

Adição de ascorbil polifosfato, como fonte de vitamina C, em dietas para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829)

Rodrigo Yudi Fujimoto* e Dalton José Carneiro

Departamento de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Rodovia Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14870-000, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Author for correspondence. e-mail: ryfujim@caunesp.unesp.br

RESUMO. O ascorbil polifosfato (AP) foi utilizado como fonte de vitamina C em dietas artificiais para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes, Pimelodidae) durante três meses. Em uma dieta basal (0 mg de AP/kg de ração), foram adicionados 500, 1000, 1500, 2000 e 2500 mg de AP/kg. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($P>0,01$), quanto às variáveis de desempenho (ganho de peso, comprimento total, taxa de crescimento específico e conversão alimentar) e hematológicas. Entretanto, o grupo que recebeu a dieta isenta de vitamina obteve os piores resultados ($P<0,01$) nas variáveis de infestação parasitária e ocorrência de deformidades. Dentro dos níveis de inclusão de AP, não foram encontrados efeitos de regressão polinomial para as variáveis estudadas, a não ser para os resultados de consumo de ração. Assim, pelos resultados obtidos, o nível de 500 mg de AP/kg foi suficiente para prevenir a ocorrência de deformidades e infestações parasitárias, possibilitando o melhor desenvolvimento dos alevinos.

Palavras-chave: Ascorbil polifosfato, pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, vitamina C, parasitas, deformidades

ABSTRACT. Addition of ascorbil polyphosphate as source of vitamin C in diets of the pintado *Pseudoplatystoma corruscans* fingerlings (Agassiz, 1829). During three months Ascorbil polyphosphate (AP) was used as source of vitamin C in diets of the pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes, Pimelodidae) fingerlings. 500, 1000, 1500, 2000 and 2500 mg of AP/kg diet were added to basic diet (0 mg AP/kg diet). No difference in weight gain, total length, specific growth ratio, feed conversion ratio and hematological analyses were reported. Occurrence of deformities and parasite infestation in fishes fed on diet without vitamin C were worse than those on other diets. No polynomial regression effects were observed in diets above 500 mg/kg, albeit results of food intake showed linear regression ($P<0,01$). Thus 500 mg AP/kg diet was sufficient to prevent the occurrence of deformities and parasite infestation. Satisfactory development of the pintado fingerlings was ensued.

Key words: Ascorbil polyphosphate, pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, vitamin C, parasites, deformities.

A vitamina C é essencial para a maioria das espécies de peixes que necessitam desse nutriente na dieta, por não a sintetizarem, devido à ausência da enzima gulonolactona oxidase que transforma glucose em ácido ascórbico (Albrektsen *et al.*, 1988). A vitamina C atua no organismo como co-fator para diversas reações, dentre elas: a hidroxilação da prolina na síntese de colágeno, a hidroxilação do triptofano para 5-hidroxitriptofano e a conversão do 3,4-dihidroxyphenylpiruvato para noraepinefrina (Baker, 1967). Halver (1972) indicou alguns sintomas clássicos de deficiência de vitamina C em peixes: o deslocamento da coluna (lordose e

escoliose), a deficiência na formação de colágeno e a distorção do suporte da cartilagem.

Os derivados de ácido ascórbico (AA) formados por esteres de fosfatos, o ascorbil monofosfato (AMP) e o ascorbil polifosfato (AP), são os mais usados como fonte de vitamina C nos alimentos, devido à sua maior estabilidade (Andersen *et al.*, 1998). Estudos foram realizados mostrando a bio-disponibilidade do AP, como fonte de vitamina C, para bagre do canal, *Ictalurus punctatus* (Lovell, 1989), para juvenis de truta arco-íris, *Oncorhynchus mikiss* (Völker e Fenster 1994; Matusiewicz *et al.*, 1995), para “sea bass”, *Dicentrarchus labrax* (Amerio *et al.*,

1998) e encontraram que este derivado tem a mesma disponibilidade do que o ácido ascórbico.

O pintado apresenta grandes problemas durante o período de larvicultura e alevinagem, devido às altas taxas de mortalidades encontradas, principalmente, devido à ocorrência de canibalismo e a susceptibilidade ao estresse. Assim, a suplementação de vitamina C poderia minimizar estes problemas.

Em vista disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de utilização do ascorbil polifosfato como fonte de vitamina C em dietas para o crescimento de alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (Siluriformes, Pimelodidae), através dos estudos de seu desenvolvimento, infestação parasitária, análises hematológicas, ocorrência de deformidades.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, no período de junho a setembro de 2000.

