

Suplementação de vitamina C em dietas para juvenis de trairão

Ana Lúcia Salaro⁽¹⁾, Rodrigo Yutaka Dichoff Kasai⁽¹⁾, Antônio Policarpo Souza Carneiro⁽¹⁾, Céphora Maria Sabarense⁽²⁾, Maria Cristina Ferrarini Nunes Soares Hage⁽¹⁾, Mateus Moraes Tavares⁽¹⁾ e Jener Alexandre Sampaio Zuanon⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/nº, CEP 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: salaro@ufv.br, rodrigokasai@hotmail.com, policarpo@ufv.br, crishage@ufv.br, mateusmoraestavares@gmail.com, zuanon@ufv.br ⁽²⁾Universidade Federal de Juiz de Fora, Cidade Universitária, Bairro Martelos, CEP 36036-900 Juiz de Fora, MG. E-mail: cephora.sabarense@uff.edu.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação da dieta com vitamina C no desempenho produtivo, nas alterações morfológicas e no perfil de ácidos graxos da carcaça de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos (0, 17,5, 52,5, 87,5, 122,5, 175 e 350 mg kg⁻¹ de vitamina C na ração) e quatro repetições. Ao final de 62 dias, foram avaliados: ganhos de peso e comprimento, taxas de sobrevivência e canibalismo, uniformidade do comprimento final, sinais clínicos de excesso ou deficiência de vitamina C, presença de deformidades ósseas e perfil de ácidos graxos da carcaça. Peixes alimentados com a dieta isenta de vitamina C apresentaram maior uniformidade em comprimento final. Não foram detectadas deformidades no corpo dos peixes. As análises radiológicas confirmaram a ausência de deformidades ósseas. Observou-se efeito linear positivo dos níveis de vitamina C na dieta para os ácidos mirístico e araquidônico. Portanto, a vitamina C influencia o metabolismo de ácidos graxos da carcaça dos peixes. Durante o crescimento inicial de juvenis de trairão, a vitamina C não causa deformidades ósseas e não influencia o desempenho produtivo, porém afeta de forma negativa a uniformidade quanto ao comprimento final de juvenis de trairão.

Termos para indexação: *Hoplias lacerdae*, ácido ascórbico, ácidos graxos, análise radiológica, desempenho produtivo, peixes carnívoros.

Vitamin C supplementation in diets for giant trahira

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of diet supplementation with vitamin C on productive performance, morphological changes, and fatty acid profile of the carcass of juvenile giant trahira (*Hoplias lacerdae*). A completely randomized design was used, with seven treatments (0, 17.5, 52.5, 87.5, 122.5, 175, and 350 mg kg⁻¹ of vitamin C in the diet) and four replicates. After 62 days, the following were evaluated: weight and length gains, survival and cannibalism rates, final length uniformity, clinical signs of excess or deficiency of vitamin C, the presence of bone deformities, and fatty acid profile of the carcass. Fish fed the diet without vitamin C showed higher final length uniformity. No deformities were detected in fish body. Radiological analysis confirmed the absence of bone deformities. A positive linear effect was observed in vitamin C levels in the diet for myristic and arachidonic acids. Therefore, vitamin C influences the metabolism of fatty acids in fish carcass. During the initial growth of juvenile giant trahira, vitamin C does not cause bone deformities and does not influence productive performance, but negatively affects uniformity as to the final length of juvenile giant trahira.

Index terms: *Hoplias lacerdae*, ascorbic acid, fatty acids, radiological analysis, productive performance, carnivorous fish.

Introdução

A vitamina C tem destaque em dietas para peixes, por atuar em processos fisiológicos envolvidos no crescimento, na reprodução e na atividade do sistema imunológico (Lin & Shiau, 2005; Ren et al., 2005; Gao et al., 2013). A principal função da vitamina C no crescimento é a hidroxilação dos aminoácidos prolina e lisina, essenciais na transformação do pró-colágeno

em colágeno (Panush & Delafuente, 1985), o que confere maior resistência à fibra colágena (Falcon et al., 2007). Portanto, dietas com ausência de vitamina C prejudicam a síntese de colágeno (Falcon et al., 2007), o que causa deformidades estruturais, como escoliose, lordose e anormalidades em cartilagens de suporte em órgãos como olhos, brânquias e nadadeiras (Darias et al., 2011).

