

李潇轩,李志辉,杨志强,等.不同剂型维生素C对锦鲤生长及其组织中维生素C含量的影响[J].渔业研究,2019,41(1):58-62.

不同剂型维生素C对锦鲤生长及其组织中 维生素C含量的影响

李潇轩,李志辉,杨志强,朱天,陈建清,
黄鸿兵,韩飞,潘建林,张翠林

(江苏省淡水水产研究所,江苏南京210017)

摘要: 为了研究饲料中添加不同剂型维生素C对锦鲤生长性能及其组织中维生素C含量的影响,按饲料中维生素C有效含量为50、100、150、200 mg/kg的剂量分别添加维生素C多聚磷酸酯和包膜维生素C,进行为期60 d的锦鲤饲养试验。结果表明,当分别在饲料中添加维生素C多聚磷酸酯100~200 mg/kg和包膜维生素C150~200 mg/kg(均以有效维生素C含量计)时,锦鲤生长速度较快,成活率较高,尤其是有效维生素C含量分别在150 mg/kg和200 mg/kg时,锦鲤肌肉和肝脏组织维生素C含量最高,且肝脏的维生素C含量高于肌肉;饲料中添加维生素C多聚磷酸酯对锦鲤的生长促进效果优于添加包膜维生素C。

关键词: 锦鲤;维生素C;生长;组织

中图分类号: S963.73+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-5601(2019)01-0058-05

维生素C,又称抗坏血酸,作为动物生长所必需的微量营养元素,在动物机体生理代谢调节过程起着至关重要的作用,即在动物生长发育、抗应激、免疫等方面均具有促进作用^[1]。多数脊椎动物自身具有合成维生素C的能力,但鱼类体内因缺乏L-2古洛内酯氧化酶而不能自主合成维生素C,因此必须从食物中摄取,进而满足自身生长发育的需求^[2]。缺乏维生素C易导致鱼类出现脊柱畸变、软骨组织变异、体内出血、鳍部腐烂及生长减缓等症状^[3-4]。

维生素C作为一种水溶性维生素,其晶体结构非常不稳定,易被氧化而失效,因此晶体维生素C不适合作为饲料添加剂直接使用^[5]。因作为鱼类生长所必需的营养元素及自身的化学不稳定性,维生素C一直是鱼类饲料配方研究的

重点。目前,鱼类饲料添加维生素C的剂型包括维生素C盐、包膜维生素C、维生素C衍生物。维生素C盐(抗坏血酸钠、抗坏血酸钙)成本低、含量高,但稳定性低;包膜维生素C是用一层膜(脂肪、乙基纤维素)包裹维生素C,以隔绝外界环境,稳定性较高,含量在95%左右;维生素C衍生物(维生素C硫酸酯、维生素C多聚磷酸酯、维生素C单聚磷酸酯)是目前化学性质最稳定的化合物,可被动物充分吸收利用^[6]。

锦鲤(*Cyprinus carpio*)作为我国重要的观赏鱼养殖品种之一,因其体型优美、色彩艳丽、花纹多样、游姿健硕,故誉之为“会游泳的艺术品”^[7]。目前,对锦鲤饲料营养的研究主要在蛋白质、脂肪、增色剂等对锦鲤的生长和体色的影

收稿日期:2018-11-20

资助项目:2018年江苏省省级水产三新工程“锦鲤品系改良及产业化开发”(D2018-2)。

作者简介:李潇轩(1982-),男,高级工程师,主要从事水产动物遗传育种研究。E-mail:32099811@qq.com

响^[8-10]。维生素 C 是常见的饲料添加剂之一，但鱼类对不同剂型维生素 C 吸收利用的效果不同^[11]。目前关于锦鲤对不同剂型维生素 C 的吸收利用效果未知。因此，本研究选取稳定性较强的维生素 C 多聚磷酸酯和包膜维生素 C 作为维生素 C 剂型，探讨不同剂型维生素 C 对锦鲤生长的影响，旨在为锦鲤饲料选择合适的维生素 C 剂型，并为锦鲤饲料维生素 C 添加剂的研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料与制备

