

天然着色剂在金鱼饲料中的应用

张宝龙 段霖航 王云祥 曲 木 赵子续 翟胜利*

天津现代晨辉科技集团有限公司 / 天津市水族动物功能性饲料企业重点实验室, 天津 301800

摘要 本文综述了天然着色剂在金鱼饲料中的应用现状, 主要从金鱼的体色特征、金鱼体色形成机理、金鱼色素代谢机制 3 个方面介绍金鱼着色机理, 金鱼天然着色剂的种类分为植物、藻类、酵母和动物, 并分别对其应用现状进行阐述, 指明其应用前景, 以期为进一步研究并开发金鱼天然着色剂提供参考。

关键词 天然着色剂; 金鱼饲料; 应用现状; 前景

金鱼起源于我国, 也称“金鲫鱼”, 它是由鲫进化而成的观赏鱼类, 分为草种、文种、龙种、蛋种四大品系, 因其色彩鲜艳、游姿优美、体态各异、种类繁多得到诸多观赏鱼爱好者的青睐。体色和斑纹是决定金鱼价值的重要因素, 但在饲养中, 经常出现在金鱼体色退化的现象^[1]。因此, 研究金鱼体色形成、变化机制, 采用适当的增色方法改善金鱼体色, 提高金鱼观赏价值和商品价值。初期科研工作者曾采用直接染色、荷尔蒙增色、纹身和注射染料等方法改变、改善鱼类体色。一些鱼类的雄鱼由于婚姻色比雌鱼体色更为鲜艳, 因此, 在饲料中加入甲基睾酮等雄性激素来使雌鱼增色, 但需长期投喂雄性激素才能保持着色效果^[2]。这些方法并不能从根本上改善鱼类体色, 最有效的增色方法是针对不同的鱼种, 在其配合饲料中添加适当、适量着色剂。着色剂分为天然着色剂和商品着色剂, 其中, 天然着色剂以其着色自然的同时具有营养、药理作用成为研究开发的热点。

1 金鱼着色机理

1) 金鱼的体色特征。金鱼的体色包括单色、复色和斑块, 单色有 8 种, 为红、橙、黄、白、青、蓝、紫、墨; 复色是由几种单色组成; 斑点和斑块是由 2 种单色互相嵌入^[3]。相同品种的雌鱼和雄鱼体色也有所不同, 一些雄性红头金鱼鳃盖下方或尾鳍上略有淡黄色, 而雌

鱼这些部位为纯白色^[4]。金鱼整体颜色特征和其他水生脊椎动物相同, 侧面、背面颜色较腹部鲜艳。

2) 金鱼体色形成机理。金鱼体色是随着环境的改变, 在神经和内分泌系统精准调节下, 由其体内多种色素细胞及其所含有的色素产生适应性变化而形成。在此过程中鳞片和皮肤色素细胞内的色素体对特定波长的光选择性吸收, 对其他波长的光进行反射^[5]。色素体包括吸光色素体和光反射色素体, 其中红色素细胞、黄色素细胞和黑色素细胞内有吸光色素体, 虹彩细胞内有光反射色素体^[6]。金鱼色素细胞起源于神经嵴细胞, 其过程为神经嵴细胞迁移到相应的呈色部位, 通过分化成为前色素细胞, 再继续分化成为相应的色素细胞。成熟的色素细胞中含有色素物质种类较多, 根据它们化学结构的不同, 分为类胡萝卜素群、胆汁色素群、黑色素、萘醌系色素群、蝶啶色素群和其他色素^[7]。由于金鱼体表色素细胞形状、大小、数量、密度各异, 分布的层面、位置也不尽相同, 从而形成了体色多样性。

3) 金鱼色素代谢机制。金鱼自身无法合成色素, 类胡萝卜素等色素通过在体内沉积形成体色, 因此胡萝卜素代谢为金鱼色素代谢研究的主要方向。鱼体只能从饲料中摄取类胡萝卜素, 饲料中类胡萝卜素在消化道中被水解, 然后以游离态在小肠中被吸收, 通过与脂蛋白相结合在血液中运转, 随后被输

收稿日期: 2018-01-02

基金项目: 2016 年宝坻区农业科技重大项目“金鱼新型增色环保饲料的研发与应用”; 2017 年宝坻区农业科技重大项目“中国彩鲤、精品金鱼养殖技术的研究与应用”; 天津市科技计划项目“黄颡鱼功能性配合饲料的技术转化与应用”(16YFNZNC00070)

