

# 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾生长性能、体组成、血清生化指标和抗氧化能力的影响

胡俊茹<sup>1</sup> 王国霞<sup>1\*</sup> 黄文庆<sup>2</sup> 赵红霞<sup>1</sup> 莫文艳<sup>1</sup> 黄燕华<sup>1,2\*\*</sup>

(1.广东省农业科学院动物科学研究所,农业农村部华南动物营养与饲料重点实验室,广东省动物育种与营养公共实验室,广东省畜禽育种与营养研究重点实验室,广州 510640;

2.广州飞禧特生物科技有限公司,广州 510640)

**摘要:**在实用饲料(含20%鱼粉,鱼粉粗蛋白质含量为73.7%)的基础上,用黑水虻幼虫粉分别替代0(G<sub>0</sub>,作为对照)、10%(G<sub>10</sub>组)、15%(G<sub>15</sub>)、20%(G<sub>20</sub>)、25%(G<sub>25</sub>)、30%(G<sub>30</sub>)的鱼粉,配制成6种等氮等能的试验饲料,以研究黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾生长性能、体组成、血清生化指标和抗氧化能力的影响。将720尾初始体重为1.80 g左右的凡纳滨对虾幼虾随机分成6组,每组设3个重复,每个重复40尾。试验为期8周。结果表明:G<sub>15</sub>组饲料系数显著低于G<sub>0</sub>组( $P<0.05$ ),各替代组(G<sub>10</sub>~G<sub>30</sub>组)幼虾的增重率、特定生长率和存活率与G<sub>0</sub>组相比有升高的趋势,但差异未达显著水平( $P>0.05$ )。各组虾体的粗蛋白质、粗脂肪、总磷和水分含量差异不显著( $P>0.05$ ),G<sub>25</sub>组虾体的粗灰分和钙含量较G<sub>0</sub>组显著升高( $P<0.05$ )。各组幼虾血清白蛋白、球蛋白、胆固醇、甘油三酯、葡萄糖、尿酸含量及谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性无显著差异( $P>0.05$ )。幼虾血清总抗氧化能力以及过氧化物酶、过氧化氢酶活性均在G<sub>20</sub>组达到最高,且G<sub>15</sub>~G<sub>30</sub>组血清过氧化物酶活性显著高于G<sub>0</sub>组( $P<0.05$ ),G<sub>15</sub>~G<sub>20</sub>组血清过氧化氢酶活性显著高于G<sub>0</sub>组( $P<0.05$ );G<sub>25</sub>组血清超氧化物歧化酶活性显著高于G<sub>0</sub>组( $P<0.05$ )。综上所述,黑水虻幼虫粉替代饲料中30%或以下的鱼粉对凡纳滨对虾幼虾的生长性能有一定的促进作用,替代水平为15%时生长性能最佳;黑水虻幼虫粉替代饲料中15%~20%的鱼粉可显著增强凡纳滨对虾幼虾血清中抗氧化酶的活性,进而提高机体抗氧化能力。

**关键词:** 凡纳滨对虾幼虾;黑水虻幼虫粉;生长性能;体组成;血清生化指标;抗氧化能力

中图分类号:S963

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2019)11-5292-09

鱼粉是水产动物最重要的优质动物性蛋白质原料,具有蛋白质含量较高、氨基酸均衡、不饱和脂肪酸丰富、无抗营养因子和易消化吸收等特点,在肉食性或杂食性水产动物饲料中广泛应用。随着我国水产养殖业的快速发展,近年对鱼粉需求量日益增长,而长期对海洋渔业的过度捕捞导致

渔业资源短缺,鱼粉产量逐年降低,原料市场供不应求,促使价格不断上涨。高价位的鱼粉致使饲料成本高居不下,严重制约了水产养殖业可持续发展。因此,寻求健康安全、资源丰富的廉价蛋白质替代源成为解决鱼粉短缺问题的有效途径之一。

收稿日期:2019-04-27

基金项目:广东省现代农业科技创新联盟建设项目(2018LM1082,2018LM1083);广东省农业科学院学科团队建设项目(201614TD)

