

文章编号: 1674-5566(2014)01-0043-08

## 饲料中蝇蛆粉用量对青鱼生长、体成分和消化酶活力的影响

刘黎<sup>1,2</sup>, 叶金云<sup>1</sup>, 吴成龙<sup>1</sup>, 张易祥<sup>1</sup>, 邵仙萍<sup>1</sup>, 姜志强<sup>2</sup>, 明建华<sup>1</sup>,  
刘沛<sup>1,2</sup>

(1. 湖州师范学院 浙江省水生生物资源养护与开发技术研究重点实验室, 浙江 湖州 313000; 2. 大连海洋大学 水产与生命学院, 辽宁 大连 116023)

**摘要:** 用不添加蝇蛆粉的对照饲料和添加 1.0%、1.8%、2.6%、3.4%、4.2%、5.0% 蝇蛆粉的 6 种试验饲料, 分别饲喂初重为 (127.42 ± 4.83)g 的青鱼 8 周, 研究蝇蛆粉对青鱼生长、体成分和消化酶活力的影响。试验结果表明: 摄食添加 5.0% 蝇蛆粉组青鱼终末体重和特定生长率最高, 饲料系数最低; 饲料中添加蝇蛆粉可降低青鱼肝体比和脏体比, 当添加量为 5.0% 时降至最低且与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ )。摄食添加 4.2% 蝇蛆粉组, 青鱼全鱼粗蛋白含量达到最大值, 与对照组和蝇蛆粉添加量为 1.0%、1.8% 组差异显著 ( $P < 0.05$ ), 添加量为 3.4%、4.2%、5.0% 组鱼体肌肉中的粗蛋白含量较对照组显著升高 ( $P < 0.05$ )。摄食添加 4.2% 蝇蛆粉的试验饲料后, 青鱼肠道和肝胰脏蛋白酶活力以及肠道淀粉酶活力均达到最大值且与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ ), 摄食 5.0% 蝇蛆粉组其肠道和肝胰脏脂肪酶活力达到最大值与对照差异显著 ( $P < 0.05$ )。因此, 在试验条件下, 饲料中添加 4.2% ~ 5.0% 的蝇蛆粉能促进青鱼的生长、提高青鱼肠道和肝胰脏消化酶活力, 提高全鱼蛋白含量改善肌肉品质。

**研究亮点:** 本试验在国内首次就饲料中添加蝇蛆粉对青鱼生长、体成分、消化酶活力的影响方面进行了较为系统的研究, 并取得了明显的效果。添加不同水平的蝇蛆粉对青鱼生长、体成分、消化酶活性等的影响所获得的数据, 不仅具有较大的应用价值, 而且将为今后的深入研究提供理论依据。

**关键词:** 蝇蛆粉; 青鱼; 生长; 体成分; 消化酶活力

**中图分类号:** S 963.73<sup>+9</sup>

**文献标志码:** A

蝇蛆粉 (maggot meal, MGM) 是一种蛋白质含量较高、氨基酸种类齐全、必需脂肪和不饱和脂肪酸含量丰富、微量元素和维生素含量也较为丰富的非常规动物蛋白原料<sup>[1-3]</sup>。目前围绕蝇蛆及蝇蛆粉的开发利用已经开展了很多研究工作。在水产动物饲料领域, 已有报道直接以鲜活的蝇蛆饲喂三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*)<sup>[4]</sup>、中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*)<sup>[5-6]</sup>、凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*)<sup>[7]</sup> 和稚鳖 (*Trionyx sinensis*)<sup>[8]</sup>, 均取得了较好的效果; 且有研究发现, 家蝇蛆粉可以部分或全部替代尼罗罗非鱼 (*Oreochromis*

*niloticus*)<sup>[9-11]</sup>、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)<sup>[12]</sup>、长丝异鳃鲶 (*Heterobranchus longifilis* ♀ × *Clarias gariepinus* ♂)<sup>[13]</sup>、非洲鲶 (*Clarias gariepinus*)<sup>[14]</sup>、凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*)<sup>[15]</sup> 饲料中的鱼粉。

目前, 有关饲料中直接添加蝇蛆粉对水产动物生长、体成分和消化酶活力的影响研究较少, 陈冰等<sup>[16]</sup> 证实在饲料中添加适宜的家蝇抗菌肽对凡纳滨对虾有一定的促生长效果。青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) 是我国传统养殖鱼类, 是“四大家鱼”之首, 对其营养需求与饲料研究已有较多的报道。本试验研究了饲料中添加不同

收稿日期: 2013-06-30 修回日期: 2013-11-10

基金项目: 国家大宗淡水鱼产业技术体系 (CARS-46-21); 浙江省重大科技专项重大农业项目 (2010C02001); 浙江省重点科技创新团队项目 (2012R10026-08); 湖州市重点科技专项 (2010ZD1002); 湖州市重点科技创新团队项目 (2010KC02)