* 通讯作者

张宝龙, 男, 1989 年生, 工程师。

送至靶细胞^[8],沉淀下来形成色斑。鱼体对不同类型胡萝卜素的消化速率各有不同。类胡萝卜素的主要代谢器官是肝胰脏,但在对金鱼的研究中并未发现肝胰脏中有类胡萝卜素的积累,这可能是由于其代谢较为迅速^[9]。金鱼能够将玉米黄素和 β -胡萝卜素转化为虾青素,以酯化形式沉积在体内^[10]。然而金鱼对 β -胡萝卜素的转化能力较弱,这是由于金鱼能够把 β -紫罗酮环的 4,4'-C 氧化,而较难将 3,3'-C 氧化^[9]。金鱼黑色素是由酪氨酸酶催化酪氨酸生成二羟苯丙氨酸后转化形成的 3,4-二羟苯丙氨酸醌的多聚物,此反应在前黑色素小体和成熟色素小粒等细胞器中发生^[11]。

2 金鱼天然着色剂的种类及其应用现状

2.1 植物

1) 玉米。玉米中含有玉米黄素和隐黄素等天然类胡萝卜素^[12]。王锐等^[13]使用试验饲料饲喂金鱼,试验饲料是在基础饲料中添加玉米和玉米蛋白粉的混合物,50 d 后结果表明试验饲料对金鱼具有显著的增色效果。

2) 辣椒。辣椒中富含辣椒红素、辣椒玉红素、黄体素和玉米黄素等,这些天然物质具有良好的增色效果^[14]。Hancz 等^[15]通过计算机图像辅助分析方法证明在金鱼饲料中添加辣椒粉具有增色效果。黄辨非等^[16]在基础饲料中添加红辣椒粉,饲养红草金鱼 45 d,在第 15 天就能见到明显的增色效果;其中红辣椒粉添加量在 7% 时,金鱼体长增加最大;添加量在 10% 时,其体重增长最大;添加量在 13% 时,金鱼皮肤和鳍条的色素沉积量最大。这表明红辣椒粉能够促进红草金鱼色素沉积和生长速率。孙金辉等^[17]和范泽等^[18]以红草金鱼为研究对象,以基础饲料作为对照组,分别在基础饲料中添加质量分数 3%、6%、9% 和 12% 的红辣椒粉,饲养 45 d。结果表明,红辣椒粉添加量为 3% 时,红草金鱼脾脏酸性磷酸酶、碱性磷酸酶活性最高;添加量为 6% 时,相对增重率、特定生长率、蛋白效率较高,鱼体生长效果最佳,此时消化酶活性也比较高,消化能力比较强;添加量为 9% 时,红草金鱼体表红度值 a^* 最大,鱼体体色最为鲜红,肝胰脏酸性磷酸酶、溶菌酶活性最高;随着添加量升高,肝胰酪氨酸酶活力逐渐下降,当添加量为 12% 时,肝胰酪氨酸酶活力最小,鱼体黑色素沉积最

少;且红草金鱼体表亮度值 L^* 和黄度值 b^* 随添加量的提高呈上升趋势。此结果说明红辣椒粉添加量在 3%~9% 时,对红草金鱼促生长和增强免疫能力的作用最为明显;且当红辣椒粉添加量为 9% 时,红草金鱼对类胡萝卜素的沉积效果较好,且对黑色素的沉积较少,可以促进鱼体颜色鲜艳。

3) 鸡血藤。鸡血藤是一味富含天然色素以及多种儿茶类化合物的中草药,其能够通过色素细胞和神经系统影响鱼类体色,使金鱼增色。傅建军等^[19]以鸡血藤添加量为 0、1%、3% 和 5% 的试验饲料饲养金鱼 48 d,结果表明,添加鸡血藤的各组均有增色效果,且均与对照组差异极显著,而添加量为 3% 的试验组金鱼增色效果最佳,但随着其在饲料中添加量的升高,增色效果反而降低,这可能由于鸡血藤是含有大量粗纤维的木本药材,其添加进饲料中能够降低饲料营养水平,降低金鱼对饲料的适口性及饲料的利用率,进而影响其对金鱼的着色效果。

4) 洛神葵。洛神葵学名玫瑰茄,为锦葵科木槿属植物。玫瑰茄花冠与花萼美丽别致,是理想的美化环境的观赏植物;花萼和小苞片肉质,味酸,常用以制作果酱;茎皮纤维供搓绳索用。Verónica 等^[20]在饲料中添加洛神葵花瓣提取物饲喂初始体重相近的金鱼,结果显示金鱼获得良好的着色效果。

