; MICHELATO, M.; FURUYA, W. M. Apparent digestibility of wheat and coproducts in extruded diets for the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, vol. 18, n. 3. Salvador. 2017.

WAAGBO, R.; TROBE, C.; KOPPE, W.; FONTANILLAS, R.; BRECK, O. Dietary histidine supplementation prevents cataract development in adult Atlantic salmon, *Salmo salar L.*, in seawater. **British Journal of Nutrition**, 104:1460-1470. 2010.

WADE, M. A.; TUCKER, H. N. Antioxidant characteristics of L-histidine. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 9(6): 308-315. 1998.

WALTON M. J.; COLOSO, R. M.; COWEY, C. B.; ADRON, J. W.; KNOX, D. The Effects of Dietary Tryptophan Levels on Growth and Metabolism of Rainbow-Trout (*Salmo Gairdneri*). **British Journal of Nutrition**, 51(2), 279-287. 1984.

WANG, M.; LU, M. Tilapia polyculture: A global review. **Aquaculture Research**, p. 1-12. 2015.

WILSON, R. P. Amino acids and proteins. In: **Fish nutrition** (ed. by Halver JE, Hardy RW), Amsterdam, AM, The Netherlands. 2002.

WU, G. **Amino acids: biochemistry and nutrition**, CRC Press. 2013.

YAMADA, S.; SIMPSON, K. L.; TANAKA, Y. Plasma amino acid changes in rainbow trout *Salmo Gairdneri* force-fed casein and a corresponding amino acid mixture. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, 47:1035-1040. 1981.

YANG, H. J.; LIU, Y. J.; TIAN, L. X.; LIANG, G. Y.; LIN, H. R. Effects os supplemental lysine and methionine on growth performance and body composition for gass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, 5 (2): 222-227. 2010.

YANG, S. D.; LIU, F. G.; LIOU, C. H. Assessment of dietary lysine requirement for silver perch (*Bidyanus bidyanus*) juveniles. **Aquaculture**, 312, 102-108. 2011.

YARNPAKDEE, S.; BENJAKUL, S.; PENJAMRAS, P.; KRISTINSSON, G. H. Chemical compositions and muddy flavour/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. **Food Chemistry**, v. 142, p. 210–216. 2014.

ZEOLA, N. M. B. L. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, 26 (304):36-56. 2002.

ZHANG, C.; AI, Q.; MAI, K.; TAN, B.; LI, H.; ZHANG, L. Dietary lysine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, 283, 123-127. 2008.

ZHAO, B.; FENG, L.; LIU, Y.; KUANG, S.; TANG, L.; JIANG, J.; HU, K.; JIANG, W. D.; LI, S. H.; ZHOU, X. Q. Effects of dietary histidine levels on growth performance, body composition and intestinal enzymes activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*). **Aquaculture Nutrition**, 18, 220–232. 2012.

ZHOU, F.; SHAO, J.; XU, R.; MA, J.; XU, Z. Quantitative L-lysine requirement of juvenile black sea bream (*Sparus macrocephalus*). **Aquaculture Nutrition**, 16(2): 194-204. 2010.

ZHOU, Q-C.; WU, Z-H.; CHI, S-Y.; YANG, Q-H. Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, 273, 634-640. 2007.

CAPÍTULO 2

DESEMPENHO PRODUTIVO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE DA CARNE DE TILÁPIAS DO NILO ALIMENTADAS COM DIETAS SUPLEMENTADAS COM HISTIDINA E LISINA

RESUMO

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a suplementação isolada ou combinada de histidina e lisina em dietas para tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus* em terminação, com base nas respostas de desempenho produtivo, parâmetros sanguíneos e qualidade da carne. Foi elaborada uma dieta Controle com 27,60% de proteína bruta e 3056,26 kcal/kg de energia digestível sem suplementação de histidina e lisina. A partir da dieta controle foram elaboradas três dietas, suplementada com histidina (His), lisina (Lys) e *blend* de histidina e lisina (His+Lys). Os peixes ($n = 192$; peso corporal médio = $136,14 \pm 2,58$ g), foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, distribuídos em 16 tanques circulares de 600 L cada, em sistema de recirculação e alimentados até saciedade aparente. Não foi observado efeito ($P < 0,05$) das dietas com diferentes suplementações de histidina e lisina sobre o peso final, ganho de peso, índice hepatossômático, gordura visceral, composição de aminoácidos corporais, pH, intensidade de cor amarelo-azul, adesividade, mastigabilidade da carne e parâmetros sanguíneos de hematócrito, hemoglobina, colesterol e proteína total. Peixes alimentados com as dietas que receberam suplementação de His e o *blend* (His+Lys) apresentaram melhor conversão alimentar ($P = 0,001$) em relação a dieta Controle. O rendimento de filé, retenção de nitrogênio, retenção corporal de lisina e o nível plasmático de lisina foram maiores ($P < 0,001$) para os peixes que receberam dietas Lys e o *blend* (His+Lys). Peixes alimentados com dietas Lys e o *blend* (His+Lys) apresentaram menor ($P < 0,001$) deposição de lipídeos corporais e teores de triglicerídeos e glicose. A retenção de histidina e o seu nível plasmático não foram influenciados pelos tratamentos. A variável dureza (D) dos filés de tilápia apresentou efeito ($P = 0,001$) para os peixes que receberam as dietas His, Lys e *blend* (His+Lys), apresentando filés mais firmes em relação a dieta Controle. A intensidade de cores vermelho – verde (a^*), foi influenciada pelas dietas ($P = 0,021$), onde os peixes alimentados com as dietas His e o *blend* (His+Lys) apresentaram menores valores para coloração da carne em relação as demais dietas. Concluiu-se que a suplementação combinada de histidina e lisina melhora o desempenho produtivo, reduz a deposição de lipídeos corporais, os parâmetros bioquímicos como teores de triglicerídeos e glicose, melhora a concentração de lisina no plasma, o rendimento de filé e a qualidade de carne de tilápias do Nilo na terminação.

PALAVRAS-CHAVE: Aminoácidos, rendimento de filé, nutrição, *Oreochromis niloticus*

ABSTRACT

This work was conducted with the objective of evaluating the isolated or combined supplementation of histidine and lysine in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* in the finishing phase, based on responses of productive performance, blood parameters and meat quality. A Control diet with 27.60% of crude protein and 3056.26 kcal / kg of digestible energy without histidine and lysine supplementation was elaborated. Three diets were prepared from the control diet, supplemented with histidine (His), lysine (Lys) and *blend* histidine and lysine (His + Lys). The fish (n = 192, mean body weight = 136.14 ± 2.58 g) were distributed in a completely randomized design with four treatments and four replications, distributed in 16 circular tanks of 600 L each, in recirculation system and fed until apparent satiety. No effect ($P < 0.05$) of diets with different histidine and lysine supplementation on the final weight, weight gain, hepatosomatic index, visceral fat, body amino acid composition, pH, yellow-blue color intensity, adhesiveness, meat chewability, and hematocrit, hemoglobin, cholesterol, and total protein blood parameters. Fish fed diets that received His supplementation and *blend* (His+Lys) presented better feed conversion ($P = 0.001$) than Control diet. Fillet yield, nitrogen retention, lysine body retention and plasma lysine levels were higher ($P < 0.001$) for fish receiving diets Lys and the *blend* (His + Lys). Fish fed diets Lys and *blend* (His + Lys) presented lower ($P < 0.001$) deposition of body lipids and triglyceride and glucose contents. Histidine retention and plasma levels were not influenced by treatments. The hardness variable of the tilapia fillets presented an effect ($P = 0.001$) for the fish that received the His, Lys and *blend* (His + Lys) diets, showing steeper fillets compared to the Control diet. The red - green color intensity (a *) was influenced by the diets ($P = 0.021$), where the fish fed with diets His and the *blend* (His + Lys) had lower values for meat coloration than the other diets. It was concluded that the combined supplementation of histidine and lysine improves the productive performance, reduces the deposition of body lipids, biochemical parameters such as triglyceride and glucose contents, improves plasma lysine concentration, fillet yield and meat quality of Nile tilapia in the termination.

KEYWORDS: Amino acids, fillet yield, nutrition, *Oreochromis niloticus*

2.1 INTRODUÇÃO

A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* é um peixe economicamente importante em diversos países, incluindo o Brasil. A produção mundial da tilápia foi de 4,5 milhões de toneladas no ano de 2018 representando o quarto lugar na posição de peixes mais cultivados (FAO, 2018). É uma espécie com boa aceitação de ração, utiliza eficientemente carboidratos como fonte de energia, o que possibilita maior inclusão de alimentos energéticos (VIDAL et al., 2015) e proteicos de origem vegetal (VIDAL et al., 2017).

Dentre os aminoácidos essenciais, a lisina está presente em elevada proporção no tecido muscular dos peixes, sendo exigida em grande quantidade na dieta (FURUYA et al., 2004). A lisina também se destaca por estar diretamente relacionada ao aumento no ganho de peso e melhoria na conversão alimentar (CHENG et al., 2003; YUAN et al., 2011; LIN et al., 2012), ao aumento na retenção de nitrogênio e redução no conteúdo corporal de lipídios de peixes (CHENG et al., 2003; FURUYA et al., 2006; CAO et al., 2012) e melhora o rendimento de filés de tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus* (MICHELATO et al. 2016a).

Além da lisina, a histidina é considerada um aminoácido potencialmente limitante em dietas para tilápias do Nilo (VIDAL et al., 2017). A histidina possui diversas funções biológicas, direcionadas para a síntese proteica, está presente em elevada concentração na hemoglobina e possui ação como antioxidante biológico no controle do estresse oxidativo (NRC, 2011). A suplementação de histidina melhora o crescimento muscular, a síntese de proteínas (LI et al., 2013), além de aumentar o rendimento de filés de tilápias do Nilo (MICHELATO et al., 2017b). O desequilíbrio entre aminoácidos pode reduzir o crescimento e eficiência de utilização da proteína dietética em peixes (BERGE et al., 2002).

Do ponto de vista comercial, o filé é o principal e mais valorizado produto do abate de tilápias e constitui cerca de 29,6 a 33,1% do peso corporal (PETERMAN; PHELPHS, 2012). O crescimento muscular está associado ao aumento do diâmetro das fibras musculares. Em animais adultos, este crescimento se dá através da hipertrofia da massa muscular, aumentando o peso do filé e a produção de carne (JOHNSTON et al., 1975). A suplementação da lisina influencia o crescimento muscular, sendo desta forma, um aminoácido importante para o crescimento e consequentemente maior rendimento de filés.