作者简介: 刘黎 (1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail: 12123876@163.com

通信作者: 叶金云, E-mail: yjy@hutc.zj.cn

水平的蝇蛆粉对青鱼生长性能、体成分和消化酶活力的影响,为蝇蛆粉在青鱼饲料中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验所用的青鱼为二龄鱼种,由浙江省湖州市吴兴区丰溢现代水产养殖场提供;试验所用鱼粉、豆粕、菜籽粕、米糠、血球蛋白粉等饲料原料均由浙江省一星饲料股份有限公司提供。试验用蝇蛆粉是由德清绿态有机肥有限公司提供,其主要营养成分和氨基酸含量(干物质基础)如表 1,表 2 所示。

### 1.2 试验饲料

本试验以进口鱼粉、豆粕、菜粕和面粉等为主要饲料原料,配制分别含蝇蛆粉 0、1.0%、1.8%、2.6%、3.4%、4.2%、5.0% 的 7 种饲料,其设计配方的原料组成和营养成分见表 3 和表 4 (干物质基础)。

表 1 蝇蛆粉主要营养成分

Tab.1 Composition and nutrient levels of the maggot meal %

成分名称	含量
水分	6.45
粗蛋白	58.87
粗脂肪	24.84
粗灰分	5.85
能量值/(kJ/kg)	24.27

表 2 蝇蛆粉中氨基酸组成

Tab.2 Amino acid composition and ratio of maggot meal %

氨基酸名称	含量	氨基酸名称	含量
天门冬氨酸(Asp)	5.52	缬氨酸(Val)	2.59
苏氨酸(Thr)	2.30	蛋氨酸(Met)	1.34
丝氨酸(Ser)	2.52	亮氨酸(Ieu)	3.50
谷氨酸(Glu)	8.64	酪氨酸(Tyr)	3.63
脯氨酸(Pro)	2.36	苯丙氨酸(Phe)	4.04
甘氨酸(Gly)	2.28	组氨酸(His)	4.67
丙氨酸(Ala)	2.92	赖氨酸(Lys)	4.32
胱氨酸(Cys)	-	精氨酸(Arg)	3.45
异亮氨酸(Ile)	2.04	合计	56.12

表 3 试验饲料组成

Tab.3 Composition of the experimental diets %

成分	组别						
	H0.0	H1.0	H1.8	H2.6	H3.4	H4.2	H5.0
秘鲁鱼粉	10	10	10	10	10	10	10
血球蛋白粉	5	4.39	3.91	3.42	2.93	2.45	1.96
膨化大豆	3	3	3	3	3	3	3
米糠	5	5	5	5	5	5	5
面粉	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7
豆粕	23	23	23	23	23	23	23
菜粕	20	20	20	20	20	20	20
鱼油	2	2	2	2	2	2	2
豆油	1.2	0.9	0.7	0.5	0.4	0.2	0
氯化胆碱(50%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vc 多聚磷脂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
预混料	1	1	1	1	1	1	1
沸石粉	3	3	3	3	3	3	3
微晶纤维素	1.8	1.71	1.59	1.48	1.27	1.15	1.04
蝇蛆粉	0	1	1.8	2.6	3.4	4.2	5

注:预混料由浙江省一星饲料股份有限公司提供。

表 4 试验饲料营养成分含量

Tab.4 Nutrient levels of the experimental diets %

营养成分含量/%	组别						
	H0.0	H1.0	H1.8	H2.6	H3.4	H4.2	H5.0
水分	5.58	5.47	5.42	5.95	5.71	5.82	5.34
粗蛋白	36.77	36.79	36.66	36.85	36.16	36.49	36.38
粗脂肪	4.90	4.91	4.94	4.87	4.79	4.87	4.85
灰分	8.38	8.96	8.88	8.86	9.04	9.10	9.17

试验饲料制作时,先将原料粉碎,使原料粉未能全部通过孔径为 60 目的试验筛,按配方比例称取各原料置于盆内,然后再采用逐级混匀法,混合均匀后,加入适量的水,用制粒机制成直径为 1.8 mm 的颗粒饲料,并置于烘箱中 50 °C 烘干 4 h, -20 °C 保存备用。

### 1.3 饲养管理

试验所用青鱼购于湖州市吴兴区丰溢现代水产养殖场,养殖试验是在浙江省湖州狄港渔庄池塘网箱(3 m × 2 m × 1.5 m)内进行,共选取 420 尾体质健壮,规格基本一致的青鱼,初体重为(127.42g ± 4.83) g,随机分成 7 组,每组 3 个重复,每个重复 20 尾试验鱼种。

青鱼驯化 15 d 后投喂试验饲料,日投喂量为鱼体重的 3% ~ 5%。每日投喂两次,分别为 8:00 和 15:00。试验期间水温为 25 ~ 28 °C,光照与自然光照同步,pH 为 7.2 左右,溶氧 ≥ 5.8 mg/L。试验周期为 60 d。

