

天然虾青素对金鱼体色变化的影响

汪洪涛¹, 徐学明², 金征宇²

(1. 江苏经贸职业技术学院食品系, 江苏南京 210007) (2. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214036)

摘要: 对饲料中添加不同含量的虾青素与不同饲养时间对金鱼体色的影响进行了研究。结果表明: 不同虾青素添加量与不同饲养时间对金鱼的色素沉积有着极为显著的影响。随着饲料中虾青素含量的逐渐增加, 在同一饲养时间段内其每克干鱼体重所含的色素量也逐渐增加。无论是对照组还是各试验组, 随着饲养时间的延长, 每克干鱼体重所含的色素量呈增加趋势。在0~15 d这段时间内, 鱼体单位干重的色素积累速率是随着虾青素的添加量的增加而加快的。对于组内鱼体而言其色素积累速率在0~15 d和46~60 d两段时间内较快, 而在16~45 d的时间段内相对较慢。

关键词: 虾青素; 金鱼; 着色性能

文章编号: 1673-9078(2013)4-749-751

Coloring Performance of *Carassius Auratus* with Natural Astaxanthin

WANG Hong-tao¹, XU Xue-ming², JIN Zheng-yu²

(1. Food Department, Jiangsu Institute of Economy and Trade Technology, Nanjing 210007, China)

(2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214036, China)

Abstract: The effects of contents and feed time of astaxanthin on coloring performance of *Carassius auratus* were studied in this paper. The results showed that the astaxanthin ratio in feed and the different feed time have highly effect on the pigment sediment of *Carassius auratus*. The pigment content in dry fish was improved with increasing astaxanthin concentration in feed in the same feed time. For both the control and the test groups, the pigment contents in the unit dry fish showed increase trend with prolonging feed time. Within 0~15 days, the speed of pigment accumulate in the unit dry fish was improved with increasing the astaxanthin ratio in feed. For the samples in same group, the speed of pigment accumulate in the unit dry fish increased fast in the periods of 0~15 days and 45~60 days, while increased slowly during 15~45 days.

Key words: astaxanthin; *Carassius auratus*; coloring performance

虾青素是一种端基为酮基的类胡萝卜素, 化学名称为 3,3'-二羟基- β,β' -胡萝卜素-4,4'-二酮, 分子式为 $C_{40}H_{52}O_4$, 又名虾黄素, 虾黄质, 龙虾壳色素。虾青素可以从虾壳中提取, 也可采用化学法和生物法生产, 由于生物合成法生产的虾青素安全性高, 性能优于化学法生产的虾青素, 故生物合成法已成为虾青素的主要发展方向。虾青素不仅具有较强的抗氧化作用、增强免疫功能、抗癌能力, 而且经研究证实它对鱼类的生长繁殖具有重要作用, 可作为激素促进鱼卵受精, 减少胚胎发育的死亡率, 促进个体生长, 增加成熟速度和生殖能力; 进入动物体后可以不经修饰或生物转化而直接贮存、沉积在组织中, 并可与肌动蛋白非特异性结合^[1~2]。它的着色效果不仅在家禽蛋黄、体色上显示出优越性^[3], 在水产动物的肌肉和体色上着色效果也较好^[4]。因此虾青素作为功能性色素在医药、食品、饲料及化妆品等工业中具有广阔的应用前景。

收稿日期: 2012-11-16

作者简介: 汪洪涛 (1973-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为食品营养与生物技术

随着人们生活水平的提高, 观赏鱼越来越受到人们的青睐, 因此近年来观赏鱼的养殖已成为养殖业中的一个亮点, 而鱼的色泽正是观赏鱼的一个主要的评判标准。目前国内对虾青素在金鱼养殖中的着色性能研究较少, 陈晓明等人在饲料中添加富含虾青素的发夫酵母喂养中国金鱼 60 d 后发现对金鱼有较好的着色效果, 虾青素在中国金鱼体内以酯化形式沉积^[5], 但不同含量的虾青素、不同饲养时间对金鱼体色的影响报道较少。本试验以中国金鱼 (*Carassius auratus*) 为研究对象, 富含虾青素的发夫酵母作饲料添加剂, 考察不同含量的虾青素、不同的饲养时间对其着色效果的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