A falta de vitamina C – importante antioxidante – na alimentação dos peixes também pode levar ao aumento da oxidação celular (Gao et al., 2013). Os processos oxidativos celulares resultam na formação de radicais livres e, conseqüentemente, na peroxidação lipídica (Sohal & Weindruch, 1996). Em sistemas biológicos, o substrato mais susceptível à peroxidação é representado pelos ácidos graxos poli-insaturados (Borza et al., 2013) e, portanto, pode causar alterações no perfil de ácidos graxos dos tecidos dos animais (Chen et al., 2004). Alterações na composição de ácidos graxos também prejudicam a fluidez de membranas celulares e dificultam a transferência de substâncias entre os meios extra e intracelular. Dessa forma, a vitamina C pode contribuir para minimizar alterações tanto na composição lipídica dos tecidos animais, por meio da estabilidade da membrana celular, quanto na qualidade da carcaça dos peixes.

Os peixes carnívoros conquistaram espaço na piscicultura pelo potencial produtivo e pela qualidade da carne para consumo humano. Entretanto, são escassas as pesquisas sobre essas espécies, e a maioria delas está relacionada à determinação das exigências nutricionais por proteína e energia (Veras et al., 2010), ao condicionamento alimentar (Salario et al., 2012) e à alimentação inicial dos peixes (Melillo Filho et al., 2013). Também ainda são incipientes os estudos com enfoque nos aspectos relativos às exigências nutricionais por vitaminas.

Entre as espécies carnívoras neotropicais com potencial para produção em cativeiro, o trairão (*Hoplias lacerdae*) se destaca em razão de sua rusticidade, rápido ganho de peso, baixa demanda energética resultante do seu comportamento sedentário (Luz et al., 2002; Luz & Portella, 2005; Veras et al., 2010), reprodução sem necessidade de indução hormonal e mercado consumidor em expansão. Ao se considerar a participação da vitamina C na proteção contra a peroxidação lipídica, dietas deficientes desta vitamina podem causar alterações na composição lipídica da carcaça dos peixes, bem como deformações ósseas e perdas econômicas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação da dieta com vitamina C no desempenho produtivo, nas alterações morfológicas e no perfil de ácidos graxos da carcaça de juvenis de trairão.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Setor de Piscicultura, do Departamento de Biologia Animal, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG, por um período de 62 dias, no segundo semestre de 2008.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos (0, 17,5, 52,5, 87,5, 122,5, 175 e 350 mg kg⁻¹ de vitamina C na ração) e quatro repetições. Os peixes (3,10±0,22 cm) foram distribuídos em 28 aquários (35x30x14 cm), contendo 6 L de água, em sistema semiestático, com renovação de 80% do volume de água a cada três dias, aeração constante e filtro biológico. Utilizou-se a densidade de estocagem de 2,5 peixes por litro. Previamente, realizou-se o condicionamento alimentar dos peixes para aceitarem dietas secas, segundo metodologia proposta por Luz et al. (2002) e adaptada por Kasai et al. (2011). Durante a fase de condicionamento alimentar, utilizou-se o mesmo delineamento e as mesmas dietas da fase experimental.

As dietas experimentais foram formuladas para serem isoproteicas e isoenergéticas, com base na composição química dos ingredientes (Tabela 1). O suplemento vitamínico utilizado foi isento de vitamina C. Antes da peletização das dietas, foi adicionada a vitamina C (ascorbil monofosfatado com 35% de princípio ativo). Os peixes foram alimentados à vontade, às 7h00, às 11h30 e às 16h30.

