

饲料中添加维生素C对翘嘴鲌鱼种生长及组织中抗坏血酸含量的影响

陈建明, 叶金云, 潘茜, 王友慧

(浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

摘要:在翘嘴鲌 (*Culter alburnus*) 鱼种基础饲料中添加相当于抗坏血酸含量为 0 mg/kg、25 mg/kg、50 mg/kg、100 mg/kg、150 mg/kg、200 mg/kg 和 400 mg/kg 的包膜维生素 C (V_c), 制成 7 种实验饲料, 饲养初始体质量为 (3.71 ± 0.11) g 的 7 组翘嘴鲌鱼种 8 周, 每个实验组包含 3 个重复。结果表明, 摄食不添加 V_c 饲料的实验鱼成活率显著低于其他 V_c 添加组 ($P < 0.05$)。饲料中 V_c 添加量为 0~50 mg/kg 时, 对鱼体增重有显著影响 ($P < 0.05$), 鱼体增重随添加量的增加而上升。但添加量继续增大, 对鱼体增重不再有显著影响 ($P > 0.05$)。饲料中维生素 C 添加量为 0 和 25 mg/kg 时, 饲料效率和蛋白质效率低于其他各组 ($P < 0.05$)。试验饲料中 V_c 不同添加量对肝体指数和全鱼体成分无显著影响 ($P > 0.05$)。肌肉中抗坏血酸含量随饲料中 V_c 添加量加大而不断上升, 二者呈正相关关系 ($P < 0.05$)。肝胰脏抗坏血酸含量在 V_c 添加量 ≤ 100 mg/kg 时, 随饲料中 V_c 添加量加大而不断上升 ($P < 0.05$), 但高于此添加量时, 则肝胰脏中抗坏血酸不再随添加量的上升而有显著变化 ($P > 0.05$)。分别以鱼体增质量和肝胰脏中抗坏血酸为指标, 经折线模型 (Broken line model) 回归分析求得翘嘴鲌鱼种饲料中 V_c 的适宜添加量分别为 53 mg/kg 和 97 mg/kg。[中国水产科学, 2007, 14(1): 106-112]

关键词:翘嘴鲌; 维生素 C; 生长; 抗坏血酸含量

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)01-0106-07

维生素 C (V_c) 又称 L-抗坏血酸, 是鱼类和动物组织胶原蛋白合成过程中脯氨酸羟化必需的物质, 在结缔组织、创伤愈合时瘢痕组织和骨骼的形成中起着重要的作用^[1-2]。抗坏血酸还具有参与体内氧化还原反应、促进铁的吸收、增强机体免疫和抗应激能力等功能^[1,3-5]。除少数鱼类如匙吻鲟 (*Polyodon spathula*)、湖鲟 (*Acipenser fulvescens*)、西伯利亚鲟 (*Acipenser baeri*)、白鲟 (*Acipenser transmontanus*)、白斑星鲨 (*Mustelus manazo*)、七鳃鳗 (*Petromyzon marinus*)、尖吻鲈 (*Dasyatis akajei*) 和南美肺鱼 (*Lepidosiren paradoxa*) 等软骨鱼类具有合成 V_c 的能力外, 硬骨鱼类因体内缺乏 L-古酪糖酸内酯氧化酶而不具备合成 V_c 的能力^[4,6-8], 这些鱼必须从食物中获得 V_c 以满足需要。有关养殖鱼类对饲料中 V_c 的需要量已有不少报道, 但这些研究结果因鱼的品种、使用的 V_c 剂型及评价指标不同而不尽一致^[6,9-11]。翘嘴鲌 (*Culter alburnus*) 是新兴的淡水养殖品种, 对其营养需求研究才刚刚起步, 目前仅见蛋白质需求量和饲料中适宜脂肪水平的报

道^[12-13], 迄今未见饲料中 V_c 适宜水平的报道。本研究用梯度试验法, 以期了解翘嘴鲌配合饲料中 V_c 的适宜添加量, 为开发高效的配合饲料提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验饲料