破壁率为 80% 的发夫酵母 (虾青素含量占类胡萝卜素总量的 78%), 本实验室提供; 金鱼: 中国金鱼 (*Carassius auratus*), 文种, 购自无锡南禅寺花鸟市场; 丙酮 (分析纯 AR), 中国医药集团上海化学试剂公司。

1.2 主要仪器及设备

UV1100 紫外可见分光光度计, 北京瑞利分析仪器公司; 冷冻干燥设备, FREEIONE18 升, 美国 LABCONCO 公司; 80-2 离心机, 上海分析器械厂; 混匀器, 上海医科大学仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 金鱼养殖

饲料配方: 国产鱼粉 30%, 普通小麦粉 47.88%, 糊精 17%, 矿添 0.1%, 维生素预混料 0.02%, 酵母粉 5%。其中对照组酵母粉为啤酒酵母, 试验组酵母粉为 80%破壁率的发夫酵母, 小麦粉过 60 目筛^[6]。

饲养条件与方法: 试验分对照组及试验组共 6 组, 其中饲料中所含虾青素的量分别为对照组 0 mg/kg, 试验 1 组 10 mg/kg, 试验 2 组 20 mg/kg, 试验 3 组 40 mg/kg, 试验 4 组 60 mg/kg, 试验 5 组 80 mg/kg。每组一个水池。水池为玻璃缸, 规格为 87 cm×45 cm×41 cm, 水深 35 cm。试验用水为曝气 24 h 的自来水, 每周换水 50%, 同时清理池内污物。水温为室温, 全天充气。

每池 30 尾 (约 5 g/尾), 每日饲料量为 2.5 g/池, 早上 9 h 一次性投喂。驯养预试 15 d, 正试 60 d。驯养期每池均喂对照料, 正试期各鱼池喂以相应饲料^[6]。

1.3.2 金鱼色素测定

以类胡萝卜素总量为指标测定金鱼体内的色素。在正试期开始后于 15 d、45 d、60 d 时各取鱼 4 尾, 去除脏器, 将其进行冷冻干燥后, 直接用研钵将整个鱼体研细, 混匀后称取 0.05 g (此为干鱼体重), 加 5 mL 丙酮进行混匀提取色素, 然后于 3500 r/min 下离心 8 min, 将上清液在最大吸收波长下测定吸光度。根据计算公式得出类胡萝卜素总量:

$$(\mu\text{g/g DW})=(A\times V_a)/(E\times G)$$

注: A: 吸光度; V_a: 提取液的体积 (mL); E: 消光系数 (0.16); G: 鱼体干重 (DW) (g) ^[7]。

1.4 数据处理

采用 t 检验法 (平均值的成对二样本分析法) 和方差分析法进行试验数据处理。

2 结果与讨论

2.1 金鱼色素的吸收光谱曲线

正试期 15 d 后根据 1.3.2 的方法获取各试验组的金鱼色素提取液后, 进行金鱼色素的吸收光谱曲线的测定, 结果见图 1。

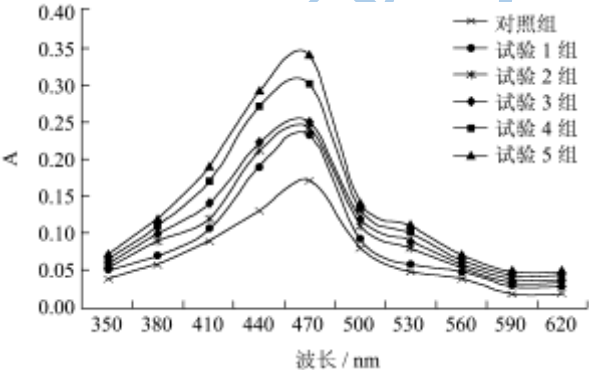


图 1 金鱼色素的吸收光谱曲线

Fig.1 Absorption spectral curve of goldfish pigment

由图 1 可知, 各试验组金鱼色素的吸收光谱曲线与对照组的吸收光谱曲线形状基本相同, 最大吸收峰均在 471 nm, 说明各试验组金鱼体内的色素与对照组相同, 由此可以确定添加富含虾青素的发夫酵母对金鱼的着色自然, 这与陈晓明等的研究结果相同^[5]。故金鱼色素的最大吸收波长为 471 nm。