Os alevinos de pintado foram obtidos do Centro Nacional de Estudos de Peixes Tropicais – CEPTA (Pirassununga-SP), com um mês de idade. Os peixes foram inicialmente distribuídos em caixas de cimento amianto de 500 L, por duas semanas, para adaptação à dieta artificial e às instalações.

Após o período de adaptação, 126 alevinos foram anestesiados com benzocaína (0,4 g/15 L de água) para efetuar-se a biometria inicial e, em seguida, foram distribuídos nos aquários experimentais em três classes de peso: pequenos, médios e grandes (médias de $1 \pm 0,25$, $3 \pm 0,5$ e $6 \pm 0,7$ g, respectivamente), para prevenir o canibalismo. Dessa forma, ao final de 30 dias, os alevinos das três repetições de cada tratamento foram redistribuídos novamente em três classes de peso. Com isso, cada mês foi considerado um período experimental (P). Foram feitas biometrias em que se media o peso dos peixes, comprimento total (CT) e se observavam possíveis deformidades. Antes do manejo, nas biometrias, os alevinos foram anestesiados com benzocaína (0,4 g/15 L para o primeiro período e 0,5 g/15 L para os demais).

Foram utilizadas 18 caixas de cimento amianto, com capacidade de 100 L cada, abastecidas continuamente com água proveniente de um poço artesiano, com troca total de aproximadamente 20 vezes ao dia. A temperatura foi monitorada diariamente, e o oxigênio dissolvido, semanalmente.

Uma dieta básica foi utilizada para conter os níveis desejados de nutrientes (Tabela 1). Essa dieta

correspondia ao tratamento isento de vitamina C (0 mg de AP/ kg de dieta). Depois de misturadas e homogeneizadas, as dietas receberam os níveis de ascorbil polifosfato (Rovimix stay C, Roche) de 500, 1000, 1500, 2000 e 2500 mg/kg de ração, que constituíram os demais tratamentos experimentais.

Tabela 1. Fórmula e composição básica das dietas experimentais

Ingredientes	%
Farinha de Peixe	52,0
Farelo de Soja	21,5
Farelo de Trigo	8,00
Milho moído	13,5
Óleo de Soja	4,00
Suplemento Vitamínico e mineral *	1,00
Composição Calculada**	
Proteína Bruta (%)	40,00
Extrato Etéreo (%)	8,11
Fibra Bruta (%)	2,30
Energia Bruta (kcal/kg de Ração)	4165
Relação Ca: P	2:1

* Composição do suplemento mineral e vitamínico (nutriente/Kg): Ferro 15000mg, Cobre 5000 mg, Iodo 500 mg, Manganês 17000 mg, Zinco 12000 mg, Selênio 70 mg, veículo 1000g, Vitamina A 12000 UI, Vitamina D₃ 1500 UI, Vitamina E 50 mg, Vitamina K 4 mg, Vitamina B₁₂ 7 mg, Vitamina B₇ 7 mg, ácido Pantotênico 60 mg, ác. Nicotínico 120 mg, cloreto de colina 600 mg, metionina 700 mg, antioxidante 500 mg, veículo 1000g; ** Composição calculada com base nos resultados das análises dos ingredientes, segundo o A.O.A.C. (1975)

A fonte de vitamina C foi incorporada às dietas experimentais, fazendo-se uma pré-mistura, homogeneizando-se e misturado-se ao restante de cada dieta. Pela dificuldade de aceitação dos peixes à dieta seca, as seis dietas semi-úmidas foram processadas em máquina de moer, adicionando-se 40% de água a temperatura ambiente, para a peletização. Após o processo de peletização, as rações foram embaladas e estocadas em congelador a -18°C, para sua conservação.

A alimentação foi oferecida duas vezes ao dia, às 8:00 e 19:00 h. Para o condicionamento dos peixes aos horários de alimentação, fechava-se momentaneamente a entrada de água e a aeração das caixas. O arraçoamento foi à vontade, considerando-se o oferecimento repetido de pequenas quantidades para reduzir perdas, mas até que os peixes não procuravam mais o alimento.

No estudo de desempenho de produção dos alevinos, foram avaliadas as variáveis de: ganho de peso, o comprimento total, a taxa de crescimento específico ($TCE = [\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}] / \text{dias de experimento}$), o consumo de ração, o índice de conversão alimentar.