以水产养殖级鱼粉(秘鲁)、浸出豆粕、蚕蛹粉、酵母、面粉、鱼油和糊精等, 配成基础饲料(实测 V_c 含量为 9.8 mg/kg), 其配方的原料组成和营养成分见表 1。在基础饲料中分别添加相当于抗坏血酸含量为 0 mg/kg、25 mg/kg、50 mg/kg、100 mg/kg、150 mg/kg、200 mg/kg 和 400 mg/kg 的包膜 V_c , 配制 7 种实验饲料。包膜 V_c 系杭州民生制药厂产品, 实测抗坏血酸含量为 94.5%。实验饲料制作时, 先将原料粉碎, 使原料粉末能全部通过孔径为 0.355 mm 试验筛, 再按比例混合和搅拌均匀后挤压成直径约为 1.2 mm 的颗粒, 风干后置于 -10 °C 冷柜中备用。

收稿日期: 2005-11-07; 修订日期: 2006-05-11.

基金项目: 浙江省科技重大项目 (2002C12016).

作者简介: 陈建明 (1965-), 男, 高级工程师, 主要从事鱼类营养与饲料研究. Tel: 0572-2045349; E-mail: aqua_labjm@yahoo.com.cn

表 1 基础饲料配方及化学成分

Tab. 1 Formulation and chemical composition of basal diet

% DM

原料 Ingredients	含量 Content	营养成分 Chemical composition	含量 Content
水产级鱼粉 Aquaculture grade fish meal	30	粗蛋白 Crude protein	41.18
浸出豆粕 Defatted soya meal(extracted)	15	粗脂肪 Crude lipid	8.72
蚕蛹 Silk worm pupae	10	灰分 Ash	10.86
酵母 Brewer's yeast	5	无氮浸出物 Nitrogen-free extract	39.24
面粉 Wheat	18		
鱼油 Fish oil	3		
糊精 Dextrin	12		
复合矿物质 ¹⁾ Mineral premix	6		
复合多维(不含 V _C) ²⁾ Vitamin premix (vitamin C free)	1		

注:1)复合矿物质(g/kg):FeSO₄·7H₂O 15,CuSO₄·H₂O 0.3,ZnSO₄·7H₂O 10,MnSO₄·H₂O 0.5,NaCl 30,MgSO₄ 40,Ca(H₂PO₄)₂ 400,KI 0.05,Na₂SeO₃ 0.005,CoCl₂·6H₂O 0.5,沸石粉 503.645.

2)复合多维(mg/kg):维生素 A 10,维生素 D 0.05,维生素 E 400,维生素 K 40,维生素 B₁ 50,维生素 B₂ 200,维生素 B₃ 500,维生素 B₆ 50,维生素 B₇ 5,维生素 B₁₁ 15,维生素 B₁₂ 0.1,肌醇,2 000,氯化胆碱 5 000.

Note:1) Mineral premix(g/kg mix):FeSO₄·7H₂O 15,CuSO₄·H₂O 0.3,ZnSO₄·7H₂O 10,MnSO₄·H₂O 0.5,NaCl 30,MgSO₄ 40,Ca(H₂PO₄)₂ 400,KI 0.05,Na₂SeO₃ 0.005,CoCl₂·6H₂O 0.5,zeolite 503.645.

2) Vitamin premix(mg/kg dry diet):V_A 10,V_D 0.05,V_E 400,V_K 40,V_{B1} 50,V_{B2} 200,V_{B3} 500,V_{B6} 50,V_{B7} 5,V_{B11} 15,V_{B12} 0.1,inositol 2 000,choline chloride 5 000.