A histidina possui função importante sobre a qualidade da carne pois os seus derivados imidazólicos (anserina e carnosina) conferem sabor e textura, melhorando os atributos sensoriais da carne dos peixes (OGATA, 2002). A histidina também possui ação antioxidante (HIROSHI; MURAI, 1994; WADE; TUCKER, 1998; MUNAKATA et al., 2000) e sua

suplementação aumenta os níveis de histidina muscular e o pH, reduz o *gap* muscular *post-mortem*, contribuindo para um filé de melhor qualidade, afetando a qualidade da carne, aumentando seu tempo de prateleira (FØRDE-SKJÆRVIK et al., 2006).

Ferramentas que contribuem para a melhoria da eficiência da utilização de nutrientes para o crescimento e muscular e qualidade da carne são estudos prioritários na aquicultura (AHMED; KHAN, 2005; KHAN; ABIDI, 2009; NRC, 2011; ZHAO et al., 2012). Ainda não existem referências sobre os efeitos da suplementação isolada e combinada de histidina e lisina envolvendo ferramentas como o desempenho produtivo, rendimento de filé, qualidade da carne e os parâmetros hematológicos de tilápias do Nilo na terminação, a maioria das pesquisas foram realizadas com alevinos e juvenis e ainda há poucas informações em peixes com tamanho industrial para retiradas de filés.

Considerando a crescente demanda para a inclusão de alimentos vegetais em dietas para tilápias, tornam-se importantes os estudos sobre a suplementação de lisina e histidina, que são aminoácidos potencialmente limitantes e moduladores do crescimento, conversão alimentar, rendimento e qualidade de filés de tilápias do Nilo em terminação. Desta forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a suplementação isolada ou combinada de histidina e lisina em dietas para tilápias do Nilo em terminação, com base no desempenho produtivo, parâmetros sanguíneos e qualidade da carne.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Comitê de ética

O experimento foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) sob número de protocolo 11913/2016 (CEUA 050/2016) e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, sob parecer 04/2018.

2.2.2 Condições experimentais

Foram utilizados 192 peixes com peso médio inicial de $136,14 \pm 2,58$ g, provenientes da Piscicultura Aquafort, Dourados, MS, distribuídos em 16 tanques de polipropileno com capacidade de 600 L cada. Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, na densidade de 12 animais por tanque, onde cada caixa foi considerada uma unidade experimental. Os aquários foram mantidos em sistema de recirculação de água, com

filtro mecânico e biológico, aquecedor e termostato central, além de sistema de aeração constante por soprador. A taxa de reposição de água no sistema foi de cerca de 6% ao dia e o fluxo de água de 3 a 5 L/min. Os parâmetros de pH, amônia total (mg/L), temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L) foram monitorados e controlados semanalmente com medidor multiparâmetro (Water Quality Meter – AK87). O pH manteve-se em $7,12 \pm 0,18$, amônia entre 0,00 e 0,02 mg L⁻¹, a temperatura manteve-se a $26,22 \pm 0,88$ °C e oxigênio dissolvido foi mantido a $6,5 \pm 0,28$ mg L⁻¹, nos 90 dias experimentais.

2.2.3 Dietas e manejo alimentar

Foi elaborada dieta controle com 27,6% de proteína bruta e 3056,26 kcal/kg de energia digestível de forma a atender as exigências de aminoácidos para tilápia (FURUYA, 2010; NRC, 2011), com exceção das exigências de histidina e lisina. A partir da dieta controle, foram elaboradas três dietas, suplementadas com L-histidina (His), L-lisina (Lys) e *blend* de L-histidina e L-lisina (His+Lys), conforme descrito na Tabela 1. O aumento da suplementação de L-lisina e L-histidina foi compensado pela diminuição de L- ácido glutâmico. A histidina e lisina foram suplementados de forma a atender as exigências determinadas para tilápias do Nilo por Michelato et al. (2016b) e Michelato et al. (2016a), respectivamente. As composições de aminoácidos essenciais das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2.1 - Composição percentual e analisada das dietas

Ingredientes	Dietas ¹			
	Controle	His	Lys	His+Lys
Farelo de soja	25,500	25,500	25,500	25,500
Glúten de milho 60	8,000	8,000	8,000	8,000
Farelo de trigo	23,000	23,000	23,000	23 000
Farinha de peixe	5,000	5,000	5,000	5,000
Farinha de trigo	14,000	14,000	14,000	14,000
Milho grão	19,480	19,480	19,480	19,480
DL-metionina	0,230	0,230	0,230	0,230
Fosfato Bicálcico	1,650	1,650	1,650	1,650
L- ácido glutâmico	2,000	1,820	1,500	1,320
L-lisina	0,000	0,000	0,500	0,500
L- histidina	0,000	0,180	0,000	0,180
L-treonina	0,120	0,120	0,120	0,120
L-triptofano	0,050	0,050	0,050	0,050
Antifúngico	0,100	0,100	0,100	0,100
BHT	0,020	0,020	0,020	0,020
Supl. min. vitam. ²	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum	0,350	0,350	0,350	0,350
Composição analisada (g/kg matéria seca)				
Matéria seca	921,15	921,17	921,13	921,19
Energia Digestível, (kcal/kg)	3427,84	3427,84	3455,32	3455,32
Proteína bruta	309,56	308,32	311,01	309,78
Extrato etéreo	41,61	41,95	41,95	41,83
Fibra bruta	45,31	45,31	45,31	45,31
Matéria mineral	46,55	46,55	46,55	46,55
Cálcio	9,2	9,2	9,2	9,2
P-disponível	7,07	7,07	7,07	7,07

¹Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

²Suplemento mineral e vitamínico: composição por kg de dieta: vitamina A = 6,00 UI; vitamina D₃ = 1,0 UI; vitamina E = 60,0 mg; vitamina K₃ = 12,0 mg; vitamina B₁ = 24,0 mg; vitamina B₂ = 24,0 mg; vitamina B₆ = 20,0 mg; vitamina B₁₂ = 24,0 mg; ácido fólico = 6,0 mg; pantotenato de Ca = 60,0 mg; vitamina C = 240,0 mg; biotina = 0,24 mg; colina = 325,0 mg; niacina = 120,0 mg; Fe = 50,0 mg; Cu = 3,0 mg; Mg = 20,0 mg; Zn = 30,0 mg; I = 0,1 mg; Co = 0,01 mg; se = 0,1 mg.

Valores calculados de acordo com Furuya (2010).

Fonte: A autora (2019)

Tabela 2.2 – Composição analisada de aminoácidos das dietas (g/kg dieta seca)

Ingredientes	Dietas*			
	Controle	His	Lys	His+Lys
Aminoácidos essenciais				
Arginina	17,07	17,01	17,02	17,07
Fenilalanina	11,00	10,96	10,97	11,00
Histidina	6,22	8,23	6,23	8,25
Isoleucina	11,90	11,86	11,87	11,90
Leucina	19,11	19,04	19,05	19,11
Lisina	12,99	12,95	16,85	16,83
Metionina	7,03	7,06	7,07	7,09
Treonina	11,80	11,76	11,77	11,80
Triptofano	3,75	3,74	3,74	3,75
Valina	13,57	13,52	13,53	13,57
Aminoácidos não essenciais				
Ácido aspártico	18,80	18,74	18,75	18,80
Ácido glutâmico	43,15	41,14	39,14	37,15
Alanina	37,07	36,94	36,96	37,07
Cisteína	57,72	57,52	57,55	57,72
Glicina	19,78	19,72	19,72	19,78
Serina	10,22	10,18	10,19	10,22
Tirosina	7,07	7,04	7,04	7,07

*Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

As dietas foram extrusadas em extrusor de rosca simples (Exteec, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os ingredientes foram pesados, moídos em moinho martelo com peneira com furos de 0,8 mm de diâmetro, obtendo pellets flutuantes com diâmetro aproximado de 4 mm. Após as dietas foram secas em secador rotativo (Exteec, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os peixes foram alimentados manualmente, sete dias por semana, quatro vezes ao dia, às 8; 10; 13 e 15h, até saciedade aparente.

2.2.4 Desempenho produtivo e composição corporal

Após 90 dias experimentais, os peixes foram mantidos em jejum por 24 h, para esvaziamento do trato gastrointestinal. Em seguida, foram contados e pesados individualmente em balança de precisão (0,01 g). Foram determinadas as variáveis de: Peso Corporal Final (PCF); Ganho de Peso (GP) = peso corporal final (g) – peso corporal inicial (g); Conversão Alimentar (CA) = dieta consumida (g)/ganho de peso (g); Sobrevivência (SOB) = (número de peixes ao final do experimento/número de peixes ao início do experimento) x 100; Taxa de Eficiência Proteica (TEP) = ganho de peso (g)/proteína consumida (g).

Três peixes de cada unidade experimental foram coletados aleatoriamente e submetidos à eutanásia com benzocaína (250 mg/L), para determinação de Retenção de Proteína (RP) = proteína corporal depositada (g)/proteína consumida (g) x 100; Gordura Visceral (GV) = peso da gordura visceral (g)/peso corporal (g) x100 e Índice Hepatosomático (IHS) = peso do fígado (g)/peso corporal (g) x 100. Outros três peixes de cada unidade experimental foram selecionados aleatoriamente e eutanasiados para determinação da composição da carcaça.

A composição proximal das dietas e das carcaças foram determinadas por meio de metodologia padronizada descrita pela AOAC (2005). A umidade (UMI) foi determinada por meio de secagem em estufa a 105 ° C (Prismalab, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) até peso constante; A extração e quantificação dos lipídios totais, foi determinado por método de extração utilizando éter de petróleo, em extrator Soxhlet (Sigma – Aldrich, Darmstadt, Hesse, Alemanha); Proteína bruta (PB) foi determinada pelo método Kjeldahl; O teor de cinzas foi determinada por meio de combustão em forno mufla a 550 °C (Solidsteel, Campinas, SP, Brasil); Para determinação do perfil corporal dos aminoácidos essenciais e não-essenciais, foi realizada por meio da técnica de cromatografia líquida de ultra desempenho - Waters Corporation (UPLC-Aquity, Waters TM Milford, MA) e kit de análise de aminoácidos AAA Waters Masstrak TM (Waters TM).