Ao final do terceiro período, os peixes foram sacrificados, utilizando-se benzocaína (1 g/15 L), para a coleta de amostras de sangue (para contagem diferencial de leucócitos e trombócitos) e brânquias (para contagem de parasitos monogenéticos). Para contagem de parasitos monogenéticos, as brânquias foram retiradas e colocadas em frascos com solução

de formol a 1:4000 e agitadas para o desprendimento dos possíveis parasitos. Após duas horas, completava-se o volume do recipiente com solução de formol a 5%. Posteriormente, as brânquias foram raspadas com auxílio de bisturi, desprezava-se os filamentos branquiais, contando-se o número de parasitos, com auxílio de estereomicroscópio, em aumento de quatro vezes.

Amostras de sangue de cinco peixes de cada tratamento foram coletadas para contagem diferencial de leucócitos (linfócitos - Li; monócitos - Mo; neutrófilos - Ne; e célula granulocítica especial - CGE) e trombócitos. O sangue foi retirado através da punção da veia caudal, utilizado agulhas e seringas heparinizadas. Foram feitas extensões sangüíneas, secas ao ar e coradas com solução de Rosenfelt, por 10 min. Posteriormente, com ajuda de microscópio ótico (objetiva de 100 vezes), foi realizada a contagem de leucócitos e trombócitos.

Durante os três períodos experimentais, foi avaliada a ocorrência de deformidades, como: desvio de coluna, retração de mandíbula, deformação de nadadeira (fragmentação e distorção) e convexidade de cabeça.

Os resultados das variáveis de desempenho foram analisados, utilizando-se o Delineamento em Blocos Casualizados, em esquema fatorial 6 X 3, correspondendo a seis níveis de inclusão de ascorbil polifosfato (0, 500, 1000, 1500, 2000 e 2500 mg de AP/kg de ração) e três períodos de experimentação de um mês, e com três blocos (classes de peso: pequeno, médio e grande). Para os resultados das variáveis hematológicas e a ocorrência de parasita, foi utilizado o Delineamento em Blocos Casualizados, com seis tratamentos (níveis de AP) e três repetições.

Os resultados de ocorrência de deformidades sofreram transformação raiz quadrada do $\arcsin x/100$. Os dados de contagem diferencial de leucócitos, trombócitos e de infestação parasitária foram transformados em $\log x$ para serem submetidos, assim, à análise de variância

Foram realizadas análises de variância (teste F) e estudos de contrastes, onde foram comparados o grupo de peixes alimentados com dieta isenta de vitamina C com os grupos alimentados com a suplementação de vitamina C; ocorrendo alguma diferença, foram realizadas análises de regressão polinomial, dentro do grupo com a suplementação de vitamina C. Foi utilizado o teste de Tukey a 5%, para a comparação das médias.

Resultados e discussão

A qualidade de água foi monitorada durante todo o experimento, e os resultados mantiveram-se

dentro dos padrões para cultivo de peixes, com médias de oxigênio dissolvido de $5,5 \pm 1,35$ mg/L e temperatura de $29 \pm 1,5^\circ\text{C}$.

Os resultados das análises estatísticas realizadas com os dados de ganho de peso (GP), comprimento total (CT), taxa de crescimento específico (TCE), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) são apresentados na Tabela 2, e não mostraram efeitos significativos ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre esses parâmetros de desempenho. Esse resultado de produção também foi relatado em juvenis de "seabass" e "turbot", *Scophthalmus maximus* (Merchie *et al.*, 1996) e em juvenis de "yellowtail", *Seriola quinqueradiata* (Sakakura *et al.*, 1998).

Para os dados de CT também não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) com os níveis de ascorbil polifosfato usado nas dietas, considerando que a composição básica das nadadeiras é colágeno. A atuação da vitamina C seria esperada já que atua na síntese de colágeno (Mazik *et al.*, 1987). As nadadeiras peitorais e dorsais apresentaram certa fragilidade ao manejo, que forneceu indícios da deposição de colágeno. Outros autores também relataram não ter encontrado efeito da vitamina C no comprimento para alevinos "turbot" e "seabass" (Merchie *et al.*, 1996) e no CT de juvenis de "yellowtail" (Sakakura *et al.*, 1998).