作者简介:胡俊茹(1979—),女,河北唐山人,副研究员,博士,从事水产动物营养与饲料研究。E-mail: hujunru1025@163.com

\* 同等贡献作者

\*\* 通信作者:黄燕华,研究员,硕士生导师,E-mail: huangyh111@126.com



续表 1

项目 Items	饲料 Diets					
	G0	G10	G15	G20	G25	G30
矿物质预混料 Mineral premix <sup>2)</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
维生素 C 酯 Vitamin C ester (35%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
氯化胆碱 Choline chloride	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
食盐 NaCl	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
胆固醇 Cholesterol	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
微晶纤维素 Microcrystalline cellulose	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>3)</sup>						
粗蛋白质 CP	38.98	38.87	38.74	38.61	38.55	38.50
粗脂肪 EE	9.28	9.23	9.68	10.14	10.11	10.09
总能 GE/(MJ/kg)	18.33	18.19	18.20	18.21	18.14	18.07
赖氨酸 Lys	1.85	1.80	1.78	1.75	1.73	1.71
蛋氨酸 Met	0.51	0.49	0.49	0.48	0.47	0.46

<sup>1)</sup> 每千克维生素预混料含有 Contained the following per kg of vitamin premix: VA 4 000 000 IU, VD<sub>3</sub> 2 000 000 IU, VE 30 g, VK<sub>3</sub> 10 g, VB<sub>1</sub> 5 g, VB<sub>2</sub> 15 g, VB<sub>6</sub> 8 g, 泛酸钙 calcium pantothenate 25 g, 叶酸 folic acid 2.5 g, 生物素 biotin 0.08 g, 烟酸 nicotinic acid 40 g, VB<sub>12</sub> 0.02 g, 肌醇 inositol 150 g。

<sup>2)</sup> 每千克矿物质预混料含有 Contained the following per kg of mineral premix: MgSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 12 g, KCl 90 g, Met-Cu 3 g, FeSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 1 g, ZnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 10 g, Ca(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0.06 g, Met-Co 0.16 g, NaSeO<sub>3</sub> 0.003 6 g。

<sup>3)</sup> 营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values.

## 1.2 试验动物与饲养管理

试验用凡纳滨对虾幼虾购自中山神湾养殖场。养殖试验在广东省农业科学院动物科学研究所水产研究室循环水养殖系统(缸体为 300 L 的圆柱形玻璃纤维缸)中进行。试验开始前将虾苗在水泥池中暂养 2 周。试验分组时挑选规格均匀、体格健康、平均体重约为 1.80 g 的凡纳滨对虾幼虾 720 尾,随机分为 6 个组(G0、G10、G15、G20、G25、G30 组),每组 3 个重复,每个重复放养 40 尾,分别投喂对应的试验饲料。每日饱食投喂 3 次(08:30、14:30 和 20:30),并根据各组摄食情况调节次日投喂量,若有剩料收集扣除。试验期间为自然光照,水温 27~31 ℃,盐度 4.5‰~5.5‰,氨氮浓度 <0.20 mg/L,亚硝酸盐浓度 <0.01 mg/L,溶氧浓度 >5.0 mg/L, pH 7.8~8.2。饲养试验为期 8 周。

## 1.3 样品采集和检测分析

饲养试验结束后禁食 24 h,称量每缸试验虾总重并统计存活尾数,用于计算生长性能。从每个重复中选取接近均重的 20 尾试验虾,其中 5 尾置于 -20 ℃ 冰箱保存,用于虾体常规营养成分含量测定;另外 15 尾于围心腔取血,血液静置 4 h

后,10 000 r/min 离心 10 min,制备血清,于 -80 ℃ 冰箱保存,用于血清生化指标检测。

虾体水分含量采用 105 ℃ 常压干燥法(GB/T 6435—2014)测定,粗蛋白质含量采用凯氏定氮法(GB/T 6432—2018)测定,粗脂肪含量采用石油醚抽提法(GB/T 6433—2006)测定,粗灰分含量采用 550 ℃ 灼烧法(GB/T 6438—2007)测定。血清白蛋白(albumin, ALB)、球蛋白(globulin, GLOB)、胆固醇(cholesterol, CHOL)、甘油三酯(triglyceride, TG)、尿酸(uric acid, UA)、葡萄糖(glucose, GLU)含量及谷丙转氨酶(alanine transaminase, ALT)和谷草转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)活性采用罗氏全自动生化分析仪(cobas-8000 c702)测定。总抗氧化能力(total antioxidant capacity, T-AOC)及过氧化物酶(peroxidase, POD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)和超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性采用南京建成生物工程研究所研制的试剂盒测定,具体操作按试剂盒的说明书进行。