As análises de composição proximal foram realizadas no Laboratório da Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos, Animal Nutrition Division.

2.2.5 Ensaio hematológico e bioquímicos do sangue

Três peixes foram anestesiados com benzocaína (100 mg/ L), e após a completa dessensibilização, foi feita a coleta de sangue por meio de punção da veia caudal com auxílio de seringa de 3,0 mL, banhada com solução anticoagulante (EDTA 3% - dimetil tetra amina).

Com sangue total foram realizadas as análises de Hemoglobina (Hb), determinada pelo método espectrofotométrico com uso de kit de hemoglobina Bioclin a 540 nm de absorbância; e o percentual de hematócrito (Ht) foi determinado pelo método do micro hematócrito descrito por Goldenfarb et al. (1971).

As amostras de sangue foram então centrifugadas a 2.500 rpm por 10 min. Após a centrifugação, o plasma obtido de cada amostra foi utilizado para analisar proteína total plasmática (PPT) (mg dL^{-1}) leitura feita em Refratômetro (Akso, São Leopoldo, RS, Brasil); Glicose (GLU) (mg/dL^1), utilizando kit comercial Doles; Triglicerídeos (TG) (mg/dL); e Colesterol Total (CHO) (mg/dL), utilizando kit comercial Bioclin. As análises foram realizadas no Laboratório da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, procedidas conforme instruções do fabricante.

Destes mesmos peixes, foi separado um pool ($n=3$) do plasma em criotubo de 2,0 mL e armazenado a -80°C , para posterior análise de quantificação das concentrações pós-prandiais de aminoácidos do plasma. Após o descongelamento das amostras a 4°C , $400\mu\text{L}$ da amostra de plasma foi desproteinizada misturando 1,2 mL de solução de ácido sulfosalicílico a 10% e incubando-a a 4°C durante 5 min, depois foi centrifugada a 13000 rpm durante 15 min, o sobrenadante foi coletado e filtrado através de filtros de $0,22\mu\text{m}$ para análise de aminoácidos livres por cromatografia de troca iônica usando um analisador de aminoácidos automatizado (L-8900, Hitachi, Japão) com uma coluna de lítio de alta performance (XU et al., 2016). As análises foram realizadas no Laboratório da Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos, Animal Nutrition Division.

2.2.6 Qualidade da carne

Foram selecionados aleatoriamente quatro peixes de cada unidade experimental, anestesiados com benzocaína 100 mg/L (STOSKOPF, 1993). Após foram eutanasiados por secção da medula cervical, os peixes foram eviscerados e decapitados, foi feita a retirada da pele e o corte dos filés com utilização de faca para filetagem. Os filés foram constituídos pelos músculos dorsais e abdominais do peixe, para determinação da qualidade de carne. Os filés direitos foram armazenados em bandejas de isopor embaladas com plástico filme, alocados e congelados em freezer a -20°C durante 21 dias. Após descongelamento em refrigerador (5°C), foram realizadas as análises de cor, textura e pH.

A cor instrumental das amostras foi analisada por reflectância usando um colorímetro MiniScan EZ (Hunter Lab, Reston, V.I., E.U.A.). As leituras foram feitas em duas posições nas

porções dorsal e ventral da área muscular branca de cada posição cranial de cada filé, 10cm atrás do opérculo. Os valores de L * (luminosidade; 100 = branco, 0 = preto), a * (cromaticidade; +, vermelho; - verde) e b * (cromaticidade; +, amarelo; - azul) foram registrados. O índice de brancura (WI) foi calculado de acordo com Di Marzo et al. (2006).

A textura dos filés foi medida acima da linha média, na seção dorsal. Cilindros de 2 cm de diâmetro por 2 cm de altura foram retirados dos filés para obter 2 réplicas por amostra, a curva de força-deformação foi analisada para determinar três parâmetros de textura, mastigabilidade, adesividade e firmeza. A determinação do perfil de textura foi realizada a 25 °C num texturômetro TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Microsystems, Godalming, Reino Unido) utilizando uma sonda cilíndrica de alumínio de 36 cm de diâmetro. A velocidade do teste foi de 0,8 mm / s, com compressão dupla, 30% da altura inicial da amostra, segundo Bertolino et al. (2011).

O pH foi medido em cada amostra de 250 mg de músculo branco, o qual foi triturada em processador e determinado usando um medidor de pH (pH - TEC 2 - Tecnal, Ribeirão Preto, Brasil), por imersão do eletrodo de vidro por 1 minuto na amostra homogeneizada do filé e água destilada (10 mL).

2.2.7 Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por uma caixa de polipropileno com capacidade de 600 L, com 12 peixes por unidade experimental, totalizando em 192 animais. Os resultados foram expressos por meio de média e erro padrão da média. Aplicou-se às variâncias um teste de Shapiro-Wilk e após um teste de homogeneidade de Bartlett (MENDES, 1999), com o objetivo de avaliar se houve ou não parcelas perdidas, sendo todos os dados considerados. Os dados então foram submetidos às análises de variância (ANOVA), por intermédio do programa SAS v. 9.1.3. Em caso de diferenças, foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Desempenho produtivo

O desempenho produtivo de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais com diferentes níveis de histidina e lisina estão descritos na Tabela 2. Durante o período

experimental não ocorreu mortalidade de peixes. Não foram observados efeitos dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre as variáveis de peso corporal final, ganho médio diário, consumo, índice hepatossomático e gordura visceral. Foi observada melhor conversão alimentar ($P = 0,001$), maior taxa de eficiência proteica ($P = 0,001$) para os peixes que receberam as dietas His e o *blend* (His+Lys), em relação a dieta Controle, porém não diferiram entre os peixes que receberam a dieta Lys. Foi observada maior retenção de nitrogênio ($P = 0,001$) nos peixes que receberam dieta *blend* (His+Lys) e Lys, em relação aos peixes que receberam a dieta Controle e His, no entanto, a retenção de nitrogênio não diferiu entre os peixes que receberam as dietas Controle, His e Lys.

Tabela 2.3 – Desempenho produtivo de tilápias do Nilo na terminação alimentadas com dietas experimentais¹

Variável	Dieta ²				P
	Controle	His	Lys	His+Lys	
Peso final (g)	578,70 ± 6,71	581,14 ± 8,34	574,88 ± 5,04	603,41 ± 3,58	0,486
Ganho de peso (g)	440,52 ± 6,03	446,79 ± 1,66	455,98 ± 3,58	467,83 ± 2,83	0,187
Consumo (g/peixe)	683,65 ± 7,82	636,57 ± 4,68	677,94 ± 3,82	677,66 ± 2,67	0,103
Conversão alimentar	1,55 ± 0,01 ^a	1,43 ± 0,01 ^b	1,49 ± 0,00 ^{ab}	1,45 ± 0,01 ^b	0,001
Índice hepatossomático (%)	1,49 ± 0,01	1,69 ± 0,03	1,91 ± 0,13	1,65 ± 0,06	0,395
Gordura visceral (%)	3,01 ± 0,18	3,18 ± 0,15	2,96 ± 0,08	3,01 ± 0,08	0,977
Taxa de eficiência proteica	2,30 ± 0,02 ^b	2,51 ± 0,01 ^a	2,40 ± 0,01 ^{ab}	2,47 ± 0,01 ^a	0,001
Retenção de nitrogênio (%)	32,17 ± 0,06 ^b	32,62 ± 0,05 ^b	36,04 ± 0,03 ^{ab}	38,49 ± 0,04 ^a	0,001

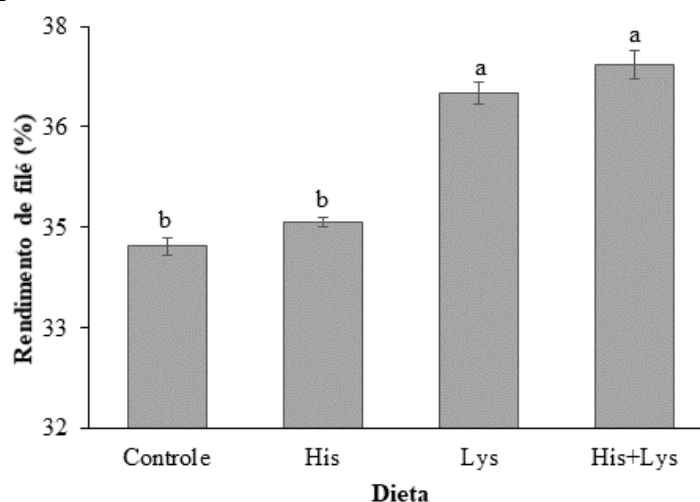
¹Valores médios de quatro repetições ± EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey (P<0,05).

²Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

O rendimento de filé dos peixes alimentados com dietas suplementadas com Lys e *blend* (His+Lys) foram maiores ($P < 0,001$) em comparação ao rendimento de filé obtido em peixes alimentados com as dietas Controle e His (Figura 1).

Figura 2.1 – Rendimento de filé em tilápias do Nilo na fase de terminação alimentadas com as dietas experimentais¹



¹Valores médios de quatro repetições $\pm$ EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

²Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

2.3.2 Composição corporal

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) sobre a composição corporal em umidade, proteína bruta e cinzas (Tabela 4). Contudo, o teor de lipídios totais foi maior nos peixes que receberam as dietas Controle e His ($P = 0,001$) em comparação aos peixes que receberam dietas Lys e *blend* (His+Lys).

Tabela 2.4 – Composição corporal (g /100g) de tilápias do Nilo na terminação alimentadas com as dietas experimentais¹

Variável	Dieta ²				
	Controle	His	Lys	His+Lys	P
Umidade	67,09 ± 0,17	67,31 ± 0,26	66,80 ± 0,16	66,51 ± 0,11	0,713
Proteína bruta	14,96 ± 0,15	15,09 ± 0,19	15,64 ± 0,09	15,71 ± 0,02	0,278
Lipídios totais	9,62 ± 0,06 ^a	9,47 ± 0,03 ^a	8,63 ± 0,04 ^b	8,36 ± 0,03 ^b	0,001
Minerais	3,30 ± 0,01	3,370 ± 0,00	3,39 ± 0,01	3,38 ± 0,02	0,307

¹Valores médios de quatro repetições ± EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey (P<0,05).

²Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

Não foram observados efeitos ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre a composição corporal de aminoácidos essenciais e não essenciais dos peixes (Tabela 5).