A análise de variância, talvez, não tenha revelado efeito significativo dos níveis de ascorbil polifosfato sobre os resultados de ganho de peso, pela alta heterogeneidade no crescimento dessa espécie que provoca valores elevados para os coeficientes de variação. Durve e Lovell (1982) também não encontraram diferenças significativas em relação ao ganho de peso do bagre do canal, durante um período de 14 semanas, alimentados com vitamina C.

As taxas de crescimento específico do pintado (Tabela 2), mesmo não mostrando o efeito dos tratamentos experimentais, evidenciaram um alto potencial de crescimento. Thompson *et al.* (1993) observaram valores baixos e também sem diferença significativa nos resultados de TCE de salmão do atlântico, *Salmo salar* (0,21% a 0,24%). Andersen *et al.* (1998) também não encontraram qualquer melhora nos parâmetros de TCE e GP para alevinos de salmão do atlântico com a adição de 150 mg de AP/kg de ração.

A Tabela 2 revela, através do estudo de contrastes, uma menor média de consumo dos peixes alimentados com a dieta isenta de vitamina C, em comparação com o grupo que recebeu essa suplementação, observando-se uma regressão linear para os níveis de inclusão de AP nas dietas ($P < 0,01$). Porém, essa maior quantidade ingerida de ração, contendo vitamina C, não resultou em melhoras significativas no desempenho dos

alevinos de pintado. Esse mesmo comportamento foi observado por Durve e Lovell (1982) com o bagre do canal, embora a adição de vitamina (150 mg AA/kg de ração) tenha melhorado a resistência desse peixe à infecção bacteriana.

As diferenças não significativas para os índices de conversão alimentar do pintado (Tabela 2) assemelham-se aos resultados encontrados por outros autores, como Sakakura *et al.* (1998), Blom *et al.* (2000) e Lim *et al.* (2000), que estudaram “yellowtail”, bagre do canal e acará bandeira (*Pitherophylum scalare*), respectivamente.

Embora não revelando vantagens em relação aos resultados de desempenho, vários autores citaram melhoras nos parâmetros imunológicos ou na prevenção de deformidades com outras cinco espécies e afirmaram que a vitamina C é um nutriente essencial na nutrição de peixes (Durve e

Lovell, 1982; Li e Lovell 1985; Martins *et al.*, 1995; Sakakura *et al.*, 1998; Gaspasin *et al.*, 1998).

As análises estatísticas dos parâmetros de ocorrência de parasitos monogenéticos, contagem diferencial de leucócitos e trombócitos e a ocorrência de deformidades são apresentadas na Tabela 3. O estudo de contrastes revelou que a média de ocorrência de monogenéticos (IP) no grupo de pintados alimentados com dietas sem vitamina C foi maior ($P < 0,01$) que os valores observados nos grupos que receberam suplementação de ascorbil polifosfato nas dietas (Tabela 3). Ainda assim, a maior média de parasitos encontrados no pintado (6,55) foi muito menor que o relatado por Martins (1998), que observou um aumento no número de monogenéticos em alevinos de pacu alimentados com dietas isentas de vitamina C (média de 42,5 parasitos).

Tabela 2. Valores de F, coeficiente de variação e médias obtidas na análise de ganho de peso (GP), comprimento total (CT), taxa de crescimento específico (TCE), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) de alevinos de pintado

Estatística	Variáveis				
	GP (g)	CT (cm)	TCE (%/dia)	CR (g)	CA
F para blocos	26,44 **	62,32 **	78,42 **	41,91 **	6,65 **
F para períodos	4,41 *	68,14 **	89,02 **	3,59 *	3,11 ns
F para níveis de vitamina C nas dietas	1,64 ns	2,34 ns	1,32 ns	3,96 **	0,46 ns
<i>F para os contrastes:</i>					
Grupo com adição de vitamina X Grupo sem vitamina	-----	-----	-----	4,32 *	-----
Efeito linear dentro do grupo com adição de vitamina	-----	-----	-----	10,75 **	-----
Efeito quadrático dentro do grupo com Adição de vitamina	-----	-----	-----	3,11 ns	-----
Efeito cúbico dentro do grupo com adição de vitamina	-----	-----	-----	1,64 ns	-----
F para interação entre os períodos e os níveis	0,35 ns	0,47 ns	0,38 ns	0,65 ns	1,31 ns
Coefficiente de variação (%)	49,18	8,11	9,29	23,47	74,73
Médias para os períodos: P1	27,12	12,19	1,98	54,84	2,88
P2	34,63	14,25	2,53	55,62	2,70
P3	44,27	16,73	3,02	65,88	1,54
Médias para níveis de:					
0 mg de AP/ kg	22,56	13,23	2,36	50,05	2,25
500 mg de AP/ kg	37,15	14,49	2,50	53,46	2,26
1000 mg de AP/ kg	30,95	14,61	2,53	57,30	3,14
1500 mg de AP/ kg	40,19	14,56	2,54	56,21	2,36
2000 mg de AP/ kg	38,22	14,50	2,51	59,39	2,22
2500 mg de AP/ kg	42,96	14,95	2,63	76,26	1,99