表 1 基础饲料成分及营养指标^[13]

Tab. 1 Composition and nutrient levels of the basal diet

%

原料 Ingredients	含量 Content	营养组成 Nutritional level	含量 Content
鱼粉 Fish meal	25.0	粗蛋白 Crude protein	33.45
豆粕 Cardamom	15.0	粗脂肪 Crude fat	7.18
双低菜粕 Double low dish	15.0	粗灰分 Coarse ash	8.30
小麦粉 Wheat flour	20.0	水分 Moisture	8.99
螺旋藻粉 Spirulina powder	12.0		
次粉 Secondary powder	2.5		
维生素预混料(不含 V _C) Vitamin premix(V _C free)	3.8		
矿物质预混料 Mineral premix	2.7		
膨润土 Bentonite	2.0		
大豆磷脂 Soy lecithin	2.0		
合计 Total	100		

1.2 试验设计与管理

试验锦鲤选自江苏省淡水水产研究所禄口基地繁育的同一批锦鲤苗种。挑选健康活泼、规格一致的锦鲤苗种于室内循环水养殖池中，投喂基础饲料驯化 10 d，然后选择大小一致、体重 (121.41 ± 1.83) g 的锦鲤，随机分为 9 组，每组 35 尾锦鲤幼鱼，每组 3 个重复，每组分别投喂含有不同剂型和剂量的维生素 C 配制饲料，以投喂未添加维生素 C 的基础饲料处理组为对照组，投喂添加维生素 C 饲料的处理组为试验组。试验在室内水泥池（体积 400 L）中进行，饲养 60 d。

养殖用水为曝气后的自来水，试验期间水温

参照孟素宣等锦鲤试验的饲料配方^[12]配制试验基础饲料，基础饲料成分及营养指标如表 1 所示。本试验以维生素 C 多聚磷酸酯（维生素 C 有效含量 35%）和包膜维生素 C（维生素 C 有效含量 95%）作为饲料维生素 C 剂型。在试验基础饲料中，分别添加维生素 C 多聚磷酸酯 142、285、428、571 mg/kg 和包膜维生素 C 52、105、157、210 mg/kg，两者折算成维生素 C 有效含量均为 50、100、150、200 mg/kg（相关资料表明鲤鱼对维生素 C 的需求量在 100 mg/kg 左右）。

(26.3 ± 2.5) °C，pH (7.6 ± 0.3)，溶氧量 >5.2 mg/L，氨氮含量 <0.5 mg/L。每天早晚（08：00、18：00）各投喂 1 次，日投喂量占鱼总体重的 5%，每天根据锦鲤摄食、活动水平适当调整投喂量，并记录锦鲤死亡数和重量。

1.3 样品的采集与测定

试验结束后，并饥饿处理 24 h 后再分别称取每组鱼体质量。每组随机选取 5 尾锦鲤，取其肌肉和肝脏组织，然后根据南京建成生物研究所提供的试剂盒操作说明测定组织维生素 C 含量。

1.4 计算公式

增重率 (WGR, %) = $(W_e + W_d - W_0) / W_0 \times 100\%$

特定生长 (SGR, %/d) = $(\ln W_e - \ln W_0) / T \times 100\%$

成活率 (SR, %) = $N_e / N_0 \times 100\%$

式中, W_e 为结束时鱼的体质量, g; W_d 为死亡鱼的体质量, g; W_0 为鱼的初始体质量, g; T 为试验天数, d; N_e 为试验结束鱼尾数; N_0 为试验初始鱼尾数。

1.5 数据统计与分析;

试验数据采用平均值 \pm 标准差的方法表示, 并采用 SPSS 16.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 饲料中不同剂型和剂量维生素 C 对锦鲤生长性能的影响