5) 芜萍。芜萍为多年生漂浮植物,生长在水塘、稻田、藕塘、静水沟渠等水体中,营养成分含量较高,氨基酸组分平衡,用于鱼饲料的几种主要限制性氨基酸含量较高^[21]。由于粗纤维含量少,消化率高,是鲤科鱼类的优良辅助饵料。利用芜萍饲养草鱼、鲫、鲤、淡水白鲢的研究已有报道^[22-23]。黄斌等^[24]在基础饲料中分别添加质量分数为 5%、10%、20%、30%、40% 的芜萍粉,饲养红草金鱼 45 d,结果表明,芜萍粉添加量在 10%~30% 时,随着添加量的增加,红草金鱼日增重、相对生长率逐渐上升,其中添加量在 30% 时,日增重、相对生长率最快,分别为对照组的 2.70 倍、2.66 倍;添加量在 20% 时,蛋白质效率最高,饲料系数最低;添加量在 40% 时,蛋白质效率最低,饲料系数最高;饲料中添加芜萍粉还可以增强红草金鱼体表着色,使体色更加艳丽,红草金鱼皮肤中的类胡萝卜素含量与饲料芜萍粉添加量呈正相关,且相关性极显著。

6) 复合植物添加剂。复合植物添加剂是由多种植物或植物加工、提取物所组成的饲料添加剂,其

中所含有的色素为组合色素。程云生等^[25]在基础饲料中分别添加红辣椒粉、螺旋藻、玉米蛋白粉 3 种着色剂, 每种着色剂设置 5 个质量水平, 分别为 5%、8%、11%、13% 和 16%, 制成粗蛋白质含量相同的饲料, 饲养红草金鱼 45 d。通过在第 0、15、30、45 天取样测定鱼体总类胡萝卜素平均吸光度, 确定以上 3 种着色剂最适添加量分别为 8%、5% 和 16%。依据红草金鱼对几种色素吸收沉积的吸光度变化值和色素添加组合试验, 确定由红辣椒粉 8%、螺旋藻 5%、玉米蛋白粉 5% 各 1/3 水平配比成组合着色饲料。在相同饲养条件下, 将组合着色饲料、各单一着色饲料和基础饲料分别饲喂红草金鱼, 当投喂超过 15 d 时, 投喂组合着色饲料的金鱼吸光度变化均显著高于投喂其他单一着色饲料的金鱼, 随着养殖时间延长, 其吸光度值仍继续增加, 在第 45 天时, 光谱测试结果显示组合色素色谱的峰值面积显著大于各单组, 表明组合色素更容易被草金鱼吸收并在体表沉积, 其着色效果显著优于各最佳单组。

2.2 藻类

藻类含有天然色素, 而且具有容易被鱼类消化吸收, 加工简单的特点, 是改善金鱼体色的理想饲料添加剂。

1) 螺旋藻。螺旋藻中胡萝卜素含量高, 用其喂养观赏鱼, 体色会变得鲜艳美丽, 螺旋藻作为金鱼着色剂已有悠久的历史^[26]。许蕾^[27]以狮头金鱼为研究对象, 以饲喂基础饲料作为对照组, 试验组分别添加质量分数为 5%、15%、30% 的螺旋藻。在饲喂第 4 天能够观察到试验组金鱼鲜红色增加显著, 1 个月后颜色增加更显著; 检测分析结果显示, 随着饲料中螺旋藻添加量的增加, 鱼体混合色素和叶黄素含量均明显增加, 试验组金鱼体重与对照组相比显著增加, 添加 15% 的螺旋藻可以使鱼体增重效果最佳, 增长率为 36.2%; 研究者还观察到试验组金鱼出现活动能力增强、发病减少等现象, 说明螺旋藻也能适当改善金鱼生理状态。方春林等^[28]以基础饲料作为对照组, 设计 3 种添加着色剂的试验饲料, 分别为在基础饲料中添加质量分数为 0、1%、4%、7% 的螺旋藻, 在基础饲料中添加 0、100、400、700 mg/kg 的虾青素, 在基础饲料中添加 0、100、500、2 500 mg/kg 维生素 E, 饲养金鱼 30 d, 结果表明 3 种着色剂均能使金鱼体色逐渐加深而富有光泽, 且螺旋藻和虾青素相比维生素 E 的增色效果更佳, 而且效果随着