### 1.4 样品采集

生长试验结束后,禁食 24 h,准确测量体长、称重并记录。每个试验组取 3 尾鱼做全鱼样品,取 5 尾鱼做肌肉样品。

每个网箱随机抽取 5 尾,用 0.86% 生理盐水冲洗后擦干、称重、快速解剖、取出肝胰脏、中肠,置于 -80 °C 冰箱内保存备用。

### 1.5 测定方法

#### 1.5.1 青鱼生长指标和内脏指数测定

饲养试验结束后,对试验鱼进行准确的称重、测量体长和记数,统计总投喂量,确定其终体重和特定生长率、增重率和饲料系数。每个网箱随机取 5 尾鱼测定其肥满度;同时每网箱取 5 尾鱼用于脏体比、肝体比的计算,对青鱼形体进行综合评价。

$$S_{CR}(\%/d) = [(\ln W_t - \ln W_0) / t] \times 100 \quad (1)$$

$$F_{CR} = C / (W_t - W_0) \quad (2)$$

$$C_F(\%) = (W_t / L^3) \times 100 \quad (3)$$

$$H_{IS}(\%) = (W_h / W_t) \times 100 \quad (4)$$

$$V_{SI}(\%) = (W_v / W_t) \times 100 \quad (5)$$

$$S(\%) = N_s / N_t \times 100 \quad (6)$$

式中: $S_{CR}$ 为鱼体特定生长率; $F_{CR}$ 为饲料系数; $C_F$ 为鱼体肥满度; $H_{IS}$ 为鱼体肝脏指数; $V_{SI}$ 为鱼体脏体比; $S$ 为鱼体存活率; $W_0$ 为试验鱼的初始体重(g); $W_t$ 为试验鱼的终末体重(g); $W_1$ 为空壳重

(g); $t$ 为试验天数(d); $C$ 为摄饵量(g); $L$ 为试验鱼长度(cm); $W_h$ 为试验鱼肝重(g); $W_v$ 为内脏重(g); $N_t$ 为总尾数; $N_s$ 为成活尾数。

#### 1.5.2 营养成分分析

饲养试验完成后,停食 24 h,每个网箱随机抽取 3 尾试验鱼,用于营养组成测定。全鱼和肌肉主要营养成分测定方法为:105 °C 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;马弗炉 550 °C 灼烧法测定粗灰分。上述测定步骤均参照国标规定的方法进行。

#### 1.5.3 消化酶活力的测定

将存放于 -80 °C 的肠道和肝胰脏样品在 4 °C 下解冻,剪碎,按质量体积比 1:9 加入预冷的 0.86% 的冰生理盐水,玻璃匀浆器中匀浆,粗酶液经 2 500 r/min,4 °C 低温离心 10 min,取上清液备用。

蛋白酶活性测定采用福林-酚试剂(Folin-phenol)法<sup>[17]</sup>,酶单位活力定义为在 pH 7.5,酪蛋白浓度为 0.5%,37 °C 下每分钟水解酪素产生 1 g 酪氨酸为一个酶活力单位。淀粉酶活力定义为:组织中每毫克蛋白在 37 °C 与底物作用 30 min,水解 10 mg 淀粉为 1 个酶活力单位。脂肪酶活力定义为:在 37 °C 条件下,每克组织蛋白与底物反应 1 min,消耗 1 μmol 甘油三酯为 1 个酶活力单位。蛋白质含量测定选用考马斯亮蓝法。本试验所采用的试剂盒均来自南京建成生物工程研究所。

### 1.6 数据统计分析

试验数据以“平均值 ± 标准差”表示,采用 Excel 和 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析,差异显著时,用 Duncan's 多重比较, $P < 0.05$  表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼生长的影响

由表 5 可知,试验饲料中蝇蛆粉含量为 1.0% 时,试验鱼的鱼末体重、特定生长率与对照组无显著差异( $P > 0.05$ ),而当饲料中蝇蛆粉的含量从 1.8% 增加至 5.0% 时,试验鱼的末体重和特定生长率随试验饲料中蝇蛆粉添加量的增加而呈逐渐增加的趋势,当蝇蛆粉的添加量为 5.0% 时达到最大值,显著高于对照组和蝇蛆粉含量为 0 和 1.0% 组( $P < 0.05$ );试验鱼的饲料系

数随饲料中蝇蛆粉添加量的升高而逐渐降低,但各組间差异不显著( $P > 0.05$ )。饲料中添加不同

含量的蝇蛆粉对青鱼的存活率无显著影响( $P > 0.05$ )。

表 5 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼生长、存活和饲料利用的影响

Tab. 5 Effects of maggot meal on growth, survival and feed conversion ratio of black carp