Ao final do experimento, os juvenis de trairão foram contados, medidos e pesados para determinação dos ganhos de peso e comprimento, das taxas de sobrevivência e canibalismo e da uniformidade do comprimento final. Durante a biometria, os animais foram avaliados macroscopicamente para observações de possíveis sinais clínicos de excesso ou deficiência de vitamina C, como: deformidades no corpo, erosões nas nadadeiras, exoftalmia e áreas hemorrágicas.

Após a biometria, 24 peixes de cada tratamento – seis peixes de cada aquário – foram eutanasiados com benzocaína, de acordo com a resolução bioética nº 714 do Conselho Regional de Medicina Veterinária. Doze peixes foram usados para realização de exames radiológicos no Setor de Radiologia, do Departamento de Medicina Veterinária, da UFV e dez, para análise do perfil de ácidos graxos da carcaça no Laboratório de Análise de Alimentos, do Departamento de Nutrição e Saúde, da UFV.

Para os registros radiológicos, os peixes foram colocados em posição látero-lateral esquerda, padronizado para todos os peixes dos diferentes tratamentos, tendo-se utilizado o aparelho Raicenter, modelo ômega 200T (Raicenter Equipamentos Radiológicos Ltda., São Paulo, SP), em 40 Kv e 3 mA. As revelações das radiografias foram manuais, de acordo com a metodologia rotineira do setor.

Para a análise dos ácidos graxos da carcaça dos peixes, as amostras de cada tratamento foram homogeneizadas e separadas em triplicata para extração dos lipídeos (Folch et al., 1957), com subsequente saponificação e esterificação (Hartman & Lago, 1973). Após estes procedimentos, determinou-se o perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa, em aparelho GC 17A (Shimadzu do Brasil Ltda., São Paulo, SP), equipado com detector de ionização de chama, injetor split e coluna cromatográfica de sílica fundida SP-2560, (Supelco Distribuidora, São Paulo, SP) de 100 m e 0,25 mm de diâmetro interno. Os parâmetros utilizados na programação foram: temperatura de detector a

270°C, temperatura do injetor a 250°C e temperatura da coluna com aquecimento a 10°C min⁻¹ de 180 a 240°C, mantida por 10 min. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, tendo-se adotado fluxo da coluna de 0,6 mL min⁻¹, velocidade linear de 14 cm s⁻¹, razão de divisão da amostra no injetor de 1:75, fluxo total de 52 mL min⁻¹ e pressão da coluna de 167 Kpa, conforme metodologia de rotina do Laboratório de Análise de Alimentos, do Departamento de Nutrição e Saúde, da UFV.

Os dados de desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos foram submetidos à análise de variância e à análise de regressão, a 5% de probabilidade. Para a escolha do modelo de regressão mais adequado, foi considerada a significância dos coeficientes de regressão e a magnitude do coeficiente de determinação, calculado em função da soma de quadrados de tratamentos, bem como o comportamento das variáveis em estudo. Os dados de uniformidade do comprimento final foram submetidos ao teste de Bartlett, a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais utilizadas na dieta de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) alimentados durante 62 dias, no segundo semestre de 2008.

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C suplementada na dieta (mg de vitamina C por kg de ração)						
	0,0	17,5	52,5	87,5	122,5	175,0	350,0
Farelo de soja	24,800	24,800	24,800	24,800	24,800	24,800	24,800
Farinha de peixe	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000
Fubá de milho	5,680	5,675	5,665	5,655	5,645	5,630	5,580
Farelo de trigo	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700
DL-metionina	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Óleo de soja	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Sal comum	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Suplemento vitamínico	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral ⁽¹⁾	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
BHT	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Ascorbil monofosfatado ⁽²⁾	0,000	0,005	0,015	0,025	0,035	0,050	0,1000
Total	100	100	100	100	100	100	100
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4.304,10	4.303,90	4.303,51	4.303,11	4.302,72	4.302,13	4.300,16
Proteína bruta (%)	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	43,99	43,99
Fibra bruta (%)	3,50	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08
Extrato etéreo (%)	6,06	6,06	6,06	6,06	6,05	6,05	6,05
Cálcio total (%)	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43
Fósforo disponível (%)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Metionina (%)	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Lisina (%)	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
Energia bruta/proteína bruta	97,82	97,82	97,81	97,81	97,80	97,79	97,75
Cal/P disponível	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45