1.2 实验鱼及分组

实验鱼种取自浙江省淡水水产研究所实验鱼场同一培育池的隔冬鱼种,体质量(3.71±0.11) g。实验前于水泥池用粗蛋白含量为 41%的自制硬颗粒破碎料(饲料配方参考文献[9])驯养 2 周后。随机分养到 7 组 3 重复的 21 只实验水箱,每箱放鱼 25 尾,每组实验鱼的初始体质量见表 2,经方差检验,各组间实验鱼的初始体质量无显著差异(P>0.05)。

1.3 饲养方法与水质

实验鱼饲养在容积为 500 L 流水式圆柱形玻璃钢水箱(直径 90 cm)中,内盛水 300 L。水源为经硫代硫酸钠处理过的曝气自来水,日水交换量 250%,并连续充气。每天 8:00、12:00 和 16:00 各投饲 1 次,每次每箱投饲持续 3~5 min 至接近饱食。饲养实验持续 8 周。饲养期间,每天测量水温,变幅为 23~26℃;每周测定 1 次水质,测定结果为:pH 7.3~7.5,DO 5.61~6.48 mg/L,NH₃-N 0.26~0.28 mg/L,NO₂⁻-N 0.035~0.066 mg/L;NO₃⁻-N 0.25~0.35 mg/L。

1.4 取样与分析

测定实验饲料、饲养实验结束后饥饿 2 天的实验鱼(每箱 5 尾)做成分分析。用实验结束后饥饿 2

天的实验鱼,每箱另取 10 尾,取肌肉、脑和肝胰脏,供组织中抗坏血酸含量和肝体指数测定。化学分析方法为:105℃常压干燥法测定水分;微量凯氏定氮法测定粗蛋白;用无水乙醚为溶剂,索氏抽提法测定粗脂肪;箱式电阻炉 550℃灼烧法测定粗灰分;基础饲料和组织中抗坏血酸含量用二硝基苯肼分光光度法测定。

1.5 指标及其计算

饲养实验结束后,对实验鱼进行称重和计数,统计总投饲量。有关指标计算方法如下:

成活率=100%×(收获尾数/放养尾数)

鱼体增重=100%×[(鱼体终质量-鱼体初质量)/鱼体初质量]

饲料效率=(实验结束时群体鱼增质量+死亡鱼质量)/摄入饲料干质量

蛋白质效率=鱼体增重量/蛋白质摄入量

肝体指数=100%×(肝胰脏质量/鱼体质量)

1.6 数理统计方法

数据以平均值±标准误($\bar{X} \pm SE$)表示,使用 SPSS for windows 11.0 统计软件包进行数据统计分析,在不同实验组间用单因子方差分析 one-way ANOVA 进行差异显著性检验,如显著差异(P<0.05),则作 Duncan's 多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 鱼体生长情况

摄食添加不同水平 V_c 的实验饲料 8 周后,实验鱼的成活率、鱼体增质量、饲料系数、蛋白质效率和肝体指数列于表 2。由表 2 可见,摄食不添加 V_c 饲料的实验鱼成活率显著低于其他 V_c 添加组 ($P < 0.05$),而其他 V_c 添加量组间实验鱼的成活率无显著差异 ($P > 0.05$);饲料中 V_c 添加量为 0~50 mg/kg 时,添加量对鱼体增质量有显著影响 ($P <$

0.05),鱼体增质量随添加量的增加显著上升,但添加量继续增大,对鱼体增质量不再有显著影响 ($P > 0.05$),经折线模型(Broken line model)回归分析表明(图 1),翘嘴鲌鱼种达到最大生长时,饲料中 V_c 的最低添加量为 53 mg/kg。饲料中 V_c 添加量为 0 和 25 mg/kg 时,饲料效率和蛋白质效率显著低于添加量 ≥ 50 mg/kg 的各实验组 ($P < 0.05$);饲料中 V_c 添加量对实验鱼的肝体指数无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 2 翘嘴鲌鱼种生长情况