处理组	初体重/g	末体重/g	特定生长率/(%/d)	饲料系数	存活率/%
H0.0	131.13 ± 0.95	299.92 ± 19.90 <sup>ab</sup>	1.38 ± 0.09 <sup>ab</sup>	2.15 ± 0.47	91.67 ± 2.89
H1.0	127.23 ± 3.84	265.47 ± 10.20 <sup>a</sup>	1.23 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.19 ± 0.15	93.33 ± 3.41
H1.8	131.30 ± 8.27	304.30 ± 29.94 <sup>ab</sup>	1.40 ± 0.07 <sup>ab</sup>	2.06 ± 0.27	96.67 ± 1.41
H2.6	127.25 ± 13.4	294.62 ± 39.08 <sup>ab</sup>	1.40 ± 0.14 <sup>ab</sup>	2.05 ± 0.15	91.67 ± 2.41
H3.4	121.47 ± 4.58	289.57 ± 12.46 <sup>ab</sup>	1.45 ± 0.04 <sup>bc</sup>	1.82 ± 0.08	98.33 ± 2.89
H4.2	124.07 ± 1.97	309.59 ± 18.60 <sup>ab</sup>	1.52 ± 0.07 <sup>bc</sup>	1.79 ± 0.25	93.33 ± 5.77
H5.0	125.52 ± 0.89	330.99 ± 38.02 <sup>b</sup>	1.61 ± 0.17 <sup>c</sup>	1.73 ± 0.13	98.33 ± 1.58

注:数据表示方式为“平均值 ± 标准差”(mean ± S. D., n = 3);不同字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ ),下表同。

## 2.2 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼鱼形态指数的影响

由表 6 可知,试验饲料中蝇蛆粉添加水平为 1.0% ~ 4.2% 时,试验鱼的肝指数随饲料中蝇蛆粉添加量的增大而呈降低的趋势但与对照组无显著差异( $P > 0.05$ ),但是当蝇蛆粉添加量增至 5.0% 时,试验鱼鱼体肝脏指数降至最低且与对照组差异显著( $P < 0.05$ );鱼体脏体比同样在蝇蛆粉添加量为 5.0% 时出现最小值,且较对照组差异显著( $P < 0.05$ );各組间肥满度无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 6 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肝指数、脏体比、肥满度的影响

Tab. 6 Effects of maggot meal on HSI, VSI and CF of black carp

处理组	肝指数	脏体比	肥满度
H0.0	2.40 ± 0.09 <sup>b</sup>	15.76 ± 1.00 <sup>c</sup>	1.59 ± 0.14
H1.0	2.40 ± 0.16 <sup>b</sup>	14.74 ± 1.47 <sup>bc</sup>	1.63 ± 0.02
H1.8	2.34 ± 0.14 <sup>b</sup>	13.63 ± 0.66 <sup>ab</sup>	1.66 ± 0.01
H2.6	2.24 ± 0.14 <sup>ab</sup>	13.11 ± 1.15 <sup>ab</sup>	1.69 ± 0.03
H3.4	2.25 ± 0.04 <sup>ab</sup>	14.25 ± 0.70 <sup>abc</sup>	1.65 ± 0.07
H4.2	2.23 ± 0.02 <sup>ab</sup>	13.55 ± 0.63 <sup>ab</sup>	1.67 ± 0.04
H5.0	2.09 ± 0.18 <sup>a</sup>	12.54 ± 0.47 <sup>a</sup>	1.75 ± 0.12

## 2.3 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼全鱼和肌肉营养组成的影响

青鱼摄食试验饲料 8 周后的全鱼营养组成列于表 7。由表 6 可知,摄食 7 种饲料 60 d 后,试验鱼全鱼水分、粗灰分、粗脂肪含量试验组间均无显著差异( $P > 0.05$ ),但全鱼粗蛋白含量随蝇蛆粉添加量的增加而逐渐增加,且当蝇蛆粉的添加量为 4.2% 时,试验鱼种全鱼粗蛋白含量增至最大较对照组差异显著( $P < 0.05$ )。

表 7 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼全鱼营养组成的影响

Tab. 7 Effects of maggot meal level on body composition of black carp

处理组	水分	粗蛋白	粗脂肪	灰分
H0.0	74.94 ± 4.81	12.35 ± 2.12 <sup>a</sup>	8.72 ± 2.04	2.42 ± 0.15
H1.0	71.40 ± 2.38	14.41 ± 1.29 <sup>ab</sup>	9.72 ± 1.38	2.48 ± 0.26
H1.8	72.43 ± 2.81	13.90 ± 2.20 <sup>ab</sup>	9.06 ± 0.69	2.45 ± 0.48
H2.6	75.15 ± 1.47	12.94 ± 1.36 <sup>ab</sup>	7.65 ± 0.37	2.30 ± 0.27
H3.4	70.47 ± 3.02	15.86 ± 2.23 <sup>b</sup>	9.36 ± 1.16	2.77 ± 0.32
H4.2	70.68 ± 4.59	16.34 ± 2.16 <sup>b</sup>	9.47 ± 2.17	2.57 ± 0.22
H5.0	72.21 ± 1.01	14.97 ± 0.08 <sup>ab</sup>	9.08 ± 0.68	2.56 ± 0.14