Tabela 2.5 – Composição corporal de aminoácidos de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais (g/kg)¹

Variável	Dieta ²				P
	Controle	His	Lys	His+Lys	
Aminoácidos essenciais					
Arginina	9,21 ± 0,08	9,42 ± 0,07	9,18 ± 0,04	9,52 ± 0,04	0,273
Fenilalanina	5,51 ± 0,08	5,33 ± 0,06	5,63 ± 0,03	5,56 ± 0,05	0,391
Histidina	2,16 ± 0,03	2,29 ± 0,02	2,18 ± 0,02	2,28 ± 0,02	0,335
Isoleucina	5,71 ± 0,07	5,57 ± 0,03	5,84 ± 0,11	5,76 ± 0,08	0,696
Leucina	10,10 ± 0,04	10,16 ± 0,05	10,44 ± 0,07	10,22 ± 0,04	0,262
Lisina	10,17 ± 0,02	10,09 ± 0,07	10,27 ± 0,02	10,14 ± 0,02	0,485
Metionina	3,76 ± 0,06	3,55 ± 0,04	3,67 ± 0,02	3,57 ± 0,03	0,663
Treonina	6,45 ± 0,06	6,24 ± 0,02	6,33 ± 0,02	6,19 ± 0,02	0,151
Triptofano	1,27 ± 0,03	1,27 ± 0,04	1,36 ± 0,02	1,39 ± 0,02	0,451
Valina	6,44 ± 0,05	6,36 ± 0,02	6,68 ± 0,03	6,61 ± 0,03	0,148
Aminoácidos não essenciais					
Ácido aspártico	13,11 ± 0,13	13,11 ± 0,04	13,30 ± 0,03	13,43 ± 0,06	0,345
Ácido glutâmico	20,38 ± 0,10	20,27 ± 0,04	20,45 ± 0,04	20,24 ± 0,05	0,749
Alanina	10,31 ± 0,04	10,38 ± 0,07	10,18 ± 0,04	10,09 ± 0,09	0,556
Cisteína	1,15 ± 0,00	1,19 ± 0,01	1,17 ± 0,01	1,17 ± 0,010	0,362
Glicina	14,46 ± 0,04	14,26 ± 0,15	14,37 ± 0,14	14,32 ± 0,09	0,984
Serina	5,70 ± 0,07	5,69 ± 0,06	5,76 ± 0,06	5,76 ± 0,01	0,681
Tirosina	3,84 ± 0,03	3,98 ± 0,13	4,30 ± 0,09	4,11 ± 0,04	0,448

¹Valores médios de quatro repetições ± EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey (P<0,05).

²Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

2.3.3 Retenção corporal de aminoácidos

Na Tabela 6 encontram-se os dados de retenção corporal de aminoácidos em tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.

Tabela 2.6 – Retenção corporal de aminoácidos de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais (%)¹

Variável	Dieta ²				P
	Controle	His	Lys	His+Lys	
Aminoácidos essenciais					
Arginina	50,91 ± 0,65 ^b	53,31 ± 1,43 ^b	57,94 ± 0,68 ^{ab}	60,03 ± 0,34 ^a	0,024
Fenilalanina	47,57 ± 0,95 ^b	46,79 ± 0,62 ^b	56,89 ± 0,33 ^a	55,08 ± 0,47 ^a	<0,001
Histidina	31,82 ± 0,90	29,58 ± 1,39	38,08 ± 0,68	29,98 ± 0,27	0,141
Isoleucina	45,45 ± 1,42	44,89 ± 0,72	54,03 ± 1,64	52,22 ± 0,70	0,07
Leucina	50,34 ± 0,82	33,05 ± 7,44	59,75 ± 0,55	57,40 ± 0,36	0,158
Lisina	66,63 ± 1,10 ^b	66,18 ± 1,74 ^b	84,44 ± 0,36 ^a	84,18 ± 0,22 ^a	<0,001
Metionina	50,20 ± 1,36	48,74 ± 1,14	57,19 ± 0,29	54,52 ± 0,45	0,059
Treonina	53,21 ± 0,46 ^b	51,76 ± 0,91 ^b	59,45 ± 0,71 ^a	57,01 ± 0,37 ^a	0,011
Triptofano	32,87 ± 0,50 ^{bc}	32,36 ± 0,95 ^c	40,11 ± 1,01 ^{ab}	40,80 ± 0,49 ^a	0,006
Valina	45,47 ± 1,19 ^b	45,31 ± 0,96 ^b	54,34 ± 0,22 ^a	52,94 ± 0,34 ^a	0,005
Aminoácidos não essenciais					
Ac. aspártico	66,32 ± 1,76 ^b	67,45 ± 1,01 ^{ab}	77,53 ± 0,74 ^a	77,53 ± 0,54 ^a	0,009
Ac. glutâmico	45,38 ± 0,69 ^b	45,71 ± 0,82 ^b	52,08 ± 0,45 ^a	50,76 ± 0,26 ^a	0,007
Alanina	26,64 ± 0,36	27,34 ± 0,59	30,05 ± 0,40	29,31 ± 0,24	0,074
Cisteína	1,92 ± 0,03 ^b	2,02 ± 0,03 ^{ab}	2,22 ± 0,03 ^a	2,20 ± 0,01 ^a	0,017
Glicina	71,09 ± 1,09	71,01 ± 1,63	80,80 ± 1,36	79,46 ± 0,98	0,056
Serina	52,46 ± 1,69 ^b	54,24 ± 0,41 ^b	62,11 ± 0,37 ^a	61,49 ± 0,26 ^a	0,009
Tirosina	54,38 ± 1,06	57,12 ± 3,16	70,71 ± 2,47	65,63 ± 1,01	0,109

¹Valores médios de quatro repetições ± EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey (P<0,05).

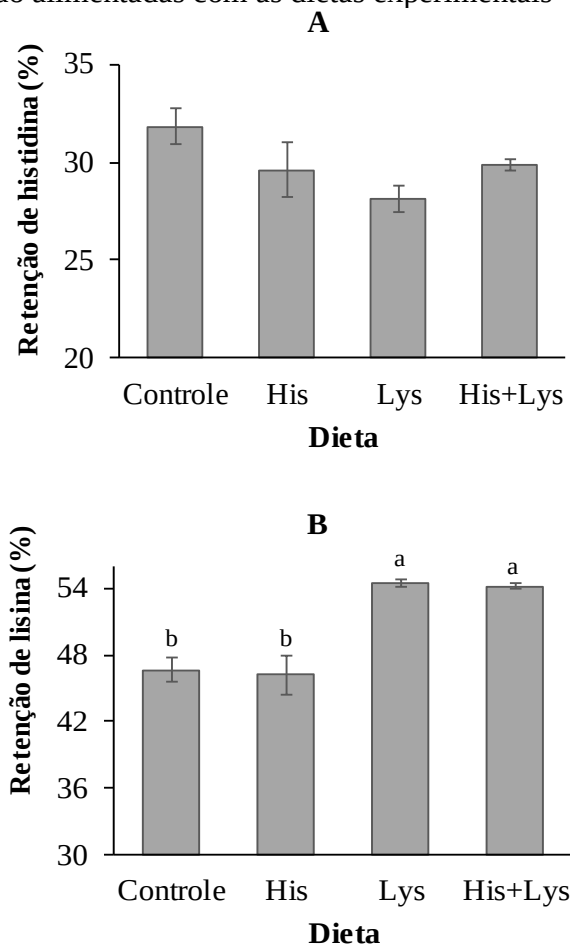
²Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

A retenção corporal do aminoácido histidina não foi influenciada pelos tratamentos. No entanto, a retenção de lisina foi maior em peixes que consumiram as dietas Lys e *blend* (His+Lys) (Figura 2), em relação aos peixes que consumiram a dieta Controle e His. A retenção corporal dos aminoácidos isoleucina, leucina, metionina, alanina, glicina e tirosina não foi influenciada (P>0,05) pelo consumo de dietas suplementadas com histidina e lisina. Por outro lado, foi observado efeito (P < 0,05) sobre a retenção dos aminoácidos arginina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina, ácido glutâmico e serina em que a maior retenção corporal foi

estimada para os peixes que receberam as dietas Lys e *blend* (His+Lys), em relação ao observado nos peixes que consumiram as dietas Controle e His. No entanto, a retenção de triptofano não apresentou diferença entre os peixes alimentados com as dietas Controle e Lys. Já a retenção de arginina não apresentou diferenças entre os peixes alimentados com as dietas Lys, Controle e His. Foi observado efeito ($P < 0,05$) sobre a retenção de ácido aspártico e cisteína em que a maior retenção corporal foi estimada para os peixes que receberam as dietas Lys, *blend* (His+Lys) e His, no entanto os peixes alimentados com a dieta His não apresentaram diferença entre os peixes que receberam dieta Controle.

Figura 2.2 – Retenção de histidina (A) e lisina (B) dietética em tilápias do Nilo na fase de terminação alimentadas com as dietas experimentais¹



¹Valores médios de quatro repetições $\pm$ EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

²Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

2.3.4 Composição de aminoácidos plasmáticos

Na Tabela 7 encontram-se os dados de aminoácidos plasmáticos de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais. A concentração de lisina livre no plasma foi influenciada pelos tratamentos, onde as dietas Lys e *blend* (His+Lys) foram superiores ($P < 0,001$) em relação as dietas Controle e His. No entanto, nenhuma diferença significativa ($P > 0,05$) foi observada entre os tratamentos para os aminoácidos plasmáticos ácido glutâmico, glicina, metionina, serina, treonina e valina.

