文章编号: 1674-5566(2010)02-0196-05

饲料中添加不同形式叶黄素对杂交鲢体色的影响

史少奕¹, 李小勤¹, 冷向军¹, 朱瑞俊¹, 吴世林²

(1. 上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306;

2. 智特奇饲料科技有限公司, 广东 广州 510507)

摘要:通过在饲料中添加4种不同形式叶黄素考察其对杂交鲢(*Silurus meridionalis* Chen × *Silurus asotus* Linnaeus)体色的影响。实验共分5个处理组,分别为基础饲料组(对照组)、添加普通叶黄素(以黄体素为主)200 mg/kg组、转化叶黄素(以玉米黄质为主)200 mg/kg组、包被普通叶黄素100 mg/kg组、包被转化叶黄素100 mg/kg组。以上述5种饲料分别饲喂平均体重为61 g的杂交鲢20 d。结果表明,各组生长指标无显著差异;各叶黄素添加组鱼体背部皮肤、腹部皮肤黄度值及皮肤、肌肉叶黄素含量均显著高于对照组($P < 0.05$),普通叶黄素组背部皮肤、腹部皮肤叶黄素含量较转化叶黄素组显著提高20.3%、11.3% ($P < 0.05$);添加100 mg/kg包被普通叶黄素对杂交鲢的着色效果与200 mg/kg普通叶黄素几乎相当;添加100 mg/kg包被转化叶黄素对杂交鲢的着色效果不及200 mg/kg转化叶黄素。上述研究表明,普通叶黄素对杂交鲢的着色效果优于转化叶黄素;普通叶黄素经包被处理后,在饲料中的添加量降低50%便能达到相同的着色效果。

关键词:杂交鲢;体色;叶黄素

中图分类号: S 963.73; S 965.128

文献标识码: A

Effect of different forms of xanthophylls on body color of hybrid catfish (*Silurus meridionalis* Chen × *Silurus asotus* Linnaeus)

SHI Shao-yi¹, LI Xiao-qin¹, LENG Xiang-jun¹, ZHU Rui-jun¹, WU Shi-lin²

(1. Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University

Ministry of Education, Shanghai 201306, China;

2. Zhiteqi Technology Co., Ltd. Guangdong Guangzhou 510507, China)

Abstract: The objective of this study was to investigate the effect of four different forms of xanthophylls added in feeds on body color of hybrid catfish (*Silurus meridionalis* Chen × *Silurus asotus* Linnaeus). Five diets were prepared in the study, i.e. basal diet (control), basal diet supplemented with 200 mg/kg normal xanthophylls, 200 mg/kg transformed xanthophylls, 100 mg/kg coated normal xanthophylls and 100 mg/kg coated-transformed xanthophylls and fed to hybrid catfish for 20 days. The results indicated no significant differences in growth among treatments but the value of yellowness of the dorsal-ventral skin and xanthophylls content in skin-muscle of fish fed different xanthophylls were significantly higher than those of control ($P < 0.05$). The content of xanthophylls in dorsal and ventral skin of normal xanthophylls group were increased by

收稿日期: 2009-05-19

基金项目: 上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 史少奕(1983-), 女, 硕士研究生, 专业方向为水产动物营养与饲料研究。E-mail: sssy19831011@163.com

通讯作者: 冷向军, E-mail: xleng@shou.edu.cn

20.3%, 11.3% compared with transformed xanthophylls group ($P < 0.05$). Pigmentation effect of 100 mg/kg coated normal xanthophylls was similar to 200 mg/kg normal xanthophylls whereas 100 mg/kg coated-transformed xanthophylls was worse than 200 mg/kg transformed xanthophylls. We conclude that better pigmentation was obtained by adding normal xanthophylls than transformed xanthophylls and when the adding dose of coated normal xanthophylls was half of normal xanthophylls the pigmentation effect of former was same as the latter.