由表 8 可知,青鱼肌肉中粗蛋白含量随饲料中蝇蛆粉添加量的增加呈逐渐升高的趋势,蝇蛆粉添加量为 3.4%、4.2%、5.0% 的 3 组青鱼肌肉粗蛋白含量较对照组差异显著( $P < 0.05$ ),当蝇蛆粉的添加量为 5.0% 时青鱼肌肉粗蛋白含量达到最大值。饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肌肉水分和粗脂肪含量无显著影响( $P > 0.05$ )。

表 8 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肌肉营养组成的影响

Tab. 8 Effects of maggot meal level on muscle composition of black carp

处理组	水分	粗蛋白	粗脂肪
H0.0	76.29 ± 0.38	16.88 ± 0.71 <sup>a</sup>	3.04 ± 0.71
H1.0	76.61 ± 0.45	17.59 ± 0.21 <sup>ab</sup>	2.21 ± 0.23
H1.8	75.54 ± 0.77	17.72 ± 0.44 <sup>ab</sup>	3.09 ± 1.06
H2.6	75.90 ± 0.35	18.31 ± 0.44 <sup>ab</sup>	2.49 ± 0.28
H3.4	76.35 ± 0.73	18.46 ± 0.45 <sup>bc</sup>	2.19 ± 0.49
H4.2	76.05 ± 0.73	18.69 ± 0.52 <sup>c</sup>	2.30 ± 0.41
H5.0	76.27 ± 0.46	18.79 ± 0.34 <sup>c</sup>	2.33 ± 0.13

## 2.4 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼消化酶活力的影响

### 2.4.1 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼蛋白酶活力的影响

图1中当饲喂蝇蛆粉含量为1.8%~5.0%的饲料时,青鱼肠道蛋白酶活较对照组差异显著( $P < 0.05$ ),其中添加量为4.2%,5.0%两组,青鱼肠道蛋白酶活较高且与其他各组差异显著( $P < 0.05$ ),肝胰脏中蛋白酶酶活在饲料中添加4.2%时出现最大值且与蝇蛆粉添加量为0~2.6%组和5.0%差异显著( $P < 0.05$ ),与蝇蛆粉添加量为3.4%组差异不显著( $P > 0.05$ )。

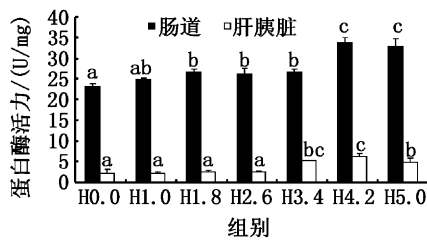


图1 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肠道和肝胰脏蛋白酶活力的影响

Fig.1 Effects of maggot meal on activities of protease in intestine and hepatopancreas of black carp

不同字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ );组间有相同字母表示差异不显著( $P > 0.05$ ),图3 同此。

### 2.4.2 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼淀粉酶活力的影响

从图2可知,肠道中淀粉酶酶活也受饲料中蝇蛆粉添加量的影响,当蝇蛆粉添加量增至4.2%时,青鱼肠道中淀粉酶酶活增至最大,较添加量为0~3.4%差异显著( $P < 0.05$ ),与添加量为5.0%组差异不显著( $P > 0.05$ ),但饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肝胰脏中淀粉酶活性无显著影响( $P > 0.05$ )。

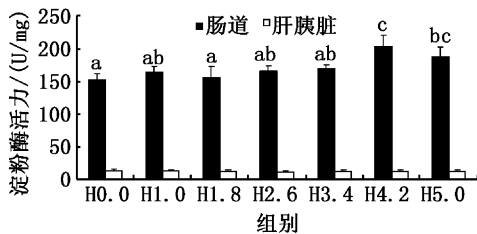


图2 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肠道和肝胰脏淀粉酶活性的影响

Fig.2 Effects of maggot meal on activities of amylase in intestine and hepatopancreas of black carp

不同字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ );组间有相同字母或无字母表示组间差异不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.4.3 添加不同梯度蝇蛆粉对青鱼脂肪酶活力的影响

图3可以看出肠道与肝胰脏组织中脂肪酶活力随饲料中蝇蛆粉添加量的增加而呈现逐渐升高的趋势,酶活分别在添加量为2.6%~5.0%和4.2%~5.0%时与对照组出现显著性差异( $P < 0.05$ ),在蝇蛆粉添加量增至5.0%时,肠道与肝胰脏中脂肪酶酶活增至最大并与其他各组差异显著( $P < 0.05$ )。