Tabela 3. Valores de F, coeficientes de variação e médias obtidos nas análises de infestação parasitária (IP), leucócitos (linfócito, Li; monócito, Mo; neutrófilo, Ne; célula granulocítica especial, CGE), trombócitos (TR) e ocorrência de deformidades (Df) nos alevinos de pintado

Estatística	IP	Leucócitos				TR	Df(%)
		Li	Mo	Ne	CGE		
F para blocos	2,07 ns	0,52 ns	0,24 ns	0,74 ns	2,50 ns	0,81 ns	1,55 ns
F para níveis	3,58 **	0,08 ns	0,11 ns	0,23 ns	1,00 ns	1,11 ns	11,71 **
<i>F para os contrastes:</i>							
Grupo com adição de vitamina X Grupo sem vitamina	16,32 **	-----	-----	-----	-----	-----	54,29 **
Efeito linear dentro do grupo com adição de vitamina	1,20 ns	-----	-----	-----	-----	-----	3,89 ns
Efeito quadrático dentro do grupo com adição de vitamina	0,10 ns	-----	-----	-----	-----	-----	0,12 ns
Efeito cúbico dentro do grupo com adição de vitamina	0,18 ns	-----	-----	-----	-----	-----	0,00 ns
Coefficiente de variação (%)	42,80	3,82	10,10	9,38	2,95	51,95	28,49
Médias para níveis de:							
0 mg de AP/ kg	6,55	1,87	0,57	0,58	0,50	42,83	82,00
500 mg de AP/ kg	0,88	1,89	0,66	0,56	0,52	56,50	0,00
1000 mg de AP/ kg	1,44	1,90	0,64	0,57	0,52	54,00	0,00
1500 mg de AP/ kg	1,22	1,88	0,66	0,56	0,50	43,17	6,66
2000 mg de AP/ kg	1,88	1,90	0,65	0,55	0,50	39,83	8,33
2500 mg de AP/ kg	2,66	1,88	0,67	0,54	0,50	85,50	15,00

A vitamina C atua no sistema imunológico, tanto celular, relacionado à proliferação de neutrófilos (Combs, 1992,) e aumento da migração de macrófagos (Lim *et al.*, 2000) quanto na humoral, atuando no estímulo à produção de interferons que protegem a célula contra antígenos (Combs, 1992). Os linfócitos e neutrófilos seriam as principais células de defesa influenciadas pela vitamina C, de acordo com Martins *et al.* (1995) e Wahli *et al.* (1998). Como não houve diferenças significativas nas contagens diferenciais de leucócitos e trombócitos, acredita-se o AP não atuou no sistema imunológico celular, talvez pela ocorrência da baixa carga parasitária que, da mesma forma, também não influenciou no desempenho dos alevinos. Martins *et al.* (1995) também não encontraram diferenças no número de linfócitos, monócito e eosinófilos, em alevinos de pacu alimentados com dietas contendo diversos níveis de vitamina C.

A ocorrência de deformidades, observáveis a olho nu, a partir do segundo mês de experimentação (Tabela 3), revelou ao final do experimento, valores médios que evidenciaram a eficácia de suplementação de vitamina C

nos níveis de inclusão de 500 e 1000 mg de AP/kg de ração. Como deformidades, foram computadas as convexidades de cabeça (índice de 26,31%), de deslocamento de boca (31,57%), e de fragilidade e entortamento de nadadeiras (31,57%), como mostra a Figura 1, ou ainda o desvio da coluna vertebral (10,52%). As deformidades de coluna foram as que ocorreram com menor frequência, assim como foi observado em trutas (12,5%) alimentadas com dietas isentas de vitamina C (Madsen e Dalgaard, 1999). Blom *et al.* (2000), estudando a inclusão de vitamina C em dietas para o acará bandeira, não encontraram qualquer efeito para os níveis de 0, 30, 120, 360, 720, 1440 mg de vitamina C/kg de ração depois de 14 semanas de estudo, enquanto os pintados do presente experimento já apresentavam deformidades a partir de oito semanas. De acordo com Thompson *et al.* (1993), peixes que têm alta taxa de TCE tendem a apresentar mais os sintomas de escorbuto, devido ao seu crescimento acelerado, indicando ser maior a exigência de vitamina C para o seu desenvolvimento completo.