Key words: hybrid catfish (*Silurus meridionalis* Chen $\times$ *Silurus asotus* Linnaeus); body color; xanthophylls

鱼类所呈现的红、黄等色泽, 主要是由叶黄素类着色剂决定, 包括黄体素、玉米黄质、虾青素等^[1]。目前, 叶黄素类着色剂已在鱼类养殖中得到一定程度的应用。在饲料中添加 100 mg/kg 或 57 mg/kg 虾青素后, 虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 肌肉均呈现红色, 且肌肉虾青素含量显著提高^[2-3]; 大西洋鲑 (*Salmo salar*) 摄食含 55 mg/kg 虾青素的饲料后, 肌肉也显现红色^[4]; 100 mg/kg 叶黄素 (万寿菊提取物) 可使胡子鲢呈现出野生个体天然具有的黄色^[5]。

杂交鲢是以南方大口鲢 (*Silurus meridionalis* Chen) 为父本、鲢鱼 (*Silurus asotus* Linnaeus) 为母本杂交而得。市场对其体色要求通常为黄色, 尽管养殖中已有添加叶黄素改善其体色的实践, 但目前尚未见有关报道。市售叶黄素产品主要为万寿菊提取物, 以黄体素为主, 含少量玉米黄质。以黄体素为主的叶黄素在水产饲料中已有研究报道^[5-6], 但以玉米黄质为主的叶黄素未见研究应用。此外, 叶黄素性质不稳定, 包被是提高其稳定性的有效方法, 但目前尚未见包被叶黄素在水产饲料中的应用。

本实验通过添加普通叶黄素 (以黄体素为主)、转化叶黄素 (以玉米黄质为主) 及两者的包被形式, 考察不同形式叶黄素对杂交鲢的着色效果, 为饲用色素在水产饲料中的合理应用和养殖鱼类品质的改善提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计和试验饲料

在基础饲料中分别添加普通叶黄素、转化叶黄素、包被普通叶黄素、包被转化叶黄素 (普通叶黄素和转化叶黄素中黄体素和玉米黄质的质量比例分别为 90:10 和 30:70), 其叶黄素有效含量分别为 200 mg/kg, 200 mg/kg, 100 mg/kg, 100 mg/kg。基础饲料配方及营养组成见表 1 (风干基

础, 基础饲料含叶黄素 0.8 mg/kg 相对于叶黄素添加量可忽略不计)。

表 1 基础饲料配方及营养组成

Tab. 1 Ingredient and nutritional composition of basal diet

成分	比例	营养水平	比例
鱼粉	20.00%	水分	8.74%
豆粕	30.00%	粗蛋白	35.62%
棉粕	5.00%	粗脂肪	6.71%
菜粕	11.00%	粗灰分	8.35%
次粉	21.70%		
麸皮	7.00%		
维生素预混料	0.50%		
矿物质预混料	0.40%		
氯化胆碱	0.40%		
磷酸二氢钙	1.50%		
鱼油	1.50%		
豆油	1.00%		
合计	100.00%		

注: 维生素预混料和矿物质预混料在每千克饲料中的添加量 (mg) 为: V_A, 6 000 IU; V_D, 2 000 IU; V_E, 50; V_K, 5; V_{B1}, 15; V_{B2}, 15; V_{B3}, 25; V_{B5}, 30; V_{B6}, 10; V_{B7}, 0.2; V_{B11}, 3; V_{B12}, 0.03; Inositol 100; V_C, 100; Z_n 80; Fe 150; Cu 4; Mn 20; I 0.4; Co 0.1; Se 0.1; Mg 100。

饲料原料全部经粉碎过 40 目筛, 充分混合均匀后, 用挤压机制作成慢沉性颗粒饲料 (粒径 2 mm), 晾干后存于 4℃ 冰箱中暗置备用。

1.2 试验用鱼

本试验所用杂交鲢为南方大口鲢 (♂) 与鲢鱼 (♀) 的杂交后代, 平均体重为 (61.03 ± 0.90) g 体色浅灰色, 共分 5 个试验组 (对照组、普通叶黄素组、转化叶黄素组、包被普通叶黄素组、包被转化叶黄素组), 每处理组 3 个重复, 每重复 12 尾鱼, 共 180 尾鱼。