Tab. 2 Growth performance of *Culter alburnus* fingerlings

$n=3; \bar{X} \pm SE$

V_c 添加量/ (mg · kg ⁻¹) Supplemental V_c in diet	鱼体初质量/g Initial body weight	鱼体终质量/g Final body weight	鱼体增重/% Weight gain	成活率/% Survival rate	饲料效率 Feed efficiency	蛋白质效率 Protein efficiency ratio	肝体指数/% Hepatosomatic index
0	3.69±0.15	6.08±0.28 ^a	64.70±5.44 ^a	68.00±8.33 ^a	0.47±0.03 ^a	1.14±0.07 ^a	0.65±0.01
25	3.76±0.08	7.35±0.34 ^b	95.51±8.08 ^b	90.67±5.81 ^b	0.49±0.01 ^a	1.19±0.03 ^a	0.76±0.04
50	3.85±0.09	8.78±0.10 ^c	128.28±5.24 ^c	97.33±2.67 ^b	0.63±0.04 ^b	1.52±0.09 ^{bc}	0.66±0.02
100	3.62±0.09	8.96±0.39 ^c	148.50±15.53 ^c	93.33±2.53 ^b	0.67±0.05 ^b	1.63±0.11 ^c	0.67±0.05
150	3.54±0.15	8.29±0.32 ^c	134.59±8.05 ^c	92.00±2.31 ^b	0.58±0.02 ^b	1.41±0.04 ^b	0.54±0.03
200	3.76±0.12	8.89±0.17 ^c	136.65±10.25 ^c	94.67±5.33 ^b	0.60±0.01 ^b	1.46±0.03 ^{bc}	0.65±0.04
400	3.77±0.06	8.54±0.05 ^c	126.58±4.67 ^c	89.33±2.67 ^b	0.63±0.01 ^b	1.54±0.03 ^{bc}	0.65±0.04

注:同一列数据有不同上标的英文字母表示有显著差异 ($P < 0.05$)。

Note: Values with different superscript letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

2.2 全鱼营养组成含量

由表 3 可见,实验鱼经 8 周饲养后,全鱼的水

分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量在各实验组间无显著差异 ($P > 0.05$),不受饲料中 V_c 添加量的影响。

表 3 全鱼营养组成

Tab. 3 Proximate analysis of whole fish body

$n=3; \bar{X} \pm SE; \%$

V_c 添加量/(mg · kg ⁻¹) Supplemental V_c in diet	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Crude ash
0	76.55±0.25	16.62±0.09	3.91±0.11	3.19±0.01
25	75.45±0.49	17.15±0.18	4.43±0.30	3.23±0.04
50	76.08±0.73	17.09±0.53	3.98±0.22	3.26±0.03
100	75.92±0.64	17.04±0.26	4.14±0.43	3.20±0.12
150	75.86±0.24	17.19±0.11	4.12±0.26	3.25±0.05
200	75.91±0.39	17.12±0.35	4.24±0.16	3.27±0.02
400	75.39±0.54	17.33±0.28	4.58±0.12	3.10±0.13

2.3 组织中抗坏血酸含量

由表 4 可见,肌肉中抗坏血酸含量(y)随饲料中 V_c 添加量(x)的增大而不断上升,两者呈正相关关系($y=0.051x+21.482,R^2=0.889\ 5,P=0.000\ 2$)。肝胰脏中抗坏血酸含量(Y)在饲料 V_c 添加量 $\leq 100\text{ mg/kg}$ 时,随添加量的增加而显著上升($P<0.05$),呈正相关关系($Y=0.968x+77.350,R^2=0.968\ 3,P=0.000\ 0$),当添加量继续升高,则肝胰

脏中抗坏血酸不再有显著变化,达到饱和状态,经折线模型(Broken line model)回归分析表明(图 2),肝胰脏中抗坏血酸达到饱和时,饲料中 V_c 的最低添加量为 97 mg/kg 。脑组织中抗坏血含量在不添加 V_c 组显著低于其他各实验组($P<0.05$),而饲料中 V_c 添加量为 $25\sim 400\text{ mg/kg}$ 的各实验组间无显著差异($P>0.05$)。

表 4 翘嘴𩚰 组织中抗坏血酸含量
Tab. 4 Ascorbic acid levels in *C. alburnus* tissues $n=3;\bar{X}\pm SE;\mu\text{g/g}$