Tabela 2.7– Composição de aminoácidos plasmáticos (nmol/mL) de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais (g/kg dieta seca)¹

Variável	Dieta ²				P
	Controle	His	Lys	His+Lys	
Ácido glutâmico	65,15 ± 0,57	63,85 ± 0,57	65,6 ± 0,38	64,05 ± 0,42	0,971
Glicina	22,25 ± 0,12	22,5 ± 0,24	19,25 ± 0,12	21,5 ± 0,08	0,207
Lisina	21,25 ± 0,04 ^b	22,75 ± 0,04 ^b	27,25 ± 0,12 ^a	29,8 ± 0,11 ^a	0,001
Metionina	11,3 ± 0,13	10,8 ± 0,13	10,7 ± 0,11	11,25 ± 0,12	0,91
Serina	21,25 ± 0,04	22,5 ± 0,08	22,35 ± 0,10	20,65 ± 0,10	0,179
Treonina	24,1 ± 0,06	24,25 ± 0,12	23,75 ± 0,20	24,5 ± 0,11	0,93
Valina	24,25 ± 0,20	25,75 ± 0,20	26,25 ± 0,27	22,65 ± 0,18	0,364

¹Valores médios de quatro repetições ± EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

²Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

2.3.5 Parâmetros hematológicos e bioquímicos

Não foram observados efeitos ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre a taxa de hemoglobina, percentual de hematócrito, colesterol total e proteínas plasmáticas totais em tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais (Tabela 8). Porém, os peixes que receberam dieta Controle e His apresentaram valores superiores para triglicerídeos ($P < 0,001$) e glicose ($P < 0,001$) em relação aos peixes que receberam as dietas Lys e *blend* (His+Lys).

Tabela 2.8– Parâmetros hematológicos de tilápia do Nilo alimentadas as dietas experimentais ¹

Variável ²	Dieta ⁸				P
	Controle	His	Lys	Lys+His	
Hb (g/dL) ²	9,18 ± 0,03	9,51 ± 0,02	9,09 ± 0,05	9,21 ± 0,02	0,807
Htc (%) ³	43,94 ± 0,13	41,33 ± 0,47	38,58 ± 0,2	36,75 ± 0,1	0,169
Parâmetros bioquímicos					
TG (mg/dL) ⁴	130,42 ± 0,58 ^a	125,63 ± 0,34 ^a	80,5 ± 0,96 ^b	84,09 ± 0,45 ^b	<0,001
COL (mg/dL) ⁵	156,93 ± 0,66	143,57 ± 1,27	140,66 ± 0,11	139,23 ± 0,07	0,194
PPT (g/dL) ⁶	6,52 ± 0,01	6,45 ± 0,05	6,96 ± 0,02	7,16 ± 0,01	0,157
GLI (mg/dL) ⁷	60,11 ± 0,1 ^a	58,87 ± 0,37 ^a	47,34 ± 0,15 ^b	48,54 ± 0,11 ^b	<0,001

¹Valores médios de quatro repetições ± EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey (P<0,05).

²Hb = hemoglobina; ³Htc = hematócrito; ⁴TG= Triglicerídeos; ⁵COL= colesterol; ⁶PPT= proteínas plasmáticas totais; ⁷GLI= glicose.

⁸Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

2.3.6 Qualidade da carne

Os valores de pH, coloração (L^* e b^*), adesividade (A) e mastigabilidade (M) dos filés de tilápia do Nilo na fase de terminação alimentadas com diferentes níveis de Histidina e Lisina após congelamento de 21 dias a -20°C não foram influenciados ($P < 0,05$) pelos tratamentos avaliados. A variável dureza (D) dos filés de tilápia que receberam as dietas His, Lys e *blend* (His+Lys) apresentou efeito ($P = 0,001$), apresentando filés mais firmes em relação a dieta Controle. A intensidade de cores vermelho – verde, representada pela letra a^* foi influenciada pelas dietas ($P = 0,021$) (Tabela 9), peixes que receberam as dietas Controle e Lys apresentaram valores maiores que os peixes alimentados pelas dietas His e *blend* (His+Lys).

Tabela 2.9 – Qualidade da carne de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de histidina e lisina¹ após congelamento de 21 dias a -20 °C.

Variável ²		Dieta ³				P
		Controle	His	Lys	Lys+His	
Cor	pH	7,13 ± 0,02	7,25 ± 0,0	7,22 ± 0,0	7,215 ± 0,02	0,560
	L* ²	56,84 ± 1,47	59,25 ± 0,21	53,68 ± 2,08	55,77 ± 0,3	4,51
	a* ³	3,12 ± 0,65 ^a	1,36 ± 0,21 ^b	3,13 ± 0,74 ^a	1,78 ± 0,32 ^{ab}	0,021
	b* ⁴	15,30 ± 2,03	15,26 ± 1,5	15,22 ± 0,92	14,12 ± 0,92	0,434
Textura	D (N) ⁵	4,13 ± 0,21 ^b	6,15 ± 0,15 ^a	6,20 ± 0,07 ^a	6,55 ± 0,14 ^a	0,001
	A (N.S) ⁶	-0,23 ± 0,0	-0,22 ± 0,0	-0,16 ± 0,01	-0,19 ± 0,01	0,069
	M (N) ⁷	1,76 ± 0,10	2,57 ± 0,19	2,58 ± 0,05	2,76 ± 0,14	0,113

¹Valores médios de quatro repetições ± EPM, médias seguidas por letras minúsculas diferentes apresentam diferenças significativa pelo teste Tukey (P<0,05).

²L = luminosidade; ³a = intensidade de cor vermelha - verde; ⁴b= Intensidade de cor amarelo – azul; ⁵D= dureza; ⁶A= adesividade; ⁷M= mastigabilidade.

³Controle: sem suplementação de histidina e lisina; His: dieta suplementada com histidina; Lys: dieta suplementada com lisina; e His+Lys: dieta suplementada com histidina e lisina.

Fonte: A autora (2019)

2.4 DISCUSSÃO

Considerar o balanço dietético de aminoácidos é importante, pois são constituintes do organismo animal em todas as fases de desenvolvimento, exercendo importantes funções na estrutura e nos processos metabólicos (NRC, 2011; WU, 2013). Os aminoácidos sintéticos têm sido amplamente empregados em dietas para tilápias, não apenas para reduzir o custo das dietas, mas também para melhorar o desempenho produtivo. Porém, ainda não há pesquisas realizadas com tilápias do Nilo na terminação envolvendo a utilização de dois aminoácidos potencialmente limitantes, a lisina e a histidina.

A suplementação dietética isolada ou combinada de histidina e lisina não influenciou o ganho em peso e o peso final dos peixes no presente estudo. Em estudos envolvendo a suplementação de lisina encontraram respostas diferentes do observado no presente estudo, Madrid et al. (2018); Furuya et al. (2006); Michelato et al. (2016a) avaliando diferentes níveis de lisina para *Totoaba macdonaldi* e tilápia do Nilo, respectivamente, onde apresentaram efeitos sobre o ganho em peso e peso final.

As informações a respeito da suplementação dietética de histidina para tilápias do Nilo são escassas. Ainda que esse aminoácido apresente diversas funções metabólicas e seja um aminoácido essencial e potencialmente limitante, até o momento os estudos foram conduzidos para determinação das exigências nutricionais (SANTIAGO; LOVELL, 1988; MICHELATO et al., 2016b), porém, ambos os trabalhos apresentaram resultados diferentes do presente estudo, para os parâmetros de ganho em peso e peso final. Ainda não existem pesquisas realizadas para avaliar o efeito de dietas contendo suplementação de lisina e histidina conjuntamente para tilápias do Nilo em terminação.

A melhor conversão alimentar foi observada nos peixes que receberam dietas contendo suplementação de histidina, lisina e o *blend*, no presente estudo. A alimentação foi realizada quatro vezes ao dia, garantindo mínima perda de aminoácidos cristalinos das dietas. Apesar do fornecimento de dieta até saciedade aparente, foram observados resultados satisfatórios de conversão, corroborando com os descritos por Furuya et al. (2006); Takishita et al. (2009); Michelato et al. (2016a); Michelato et al. (2016b).

A taxa de eficiência proteica e a retenção de nitrogênio são variáveis que permitem a visualização do aproveitamento da proteína da dieta. Neste estudo, foi possível observar que os peixes que receberam dietas suplementadas com *blend* de histidina e lisina apresentaram melhorias para esses índices em comparação aos peixes que receberam a dieta sem suplementação desses aminoácidos, corroborando com os resultados observados em outras

espécies de peixes descritos por Rodehutsord et al. (2000) truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*); Cheng et al. (2003) truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*); Mai et al. (2006) Seabass japonês (*Lateolabrax japonicus*); Yang et al. (2010) carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), avaliando níveis de lisina e Abidi; Khan (2004) Carpa indiana (*Labeo ohita*); Zehra; Khan (2014) *Catla Catla* (Hamilton) avaliando níveis de histidina.

Apesar da rápida absorção dos aminoácidos cristalinos em relação aos aminoácidos ligados à proteína dos alimentos (CHEN et al., 1992; LIM, 1993), peixes alimentados com as dietas Lys e *blend* (His+Lys) resultaram em melhorias no rendimento de filé dos peixes. A síntese proteica do tecido corporal é prejudicada pela deficiência de aminoácidos na dieta, e pode diminuir a retenção de proteína e nas respostas de rendimento de filé dos peixes (RUCHIMAT et al., 1997; AHMED; KHAN, 2004).

Neste estudo, a suplementação de histidina e lisina não influenciou o índice hepatossomático e a gordura visceral dos peixes. Estes índices são avaliados para determinar a condição e estado nutricional do peixe, refletindo o acúmulo de energia no fígado e nas vísceras, resultado de dietas desbalanceadas. Assim, alterações no estado nutricional podem modificar o índice hepatossomático dos animais e a redução na gordura visceral também pode ser modificada pela deficiência de aminoácidos (NRC, 2011; KHAN; ABIDI, 2014).

Berge (2002); Furuya et al. (2006) avaliando diferentes níveis de lisina para juvenis de tilápia, não encontraram efeitos sobre as variáveis de índice hepatossomático e gordura visceral. Michelato et al. (2016b) encontraram resultados semelhantes ao do presente trabalho, diferente de Farhat (2013); Zehra; Khan (2014) que relataram efeitos da histidina sobre o índice hepatossomático e a gordura visceral em alevinos de *C. Catla* e *H. fossilis*, respectivamente.

O rendimento de filé dos peixes que receberam dietas suplementadas com lisina e o *blend* (His+Lys) no presente trabalho pode estar relacionado com os efeitos positivos da lisina sobre o crescimento muscular. O crescimento muscular está associado ao aumento do diâmetro das fibras e influenciado pelos aspectos nutricionais. Em peixes adultos, dietas balanceadas estimulam a hipertrofia das fibras e promove aumento da massa muscular, aumento do peso do filé e produção de carne (JOHNSTON et al., 1975). Os efeitos da suplementação de lisina sobre o crescimento muscular e aumento no rendimento de filé já foi demonstrado anteriormente para tilápias do Nilo (FURUYA, 2006; MICHELATO et al., 2016a).