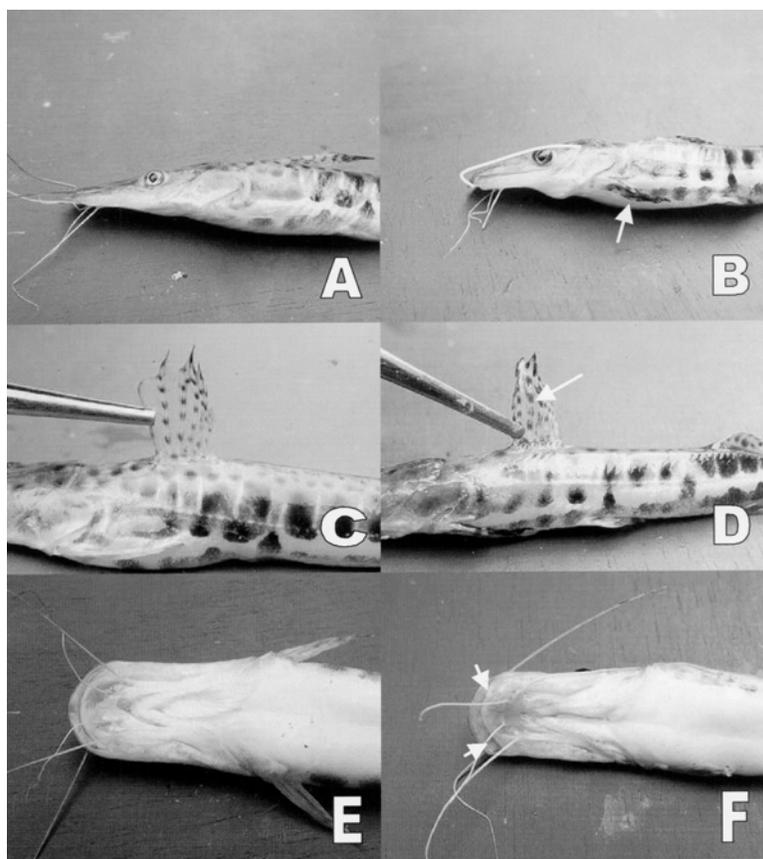


Figura 1. A: peixe sem convexidade de cabeça; B: deformidade de cabeça em pintados não suplementados com vitamina. C: nadadeira de peixe normal; D: deformidade de nadadeira (fragilidade). E: boca normal; F: mandíbula deslocada para trás. Setas e linhas indicam as deformidades

A ocorrência de deformidades aparentemente voltou a elevar-se nos níveis de inclusão de 2000 e 2500 mg de AP/ kg de ração (embora não significativamente), denotando a tendência desses níveis causarem sintomas de hiper-vitaminose, embora sem prejudicar substancialmente o organismo dos peixes.

As deformidades relatadas no experimento de Lim e Lovell (1978) ocorreram em 60,9% dos alevinos de bagres do canal sob restrição vitamínica e foram semelhantes a algumas encontradas em pintados, dentre elas, a deformação da nadadeira e da coluna (escoliose e lordose). No estudo realizado por Mazik *et al.* (1987) com alevinos de bagre do canal alimentados, com dieta isenta de vitamina C, a deformidade de nadadeiras foi a mais freqüente (79%).

Chavez de Martinez (1990) relatou deformidades de mandíbula em *Cichlasoma urophthalmus* a partir de 45 dias de restrição vitamínica. Este tipo de deformidade também foi observado em 31,57% dos pintados deste experimento que não tiveram suplementação de vitamina C. A convexidade de cabeça não relatada na literatura foi encontrada com freqüência entre os alevinos de pintado arraçoados com dietas isentas de vitamina C (26,31%) e pode ser claramente observada na Figura 1B.

Assim, os resultados acima denotam que o nível de 500 mg de AP/ kg de ração é suficiente para o desempenho e para prevenir infestação parasitária e ocorrência de deformidades em alevinos em fase de crescimento.