V_c 添加量/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) Supplemental V_c in diets	肌肉 Muscle	肝胰脏 Hepatopancreas	脑 Brain
0	17.60±1.42 ^a	65.17±2.42 ^a	172.61± 4.55 ^a
25	21.97±2.72 ^{abc}	110.77±1.82 ^b	268.22±13.02 ^b
50	27.29±5.84 ^{ab}	136.31±4.24 ^c	263.86± 8.47 ^b
100	26.20±2.81 ^{ab}	166.61±2.00 ^d	296.06±11.63 ^b
150	31.46±4.73 ^{bc}	177.82±5.29 ^d	286.55±11.50 ^b
200	32.63±5.53 ^{bc}	167.57±4.30 ^d	281.92±10.50 ^b
400	40.05±2.18 ^c	172.38±5.71 ^d	271.52± 5.86 ^b

注:同一列数据有不同上标的英文字母表示有显著差异($P<0.05$)。
Notes: Values donated with different superscript letters in the same column are significantly different($P<0.05$).

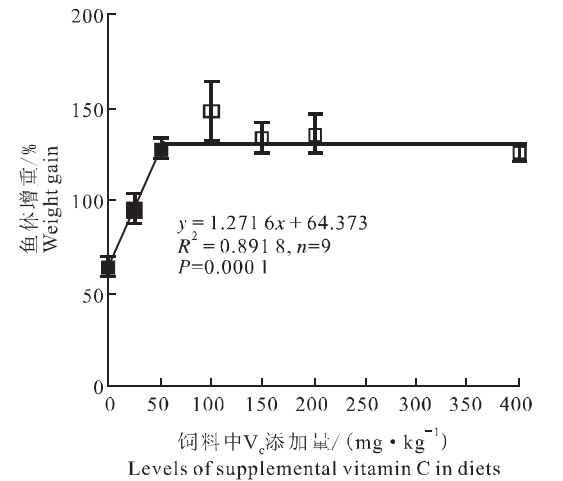


图 1 饲料中 V_c 添加量与鱼体增质量之间的关系
Fig. 1 Relationship between weight gains and levels of supplemental vitamin C in diets

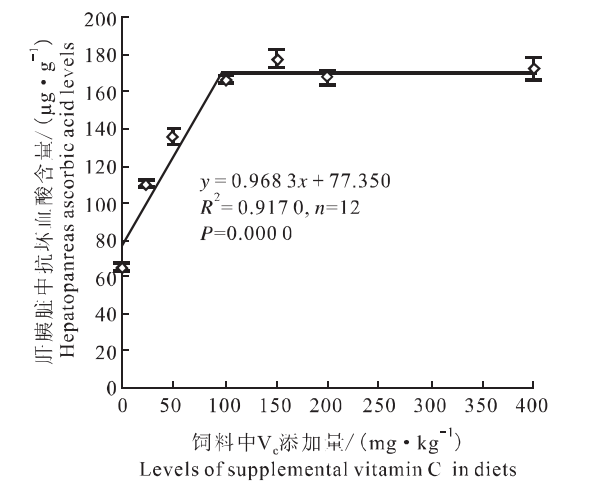


图 2 饲料中 V_c 添加量与肝胰脏抗坏血酸含量之间的关系
Fig. 2 Relationship between hepatopancreas ascorbic acid levels and levels of supplemental vitamin C in diets

3 讨论

本实验观察到,当饲料中不添加 V_c 时,翘嘴𩚰 鱼种受小瓜虫(*Ichthyophthirius spp.*)寄生,成活率

显著降低。而在整个实验期间,其他各组实验鱼均未受寄生虫感染。因此,饲料中添加 V_c 可能可以增强实验鱼抵御寄生虫侵袭的能力。该现象与虹鳟(*Onchorhynchus mykiss*)摄食含正常和高剂量 V_c 的

饲料,比摄食不含 V_c 的饲料时抵御纤毛虫(*Ichthyophthirius multifiliis*)寄生的能力要强相类似^[14]。本实验中,摄食不添加 V_c 饲料的实验组鱼未出现其他 V_c 缺乏症症状,可能与基础饲料中含有一定量的 V_c 及该实验组的鱼体生长较慢有关。但实验结束时, V_c 添加量为 25~50 mg/kg 的 2 个实验组中,有少量实验鱼的鱼体出现变形和弯曲的 V_c 缺乏症症状,相似的现象在对其他鱼类的研究中也有报道^[14-19]。这些研究者认为,当饲料中 V_c 含量达到最佳生长所需的最低含量时,并不足以防止缺乏症的出现。