⁽¹⁾Níveis de garantia do suplemento vitamínico e mineral (Mogiana Alimentos S/A, Campinas, SP): vitamina A, 16.000 UI; vitamina D, 4.500 UI; vitamina E, 250 mg; vitamina K, 30 mg; vitamina B₁, 32 mg; vitamina B₂, 32 mg; vitamina B₁₂, 32 mcg; vitamina B₆, 32mg; vitamina C, 0 mg; ácido pantotênico, 80 mg; niacina, 170 mg; biotina, 10 mg; ácido fólico, 10 mg; colina, 2.000 mg; cobalto, 0,5 mg; cobre, 20 mg; ferro, 150 mg; iodo, 1 mg; manganês, 50 mg; selênio, 1 mg; zinco, 150 mg; aditivo antioxidante, 150 mg. ⁽²⁾Ascorbil monofosfatado com 35% de princípio ativo.

Resultados e Discussão

Não houve efeito significativo dos níveis de vitamina C sobre ganho de peso, ganho de comprimento, taxa de sobrevivência e taxa de canibalismo dos peixes (Tabela 2). É possível que a ausência de diferença significativa para os parâmetros zootécnicos avaliados seja decorrente do tempo de administração das dietas, uma vez que as reservas teciduais dessa vitamina podem ter suprido temporariamente as exigências dos peixes. Resultados semelhantes foram observados para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentados durante 73 dias (Barros et al., 2002); para jundiá (*Rhamdia quelen*), alimentados durante 60 dias (Borba et al., 2007); e para híbridos de bagre africano (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*), alimentados por 42 dias (Pitaksong et al., 2013). No entanto, para garoupas (*Epinephelus malabaricus*) (Lin & Shiau, 2005) e robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*) (Ai et al., 2004) alimentados durante 56 dias, foram observados efeitos da suplementação de vitamina C no crescimento. As diferentes respostas, de diferentes espécies de peixe, à suplementação de vitamina C indicam que a exigência por esta vitamina é influenciada por outros fatores, como estágio de desenvolvimento, condições ambientais adversas (estresse) e hábito alimentar (Darias et al., 2011).

Houve diferença significativa para uniformidade do comprimento final dos peixes, de acordo com os diferentes níveis de vitamina C na dieta (Tabela 2). Os peixes alimentados com a dieta não suplementada com vitamina C apresentaram maior uniformidade em comprimento final. Para os peixes que apresentaram maior heterogeneidade de comprimento, seria esperada maior taxa de canibalismo, uma vez que esta

taxa é diretamente proporcional à heterogeneidade de comprimento (Luz et al., 2000). Contudo, no presente trabalho, a maior heterogeneidade de comprimento dos peixes alimentados com dietas suplementadas com vitamina C não resultou em diferenças na taxa de canibalismo.

Macroscopicamente, não foram observadas deformações no corpo (escoliose, lordose e anormalidades em cartilagens de suporte em órgãos como brânquias e nadadeiras), exoftalmia, áreas hemorrágicas e erosões de nadadeiras dos peixes dos diferentes tratamentos. Nas análises radiológicas, também não foram detectadas deformidades de boca, opérculo e da coluna vertebral (Figura 1). O desenvolvimento normal dos peixes alimentados com a dieta isenta de vitamina C pode ser decorrente da utilização de reservas endógenas desta vitamina. Possivelmente, a ausência de efeito significativo da suplementação de vitamina C sobre o crescimento dos trairões esteja relacionada ao comportamento sedentário da espécie (Salaro et al., 2011). O baixo gasto energético, relacionado à sua baixa atividade motora, pode implicar em menor exigência por vitamina C, uma vez que animais com menores taxas metabólicas e menor atividade física apresentam menor geração de moléculas parcialmente reduzidas (O_2^-) nas mitocôndrias (Sohal & Orr, 1995) e, conseqüentemente, menor exigência por agentes antioxidantes, como a vitamina C.