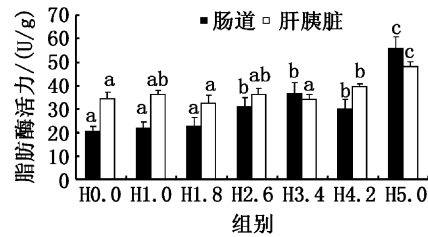


图3 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肠道和肝胰脏脂肪酶活性的影响

Fig.3 Effects of maggot meal on activities of lipase in intestine and hepatopancreas of black carp

## 3 讨论

### 3.1 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼生长的影响

目前已有研究表明在大鼠日粮中添加适量的家蝇抗菌肽可显著提高大鼠的日增重,降低料重比<sup>[16,18]</sup>。陈冰等<sup>[16]</sup>也同样证实在一定的添加水平范围内,家蝇抗菌肽能明显提高凡纳滨对虾的特定增长率、增重率和饲料效率( $P < 0.05$ );而且已有研究证实直接添加不同配比的蝇蛆可以提高对虾的体长、体质量、特定增长率和成活率<sup>[7]</sup>。本试验研究结果显示摄食饲料中含1.8%~5.0%蝇蛆粉的5组试验组青鱼较摄食不含蝇蛆粉和蝇蛆粉含量为1.0%的试验组有较高的增重率、特定增长率和较低的饲料系数,且蝇蛆粉添加量为5.0%组试验青鱼其特定增长率最高且较对照组差异显著( $P < 0.05$ ),饲料系数达到最低值( $P > 0.05$ )。因此在本试验条件下,饲料中添加5.0%的蝇蛆粉可提高青鱼鱼体增重,同时降低其饲料系数。

### 3.2 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肝指数、内脏指数和肥满度的影响

胰脏是分泌消化酶的主要器官,肝脏是营养物质重要的代谢和贮存器官,所以肝胰脏在养分

的消化中起着重要的作用,而饲料中的营养物质通常对肝胰脏的生长发育产生影响<sup>[19]</sup>,因此,肝体比和脏体比是评价鱼体营养价值的一项指标。曹俊明等<sup>[20]</sup>研究表明,当蝇蛆粉的替代鱼粉量大于 60% 时会造成凡纳滨对虾肝胰腺结构损伤,显著提高对虾肝胰腺指数( $P < 0.05$ );文远红等<sup>[21]</sup>证实实用当蝇蛆粉的替代量高于 20% 时,各替代组蛋白质效率、蛋白质沉积率较对照组显著降低( $P < 0.05$ ),鱼体肝脏指数和内脏指数逐渐升高( $P > 0.05$ )。这可能是由于蝇蛆粉中的赖氨酸和高不饱和脂肪酸含量较低,高水平的蝇蛆粉替代,会不能满足水生动物的营养需求而导致其蛋白质效率和蛋白质沉积率降低,且曹俊明所选用的蝇蛆粉经长时间阴干处理后容易导致脂肪氧化,而氧化脂肪也会使水生动物蛋白沉积率和蛋白效率降低,使肝脏中脂肪含量显著升高( $P < 0.05$ )<sup>[20]</sup>。本试验用蝇蛆粉为烘箱干燥,且添加量较少,每组试验饲料脂肪水平控制在二龄青鱼最适水平。因此在本试验条件下,饲料中添加蝇蛆粉可降低青鱼的肝脏指数和脏体比,但对组间肥满度无显著影响( $P > 0.05$ )。

### 3.3 饲料中添加蝇蛆粉对青鱼全鱼和肌肉组成的影响

目前已有研究表明用蝇蛆粉替代鱼粉饲喂泥鳅<sup>[22]</sup>,凡纳滨对虾<sup>[20]</sup>和黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)幼鱼<sup>[21]</sup>,对其全鱼/全虾以及肌肉中的水分、粗蛋白、粗脂肪以及粗灰分有一定的影响,但对饲料中添加蝇蛆粉对水生动物体成分和肌肉成分的影响报道较少。在本试验中,随着饲料蝇蛆粉水平的升高,青鱼全鱼和肌肉粗蛋白逐步增加,分别在添加量为 4.2% 和 3.4% ~ 5.0% 时较对照组差异显著( $P < 0.05$ ),这可能是由于蝇蛆粉中的蝇蛆肽成分能够避免氨基酸的吸收竞争,促进机体对氨基酸的吸收利用,提高蛋白质的沉积率<sup>[23]</sup>。陈冰等<sup>[16]</sup>研究也证实家蝇抗菌肽的适量添加可显著提高凡纳滨对虾全虾粗蛋白含量。