翘嘴鲌鱼种摄食 V_c 含量不足的饲料还会导致生长减慢,饲料效率和蛋白质效率降低;在饲料中添加 V_c 能显著提高生长速度,提高饲料效率和蛋白质效率。这可能是因为 V_c 在蛋白质代谢的某些方面起着重要作用从而对鱼类生长有着促进作用^[10]。但当饲料中 V_c 的添加量达到一定水平后,再增大添加量,鱼的生长速度并不能继续提高。这样的生长反应与部分同类研究结果相一致^[6,10,20-22]。

翘嘴鲌鱼种摄食不同 V_c 含量的饲料 8 周,其鱼体营养成分不受影响。与对罗非鱼(*Oreochromis spilurus*)^[23]和金头鲷(*Sparus aurata*)^[11]的研究结果一致。但对致点带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)^[24]的研究显示,饲料中 V_c 缺乏或过高的均可导致体脂含量下降,本研究结果与之有所不同。

本实验所测定的翘嘴鲌鱼种 3 种组织中抗坏血酸含量由高到低依次为脑、肝胰脏和肌肉,与对罗非鱼(*Oreochromis spilurus*)^[23]、条石鲷(*Oplegnatus fasciatus*)^[25]及许氏平鲉(*Sebastes schlegelii*)^[10]的研究结果相一致。肌肉中抗坏血酸含量与饲料中的 V_c 添加量成正相关关系,而且其含量是所测定的 3 种组织中最低的。Al-Amoudi 等^[23]认为,这是由于肌肉组织的活跃性所致,肌肉中的抗坏血酸以一种可消费的形式存在,能直接参与生理活动。翘嘴鲌鱼种肝胰脏中抗坏血酸含量先随饲料中 V_c 添加量的增加而显著上升,但当添加量达到一定量后,继续增加,则肝胰脏中抗坏血酸达到饱和状态,该现象与许多研究的结果相同^[9,15,17,20,26-28]。肝组织中抗坏血酸含量常被用于评价鱼类对 V_c 需要量的指标。Foumier 等^[28]进一步强调,肝脏抗坏血酸饱和浓度是估算欧洲鲈鱼对 V_c 需要量的最可信的指标。

在本实验条件下,以鱼体增重为指标,求得翘嘴鲌鱼种饲料中 V_c 的适宜添加量为 53 mg/kg。以肝胰脏中抗坏血酸水平为指标,求得翘嘴鲌鱼种饲料中 V_c 的适宜添加量为 97 mg/kg。后者高于前者。根据翘嘴鲌鱼种摄食 V_c 添加量为 50 mg/kg 的实验饲料后,尚有部分实验鱼出现变形和弯曲等缺乏症的情况来判断,以鱼体增重为指标来确定饲料中 V_c 的添加量尚不能完全满足某些器官正常生长的需要。因此,以用肝胰脏中抗坏血酸水平达到饱和时,饲料中 V_c 的最低添加量来作为翘嘴鲌鱼种饲料中的适宜添加量推荐值更为可靠。

参考文献:

- [1] National Research Council. Nutrient Requirements of Fish [C]//Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture. Washington D C: National Academy Press, 1993: 31-32.
- [2] Wali T, Verlhac V, Girling P, et al. Influence of dietary vitamin C on the wound healing process in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 2003, 225: 371-386.
- [3] Sakakura Y, Koshio S, Iida Y, et al. Dietary vitamin C improves the quality of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) seedlings [J]. Aquaculture, 1998, 161: 427-436.
- [4] Moreau R, Dabrowaki K, Sato P H, Renal L-gulono-l, 4-lactone oxidase activity as affected by dietary ascorbic acid in lake sturgeon [J]. Aquaculture, 1999, 180: 359-372.
- [5] Bagni M, Archetti L, Amadori M, et al. Effect of long-term oral administration of an immunostimulant diet on innate immunity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. J Veter Med B. Infect Dis Veter Public Health, 2000, 47(10): 745-75.
- [6] Gouillou-Coustans M F, Bergot P, Kaushik S J, et al. Dietary ascorbic acid needs of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae [J]. Aquaculture, 1998, 161: 453-461.
- [7] Moreau R, Dabrowski K. Biosynthesis of ascorbic acid by ex-tant actinopterygians [J]. J Fish Biol, 2000, 57: 733-745.
- [8] Fracalossi D M, Allen M E, Yuyama L K, et al. Ascorbic acid biosynthesis in Amazonian fishes [J]. Aquaculture, 2001, 192: 321-332.
- [9] Shiau S Y, Hsu T S. quantification of vitamin C requirement for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*, with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na and L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg [J]. Aquaculture, 1999, 175: 317-326.
- [10] Wang X, Kim K W, Bai S C. Comparison of L-ascorbyl-2-monophosphate-Ca with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na/Ca on growth and tissue ascorbic acid concentrations in Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) [J]. Aquaculture, 2003, 225: 387-395.
- [11] Alexis M N, Nengas I, Fountoulaki E, et al. Tissue ascorbic acid levels in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fingerlings fed diets containing dif-

- ferent forms of ascorbic acid[J]. *Aquaculture*, 1999, 179: 447—456
- [12] 陈建明, 叶金云, 王友慧, 等. 翘嘴鲌幼鱼对蛋白质的需求量[J]. *水产学报*, 2005, 29(1): 83—86
- [13] 陈建明, 叶金云, 潘茜, 等. 翘嘴鲌鱼种饲料中脂肪适宜水平的初步研究[J]. *水产养殖*, 2005, 26(2): 1—2.
- [14] Wahli T, Meier W, Pffister K. Ascorbic acid induced immune-mediated decrease in mortality in infected rainbow trout(*Salmo gairdneri*) [J]. *Acta Tropical Fisheries*, 1986, 43: 287—289.
- [15] Hilton J W, Cho C Y, Slinger S J. Effect of graded levels of supplemental ascorbic acid in practical diets fed to rainbow trout(*Salmo gairdneri*) [J]. *J Fish Res Board Can*, 1978, 35: 431—436.
- [16] Halver J E, Ashley L M, Smith R R. Ascorbic acid requirements of coho salmon and rainbow trout[J]. *Trans Amer Fish Soc*, 1969, 98: 762—771
- [17] Lim C, Lovell R T. Pathology of dietary vitamin C deficiency syndrome in channel catfish(*Ictalurus punctatus*) [J]. *J Nutr*, 1978, 108, 1: 137—146.
- [18] Sato M, Yoshinaka R, Kondo T. Accumulation of undehydroxylated collagen in ascorbic acid deficient rainbow trout[J]. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1982, 48: 953—957.
- [19] Chavez de Martinez M C. Histopathology of vitamin C deficiency in a cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* [J]. *J Fish Dis*, 1991, 14(5): 507—519.
- [20] Kanazawa A, Teshima S I, Koshio S, et al. Effect of L-ascorbyl-2-phosphate-Mg on the yellowtail, *Seriola quinqueradiata* as a vitamin C source[J]. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1992, 58: 337—341.
- [21] Aguirre P, Gatlin III D M. Dietary vitamin C requirement of red drum *Sciaenops ocellatus* [J]. *Aqu Nutr*, 1999, 5(4): 247—249
- [22] 宋学宏, 蔡春芳, 潘新法, 等. 用生长和非特异性免疫力评定异育银鲫维生素 C 需要量[J]. *水产学报*, 2002, 26(4): 351—356.
- [23] Al-Amoudi M M, El-Nakadi A M N and El-Nouman B M. Evaluation of optimum dietary requirement of vitamin C for the growth of *Oreochromis spilurus* fingerling in water from Red Sea[J]. *Aquaculture*, 1992, 105: 165—173.
- [24] 周歧存, 刘永坚, 麦康森, 等. 维生素 C 对点带石斑鱼生长及组织中维生素 C 积累量的影响[J]. *海洋与湖泊*, 2005, 36(2): 152—158.
- [25] Wang X, Kim K W, Bai S, et al. Effects of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish, (*Oplegnathus fasciatus*) [J]. *Aquaculture*, 2003, 215: 203—211.
- [26] Matusiewicz M, Dabrowski K, Volker L. Ascorbate polyphosphate is bio-available vitamin C source in juvenile rainbow trout; tissue saturation and compartmentalization model[J]. *J Nutr*, 1995, 125: 3 055—3 061.
- [27] Lin M F, Shiau S Y. Requirement of vitamin C (L-ascorbyl-2-sulphate and L-ascorbyl-2-polyphosphate) and its effects on non-specific immune response of grouper, *Epinephelus malabaricus* [J]. *Aqu Nutr*, 2005, 11: 183—189.
- [28] Fournier V, Gouillou-Coustans M F, Kaushik S J. Hepatic ascorbic acid saturation is the most stringent response criterion for determining the vitamin C requirement of juvenile European sea bass(*Dicentrarchus labrax*) [J]. *J Nutr*, 2001, 30(3): 617—620.