1.3 饲养管理

养殖试验在上海海洋大学生态实验室进行。杂交鲢饲养于圆柱形的有机玻璃缸内 (直径 0.70

m:高 0.75 m)。试验开始前用基础饲料驯养杂交鳢 30 d。采用循环水过滤系统,昼夜增氧。日投喂 2次(8:00,16:00),投饲率为鱼体重的 4%,并根据鱼的生长情况和摄食情况调整投饲量,各组保持基本一致的水平。饲养周期为 20 d 饲养期间水温为 $(26 \pm 2)^\circ\text{C}$, $\text{DO} > 5 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_3\text{-N} < 0.3 \text{ mg/L}$ 。

1.4 测定指标与试验方法

1.4.1 生长指标

按照以下公式测定增重量(W)、饲料系数(R_{FC})及成活率(R_{S})。

$$W = W_1 - W_0 \quad (1)$$

$$R_{\text{FC}} = F_{\text{T}} / (W_1 - W_0) \quad (2)$$

$$R_{\text{S}} = M_{\text{S}} / M_{\text{T}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: W_0 为平均初始体重(g); W_1 为平均终末体重(g); R_{FC} 为饲料系数(%); F_{T} 为总投饲量(g); R_{S} 为成活率(%); M_{S} 为成活尾数; M_{T} 为总尾数。

1.4.2 肉眼观察体色

分别以深黄、金黄、灰黄、浅灰、灰黑来描述其体色^[6]。

1.4.3 色差计测定皮肤色差值

本实验所用色差计为上海精密科学仪器有限公司物理光学仪器厂生产的WSC-S型测色色差计(D光源,带光泽,稳定性 $\Delta Y \leq 0.6$)。

测色方法参照陈林等的方法进行修改:用吸水纸将鱼体表面水分吸干,将色差计探头紧贴于鱼体侧最宽处侧线以上测量背部皮肤色差,于鱼体正腹部(胸鳍和腹鳍之间)测量腹部皮肤色差,

记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

1.4.4 皮肤、肌肉总叶黄素含量测定

各试验组分别取鱼 9尾,每尾剥取背部皮肤 1~2 g 腹部皮肤 1~2 g 切取背部肌肉 2~3 g 进行总叶黄素含量测定。测定方法参考 AOAC 分析法^[7],将皮肤、肌肉样品剪碎,盛于 25 mL 棕色容量瓶中,加入 7.5 mL 提取液(正己烷:丙酮:无水乙醇:甲苯=10:7:6:7),塞上塞子旋转振摇 1 min,加入 1 mL 40% KOH 甲醇溶液,旋转振摇 1 min,于 55.5 $^\circ\text{C}$ 水浴加热 20 min(注意冷却烧瓶颈部以防溶剂损失),冷却,于暗处置 1 h 加入 7.5 mL 正己烷,旋转振摇 1 min,以 10% 硫酸钠溶液定容至 25 mL,猛烈振摇 1 min,于暗处置 1 h,取上清液于 474 nm 波长下 755 型分光光度计测定其吸光值,计算其总叶黄素含量。

1.5 数据分析

实验结果采用 SPSS(Version 16.0) 统计软件进行处理分析,数值以平均值 $\pm$ 标准差($\bar{X} \pm \text{SD}$)表示,采用单因子方差分析(One-way ANOVA)检验指标间的显著性,用 Duncan's 法进行多重比较检验, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 不同形式叶黄素对杂交鳢鱼生长指标的影响

经过 20 d 的养殖,普通叶黄素、转化叶黄素、包被普通叶黄素及包被转化叶黄素对杂交鳢鱼增重量、成活率及饲料系数的影响见表 2。

表 2 饲料中添加不同形式叶黄素对杂交鳢生长指标的影响

Tab. 2 Effect of diets supplemented with different xanthophylls on growth of hybrid catfish