### 3.4 饲料中添加不同梯度蝇蛆粉对青鱼消化酶活性的影响

消化酶活性是反映动物对摄食食物消化能力的一个重要指标,其活性高低取决于动物对营养物质的消化能力的好坏,消化酶的活性变化可以反映出机体在不同的营养状况下的生理反

应<sup>[24]</sup>。目前有关蝇蛆粉对水产动物消化酶活力的影响主要集中在饲料蛋白源替代方面,在用蝇蛆粉替代鱼粉饲喂凡纳滨对虾<sup>[20,25]</sup>、黄鳢(*Monopterus albus*)<sup>[26]</sup>等的结果表明过高的蝇蛆粉替代会降低肝胰脏消化酶活性,影响动物生长;郭玉阳等<sup>[27]</sup>也研究证实实用蝇蛆复合蛋白替代鱼粉饲喂彭泽鲫,彭泽鲫肠道蛋白酶和淀粉酶活性随替代比例的增加而逐渐降低,但脂肪酶活性逐渐升高;白燕等<sup>[28]</sup>的研究证实实用 2% 的蝇蛆粉替代刺参饲料中的鱼粉可显著提高刺参淀粉酶、脂肪酶、蛋白酶与纤维素酶的活性,促进刺参生长( $P < 0.05$ )。本试验研究表明饲料中添加蝇蛆粉对青鱼肠道与肝胰脏蛋白酶、脂肪酶以及肠淀粉酶酶活都有一定的影响,当蝇蛆粉添加量为 4.2% ~ 5.0% 时效果最优。

## 4 小结

通过在青鱼饲料中添加 0、1.0%、1.8%、2.6%、3.4%、4.2%、5.0% 的蝇蛆粉,研究饲料中添加蝇蛆粉对青鱼生长、鱼体成分和消化酶活力的影响,试验结果表明当饲料中蝇蛆粉的添加量为 4.2% ~ 5.0% 时青鱼具有较高的生长性能、鱼体及肌肉蛋白含量、肠道以及肝胰脏消化酶活力较高。因此,在本试验条件下,以生长性能、体成分和消化酶活力为评价指标,青鱼中蝇蛆粉的最适添加量为 4.2% ~ 5.0%。

## 参考文献:

- [1] 张廷军. 蝇蛆的经济价值及其在动物饲料上的应用[J]. 中国动物保健, 2000(2): 34-35.
- [2] 金江. 蝇蛆蛋白饲料开发及利用[J]. 农村养殖技术, 2006(19): 33.
- [3] 孙冰,任宝波. 蝇蛆养殖的价值与前景分析[J]. 畜禽饲养, 2007(12): 14-15.
- [4] 吴建新,徐加涛. 无菌蝇蛆-三疣梭子蟹养殖好饵料[J]. 科学养鱼, 2009(1): 65-66.
- [5] 张洪玉,张天时,孔杰,等. 蚯蚓与蝇蛆对中国对虾生长及抗白斑综合征病毒感染的研究[J]. 水产学报, 2009, 33(3): 503-510.
- [6] 郑伟,董志国,王兴强,等. 投喂蝇蛆对中国明对虾生长及生化组成的影响[J]. 水产科学, 2010, 29(4): 187-192.
- [7] 刘丽波,李色东,陈镜华,等. 鲜活蝇蛆对凡纳滨对虾生长和免疫的影响[J]. 水产科学, 2010, 29(12): 721-724.
- [8] 周永富,饶军华,阳建春,等. 家蝇饲养技术研究及蝇蛆在鳖养殖中的应用[J]. 昆虫天敌, 1997, 19(4): 161-164.
- [9] AJANI E K, NWANNA L C, MUSA B O. Replacement of