添加量的增加而增加, 而对照组饲料中未添加任何增色剂, 其体色有所消退。

2) 雨生红球藻、小球藻、节旋藻。雨生红球藻是一种普遍存在的藻类, 属于绿藻门、绿藻纲、团藻目、红球藻科, 被认为是自然界中产生虾青素的最佳生物, 近年来利用雨生红球藻提取虾青素已成为国际上虾青素生产研究的热点。小球藻是一种单细胞绿藻, 属于绿藻门、绿藻纲、绿球藻目、卵囊藻科, 是一种可以被人工培养的微藻。小球藻虾青素含量高达 2.2 mg/g, 是继雨生红球藻之后又一备受关注的天然虾青素资源藻类。Gouveia 等^[29]对金鱼分别饲喂添加雨生红球藻、小球藻、极大节旋藻和合成类胡萝卜素的饲料, 结果显示各组均有增色效果, 其中饲料中添加雨生红球藻可以使鱼体红色最鲜艳, 饲料中添加小球藻可以使总类胡萝卜素含量最高, 二者均能够显著改善金鱼体色。

2.3 酵母

法夫酵母是一种新酵母属, 是 20 世纪 70 年代由 Phaffia 等在美国阿拉斯加山区及日本落叶树的渗出物中分离得到, 时至今日此属仅有 1 种^[30]。它可以生产出 10 余种类胡萝卜素, 主要是虾青素和 β -胡萝卜素, 其中虾青素产量最高, 占总类胡萝卜素一半以上, 被认为是最有可能实现工业化发酵生产虾青素的优良菌种^[31]。法夫酵母也是金鱼很好的天然着色剂, 陈晓明等^[32]在饲料中分别添加质量分数为 5% 的法夫酵母和啤酒酵母(对照组) 饲养金鱼 60 d, 结果表明, 在饲喂 25 d 后, 通过肉眼能够观察到试验组金鱼与对照组存在色差; 饲养结束后, 试验组鱼鳞及肌肉颜色比对照组更红、更亮、有光泽; 光谱测试结果表明, 试验组鱼头、鱼鳞、肌肉、鱼尾单位质量色素含量比对照组分别增加了 22.6%、45.5%、31.0% 和 21.2%, 均存在极显著差异; 此外, 金鱼不同身体部位的色素沉积也有所不同, 其含量为尾 > 鳞 > 头 > 肌肉, 且差异显著。Jin 等^[33]从红法夫酵母中提取出虾青素并添加到饲料中, 喂养金鱼, 结果显示金鱼体色明显增加, 虾青素增色效果与金鱼大小、年龄有一定相关性。

2.4 动物

水蚤是一种生活于淡水的小型甲壳动物, 其不仅蛋白质含量高, 且含有鱼类必需的氨基酸、维生素及钙质, 易于消化, 是金鱼的优良饵料。早在明代就有金鱼饲养者发现用红色水蚤喂养金鱼, 可使金鱼体色特别鲜艳而且富有光泽。

3 前景展望

天然着色剂不仅具备一般着色剂的增色功能,还有来源广泛、易于获取、使用安全的特点,同时营养价值较高。使用添加天然着色剂的饲料喂食观赏鱼可以提高其观赏价值和商品价值。我国有些地区生产的添加螺旋藻和小磷虾等富含虾青素和类胡萝卜素的增色饲料,能够在一定程度上改善金鱼体色。此外,关于天然着色剂在鱼体中代谢及沉积过程的研究还有待拓展。而我国金鱼饲养有着悠久的历史,由于饲养模式的不同和自然变异产生的品种数量繁多,这对探究金鱼色素细胞迁移、转化以及天然色素在鱼体中的代谢过程、机理提供了重要的研究素材。

当前东亚一些国家对金鱼天然增色饲料的研究开发较为深入,但其配方、制作工艺和使用方法受到专利保护并未公开。因此,研究开发应用于金鱼饲料的天然着色剂对于提升我国观赏鱼饲料业整体技术水平以及金鱼观赏价值和商品价值,促进金鱼养殖业产业升级意义重大,其开发和应用前景广阔。