组别	初均重(g)	末均重(g)	增重量(g)	成活率(%)	饲料系数
对照组	61.40 $\pm$ 3.17	104.00 $\pm$ 5.71	42.60 $\pm$ 1.32	96.67 $\pm$ 5.77	1.38 $\pm$ 0.16
普通叶黄素组	61.90 $\pm$ 2.59	106.50 $\pm$ 5.83	44.60 $\pm$ 2.12	96.67 $\pm$ 5.77	1.35 $\pm$ 0.15
转化叶黄素组	59.65 $\pm$ 3.41	108.45 $\pm$ 7.19	48.80 $\pm$ 2.55	100.00 $\pm$ 0.00	1.22 $\pm$ 0.12
包被普通叶黄素组	60.90 $\pm$ 3.94	105.00 $\pm$ 5.21	44.10 $\pm$ 2.71	96.67 $\pm$ 5.77	1.28 $\pm$ 0.15
包被转化叶黄素组	61.40 $\pm$ 4.63	109.25 $\pm$ 6.72	47.85 $\pm$ 3.72	93.33 $\pm$ 5.77	1.21 $\pm$ 0.13

注:同一列中具不同上标字母者差异显著($P < 0.05$),以下各表相同。

由表 2 结果分析表明,各组在增重量、成活率以及饲料系数方面差异均不显著($P > 0.05$)。

2.2 体色观察

实验开始时,各组杂交鳢体色为浅灰色或灰黑色。经过 20 d 养殖,对照组体色无变化,为浅

灰色或灰黑色;普通叶黄素组和包被普通叶黄素组体色为金黄色或深黄色,转化叶黄素组和包被转化叶黄素组体色为灰黄色。

试验结束时,杂交鳢的背部和腹部皮肤黄色度由深至浅依次为:普通叶黄素组和包被普通叶

黄素组、转化叶黄素组、包被转化叶黄素组。

2.3 杂交鲢背部皮肤和腹部皮肤色差值

对照组及叶黄素添加组杂交鲢背部皮肤及腹部皮肤色差值统计结果见表 3。

由表 3可知,添加不同形式叶黄素后均使背部皮肤和腹部皮肤 b^* 值(代表黄度)显著增加($P<0.05$),普通叶黄素组和包被普通叶黄素组的 b^* 值显著高于转化叶黄素组和包被转化叶黄素组($P<0.05$);对照组背部皮肤 L^* 值(代表明

度)显著高于叶黄素添加组,腹部皮肤 L^* 值均无显著差异($P>0.05$);包被转化叶黄素组背部皮肤 a^* 值(代表红度)显著低于对照组及普通叶黄素组($P<0.05$),腹部皮肤 a^* 值显著低于其他各组($P<0.05$)。

2.4 皮肤、肌肉叶黄素含量

各组杂交鲢背部皮肤、腹部皮肤及肌肉中叶黄素含量的分析统计结果见表 4。

表 3 背部皮肤及腹部皮肤色差值

Tab 3 Chromatism of dorsal skin

组别	背部皮肤			腹部皮肤		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
对照组	60.86±3.12 ^b	-1.05±2.25 ^b	3.57±1.63 ^a	83.89±1.06	-3.76±1.22 ^b	2.98±1.49 ^a
普通叶黄素组	52.51±3.38 ^a	-1.07±1.05 ^b	26.07±3.37 ^d	84.19±0.53	-1.67±1.10 ^b	14.2±3.93 ^c
转化叶黄素组	55.49±4.38 ^a	-2.09±1.16 ^{ab}	19.19±2.72 ^c	83.03±1.48	-2.74±1.82 ^b	9.82±2.96 ^b
包被普通叶黄素组	52.17±1.40 ^a	-3.38±1.63 ^{ab}	25.38±3.03 ^d	82.76±0.86	-3.24±0.73 ^b	16.4±2.94 ^c
包被转化叶黄素组	55.63±2.37 ^a	-4.91±3.71 ^a	15.47±2.33 ^b	83.23±1.20	-6.22±3.34 ^a	7.03±1.02 ^{ab}