- fishmeal with maggot meal in the diets of *Nile tilapia*, *Oreochromis niloticus* [J]. *World Aquaculture*, 2004, 35 (1): 52-54.
- [10] FASHINA-BOMBATA H A, BALOGUN O. The effect of partial or total replacement of fish meal with maggot meal in the diet of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry [J]. *Journal of Prospects in Science*, 1997(1): 178-181.
- [11] OGUNJI J O, KLOAS W, WIRTH M, et al. Housefly maggot meal (maggot meal) as a protein source for *Oreochromis niloticus* (Linn.) [J]. *Asian Fisheries Science*, 2008, 21 (3): 319-331.
- [12] 马惠钦,牛玉璐,裴素俭. 渔用昆虫蛋白质资源的开发利用[J]. *水利渔业*, 2002, 22(1): 28-29.
- [13] SOGBESAN A O, AJUONU N, MUSA B O, et al. Harvesting techniques and evaluation of maggot meal as animal dietary protein source for "Heteroclaris" in outdoor concrete tanks [J]. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2006, 2(4): 394-402.
- [14] FASAKIN E A, BALOGUN A M, AJAYI O O. Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings [J]. *Aquaculture Research*, 2003, 34: 733-738.
- [15] 邓田方,吴玉刚,刘慧玲. 蝇蛆粉替代鱼粉对凡纳滨对虾生长的影响[J]. *渔业现代化*, 2012, 39(1): 46-50.
- [16] 陈冰,曹俊明,陈平洁,等. 家蝇抗菌肽对凡纳滨对虾生长性能及免疫相关指标的影响[J]. *中国水产科学*, 2010, 17(2): 258-266.
- [17] 中山大学生物系. 生化技术导论[M]. 北京:科学出版社, 1979: 53-55.
- [18] 张晶,李牧,单安山,等. 大豆活性肽对14日龄早期断奶仔猪生长性能和甲状腺素分泌的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2005, 4(36): 467-471.
- [19] 田娟,冷向军,李小勤,等. 复方中草药制剂对草鱼生长性能-肌肉成分和血清非特异性免疫的影响[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(28): 12282-12284.
- [20] 曹俊明,严晶,王国霞,等. 家蝇蛆粉替代鱼粉对凡纳滨对虾消化酶、转氨酶活性和肝胰腺组织结构的影响[J]. *南方水产科学*, 2012, 8(5): 72-79.
- [21] 文远红,曹俊明,黄燕华,等. 蝇蛆粉替代鱼粉对黄颡鱼前肠、肝胰腺组织结构的影响[J]. *动物资源开发与利用*, 2012(10): 613.
- [22] 李贤,张世萍,杨帆,等. 蝇蛆粉替代鱼粉对泥鳅生长及体成分的影响[J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(19): 4321-4324.
- [23] 姜宁,张爱忠,李玲玲,等. 蝇蛆肽对大鼠机体抗氧化和免疫指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2009, 21(4): 561-566.
- [24] LE MOULLAC G, VAN WORMHOUDT A, AOUACAP. Adaptation of digestive enzymes to dietary protein, carbohydrate and fibre levels and influence of protein and carbohydrate quality in *Penaeus vannamei* larvae (Crustacea, Decapoda) [J]. *Aquatic Living Resources*, 1994(7): 203-210.
- [25] 严晶. 家蝇蛆粉替代鱼粉在凡纳滨对虾饲料中的应用[D]. 武汉:华中农业大学, 2012.
- [26] 杨帆. 蝇蛆在黄鳝饲料中替代鱼粉的应用研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2011.
- [27] 郭玉阳,罗莉,陈任孝,等. 蝇蛆复合发酵蛋白替代鱼粉对彭泽鲫的生长性能和肝脏功能的影响[J]. *中国饲料*, 2012(21): 26-29.
- [28] 白燕,王维新,迟进坤. 蝇蛆粉对幼刺参生长、消化和免疫力的影响[J]. *水生动物营养*, 2012(12): 58-61.

## Effects of maggot meal on growth performance, body composition and digestive enzymes activities of black carp (*Mylopharyngodon piceus*)

LIU Li<sup>1,2</sup>, YE Jin-yun<sup>1</sup>, WU Cheng-long<sup>1</sup>, ZHANG Yi-xiang<sup>1</sup>, SHAO Xian-ping<sup>1</sup>, JIANG Zhi-qiang<sup>2</sup>, MING Jian-hua<sup>1</sup>, LIU Pei<sup>1,2</sup>

(1. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Aquatic Development, Huzhou Normal University, Huzhou 313000, Zhejiang, China; 2. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116023, Liaoning, China)

**Abstract:** A basal diet without adding maggot meal (MGM) and six test diets containing 1.0%, 1.8%, 2.6%, 3.4%, 4.2%, 5.0% of the MGM were prepared to feed seven groups of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) in triplicate with an initial average body weight of  $(127.42 \pm 4.83)$  g respectively for eight weeks. The results showed the Black carp fed the diet containing 5.0% MGM had higher final body weight (FBW), body weight gain (BWG), specific growth rate (SGR) and lower feed conversion ratio (FCR) than the others. The HIS and VSI decreased significantly when adding 5.0% MGM compared with control group ( $P < 0.05$ ). Body composition analysis showed that whole crude protein content increased significantly with the increasing of MGM levels ( $P < 0.05$ ). Compared with the control group, the crude protein content of fishes muscle increased significantly when adding 3.4%, 4.2%, 5.0% MGM ( $P < 0.05$ ). Intestine and hepatopancreas protease, intestine amylase activities of fish fed diet with 4.2% MGM were higher than those of fish fed the basal diet ( $P < 0.05$ ), hepatopancreas and intestine lipase activity increased with the increasing level of MGM supplement up to 5.0%. In conclusion, under the condition of this experiment, adding 4.2%–5.0% MGM to black carp diet could improve fish growth, digestive enzymes activities, whole fish crude protein content and muscle quality.

**Key words:** maggot meal; black carp; growth; body composition; digestive enzyme activity