参 考 文 献

- [1] 张雨,李迪.金鱼体色及其增色饲料研究综述[J].江西饲料,2009(4):25-28.
- [2] 李小慧,汪学杰,牟希东,等.观赏鱼着色研究进展[J].河北渔业,2008(12):6-14.
- [3] 郑曙明.观赏水产养殖学[M].重庆:西南师范大学出版社,2007.
- [4] 伍惠生.中国金鱼[M].天津:天津科学技术出版社,1987.
- [5] 叶元土,蔡春芳,张宝彤,等.鱼类营养与饲料配制[M].北京:化学工业出版社,2013.
- [6] 刘晋.鱼类着色剂及其在黄颡鱼饲料中的应用[J].广东饲料,2013,22(1):32-34.
- [7] 贺国龙,刘立鹤.鱼类体色成因及其调控技术研究进展(上)[J].水产科技情报,2010,37(2):88-91.
- [8] 张晓红,吴锐全,王海英,等.鱼类体色的色素评价及人工调控[J].饲料工业,2008,29(4):58-61.
- [9] MASAHIRO H, MITSUO H. Carotenoid pigments in goldfish (*Carassius auratus* L.). IV. carotenoid metabolism [J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1972, 38(4): 331-338.
- [10] 张晓红,吴锐全,王海英,等.观赏鱼饲用着色剂研究进展[J].饲料与畜牧,2008(11):30-34.
- [11] KAPOOR B G, BHAVNA K. Ichthyology handbook [M]. New Delhi: Narosa Publishing House, 2004.
- [12] 崔凌飞,王遂.玉米皮色素提取及其稳定性研究[J].食品科学,2002,23(5):66-70.
- [13] 王锐,费晓红.四种增色剂在观赏鱼中应用的研究[J].北京水产,2005(4):37-38.
- [14] 李晓双.辣椒红色素的改性及在饲料中的应用研究[J].饲料研究,2001(4):20-22.
- [15] HANCZ C, MAGYARY I, MOLNÁR T, et al. Evaluation of color intensity enhanced by paprika as feed additive in goldfish and koi carp using computer-assisted image analysis [J]. Fishery science, 2003(69): 1158-1161.
- [16] 黄辨非,冯端林,罗静波,等.饲料中添加红辣椒粉对红草金鱼体色及生长的影响[J].水利渔业,2008,28(4):52-54.
- [17] 孙金辉,范泽,程镇燕,等.饲料中红辣椒粉对红色草金体色及相关色素沉积的影响[J].饲料研究,2016(2):31-36.
- [18] 范泽,刘艺娜,程镇燕,等.饲料中添加红辣椒粉对红色草金生长、消化和免疫力的影响[J].江苏农业科学,2017,45(13):129-133.
- [19] 傅建军,张建新.鸡血藤对金鱼增色作用的研究[J].兽药与饲料添加剂,2008,13(5):4-6.
- [20] VERÓNICA P E, GABRIEL A G, PABLO EMILIO V E, et al. Effect of anthocyanin's extract from flour of roselle calyx (*Hibiscus sabdariffa*) on growth and pigmentation of goldfish (*Carassius auratus*) [J]. Thai J Vet Med, 2012, 42(1): 107-111.
- [21] 陈永安,黎继烈,罗先权,等.茺萍综合开发技术研究 I. 茺萍高产培植技术[J].湖南农业大学学报,1998,24(2):109-112.
- [22] 陈永安,张再永,聂晓梅,等.茺萍综合开发技术研究 II. 茺萍配合饲料网箱养鱼试验[J].湖南农业大学学报,1999,25(3):236-240.
- [23] 苏连芳,潘维喜,苗华芬.茺萍的培育与饲养鱼种效果的研究[J].淡水渔业,1981,9(3):29-33.
- [24] 黄斌,黄勇,汪利.日粮添加茺萍对红色草金鱼生长及体色的影响[J].水产科学,2011,30(10):617-620.
- [25] 程云生,陈世金,李静,等.饲料中组合色素对红草金鱼体色的影响[J].淡水渔业,2015,45(5):94-99.
- [26] 王洋,韩英.浅析观赏鱼着色剂的种类和应用[J].黑龙江水产,2013(4):30-32.
- [27] 许蕾.螺旋藻饲料对金鱼快速增色效果的研究[J].海南大学学报(自然科学版),1999,17(4):366-368.
- [28] 方春林,贺刚,余智杰,等.饲料中三种添加剂对金鱼体色影响的研究[J].科学养鱼,2013(8):73-74.
- [29] GOUVEIA L, RWMA P, PEREIRA O, et al. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass [J]. Aquaculture Nutrition, 2003, 9(2): 123-130.
- [30] MILLER M W. The yeast a Taxonomic study [M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B V, 1984.
- [31] ANDREWS A G, STARR M P. (3R, 3' R)-astaxanthin from the yeast *Phaffia rhodozyma* [J]. Phytochemistry, 1976, 15(6): 1009-1011.
- [32] 陈晓明,徐学明,金征宇.富含虾青素的法夫酵母对金鱼体色的影响[J].中国水产科学,2004,11(1):70-73.
- [33] JIN Z, WANG H, CHEN X, et al. Effect of astaxanthin from *Xanthophyllomyces dendrorhous* on the Pigmentation of Goldfish, *Carassius auratus* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2006, 37(3): 282-288.