Tambaquis (*Colossoma macropomum*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de suplementação de vitamina C também não apresentaram alterações morfológicas (Chagas & Val, 2003). Entretanto, em tilápia-do-nilo, a ausência de vitamina C na dieta levou à formação irregular das vértebras, o que sugere início de lordose e escoliose (Falcon et al., 2007).

Tabela 2. Média±desvio-padrão de ganho de peso e de comprimento, taxa de sobrevivência e de canibalismo, e comprimento final de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) alimentados por 62 dias com dietas contendo diferentes níveis de suplementação com vitamina C⁽¹⁾.

Parâmetro zootécnico	Níveis de vitamina C suplementada na dieta (mg de vitamina C por kg de ração)						
	0,0	17,5	52,5	87,5	122,5	175,0	350,0
Ganho de peso (g)	1,45±0,56	1,76±0,49	1,83±0,54	1,77±0,42	1,77±0,38	1,83±0,42	1,88±0,70
Ganho de comprimento (cm)	1,40±0,30	1,70±0,25	1,80±0,44	1,90±0,25	1,80±0,15	1,80±0,12	1,90±0,47
Taxa de sobrevivência (%)	96,67±6,66	95,00±6,38	83,33±19,24	91,67±16,66	90,00±12,77	91,67±10,00	95,00±6,38
Taxa de canibalismo (%)	0,50±1,00	0,75±0,96	2,50±2,89	1,25±2,50	1,50±1,91	1,25±1,50	0,75±0,96
Comprimento final (cm) ⁽²⁾	4,50±0,44*	4,80±0,39*	4,90±0,34*	5,00±0,32*	4,90±0,32*	4,90±0,33*	5,00±0,52*

⁽¹⁾Médias não diferem pela análise de variância, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Dados de uniformidade do comprimento final foram submetidos ao teste de Bartlett. *Significativo pelo teste de Bartlett, a 5% de probabilidade.

Com relação ao perfil lipídico da carcaça dos peixes, foram observadas diferenças significativas apenas para os ácidos graxos mirístico (C14:0) e araquidônico (C20:4 n6) (Tabela 3). Para ambos os ácidos graxos, constatou-se efeito linear positivo em função dos

níveis de vitamina C na dieta. O aumento dos níveis do ácido araquidônico pode estar relacionado à propriedade antioxidante da vitamina C, uma vez que os ácidos graxos poli-insaturados são moléculas alvo de formas reativas do oxigênio (Borza et al., 2013).