饲料中不同剂型和剂量维生素 C 对锦鲤生

长性能的影响见表 2。锦鲤特定生长率和增重率随饲料中维生素 C 多聚磷酸酯和包膜维生素 C 添加量的增加而升高。试验组锦鲤的特定生长率与对照组的差异不显著 ($P > 0.05$); 添加维生素 C 多聚磷酸酯试验组锦鲤的增重率显著高于对照组 ($P < 0.05$), 分别添加包膜维生素 C 100、150 和 200 mg/kg 试验组的锦鲤增重率均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。在添加维生素 C 有效剂量相同时, 饲料添加维生素 C 多聚磷酸酯的锦鲤生长速度快于添加包膜维生素 C。锦鲤成活率随饲料中维生素 C 多聚磷酸酯和包膜维生素 C 添加量的增加呈现先升高后趋于平稳的趋势, 且试验组的锦鲤成活率均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。

表 2 饲料中不同剂型和剂量维生素 C 对锦鲤的生长性能的影响

Tab. 2 Effects of different dietary vitamin C levels from different sources on growth performance

of <i>Cyprinus carpio</i>									mg/kg
指标 Index	对照 Control		维生素 C 多聚磷酸酯 LAPP				包膜维生素 C CAA		
	0	50	100	150	200	50	100	150	200
初重/g IBW	121.22 ± 1.48	121.82 ± 1.35	120.62 ± 1.62	122.14 ± 2.16	121.51 ± 1.78	121.97 ± 1.55	120.87 ± 2.70	121.58 ± 1.01	120.92 ± .67
特定生长率/ (%/d)SGR	0.96 ± 0.02	1.10 ± 0.01	1.16 ± 0.03	1.25 ± .03	1.30 ± 0.02	1.03 ± 0.02	1.08 ± 0.03	1.14 ± 0.01	1.18 ± 0.03
增重率/% WGR	78.06 ± 2.16 ^c	93.39 ± 1.71 ^b	100.84 ± 3.80 ^a	112.24 ± 4.28 ^a	118.75 ± 2.72 ^a	85.73 ± 2.41 ^{bc}	91.70 ± 3.10 ^b	98.25 ± 1.27 ^a	103.36 ± 3.56 ^a
成活率/ % SR	70.48 ± 1.35 ^c	88.57 ± 2.33 ^b	90.48 ± 3.56 ^{ab}	94.29 ± 2.33 ^a	95.19 ± 1.35 ^a	80.00 ± 2.33 ^b	84.76 ± 3.56 ^b	90.48 ± 1.35 ^a	91.38 ± 2.69 ^a

注: 同行数据肩注不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同此。

Notes: In the same row, values with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

2.2 饲料中不同剂型和剂量维生素 C 对锦鲤肌肉和肝脏维生素 C 含量的影响

饲料中不同剂型和剂量维生素 C 对锦鲤肌肉和肝脏中维生素 C 含量的影响见表 3。锦鲤肌肉和肝脏维生素 C 含量随维生素 C 多聚磷酸酯和包膜维生素 C 添加量的增加呈先升高后趋于

平稳的趋势 ($P < 0.05$), 肝脏的维生素 C 含量显著高于肌肉 ($P < 0.05$)。在添加维生素 C 有效剂量相同时, 饲料添加维生素 C 多聚磷酸酯组的锦鲤肌肉和肝脏中维生素 C 含量均高于包膜维生素 C 组。