No presente estudo, a composição corporal de lipídios foi afetada nos peixes que receberam dietas suplementadas com lisina e o *blend* (His+Lys), apresentando menores valores em relação aos peixes que receberam as dietas Controle e His. Corroborando com resultados obtidos em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (DAVIES et al.; 1997); salmão do Atlântico

(*Salmo salar*) (BERGE et al.; 1999); carpa (*Carassius auratus gibelio*) (XIE et al.; 2001); matrinxã (*Brycon amazonicus*) e curimatã, (*Prochilodus lineatus*) (BICUDO et al.; 2009); carpas indianas (*Labeo rohita* H.) (SARDAR et al.; 2009); sargo (*Sparus macrocephalus*) (ZHOU et al.; 2010); salmão do Atlântico (GRISDALE-HELLAND et al.; 2011); turbot (*Scophthalmus maximus*) (YANG et al.; 2011) descreveram que a redução corporal de lipídios é relacionada a L-carnitina, sintetizada a partir da lisina.

A carnitina desempenha papel importante na oxidação de gordura corporal, transportando ácidos graxos de cadeia longa do citoplasma para a membrana mitocondrial para a β -oxidação (WALTON et al., 1984; WU, 2013). Desta forma, peixes alimentados com dietas deficientes em lisina apresentam maior deposição corporal de lipídios (ZHANG et al., 2008). No entanto, outros estudos mostraram que a suplementação de lisina não resulta em efeito nos lipídios de corpo inteiro (GAN et al., 2012). Essas diferenças entre resultados podem estar relacionadas as diferentes espécies e tamanho dos peixes, dietas nutricionais e arraçoamento utilizado.

No presente trabalho, a composição corporal dos aminoácidos essenciais e não essenciais não foi influenciada pelos tratamentos avaliados. Há grandes variações de resultados entre autores, a respeito da composição corporal de aminoácidos, porém existem poucos trabalhos que determinam a retenção dos mesmos em dietas suplementadas com histidina e/ou lisina.

No presente trabalho, com exceção de histidina, isoleucina, leucina, metionina, alanina, glicina e tirosina, a retenção de aminoácidos foi melhorada com a suplementação do *blend* de (His+Lys) e de lisina, exceto a retenção de ácido aspártico e cisteína em que a maior retenção corporal foi estimada para os peixes que receberam as dietas Lys, *blend* (His+Lys) e His. Isto indica, que a suplementação dietética dos dois aminoácidos histidina e lisina melhoram a retenção de nitrogênio e de aminoácidos.

Estudos com truta arco-íris (RODEHUTSCORD et al.; 2000); truta (CHENG et al.; 2003); robalo Japonês (*Lateolabrax japonicus*) (MAI et al.; 2006); carpa capim (*Ctenopharyngodon Idella*) (YANG et al.; 2010) avaliando a suplementação de lisina, apresentaram melhores valores para retenção corporal. A síntese proteica do tecido corporal é prejudicada pelo desequilíbrio de lisina na dieta, podendo influenciar uma menor retenção de proteína e nas respostas de crescimento dos peixes (RUCHIMAT et al., 1997; AHMED; KHAN, 2004). Apesar de alguns trabalhos apresentarem a composição corporal dos aminoácidos, não há muitas informações sobre a retenção dos mesmos em função do nível dietético de histidina e lisina.

O consumo de aminoácidos cristalinos favorece uma rápida absorção de aminoácidos, levando um rápido suprimento do *pool* de aminoácidos plasmáticos, intensificando seu catabolismo. A absorção de aminoácidos no plasma pode ser influenciada principalmente pela forma dos aminoácidos na dieta, livres ou ligados a proteínas, e os tipos de ingredientes presentes na dieta (AMBARDEKAR et al., 2009; SCHUHMACHER et al., 1997).

A lisina plasmática aumenta sua degradação através da interferência com seu metabolismo normal (LUO et al., 2005). Em estudos com truta arco-íris e salmão do Atlântico, Berge et al. (1999); Kaushik et al. (1988), respectivamente, encontraram reduzida absorção de lisina com o aumento dos níveis de arginina na dieta. No presente estudo, a concentração plasmática de lisina aumentou em dietas que receberam a suplementação deste aminoácido. Entre os aminoácidos, a lisina é de particular interesse, pois além de ser nutricionalmente essencial para a tilápia (NRC, 2011), tem um papel funcional nas vias metabólicas (WU, 2013).

A concentração de aminoácidos plasmáticos enfatiza a necessidade de entender como a suplementação de lisina pode afetar o perfil de aminoácidos cristalinos (ROLLAND et al., 2015), evitando desequilíbrios e efeitos sobre o turnover de proteína muscular. O perfil de aminoácidos plasmáticos pós-prandiais também é afetado pela fonte proteica da dieta, e a lisina mostra-se ser particularmente suscetível para este efeito em dietas baseadas em origem vegetal (LARSEN et al., 2012).

Parâmetros hematológicos refletem nas respostas fisiológicas e de saúde podendo ser influenciadas por fatores ambientais, práticas inadequadas de manejo, incluindo estado sanitário, nutricional, principalmente as restrições dietéticas de nutrientes essenciais (PERES et al., 2014). Neste trabalho, os parâmetros de hematócrito e hemoglobina dos peixes não foram influenciados pelas dietas experimentais. O estado hematológico, com base nos valores de hemoglobina e hematócrito deve ser avaliado, principalmente pelo fato da histidina ser encontrada em altas concentrações na hemoglobina (KHAN; ABIDI, 2014). Os valores encontrados estão de acordo com os limites padrões de peixes, descritos por Feldman et al. (2000) para a tilápia do Nilo, mesmo em peixes que receberam a dieta Controle, sem suplementação de histidina, indicando que o nível dietético de histidina atendeu a exigência para esses parâmetros hematológicos.

No presente estudo, peixes que receberam a dieta Controle e His apresentaram valores superiores para triglicerídeos e glicose no plasma, em relação as dietas Lys e o *blend* (His+Lys), demonstrando que as dietas que receberam lisina influenciaram os níveis plasmáticos de glicose e triglicerídeos. Resultados semelhantes foram observados por Davies et al. (1997); Berge et al. (1999); Bicudo et al. (2009), com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*); Abimorad et al. (2010)

com o pacu (*P. mesopotamicus*), sugerindo que o menor nível de lisina, implica em maior acúmulo de triglicerídeos. Os triglicerídeos são utilizados como fonte de energia do organismo, para realizar diferentes processos metabólicos (GUYTON; HALL, 2002). Han et al. (2013); Michelato et al. (2016b), avaliando diferentes níveis de histidina para juvenis de linguado japonês (*Paralichthys olivaceus*) e tilápia do Nilo, respectivamente, não encontraram efeitos para estas variáveis.

O nível de glicose plasmático pode ter sido influenciado por vários fatores relacionados ao metabolismo ou fisiologia do animal, sugerindo quebras de carboidratos e/ou utilização elevada da glicose para finalidades metabólicas (KAVITHA et al., 2009). O nível plasmático de glicose é indicador de distúrbios fisiológicos em peixes, pois é uma das principais fontes de energia utilizada em situações desfavoráveis de criação (MORGAN; IWANA, 1997).

Para os parâmetros de qualidade da carne o teor vermelho é indicativo de concentração de oximioglobina, pigmento formado pela reação da hemoglobina e mioglobina com o oxigênio, indicando uma correta sangria de todos os animais durante o processo de abate (BOLES; PEGG, 2017). A variação na coloração da carne, está relacionada pigmentos que fornecem cor as células (MAIA; OGAWA, 1999; ANDERSON, 2000). Esses pigmentos participam de reações químicas e bioquímicas, e a variação na cor do alimento é um indicador na alteração dessas reações, principalmente durante o processamento da carne e/ou estocagem (RIBEIRO, 2007).

No presente trabalho, os peixes alimentados com dietas suplementadas com His e o *blend* (His+Lys), em termos do parâmetro a^* , que representa as cores vermelho (+) a verde (-), houve uma diminuição nos valores, em relação aos peixes que receberam as dietas Controle e Lys. As alterações na cor são geralmente influenciadas por fatores como o pH do músculo, o potencial redox, atividade da metamioglobina redutase, reações de consumo de oxigênio, susceptibilidade à oxidação lipídica, ou ainda a exposição à luz e temperatura de armazenamento (SOHN; OHSHIMA, 2010).

A suplementação de histidina tem um papel importante como antioxidante e tampão em vários órgãos de diferentes espécies de peixes (HIROSHI; MURAI, 1994; WADE; TUCKER, 1998; MUNAKATA et al., 2000). Desta forma, a histidina desempenha um papel importante na redução da deterioração da carne, exercendo um efeito estabilizador da cor e retardando a oxidação da mioglobina (ABE, 1995). Além disso, a histidina pode funcionar como um regulador de concentração de íons de metais livres, proteção contra o estresse oxidativo, aumentando a defesa das células contra danos oxidativo (WADE; TUCKER, 1998).

A cor final pode ser o resultado de vários fatores contribuintes, como a alteração nos pigmentos, o estado de hidratação muscular, estado das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas e a extensão da oxidação de lipídios e proteínas (GUYON et al., 2016; MEDINA-MEZA et al., 2014).

Neste trabalho, peixes que receberam dietas contendo suplementação do *blend* (His+Lys), Lys e His apresentaram efeitos sobre a textura da carne, indicando que a utilização da suplementação de lisina e histidina influenciam na dureza dos filés após descongelamento, apresentando filés mais firmes em relação aos peixes alimentados com a dieta Controle. Segundo Szczsneiak (2002), a dureza é a força necessária para promover uma deformação da amostra. Estes resultados de dureza indicam que este parâmetro pode ter sido alterado pela deficiência desses aminoácidos (dieta Controle) e pelo tratamento térmico (congelamento) (SOODAM et al., 2015).

A textura da carne foi influenciada pela suplementação de histidina e lisina, sendo a lisina importante na formação de colágeno, fornecendo forma e suporte para os componentes celulares do músculo e um meio de transmitir e absorver forma e suporte ao tecido muscular, contribuindo para a textura da carne, melhorando a elasticidade, consistência e estabilidade (MCCORMICK, 1994; DE OLIVEIRA et al., 2017; LIU et al., 2017). Já a histidina atuou como antioxidante mantendo a textura da mesma após descongelamento, agindo na redução da deterioração da carne (ABE, 1995).