注:同一列中具不同上标字母者差异显著($P<0.05$),以下各表相同。

表 4 背部、腹部皮肤和肌肉叶黄素含量

Tab 4 Xanthophylls content in dorsal skin, ventral skin and muscle

组别	背部皮肤 (mg/kg)	腹部皮肤 (mg/kg)	肌肉 (mg/kg)
对照组	1.20±0.11 ^a	0.78±0.26 ^a	0.48±0.13 ^a
普通叶黄素组	13.18±1.28 ^d	7.76±0.40 ^d	3.14±0.29 ^c
转化叶黄素组	10.96±0.17 ^c	6.97±0.28 ^c	2.96±0.04 ^c
包被普通叶黄素组	12.65±1.88 ^d	7.81±0.27 ^d	3.05±0.49 ^c
包被转化叶黄素组	8.48±0.30 ^b	5.42±0.29 ^b	1.82±0.20 ^b

注:背部、腹部皮肤和肌肉均为鲜组织。

表 4表明,各叶黄素添加组皮肤和肌肉叶黄素含量显著高于对照组($P<0.05$)。普通叶黄素组和包被普通叶黄素组背部和腹部皮肤叶黄素含量显著高于转化叶黄素组和包被转化叶黄素组($P<0.05$);包被转化叶黄素组肌肉叶黄素含量显著低于其它叶黄素添加组($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 饲料中添加叶黄素对杂交鲢生长的影响

目前,关于饲料中添加类胡萝卜素对鱼类生长影响的研究已有一些报道。在虹鳟饲料中添加 β 胡萝卜素或虾青素,对鱼体增重率和饲料系数无显著性影响^[8]。在脂鲤(Hyphessobrycon callistus)饲料中添加不同浓度虾青素、 β 胡萝卜

素与两者混合物(1:1),经过 8周饲养,对鱼体增重率与成活率也无显著影响^[9]。本实验饲料中添加 4种不同形式叶黄素,对杂交鲢增重量、成活率以及饲料系数均无显著性影响(表 2),与上述研究结果一致。

3.2 普通叶黄素和转化叶黄素着色效果的比较

黄体素(lutein),化学式 3,3'-二羟基- α 胡萝卜素,在其链两端的芳香环上各有一个羟基(-OH),由于烯键的存在,黄体素分子可以发生几何异构。在一定的温度、压力和强碱性水溶液中,黄体素会异构化为玉米黄质(zeaxanthin),化学式 3,3'-二羟基- β 胡萝卜素^[10]。因此,黄体素和玉米黄质互为同分异构体^[11]。

目前市售的叶黄素产品均以黄体素为主要

成分, 此类叶黄素已在某些鱼类的着色研究和养殖生产中得到一定程度的应用。冷向军等^[5]在胡子鲶成鱼和幼鱼饲料中分别添加 100~150 mg/kg 和 50~100 mg/kg 叶黄素, 可以显著改善鱼类的体色。大口鲶摄食含 100~150 mg/kg 叶黄素的饲料后, 皮肤和肌肉叶黄素含量均显著提高^[12]。

关于叶黄素中黄体素和玉米黄质的不同比例对水产动物着色的影响尚无报道。本实验中普通叶黄素组杂交鲶的背部皮肤、腹部皮肤色差 b^* 值 (分别为 26.1 ± 3.37 , 14.2 ± 3.93) 均显著高于转化叶黄素组 b^* 值 (19.2 ± 2.72 , 9.82 ± 2.96) (表 3); 普通叶黄素组背部皮肤、腹部皮肤、肌肉叶黄素含量较转化叶黄素组显著提高了 20.3%、11.3%、6.1% (表 4); 通过肉眼观察发现普通叶黄素组体色呈深黄色或金黄色, 而转化叶黄素组体色表现为灰黄色, 以上表明以黄体素为主的普通叶黄素对杂交鲶的着色效果明显优于以玉米黄质为主的转化叶黄素。