2.2 各试验组鱼体在试验期内色素含量的变化

表 1 试验期内各试验组不同饲养时间后金鱼鱼体色素的吸光度值

Table 1 The absorbance values of experimental groups in different feeding time

试验组	第 0 d	第 15 d	第 45 d	第 60 d
对照组	0.118±0.009	0.174±0.013	0.207±0.007	0.295±0.002
试验 1 组	0.118±0.009	0.234±0.001 ^{c,b}	0.242±0.002 ^c	0.318±0.017 ^{c,a}
试验 2 组	0.118±0.009	0.242±0.001 ^{c,b}	0.272±0.026 ^c	0.430±0.003 ^{c,a}
试验 3 组	0.118±0.009	0.252±0.003 ^{c,b}	0.318±0.006 ^{c,b}	0.464±0.002 ^{c,b}
试验 4 组	0.118±0.009	0.303±0.002 ^{c,b}	0.326±0.001 ^{c,a}	0.505±0.002 ^{c,b}
试验 5 组	0.118±0.009	0.339±0.002 ^{c,b}	0.347±0.004 ^c	0.532±0.001 ^{c,b}

注: a、b 分别为组内随饲养时间变化金鱼色素沉积的差异显著 (P<0.05) 和差异极显著 (P<0.01); c 为同一时期各试验组与对照组之间金鱼色素沉积的差异显著。

由表 1 可以看出: 1) 从色素沉积与饲养时间的关系来看, 无论是对照组还是各试验组, 金鱼色素变化规律是: 随着饲养时间的延长, 吸光度值不断增加, 表明金鱼体内积累的色素量呈增加趋势。这种变化趋

势与色素的添加与否无关 (由对照组可看出), 这可能属于金鱼生长过程中的一个生理现象; 2) 饲料中虾青素的添加量影响金鱼体内色素的沉积, 金鱼体色随着饲料中虾青素的添加量增加而加深。用 t 检验法 (平

均值的成对二样本分析法) 进行分析, 对于同一试验期色素沉积的组间差异: 第 15 d 和第 45 d 与第 60 d 时, 各试验组与对照组相比, 差异均显著 ($P<0.05$)。组内随饲养时间变化金色色素沉积的差异为: 0~15 d 内除对照组差异不显著外 ($P>0.05$), 其它均为差异极显著 ($P<0.01$); 16~45 d 内组 3 差异极显著 ($P<0.01$), 组 4 差异显著 ($P<0.05$), 其它组差异均不显著 ($P>0.05$); 46~60 d 内, 组 1 和组 2 分别差异显著 ($P<0.05$), 其它组均为差异极显著 ($P<0.01$)。

2.3 试验期内每克干鱼体重色素含量的变化

各试验组金鱼在不同饲养时间段时每克干鱼体重的色素量见表 2。

表 2 各实验组鱼体在不同饲养时间段的色素量 ($\mu\text{g/g DW}$, $\bar{X}\pm\text{SD}$)

Table 2 The pigment content of dry fish in different time

试验组	第 0 d	第 15 d	第 45 d	第 60 d
对照组	73.75 $\pm$ 5.63	108.75 $\pm$ 8.13	129.38 $\pm$ 4.38	184.38 $\pm$ 1.25
试验 1 组	73.75 $\pm$ 5.63	146.25 $\pm$ 0.63	151.25 $\pm$ 1.25	198.75 $\pm$ 10.63
试验 2 组	73.75 $\pm$ 5.63	151.25 $\pm$ 0.63	170 $\pm$ 16.25	268.75 $\pm$ 1.88
试验 3 组	73.75 $\pm$ 5.63	157.5 $\pm$ 1.88	198.75 $\pm$ 3.75	290 $\pm$ 1.25
试验 4 组	73.75 $\pm$ 5.63	189.38 $\pm$ 1.25	203.75 $\pm$ 0.63	315.63 $\pm$ 1.25
试验 5 组	73.75 $\pm$ 5.63	211.87 $\pm$ 1.25	216.88 $\pm$ 2.50	332.5 $\pm$ 0.63