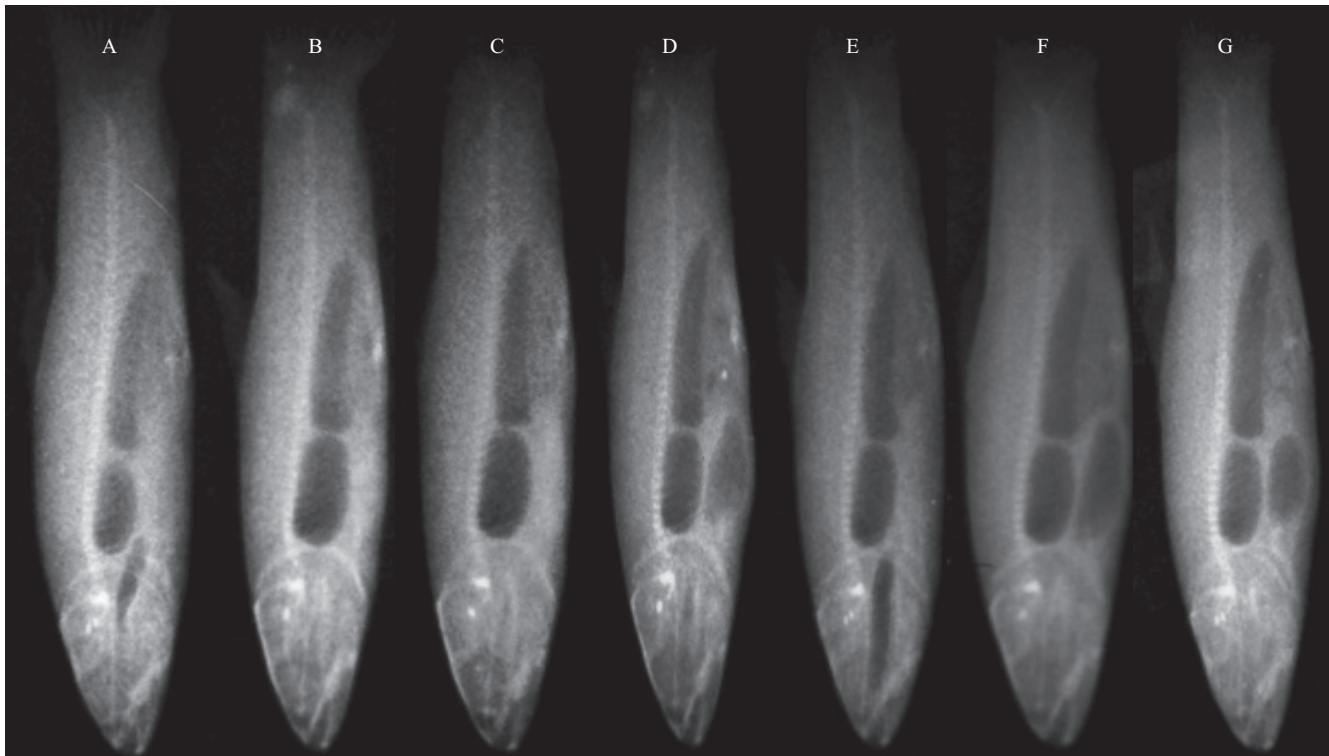


Figura 1. Radiografias látero-laterais de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de vitamina C. A, 0 mg de vitamina C por kg de ração; B, 17,5 mg de vitamina C por kg de ração; C, 52,5 mg de vitamina C por kg de ração; D, 87,5 mg de vitamina C por kg de ração; E, 122,5 mg de vitamina C por kg de ração; F, 175,0 mg de vitamina C por kg de ração; G, 350,0 mg de vitamina C por kg de ração.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos na carcaça de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) alimentados com dietas suplementadas com vitamina C, por um período de 62 dias.

Ácido graxo	Níveis de vitamina C (mg kg ⁻¹)						
	0,0	17,5	52,5	87,5	122,5	175,0	350,0
Mirístico (C14:0) ⁽¹⁾	2,12	1,96	1,85	2,16	2,05	2,13	2,14
Palmítico (C16:0)	20,86	20,23	19,56	20,57	20,15	20,52	20,61
Estearico (C18:0)	6,18	5,81	6,11	5,99	6,35	5,86	6,03
∑ Saturado	33,97	32,63	32,85	32,57	34,14	32,82	33,25
Oleico (C18:1 9c)	25,61	25,71	25,56	25,68	25,61	25,61	25,31
∑ Monoinsaturado	31,06	31,96	30,25	31,22	30,83	31,15	30,66
Linoleico (C18:2 n6)	18,26	19,85	21,46	18,85	18,71	19,70	19,30
Araquidônico (C20:4 n6) ⁽²⁾	0,32	0,30	0,33	0,31	0,32	0,33	0,33
Eicosapentanoico (C20:5 n3)	1,53	1,46	1,56	1,43	1,56	1,42	1,51
Docosahexanoico (C22:6 n3)	8,44	8,46	8,77	7,86	8,56	7,84	8,27
∑ Poli-insaturado	31,85	32,62	34,94	32,73	31,91	33,39	33,56

⁽¹⁾Análise de regressão linear ($p < 0,05$): $\hat{y} = 0,0004x + 2,0085$ ($R^2 = 0,17$). ⁽²⁾Análise de regressão linear ($p < 0,05$): $\hat{y} = 0,00006x + 0,3147$ ($R^2 = 0,29$).