## 1.4 计算公式

增重率(weight gain rate, WGR)、特定生长率(specific growth rate, SGR)、饲料系数(feed coeffi-

cient, FC) 和存活率 (survival rate, SR) 的计算公式如下:

$$\text{增重率}(\%) = 100 \times (\text{终末均重} -$$

$$\text{初始均重}) / \text{初始均重};$$

$$\text{特定生长率}(\%/d) = 100 \times (\ln \text{终末均重} -$$

$$\ln \text{初始均重}) / \text{试验天数};$$

$$\text{饲料系数} = \text{总耗料量} / (\text{末总重} + \text{死亡总重} - \text{初总重});$$

$$\text{存活率}(\%) = 100 \times (\text{终末尾数} / \text{初始尾数}).$$

### 1.5 数据统计分析

试验数据用平均值±标准误 (mean±SE) 表示, 采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA), 然后用 Duncan 氏法进行组间显著

差异性的多重比较, 显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾生长性能的影响

由表 2 可知, 各替代组 (G10~G30 组) 幼虾的终末均重、增重率、特定生长率和存活率较 G0 组有升高趋势, 但差异未达显著水平 ( $P > 0.05$ )。仅 G15 组的饲料系数显著低于 G0 组 ( $P < 0.05$ ), 较 G0 组降低了 9.29%, 其他各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 2 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾生长性能的影响

Table 2 Effects of fish meal replacement by BSFLM on growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei*

项目 Items	组别 Groups					
	G0	G10	G15	G20	G25	G30
初始均重 IBW/g	1.85±0.03	1.80±0.02	1.85±0.05	1.76±0.02	1.82±0.03	1.77±0.04
终末均重 FBW/g	15.97±0.15	15.88±0.32	16.48±0.09	15.72±0.29	16.48±0.43	15.86±0.39
增重率 WGR/%	766.09±16.00	780.94±19.35	807.46±21.13	785.86±10.02	805.94±34.51	795.08±15.34
特定生长率 SGR/(%/d)	3.85±0.03	3.89±0.04	3.91±0.04	3.91±0.02	3.93±0.07	3.91±0.03
饲料系数 FC	1.41±0.00 <sup>a</sup>	1.41±0.20 <sup>a</sup>	1.31±0.00 <sup>b</sup>	1.41±0.05 <sup>a</sup>	1.33±0.04 <sup>ab</sup>	1.38±0.03 <sup>ab</sup>
存活率 SR/%	89.94±1.39	91.65±3.62	90.75±0.89	93.33±1.67	90.79±2.16	93.25±2.20

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

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

### 2.2 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾体组成的影响

由表 3 中可知, 各组幼虾的粗蛋白质、粗脂

肪、总磷和水分含量差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 仅 G25 组幼虾的粗灰分和钙含量较 G0 组显著升高 ( $P < 0.05$ ), 其他各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 3 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾体组成的影响

Table 3 Effects of fish meal replacement by BSFLM on body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* %

项目 Items	组别 Groups					
	G0	G10	G15	G20	G25	G30
粗蛋白质 CP	18.62±0.14	18.27±0.05	18.59±0.24	18.39±0.29	18.59±0.08	17.92±0.13
粗脂肪 EE	2.03±0.11 <sup>ab</sup>	1.87±0.06 <sup>b</sup>	2.20±0.07 <sup>a</sup>	1.99±0.14 <sup>ab</sup>	2.05±0.11 <sup>ab</sup>	1.92±0.09 <sup>ab</sup>
粗灰分 Ash	2.75±0.06 <sup>b</sup>	2.79±0.10 <sup>ab</sup>	2.82±0.06 <sup>ab</sup>	2.66±0.05 <sup>ab</sup>	2.94±0.05 <sup>a</sup>	2.81±0.02 <sup>ab</sup>
钙 Ca	0.67±0.03 <sup>b</sup>	0.66±0.03 <sup>b</sup>	0.68±0.01 <sup>b</sup>	0.65±0.02 <sup>b</sup>	0.75±0.01 <sup>a</sup>	0.70±0.01 <sup>ab</sup>
总磷 TP	0.24±0.00	0.23±0.00	0.23±0.01	0.24±0.01	0.24±0.00	0.24±0.01
水分 Moisture	73.84±0.27	74.33±0.15	73.79±0.38	74.19±0.38	73.54±0.20	74.70±0.17