Em estudo com filés de meagre (*Argyrosomus regius*), armazenados em gelo durante 18 dias, foi observado aumento nos valores de L*, b* e diminuição da dureza, mostrando as mudanças físicas que ocorrem durante a armazenagem em gelo (HERNANDEZ et al., 2009). Hyldig; Nielsen (2001); Dunajski (1980) determinaram que os fatores que influenciam a textura e os métodos empregados na medida da textura, são espécie, idade, época do ano, tamanho e a nutrição, já os fatores após abate, são glicólise, pH e *rigor-mortis*, além da temperatura de estocagem e variação no tempo que esta carne é armazenada.

Os valores de pH variaram de 7,13 a 7,25 entre as dietas, em que apresentaram pH de acordo com o indicado para a espécie estudada. A concentração de íons-hidrogênio final da carne, pode ser alterado pelo método de abate, estação do ano e maturidade sexual, como também pela forma de armazenamento da carne (ZEOLA, 2002; MØRKØRE, 2006; BOLES; PEGG, 2017).

A suplementação de aminoácidos cristalinos é uma prática rotineira em dietas para aves e suínos. No entanto, ainda há poucas informações sobre a suplementação isolada e combinada de histidina e lisina em dietas para tilápias em terminação e os efeitos sobre o

desempenho produtivo e qualidade da carne. Com a inclusão de fontes proteicas de origem vegetal, a histidina e a lisina são aminoácidos potencialmente limitantes e devem ser considerados para otimizar a produção de tilápias do Nilo. Além do desempenho produtivo, a qualidade de carne é parâmetro importante a ser considerado para garantir o valor nutritivo e segurança alimentar do pescado.

2.5 CONCLUSÕES

Concluiu-se que a suplementação combinada de histidina e lisina melhora o desempenho produtivo, reduz a deposição de lipídeos corporais, os parâmetros bioquímicos como teores de triglicerídeos e glicose, melhora a retenção de nitrogênio, apresentando-se também como moduladores do rendimento de filé e a qualidade da carne de tilápias do Nilo na terminação.

2.6 AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi realizada com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem à Ajinomoto do Brasil Ind. e Com. de Alimentos Ltda (São Paulo, SP), pela doação e análises de aminoácidos, Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados, MS) pela liberação da infraestrutura e auxílio nas análises dos parâmetros sanguíneos e APTA (São José do Rio Preto, SP) pela doação dos ingredientes e processamento das dietas.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- a) Os aminoácidos cristalinos são ingredientes disponíveis no mercado e viáveis economicamente para inclusão em dietas para tilápias, permitindo maior flexibilização na elaboração de dietas comerciais, mantendo ou melhorando o desempenho, saúde e qualidade da carne de tilápias;
- b) A suplementação de histidina e lisina melhora a conversão alimentar e a taxa de eficiência proteica para tilápias do Nilo;
- c) A suplementação de lisina e o *blend* (His+Lys) melhoraram a retenção de nitrogênio dietética, apresentando-se também como moduladores do rendimento de filé de tilápias. O filé é um dos produtos mais importantes da industrialização de tilápias e ferramentas

nutricionais que contribuam para melhoria do seu rendimento são de grande importância comercial;

- d) A lisina e o *blend* (His+Lys) reduzem a deposição de gordura corporal dos peixes, ocorrendo também alterações em parâmetros bioquímicos como a redução dos teores de triglicerídeos e glicose;
- e) O *blend* (His+Lys) melhora a retenção corporal de aminoácidos e a concentração de lisina no plasma;
- f) A textura da carne de peixe é influenciada pela suplementação de histidina e lisina, sendo a lisina importante na formação de colágeno e a histidina atua como antioxidante mantendo o filé mais firme, mesmo após descongelamento;
- g) A histidina reduz a deterioração da carne, agindo como antioxidante, estabilizando a cor do filé e retardando a oxidação da mioglobina, o principal pigmento que fornece cor vermelha da carne de peixes. As diferentes reações químicas e bioquímicas que ocorrem na carne durante o processamento e/ou estocagem, modificam a cor do filé, e a suplementação de histidina melhora a estabilidade oxidativa dos filés, conferindo melhor qualidade do filé descongelado;
- h) Poucas pesquisas são realizadas com aminoácidos em tilápias com tamanho comercial para retirada de filés. Para peixes em terminação, além dos parâmetros de desempenho produtivo e saúde, é importante garantir o valor nutritivo e a segurança alimentar do pescado para consumo humano.

REFERÊNCIAS

- ABE, H. Histidine-related dipeptides: distribution, metabolism, and physiological function. **Biochemistry and Molecular Biology of Fishes**, 4, 309-333. 1995.
- ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Dietary histidine requirement of Indian major carp, *Labeo ohita* (Hamilton). **The Israeli Journal of Aquaculture**, 56, 200-208. 2004.
- ABIMORAD, E.; FAVERO, G.; SQUASSONI, G.; CARNEIRO D. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, 16, 370-377, 2010.
- AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture**, 235, 499–511, 2004.
- AMBARDEKAR, A. A.; REIGH, R. C.; WILLIAMS, M. B. Absorption of amino acids from intact dietary proteins and purified amino acid supplements follows different time-courses in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, 291, 179–187. 2009.
- ANDERSON, S. “Salmon Color and the Consumer”. In: ANDERSON, S. **Proceedings of the IIFET**. International Institute of Fisheries Economics and Trade. Corvallis, OR: Oregon State University. 2000.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International** (18th edh). Gaithersburg, Maryland. 2005.
- BERGE, G. E.; BAKKE-MCKELLEP, A. M.; LIED, E. In vitro uptake and interaction between arginine and lysine in the intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, 179, 181-193. 1999.
- BERGE, G.; SVEIER, H.; LIED, E. Effects of feeding Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) imbalanced levels of lysine and arginine. **Aquaculture Nutrition**, 8, 239-248. 2002.
- BERTOLINO, M.; DOLCI, P.; GIORDANO, M.; ROLLE, L.; ZEPPA, G. Evolution of chemico-physical characteristics during manufacture and ripening of Castelmagno PDO cheese in wintertime. **Food Chemistry**, 129:1001–11. 2011.
- BICUDO, A. J. D. A.; CYRINO, J. E. P. Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. **Journal of the World Aquaculture Society**, 40, 818-823, 2009.
- BOLES, J. A.; PEGG, R. **Meat Color**. Department of Animal and Range Sciences. Montana State University, p.4. 2017.
- CAO, J.; CHEN, Y.; ZHU, X.; HUANG, Y.; ZHAO, H.; LI, G.; LAN, H.; CHEN, B.; PAN, Q. A study on dietary L-lysine requirement of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **Aquaculture Nutrition**, 18, 35-45. 2012.
- CHEN, H. Y. LEU, Y. T.; ROELANTS, L. Quantification of arginine requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon*, using microencapsulated arginine. **Marine Biology**, 114:229-233. 1992.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W.; USRY, J. L. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. **Aquaculture**, 215, 255-265. 2003.

DAVIES, S.; MORRIS, P.; BAKER, R. Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, 28, 317-328. 1997.

DE OLIVEIRA, F. A.; NETO, O. C.; DOS SANTOS, L. M. R.; FERREIRA, E. H. R.; ROSENTHAL, A. Effect of high pressure on fish meat quality – A review. **Trends in Food Science & Technology**, 66, 1-19. 2017.

DI MARZO, S.; DI MONACO, R.; CAVELLA, S.; ROMANO, R.; BORRIELLO, I.; MAIS, P. Correlation between sensory and instrumental properties of *Canestrato Pugliese* slices packed in biodegradable films. **Trends Food Sci Technol**, 17:169–76, 2006.

DUNAJSKI, E. Texture of fish muscle. **Journal of Texture Studies**, v. 10, n. 4, p. 301-318, 1980.

ENCARNAÇÃO, P.; DE LANGE, C.; RODEHUTSCORD, M.; HOEHLER, D.; BUREAU, W.; BUREAU, D. P. Diet digestible energy content affects lysine utilization, but not dietary lysine requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for maximum growth. **Aquaculture**, 235, 569–586. 2004.

FARHAT, K. M. A. Effects of varying levels of dietary L-histidine on growth, feed conversion, protein gain, histidine retention, hematological and body composition in fingerlings stinging catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Aquaculture**, 404-405, 130-138. 2013.

FELDMAN, B.; ZINKL, J.; JAIN, N.; SCHALM, S. **Schalm's Veterinary Hematology**. Fifth ed. Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland, 2000.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; NEVES, P. R.; SILVA, L. C. R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, 34, 1933-1937. 2004.

FURUYA, W. M.; SANTOS, V. G.; SILVA, L. C. R.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.937-942, 2006.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 100p. 2010.

GAN, L.; LIU, Y. -J.; TIAN, L. -X.; YANG, H. -J.; YUE, Y. -R.; CHEN, Y. -J.; LIANG, J. -J.; LIANG, G. -Y. Effect of dietary protein reduction with lysine and methionine supplementation on growth performance, body composition and total ammonia nitrogen excretion of juveniles grass carp, *Ctenopharyngodon Idella*. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, n. 6, 589-598. 2012.

GUYON, C.; MEYNIER, A.; LAMBALLERIE, M. Protein and lipid oxidation in meat: a review with emphasis on high-pressure treatments. **Trends in Food Science & Technology**, 50, 975 131–143. 2016.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia medica**. 10.ed. Rio de janeiro: Guanabara Koogan AS, 2002.

GOLDENFARB, P. B.; BOWYER, F. P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: The microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, 56, 35–39. 1971.

GRISDALE-HELLAND, B.; GATLIN, D. M.; CORRENT, E.; HELLAND, S. The minimum dietary lysine requirement, maintenance requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic salmon smolts. **Aquaculture Research**, 42, 1509-1529. 2011.

HAN, Y.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; YOKOYAMA, S. Interactive effects of dietary arginine and histidine on the performances of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* juveniles. **Aquaculture**, 414–415, 173–182, 2013.

HERNANDEZ, M. D.; LÓPEZ, M. B.; ÁLVAREZ, A.; FERRANDINI, E.; GARCÍA-GARCÍA, B.; GARRIDO, M. D. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. **Food Chemistry**, v. 114, n. 1, 237-245. 2009.