表 3 饲料中不同剂型和剂量维生素 C 对锦鲤肌肉和肝脏维生素 C 的影响

Tab. 3 Effects of different dietary vitamin C levels from different sources on muscle and liver V_C concentrations

of <i>Cyprinus carpio</i>										mg/kg
指标 Index	对照 Control	维生素 C 多聚磷酸酯 LAPP				包膜维生素 C CAA				
	0	50	100	150	200	50	100	150	200	
肌肉 Muscle	6.17 ± 0.78 ^d	17.46 ± 1.25 ^c	23.58 ± 0.90 ^b	38.53 ± 1.17 ^a	36.37 ± 1.14 ^a	14.03 ± 0.99 ^c	20.38 ± 1.03 ^b	27.38 ± 1.13 ^{ab}	34.06 ± 1.39 ^a	
肝脏 Liver	16.87 ± 1.10 ^d	35.89 ± 1.19 ^c	49.08 ± 1.12 ^b	65.08 ± 1.89 ^a	62.61 ± 1.22 ^a	28.37 ± 0.82 ^c	36.55 ± 1.06 ^b	45.06 ± 1.20 ^{ab}	59.66 ± 1.05 ^a	

3 讨论

维生素C衍生物和包膜维生素C具有较强的稳定性,是目前生产中常用的维生素C剂源。因理化性质的不同,维生素C在鱼类饲料中的应用效果存在一定的差异。王道尊等通过向青鱼饲料中添加维生素C-2-硫酸酯的研究发现,青鱼会发生不同程度的维生素C缺乏症,表明青鱼不能通过摄取维生素C-2-硫酸酯来吸收维生素C^[14]。冷向军等研究发现,青鱼摄食含有包膜维生素C和维生素C-2-多聚磷酸酯后,青鱼畸形率可降至0,摄食添加维生素C-2-多聚磷酸酯饲料的青鱼生长速度要快于添加包膜维生素C^[15]。由此可见,鱼类对不同维生素C剂型的吸收利用存在差异性。本试验结果表明,在维生素C有效含量同一水平条件下,摄食含有维生素C多聚磷酸酯饲料的锦鲤生长速度比含有包膜维生素C快。这可能是由于包膜维生素C表面的包膜在饲料制作过程中,温度、压力和摩擦等因素一定程度上会氧化包膜维生素C,而维生素C多聚磷酸酯则是通过化学方法保护维生素C的有效活性,稳定性高于包膜维生素C,因此饲料中添加维生素C多聚磷酸酯经加工后的维生素C有效活性高于添加包膜维生素C。维生素C是多数鱼类生长所必需的营养元素。崔峰等研究表明,使用缺乏维生素C饲料投喂团头鲂,团头鲂表现为生长发育缓慢^[16]。本试验结果同时也证明鱼类缺乏维生素C会导致鱼类生长减缓和死亡率升高。

鱼类对不同剂型维生素C的吸收利用效果不同,因而鱼类机体组织维生素C积累达到稳定含量所需的维生素C剂型添加量也不同,且不同组织对维生素C的积累量存在一定的差异^[17-18]。当青鱼饲料维生素C添加量在400 mg/kg(包膜维生素C)或200 mg/kg(维生素C-2-多聚磷酸酯)时,肝脏维生素C积累量达到稳定^[15]。本试验中,当饲料中维生素C有效含量为150 mg/kg(维生素C多聚磷酸酯)或200 mg/kg(包膜维生素C)时,锦鲤肝脏和肌肉组织维生素C含量达到最高水平。这进一步表明鱼类对不同剂型维生素C的吸收利用效果不同。

参考文献:

- [1] 郝甜甜,王丽丽,王际英,等. 维生素C对急性低温胁迫下珍珠龙胆石斑鱼HPI轴及生理生化的调控[J]. 水产学报, 2017, 41(3): 428-437.
- [2] Krasnov A, Reinisalo M, Pitkänen T I, et al. Expression of rat gene for L-gulonon-gamma-lactone oxidase, the key enzyme of L-ascorbic acid biosynthesis, in guinea pig cells and in teleost fish rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Biochimica et Biophysica Acta, 1998, 1381(2): 241.
- [3] Eo J, Lee K J. Effect of dietary ascorbic acid on growth and non-specific immune responses of tiger puffer, *Takifugu rubripes* [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2008, 25(5): 611-616.
- [4] 胡倡华. 维生素C在水产饲料中的应用[J]. 河南畜牧兽医(综合版), 2000, (10): 11.
- [5] 王吉桥,王文辉,李文宽,等. 饲料蛋白质和维生素C含量对黄颡鱼生长和免疫力的影响[J]. 水产学报, 2005, 29(4): 512-518.
- [6] 陈宏,孙国君,谭守仁. 水产动物对维生素C的需要及饲用维生素C源的选择[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2002, 6(4): 339-343.
- [7] 苏建通. 锦鲤的养殖与鉴赏[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [8] 姜志强,石洪玥,崔培,等. 不同蛋白水平的螺旋藻饲料对锦鲤体色、生长及免疫的影响[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(3): 95-103.
- [9] 张晨,刘倩,顾宪明,等. 饲料中不同添加剂组合对锦鲤生长和体色的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2017, 32(4): 410-415.
- [10] 李建光,胡世然,刘霆,等. 四种增色剂对锦鲤的生长、形体、体色和抗氧化能力的影响[J]. 中国饲料, 2009, (16): 33-36.
- [11] 严芳芳. 不同加工工艺对鱼饲料维生素保留率的影响[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [12] 孟素宣,史东杰,秦佳,等. 蝇蛆粉替代鱼粉对锦鲤生长、体组成、体色和非特异性免疫的影响[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(8): 2066-2070.
- [13] 李志辉,杨志强,李潇轩,等. 维生素C对锦鲤生长性能、非特异性免疫及其组织中维生素C含量的影响[J]. 渔业研究, 2018, 40(5): 386-392.
- [14] 王道尊,陈琳. 青鱼对抗坏血酸-2-硫酸酯吸收利用性能的研究[J]. 水产科技情报, 1996,

- (4): 151 – 158.
- [15] 冷向军, 王道尊, 李小勤. 青鱼鱼种饲料中不同剂型维生素 C 适宜添加量的研究 [J]. 四川农业大学学报, 2002, 20 (2): 141 – 143.
- [16] 崔峰, 王松, 鲍方印, 等. 饲料中添加不同类型 Vc 对团头鲂幼鱼生长的影响 [J]. 安徽科技学院学报, 2002, 16 (4): 7 – 9.
- [17] Blom J H, Dabrowski K. Reproductive success of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to graded dietary ascorbyl monophosphate levels [J]. Biology of Reproduction, 1995, 52 (5): 1073 – 1080.
- [18] Falahatkar B, Dabrowski K, Arslan M. Ascorbic acid turnover in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: Is there a vitamin enrichment effect during embryonic period on the juvenile fish “sensitivity” to deficiency [J]. Aquaculture, 2011, 320 (1): 99 – 105.

Effects of dietary vitamin C levels and sources on the growth and tissue vitamin C content of *Cyprinus carpio*

LI Xiaoxuan, LI Zhihui, YANG Zhiqiang, ZHU Tian, CHEN Jianqing,
HUANG Hongbing, HAN Fei, PAN Jianlin, ZHANG Cuilin
(Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu, Nanjing 210017, China)

Abstract: To clarify the effects of vitamin C supplement in diet from different sources on the growth performance and tissue vitamin C content of *Cyprinus carpio*, four levels of coated – ascorbic acid (CAA) or ascorbic acid polyphosphate (LAPP) (50, 100, 150, and 200 mg/kg, vitamin C effective content in diet) were used. The experiment period was 60 d. The results showed that the optimal vitamin C effective content of LAPP and CAA requirements were 100 ~ 200 mg/kg diet and 150 ~ 200 mg/kg diet in koi juveniles, respectively. The fish groups of 150 mg (LAPP) /kg diet and 200 mg (CAA) /kg diet had the maximal vitamin C content in muscle and liver. And the liver vitamin C concentrations were higher than that of the muscle vitamin C concentrations. In conclusion, LAPP had advantage over CAA in promoting the growth of *Cyprinus carpio*.

Key words: *Cyprinus carpio*; vitamin C; growth; tissue