Assim, níveis mais altos de vitamina C nos tecidos teriam efeito protetor contra a peroxidação de lipídeos, o que permite o acúmulo do ácido araquidônico, sintetizado pelo peixe a partir do ácido linoleico fornecido na dieta. Desse modo, o acúmulo de ácido araquidônico pode proporcionar melhorias na saúde dos peixes, por ser precursor da síntese de eicosanoides, como tromboxanos, leucotrienos e prostaglandinas, fundamentais para o crescimento e o desenvolvimento normal dos animais (Simopoulos, 2002).

Conclusões

1. A vitamina C influencia o perfil de ácidos graxos da carcaça do trairão (*Hoplias lacerdae*).
2. Durante o crescimento inicial de juvenis de trairão, a vitamina C não causa deformidades ósseas e cartilaginosas e também não influencia o desempenho produtivo.
3. A vitamina C afeta de forma negativa a uniformidade quanto ao comprimento final de juvenis de trairão.

Referências

- AI, Q.; KANGSEN, M.K.; ZHANG, C.; DUAN, W.X.Q.; TAN, B.; LIUFU Z.Q. Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v.242, p.489-500, 2004. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.08.016.
- BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; KLEEMANN, G.E.; HISANO, H.; ROSA, G.J. de M. Níveis de vitamina C e ferro para tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2149-2156, 2002. DOI: 10.1590/S1516-35982002000900001.
- BORBA, M.R. de; FRACALOSI, D.M.; FREITAS, F.A. de. Efeito da suplementação de vitamina C na dieta sobre a susceptibilidade de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*, ao *Ichthyophthirius multifiliis*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, p.93-99, 2007. DOI: 10.4025/actascianimsci.v29i1.264.
- BORZA, C.; MUNTEAN, D.; DEHELEAN, C.; SĂVOIU, G.; SERBAN, C.; SIMU, G.; ANDONI, M.; BUTUR, M.; DRĂGAN, S. Oxidative stress and lipid peroxidation – a lipid metabolism dysfunction. In: BAEZ, R.V. (Ed.). **Lipid metabolism**. 2013. DOI: 10.5772/51627.
- CHAGAS, E.C.; VAL, A.L. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.397-402, 2003. DOI: 10.1590/S0100-204X2003000300009.
- CHEN, R.G.; LOCHMANN, R.; GOODWIN, A.; PRAVEEN, K.; DABROWSKI, K.; LEE, K. Effects of dietary vitamins C and E on alternative complement activity, hematology, tissue composition, vitamin concentrations and response to heat stress in juvenile golden shiner (*Notemigonus crysoleucas*). **Aquaculture**, v.242, p.553-569, 2004. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.09.012.
- DARIAS, M.J.; MAZURAS, D.; KOUMOUNDOUROS, G.; CAHU, C.L.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L. Overview of vitamin D and C requirements in fish and their influence on the skeletal system. **Aquaculture**, v.315, p.49-60, 2011. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.12.030.
- FALCON, D.R.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; VALLE, J. de B. Lipídeo e vitamina C em dietas preparatórias de inverno para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1462-1472, 2007. DOI: 10.1590/S1516-35982007000700002.
- FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.
- GAO, J.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; YOKOYAMA, S.; NGUYEN, B.T.; MAMAUAG, R.E. Effect of dietary oxidized fish oil and vitamin C supplementation on growth performance and reduction of oxidative stress in Red Sea Bream *Pagrus major*. **Aquaculture Nutrition**, v.19, p.35-44, 2013. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2011.00921.x.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C. Rapid preparation of fatty methyl esters from lipids. **Laboratorial Practices**, v.22, p.475-477, 1973.
- KASAI, R.Y.D.; SALARO, A.L.; ZUANON, J.A.S.; SABARENSE, C.M.; TAVARES, M.M.; CAMPELO, D.A.V. Feed training of giant trahira fingerlings fed diets containing different levels of vitamin C. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.463-468, 2011. DOI: 10.1590/S1516-35982011000300001.
- LIN, M.F.; SHIAU, S.Y. Dietary l-ascorbic acid affects growth, nonspecific immune responses and disease resistance in juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**, v.244, p.215-221, 2005. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.10.026.
- LUZ, R.K.; PORTELLA, M.C. Frequência alimentar na larvicultura do trairão (*Hoplias lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1442-1448, 2005. DOI: 10.1590/S1516-35982005000500003.
- LUZ, R.K.; SALARO, A.L.; SOUTO, E.F.; OKANO, W.Y.; LIMA, R.R. de. Condicionamento alimentar de alevinos de trairão (*Hoplias cf. lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1881-1885, 2002. DOI: 10.1590/S1516-35982002000800002.
- LUZ, R.K.; SALARO, A.L.; SOUTO, E.F.; ZAMBONI FILHO, E. Avaliação de canibalismo e comportamento territorial de alevinos de trairão (*Hoplias lacerdae*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.22, p.465-469, 2000.
- MELILLO FILHO, R.; TAKATA, R.; SANTOS, A.E.H.; SILVA, W. de S. e; IKEDA, A.L.; RODRIGUES, L.A.; SANTOS, J.C.E. dos; SALARO, A.L.; LUZ, R.K. Draining system and feeding rate during the initial development of *Lophiosilurus alexandri* (Steindachner, 1877), a carnivorous freshwater fish. **Aquaculture Research**, p.1-8, 2013. DOI: 10.1111/are.12139.
- PANUSH, R.S.; DELAFUENTE, J.C. Vitamins and immunocompetence. In: BOURNE, G.H. (Ed.). **World nutritional determinants**. Basel: S. Karger, 1985. p.97-123. (World review of nutrition and dietetics, 45.).
- PITAKSONG, T.; KUPITTAYANANT, P.; BOONANUNTANASARN, S. The effect of vitamins C and E