3.3 普通叶黄素和包被普通叶黄素稳定性的比较

一般天然色素的成分存在于生物体内时处于比较稳定的状态, 一旦天然色素从生物体内分离出来, 则多变成不稳定, 易受热、光、空气、金属离子等因素的影响, 引起变色和褪色^[13]。本实验中 200 mg/kg 普通叶黄素组杂交鲶的背部皮肤、腹部皮肤的色差 b^* 值及皮肤、肌肉叶黄素含量与 100 mg/kg 包被普通叶黄素组相比, 均无显著性差异 (表 3、4); 通过肉眼不能分辨普通叶黄素组和包被普通叶黄素组, 即 200 mg/kg 普通叶黄素与 100 mg/kg 包被普通叶黄素对杂交鲶有相同的着色效果, 这表明叶黄素经包被后, 减少了外部因素的影响, 稳定性明显提高。

本实验结果表明, 在添加量均为 200 mg/kg 时, 普通叶黄素对杂交鲶的着色效果优于转化叶黄素; 100 mg/kg 包被普通叶黄素与 200 mg/kg 普通叶黄素的着色效果几乎相当; 100 mg/kg 包被转化叶黄素对杂交鲶的着色效果不及 200 mg/kg 转化叶黄素。

本次实验得到广州智特奇生物科技有限公司的经费支持, 大连水产学院研究生颜世伟同学的帮助, 特此表示感谢!

参考文献:

- [1] 冷向军, 李小勤. 水产动物着色的研究进展 [J]. 水产学报, 2006, 30(1): 138-143.
- [2] Bjerkeng B. Aquaculture related carotenoids chemistry [D]. Dr Ing Thesis University of Trondheim, Institute of Technology, 1990: 250.
- [3] No H K, Storebakken T. Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin and canthaxanthin in freshwater and saltwater [J]. Aquaculture 1992, 101: 123-134.
- [4] Olsen R E, Baker R T M. Lutein dose not influence flesh astaxanthin pigmentation in the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquaculture 2006, 258: 558-564.
- [5] 冷向军, 李小勤, 韦友传, 等. 饲料中添加叶黄素对胡子鲶体色的影响 [J]. 水产学报, 2003, 27(1): 38-42.
- [6] 冷向军, 韦友传, 陆地, 等. 添加金黄素 Y 改善本地胡子鲶体色的试验 [J]. 广东饲料, 2002, 11(5): 23-24.
- [7] Quackenbush F W, Miller S L. Composition and analysis of the carotenoids in marigold petals [J]. Journal of Association of official Analytical Chemists 1972, 55(3): 75-81.
- [8] Amar E C, Kiron V, Satoh S et al. Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) [J]. Aquaculture Research 2001, 32: 162-173.
- [9] Wang Yi Juan, Chien Yew Hu, Pan Chih Hung. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival growth pigmentation and antioxidant capacity of chameis *Hyphessobrycon callistus* [J]. Aquaculture 2006, 261: 641-648.
- [10] Perez-Vendrell A M, Hernandez J M, Llaurodo L et al. Influence of source and ratio of xanthophylls pigments on broiler chicken pigmentation and performance [J]. Poultry Science 2001, 80: 320-326.
- [11] 卢艳杰, 陈正行, 姚惠源. 玉米蛋白粉中黄体素和玉米黄素的分离与定性 [J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(5): 11-14.
- [12] 袁万安, 陈建, 童孝兵, 等. 色素添加剂对大口鲶体色的影响 [J]. 河北渔业, 2005, (1): 16-18.
- [13] 龚盛昭. 天然食用色素的稳定性和稳定化技术概况 [J]. 广州食品工业科技, 1997, 13(1): 7-8.