Referências

- A.O.A.C. *official methods of association of official agricultural chemists*. 3. ed.; Washington:A.O.A.C., 1975.
- ALBREKTSEN, S. *et al.* Ascorbyl palmitate as a dietary vitamin C source for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.71, p.359-68, 1988.
- AMERIO, M. *et al.* Ascorbic acid availability from ascorbil 2-poliphosphate and ascorbil 2-sulfate in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.159, p. 233-7, 1998.
- ANDERSEN, F. *et al.* Interaction between two dietary levels of iron and two forms of the ascorbic acid and the effect on growth, antioxidant status and some non-specific immune parameters in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Aquaculture*, Amsterdam, v.161, p. 437-51, 1998.
- BAKER, E.M. Vitamin C requirements in stress. *Am. J. Clin. Nutr.*, San Diego, v.20, n.6, p. 583-90, 1967.
- BLOM, J.H. *et al.* Vitamin C requirements of the Angelfish *Pterophyllum scalare*. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 31, n.1, p.115-8, 2000.
- CHAVEZ DE MARTINES, M.C. Vitamin C requirement of the Mexican native cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Aquaculture*, Amsterdam, v.86, p.409-16, 1990.
- COMBS, G.F. *The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*. New York: Academic Press, 1992.
- DURVE, V.S., LOVELL, R.T. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v.39, n.7, p. 948-51, 1982.
- GASPASIN, R.S.J. *et al.* Enrichment of live food with essential fatty acids and vitamin C: effects on milkfish (*Chanos chanos*) larval performance. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 162, p. 269-86, 1998.
- HALVER, J.E. The role of ascorbic acid in fish disease and tissue repair. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, Tokio, v.38, n.1, p. 79-92, 1972.
- LI, Y.; LOVELL, T. Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune response in channel catfish. *J. Nutr.*, Bethesda, v. 115, p. 123-31, 1985.
- LIM, C. *et al.* Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *E. ictaluri* challenge. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 185, p. 313-27, 2000.
- LIM, C.; LOVELL, R.T. Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, Bethesda, v.108, p. 1137-46, 1978.
- LOVELL, T. *Nutrition and feeding of fish*. New York: AVI, 1989.
- MADSEN, L.; DALAGAARD, I. Vertebral common deformities in farmed rainbow trout (*O. mikiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 171, p. 41-8, 1999.
- MARTINS, M.L. Evaluation of the addition of ascorbic acid to the ratio of cultivated *Piaractus mesopotamicus* (Characidae) on the infrapopulation of *Anacanthorus penilabiatus* (Monogenea). *Braz. J. Med. Biol. Res.*, Ribeirão Preto, v.31, p.655-8, 1998.
- MARTINS, M.L. *et al.* Influência de diferentes níveis de vitamina C na ração sobre parâmetros hematológicos de alevinos de *Piaractus mesopotamicus* Holmberg (Osteichthyes, Characidae). *Rev. Bras. Zool.*, Curitiba, v.12, n.3, p.595-608, 1995.
- MATUSIEWICZ, M. *et al.* Ascorbate polyphosphate is a bioavailable vitamin C source in juvenile rainbow trout : Tissue saturation and compartmentalization model. *J. Nutr.*, Bethesda, v.125, p. 3055-61, 1995.
- MAZIK, P.M. *et al.* Effects of dietary vitamin C on growth, caudal fin development, and tolerance of aquaculture-related stressors in Channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, Bethesda, v.49, p. 13-6, 1987.
- MERCHIE, G. *et al.* Influence of dietary vitamin C dosage on turbot (*Scophthalmus maximus*) and European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) nursery stages. *Comp. Biochem. Physiol.*, Philadelphia, v.114a, p. 123-33, 1996.
- SAKAKURA, Y. *et al.* Dietary vitamin C improves the quality of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) seedlings. *Aquaculture*, Amsterdam, v.161, p. 427-36, 1998.
- THOMPSON, I. *et al.* The effect of stress on the immune response of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) fed diets

containing different amounts of vitamin C. *Aquaculture*, Amsterdam, v.114, p.1-18, 1993.

Received on June 27, 2001.

Accepted on July 26, 2001.

VÖLKER, L.; FENSTER, R. Efficacy of ascorbyl-2-polyphosphate in rainbow trout, *Oncorhynchus mikiss*. *Aquaculture*, Amsterdam, v.124, p.213-7, 1994.