- on the growth, tissue accumulation and prophylactic response to thermal and acidic stress of hybrid catfish. **Aquaculture Nutrition**, v.19, p.148-162, 2013. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2012.00950.x.
- REN, T.; KOSHIO, S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M.; ALAM, M.S.; PANGANIBAN, A.; MOE, Y.Y.; KOJIMA, T.; TOKUMITSU, H. Optimum dietary level of L-ascorbic acid for Japanese eel, *Anguilla japonica*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.36, p.437-443, 2005. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2005.tb00391.x.
- SALARO, A.L.; OLIVEIRA JUNIOR, J.C. de; PONTES, M.D.; OLIVEIRA, K.R.B.; NEVES, I.G.A.A.; FERRAZ, R.B.; HISANO, H.; ZUANON, J.A.S. Replacement of moist ingredients in the feed training of carnivorous fish. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.2294-2298, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012001000022.
- SALARO, A.L.; TAVARES, M.M.; CHAVES, W.; CAMPELO, D.A.V.; ZUANON, J.A.S.; LUZ, R.K. Feed training of juvenile giant trahira under different light intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2290-2293, 2011.
- SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. **Journal of the American College of Nutrition**, v.21, p.495-505, 2002. DOI: 10.1080/07315724.2002.10719248.
- SOHAL, R.S.; ORR, W.C. Is oxidative stress a causal factor in aging? In: ESSER, K.; MARTIN, G.M. (Ed.). **Molecular aspects of aging**. Chichester: J. Wiley, 1995. p.107-127.
- SOHAL, R.S.; WEINDRUCH, R. Oxidative stress, caloric restriction, and aging. **Science**, v.273, p.59-63, 1996. DOI: 10.1126/science.273.5271.59.
- VERAS, G.C.; SALARO, A.L.; ZUANON, J.A.S.; CARNEIRO, A.P.S.; CAMPELO, D.A.V.; MURGAS, L.D.S. Growth performance and body composition of giant trahira fingerlings fed diets with different protein and energy levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1021-1027, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000900012.

Recebido em 16 de maio de 2011 e aprovado em 4 de junho de 2013