HIROSHI, H.; MURAI, T. White muscle of masu salmon, *Oncorhynchus masou masou*, smolts possesses a strong buffering capacity due to a high level of anserine. **Fish Physiology and Biochemistry**, 13: 285-293. 1994.

HYLDIG, G.; NIELSEN, D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. **Journal Texture Studies**, 32, 219– 242. 2001.

JOHNSTON, I. A.; WARD, P. S.; GOLDSPINK, G. Studies on the swimming musculature of the rainbow trout I. Fibre types. **Journal Fish Biology**, 7, 451-458, 1975.

KAUSHIK, S. J.; FAUCONNEAU, B.; TERRIER, L.; GRAS, J. Arginine requirement and status assessed by different biochemical indexes in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). **Aquaculture**, 70, 75–95. 1988.

KAVITHA, C.; HARADA, T.; KAWASHIMA, A.; IMADA, K.; MIZUGUCHI, K. Highly purified eicosapentaenoic acid prevents the progression of hepatic steatosis by repressing monounsaturated fatty acid synthesis in high-fat/high-sucrose diet-fed mice. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, 80, 229-238. 2009.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Optimum histidine requirement of fry African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). **Aquaculture Research**, v. 40, p. 1000-1010, 2009.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Dietary histidine requirement of Singhi, *Heteropneustes fossilis* fry (Bloch). **Aquaculture Research**, 45, 1341–1354, 2014.

LARSEN, B. K.; DALSGAARD, J.; PEDERSEN, P. B. Effects of plant proteins on postprandial, free plasma amino acid concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 326, 90–98. 2012.

LI, Y.; CHENG, Z.; KANGSEN, I.; AI, Q. M. Dietary Histidine Requirement for Juvenile Large Yellow Croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **The Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgeh, 66: 1-7. 2014.

- LIM, C. Effect of dietary pH on amino acid utilization by shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, 114:293-303. 1993.
- LIN, Y.; GONG, Y.; YUAN, Y.; GONG, S.; YU, D.; LI, Q.; LUO, Z. Dietary L-lysine requirement of juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. **Aquaculture Research**, 1–11. 2012.
- LIU, X.; DAN, N.; DAN, W. Insight into the collagen assembly in the presence of lysine and glutamic acid: An in vitro study. **Materials science & Engineering**, vol. 70, 689-700. 2017.
- LUO, Z.; LIU, Y.; MAI, K.; TIAN, L.; YANG, H.; TAN, X.; LIU, D. Dietary L- methionine requirement of juvenile grouper *Epinephelus coioides* at a constant dietary cystine level. **Aquaculture**, 249, 409-418. 2005.
- MADRID, J.; POHLENZ, C.; VIANA, M. T.; LAZO, J. P. Dietary lysine requirement for Juvenile, *Totoaba macdonaldi*. **Aquaculture**, vol. 500, 92-98. 2018.
- MAI, K.; ZHANG, L.; AI, Q.; DUAN, Q.; ZHAN, G. C.; LI, H.; WAN, J.; LIUFU, Z. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, (*Lateolabrax japonicus*). **Aquaculture**, 258, 535-542. 2006.
- MAIA, E. L.; OGAWA, M. Cor. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed.). **Manual de pesca** (Ciência e tecnologia do pescado). São Paulo: Livraria Varela, p.75-85. 1999.
- MCCORMICK, R. J. The flexibility of the collagen compartment of muscle. **Meat Science**, 36, 1-2, 79–91. 1994.
- MENDES, P. P. **Estatística aplicada à aquicultura**. Recife: Bagaço, 265 p. 1999.
- MEDINA-MEZA, I. G.; BARNABA, C.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Effects of high-pressure processing on lipid oxidation: a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 22, 1–10. 2014.
- MICHELATO, M.; VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B.; ALMEIDA, F. L. A.; PEDROSA, V. B.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M. Dietary lysine requirement to enhance muscle development and fillet yield of finishing Nile tilapia. **Aquaculture**, 457, 124-130. 2016a.
- MICHELATO, M.; ZAMINHAN, M.; BOSCOLO, W. R.; NOGAROTO, V.; VICARI, M.; ARTONI, R. F.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M. Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses. **Aquaculture**, 467, 63–70, 2016b.
- MØRKØRE, T.; HANSEN, A. A.; UNANDER, E.; EINEN, O. Composition, liquid leakage, and mechanical properties of farmed rainbow trout: variation between fillet sections and the impact of ice and frozen storage. **Journal of Food Science**, 67, 1933–1938. 2002.
- MORGAN, J. D.; IWAMA, G. K. Measurements of stressed states in the field. In G. W. IWANA, A. D.; PICKERING, J. P. Sumpter (Eds.). **Fish stress and health in aquaculture** (p. 247-270). Cambridge, UK: University Press. 1997.

MUNAKATA, A.; AIDA, K.; AMANO, M.; IKUTA, K.; KITAMURA, S.; ET, A. L. Changes in histidine and anserine levels in hatchery-reared *honmasu salmon* parr after release in a river. **Journal of World Aquaculture Society**, 31(2): 274-278. 2000.

NRC (National Research Council). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 2011.

PERES, H.; OLIVA-TELES, A. The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. **Aquaculture**, 296: 81-86. 2009.

PETERMAN, M. A.; PHELPS, R. P. Fillet yields from four strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red variety. **Journal of Applied Aquaculture**, 24, 342-348. 2012.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA. p. 196. 2007.

RODEHUTSCORD, M.; BORCHET, F.; GREGUS, Z.; PACK, M.; PFEFFER, E. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): 1. Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture**, 187, 163–176. 2000.

ROLLAND, M.; DALSGAARD, J.; HOLM, J.; GÓMEZ-REQUENI, P.; SKOV, P. V. Dietary methionine level affects growth performance and hepatic gene expression of GH–IGF system and protein turnover regulators in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed plant protein-based diets. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**. 181, 33-41. 2015.

RUCHIMAT, T.; MASUMOTO, T.; HOSOKAWA, H.; ITOH, Y.; SHIMENO, S. Quantitative lysine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, 158, 331–339. 1997.

SANTIAGO, B.C.; LOVELL, R. T. Amino Acid Requirements for Growth of Nile Tilapia. **The Journal of nutrition**, 118, 1539-1546. 1988.

SARDAR, P.; ABID, M.; RANDHAWA, H. S.; PRABHAKAR, S. K. Effect of dietary lysine and methionine supplementation on growth, nutrient utilization, carcass compositions and haemato-biochemical status in Indian Major Carp, Rohu (*Labeo rohita* H.) fed soy protein-based diet. **Aquaculture Nutrition**, 15, 339–346. 2009.

SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J. M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture**, 151, 15–28. 1997.

SOODAM, K.; ONG, L.; POWELL, I. B.; KENTISH, S. E.; GRAS, S. L. Effect of calcium chloride addition and draining pH on the microstructure and texture of full fat Cheddar cheese during ripening. **Food Chemistry**, 181:111–18. 2015.

SOHN, J. H., OHSHUMA, T. Control of lipid oxidation and meat color deterioration in skipjack tuna muscle during ice storage. **Food Science and Technology**, 76:703 – 710, 2010.

STOSKOPF, M. K. **Fish medicine**. WB Saunders Company, 1993.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, 13:215–25. 2002.

TAKISHITA, S. S.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; BOMFIM, M. A. D.; QUADROS, M.; SOUZA, M. P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38: 2099-2105. 2009.

VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; MICHELATO, M.; MARTINS, E. N.; PEZATO, L. E.; FURUYA, W. M. Apparent protein and energy digestibility and amino acid availability of corn and co-products in extruded diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, vol. 46, 2, 183-190. 2015.

VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B.; MICHELATO, M.; FURUYA, W. M. Apparent digestibility of wheat and coproducts in extruded diets for the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, vol. 18, n. 3. Salvador, 2017.

XIE, S.; ZHU, X.; CUI, Y.; WOOTTON, R. J.; LEI, W.; YANG, Y. Compensatory growth in the glipel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. **Journal of Fish Biology**, 58, 999–1009. 2001.

XU, D.; HE, G.; MAI, K.; ZHOU, H.; XU, W.; SONG, F. Postprandial nutrient-sensing and metabolic responses after partial dietary fishmeal replacement by soybean meal in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **British Journal of Nutrition**, 115, 379-388. 2016.

WADE, M. A.; TUCKER, H. N. Antioxidant characteristics of L-histidine. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 9(6): 308-315. 1998.

WALTON, M. J.; COLOSO, R. M.; COWEY, C. B.; ADRON, J. W.; KNOX, D. The Effects of Dietary Tryptophan Levels on Growth and Metabolism of Rainbow-Trout (*Salmo Gairdneri*). **British Journal of Nutrition**, 51(2), 279-287. 1984.

WU, G. **Amino acids**: biochemistry and nutrition, CRC Press. 2013.

YANG, H. J.; LIU, Y. J.; TIAN, L. X.; LIANG, G. Y.; LIN, H. R. Effects os supplemental lysine and methionine on growth performance and body composition for gass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, 5 (2): 222-2227, 2010.

YANG, C. G.; WANG, X. L.; WANG, L.; ZHANG, B.; CHEN, S. L. A new Akirin1 gene in turbot (*Scophthalmus maximus*): molecular cloning, characterization and expression analysis in response to bacterial and viral immunological challenge. **Fish Shellfish Immunologic**, 30, 1031–1041, 2011.

YUAN, Y-C.; GONG, S-Y.; YANG, H-J.; LIN, Y-C.; YU, D-H.; LUO, Z. Effects of supplementation of crystalline or coated lysine and/or methionine on growth performance and feed utilization of the Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. **Aquaculture**, 316, 31-36. 2011.

ZEHRRA, S.; KHAN, M. A. Dietary histidine requirement of fingerling *Catla Catla* (Hamilton) based on growth, protein gain, histidine gain, RNA/DNA ratio, haematological indices and carcass composition. **Aquaculture**, Res.1-12, 2014.

ZEOLA, N. M. B. L. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, 26 (304):36-56. 2002.

ZHANG, C.; AI, Q.; MAI, K.; TAN, B.; LI, H.; ZHANG, L. Dietary lysine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, 283, 123-127. 2008.

ZHOU, F.; SHAO, J.; XU, R.; MA, J.; XU, Z. Quantitative L-lysine requirement of juvenile black sea bream (*Sparus macrocephalus*). **Aquaculture Nutrition**, 16(2): 194-204. 2010.