Effects of vitamin C supplement in diet on growth performance and tissue ascorbic acid levels of *Culter alburnus* fingerlings

CHEN Jian-ming, YE Jin-yun, PAN Qian, WANG You-hui

(Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, China)

Abstract: *Culter alburnus* has become a new aquaculture candidate in recent years. With the expansion of its commercial farming industry, the demand for developing cost-effective formulated feed is increasing. However, few dietary requirements of this species have been defined. Vitamin C is one of the most important essential nutrients for teleosts including *Culter alburnus*. The objective of this study is to evaluate the suitable level of supplemental vitamin C in a practical diet. Seven test diets containing various levels of dietary vitamin C were formulated by supplementing coated vitamin C. The levels of vitamin C equivalent supplemented in the diet were 0 mg/kg, 25 mg/kg, 50 mg/kg, 100 mg/kg, 150 mg/kg, 200 mg/kg and 400 mg/kg dry diet respectively. The diets were fed to seven fish groups in triplicate for 8 weeks. The initial body weight of the fish was (3.71 ± 0.11) g. The results showed that, the survival rate of the fish fed the diet without vitamin C supplement was significantly lower than those of other groups ($P < 0.05$). Weight gains of fish fed diets with vitamin C levels ranging from 0 to 50 mg/kg showed significant differences ($P < 0.05$) and had tendency to increase with the increment of supplemented dietary vitamin C. But further increasing of dietary vitamin C supplement (to levels above 50 mg/kg dry diet) did not increase the weight gains ($P > 0.05$). Fish fed diets with 0 and 25 mg/kg of supplemented vitamin C had significantly lower feed efficiencies and protein efficiency ratios than those in other treatments. The hepato-somatic index and whole fish body composition were not affected by dietary vitamin C ($P > 0.05$). Muscle ascorbic acid level increased accordingly with increasing of dietary vitamin C. Hepatopancreas ascorbic acid levels increased significantly ($P < 0.05$) when the levels of dietary vitamin C increased from 0 to 100 mg/kg, and appeared to reach a plateau at the level of 100 mg/kg and higher. Broken line regression analysis of weight gain or level of hepatopancreas ascorbic acid showed that the optimum level of vitamin C was 53 mg/kg or 97 mg/kg respectively. Since some fish in 50 mg/kg vitamin C group were observed to have body deformities, which was reported to be one of symptoms of dietary vitamin C deficiency, the minimum level of vitamin C for normal growth may be lower than that required for the normal development of some specific organs of this species. For this reason, it was recommended that the suitable level of supplemental vitamin C to *Culter alburnus* diet be about 97 mg/kg dry diet. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(1): 106–112]

Key words: *Culter alburnus*; vitamin C; growth performance; levels of tissue ascorbic acid