由表 2 可知, 各实验组随着饲养时间的延长, 每克干鱼体重所含的色素量呈线性增加, 且 45 d 后比 45 d 前增加的快。另外, 随着饲料中虾青素含量的逐渐增加, 在同一饲养时间段内每克干鱼体重所含的色素量也逐渐增加。其中虾青素含量为 80 mg/kg, 饲养时间为 60 d 时每克干鱼体重所含的色素量最大, 为 332.5 μg 。

将以上实验结果用 SAS 系统进行方差分析, 由计算机输出的结果可得方差分析见表 3。

表 3 方差分析结果

Table 3 The result of variance analysis

方差来源	自由度	平方和	平均平方和	F 值	Pr>F
F(虾青素添加量)	5	57749.26	11549.85	168.94	0.0001
M(饲养时间)	2	73468.98	36734.49	537.32	0.0001
F×M(交互作用)	10	6322.57	632.26	9.25	0.0001
E(误差)	18	1230.59	68.37		
总和	35	138771.40			

由表 3 可以看出, 虾青素添加量、饲养时间、F×M 对应的概率均小于 0.01, 说明虾青素添加量、饲养时间以及虾青素添加量和饲养时间的交互作用影响高度显著。

将表 2 所列的各试验组中每克干鱼体重中所含的平均色素量对饲养时间作图, 并根据计算其斜率法得

出其不同饲养时间段不同虾青素添加量的鱼体单位干重色素积累速率见表 4。

表 4 各实验组在不同饲养时间段每克干鱼体重色素积累速率

Table 4 The pigment accumulate rate of dry fish in different time

试验组	1~15 d	16~45 d	46~60 d
对照	2.33	0.69	3.67
试验 1 组	4.83	0.17	3.17
试验 2 组	5.17	0.63	6.58
试验 3 组	5.58	1.38	6.08
试验 4 组	7.71	0.48	7.46
试验 5 组	9.21	0.17	7.71

由表 4 可知, 在不同的饲养时间段内, 对不同的试验组, 在 1~15 d 这段时间内鱼体单位干重的色素积累速率是随着虾青素添加量的增加而加快的, 且其增幅较大, 在 16~45 d 间色素积累速率变化趋于缓慢, 在 46~60 d 间色素积累速率又明显加快。这可能同幼鱼期鱼体生长速度快和初始阶段是处于一个色素相对缺乏的状态有关, 但到 15 d 后它的体内色素已相对较多, 故其增长率又处于缓慢。其中色素积累速率最大值是虾青素含量为 80 mg/kg, 饲养 15 d 后得到, 为 9.21。

3 结论

3.1 不同色素添加量与金鱼不同饲养时间对金鱼的色素沉积有着极为显著的影响。

3.2 从色素沉积与饲养时间的关系来看, 无论是对照组还是各试验组, 其色素变化规律是: 随着饲养时间的延长, 每克干鱼体重所含的色素量呈增加趋势。

3.3 随着饲料中虾青素含量的逐渐增加, 在同一饲养时间段内其每克干鱼体重所含的色素量也逐渐增加。

3.4 在 1~15 d 这段时间内, 每克干鱼体重的色素积累速率是随着虾青素的添加量的增加而加快的。另外对于组内鱼体而言, 其色素积累速率在 1~15 d 和 46~60 d 两段时间内较快, 而在 16~45 d 的时间段内速率相对缓慢。

参考文献

[1] 张明祥,赵建国.国内外虾青素的研究进展[J].粮食与饲料工业,2002,1:26-28

[2] 郑裕国.抗氧化剂的生产及应用[M].北京:化学工业出版社, 2003

[3] Toshiki N. Improvement of biochemical features in fish health by red yeast and synthetic astaxanthin [J]. J. Agri. Food Chem., 1995, 43(6): 1570-1573

- [4] Vernon C, Ponce P, Pedroza I, *et al.* Hypercholesterolemic effect of canthaxanthin and astaxanthin in rats [J]. Arch. Latinoam. Nutr., 1996, 46(3): 243-246
- [5] 陈晓明,徐学明,金征宇.富含虾青素的发夫酵母对金鱼体色的影响[J].中国水产科学,2004,11(1):70-73
- [6] 徐学明.发夫酵母产虾青素的研究[D].江苏:江南大学,2000
- [7] Sedmak J. Extraction and quantitation of astaxanthin from *Phaffia rhodozyma* [J]. Biotechnology Techniques, 1990, 4(2): 107-112
- [8]

现代食品科技