### 2.3 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾血清生化指标的影响

由表 4 可知, 各替代组 (G10~G30 组) 幼虾血

清白蛋白、球蛋白、胆固醇、甘油三酯、葡萄糖、尿素含量及谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性与 G0 组相比差异不显著 ( $P > 0.05$ )。



表 4 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾血清生化指标的影响

Table 4 Effects of fish meal replacement by BSFLM on serum biochemical indexes of juvenile *Litopenaeus vannamei*

项目 Items	组别 Groups					
	G0	G10	G15	G20	G25	G30
白蛋白 ALB/(g/L)	47.17±0.67	49.10±1.28	50.10±0.96	46.10±1.98	50.03±2.14	47.03±0.63
球蛋白 GLOB/(g/L)	63.87±1.54	70.93±0.52	65.60±2.10	65.63±3.03	65.17±2.09	64.13±4.40
胆固醇 CHOL/(mmol/L)	1.82±0.10	2.24±0.18	1.99±0.36	1.97±0.06	1.79±0.05	1.54±0.23
甘油三酯 TG/(mmol/L)	1.63±0.15	1.87±0.10	1.66±0.31	1.56±0.09	2.16±0.56	1.28±0.12
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	8.43±0.90	4.92±0.19	6.71±1.05	5.17±0.80	4.69±0.34	7.20±1.76
尿酸 UA/(mmol/L)	1.77±0.19	1.93±0.15	2.03±0.23	2.07±0.09	1.97±0.03	1.90±0.12
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	316.7±9.0	391.3±45.5	405.0±16.5	416.7±40.7	420.7±49.6	396.0±30.5
谷草转氨酶 AST/(U/L)	240.7±10.7	268.7±23.9	275.0±33.2	307.0±22.7	271.3±40.1	294.0±33.7

## 2.4 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾血清抗氧化指标的影响

由表 5 可知,与 G0 组相比,G20 组幼虾血清总抗氧化能力显著提高( $P<0.05$ ),G30 组则显著降低( $P<0.05$ );与 G0 组相比,G15~G30 组幼虾血清过氧化物酶活性显著升高( $P<0.05$ ),G10 组

则显著降低( $P<0.05$ );血清过氧化氢酶活性随替代水平的升高呈现先升高后降低的趋势,G15~G25 组幼虾血清过氧化氢酶活性较 G0 组显著升高( $P<0.05$ );G25 组幼虾血清超氧化物歧化酶活性较 G0 组显著升高( $P<0.05$ ),其他各组间差异不显著( $P>0.05$ )。

表 5 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of fish meal replacement by BSFLM on serum antioxidant indexes of juvenile *Litopenaeus vannamei*

项目 Items	组别 Groups					
	G0	G10	G15	G20	G25	G30
总抗氧化能力 T-AOC	23.93±2.10 <sup>bc</sup>	19.70±0.71 <sup>cd</sup>	25.02±1.77 <sup>b</sup>	33.00±0.58 <sup>a</sup>	26.39±3.02 <sup>b</sup>	18.13±1.03 <sup>d</sup>
过氧化物酶 POD	20.67±1.65 <sup>c</sup>	15.75±0.49 <sup>d</sup>	29.95±0.27 <sup>b</sup>	38.38±0.57 <sup>a</sup>	30.45±1.22 <sup>b</sup>	32.85±1.48 <sup>b</sup>
过氧化氢酶 CAT	0.83±0.12 <sup>c</sup>	1.42±0.57 <sup>bc</sup>	2.06±0.38 <sup>ab</sup>	2.42±0.20 <sup>ab</sup>	2.64±0.34 <sup>a</sup>	0.93±0.19 <sup>c</sup>
超氧化物歧化酶 SOD	15.34±5.70 <sup>b</sup>	20.94±5.23 <sup>ab</sup>	23.96±0.46 <sup>ab</sup>	15.83±7.02 <sup>ab</sup>	28.35±0.68 <sup>a</sup>	16.70±5.45 <sup>ab</sup>

## 3 讨论

### 3.1 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾生长性能和体组成的影响

本试验结果显示黑水虻幼虫粉替代 30% (黑水虻幼虫粉添加量为 10.82%) 及以下的鱼粉对凡纳滨对虾幼虾的终末均重、增重率、特定生长率和存活率未产生显著影响,各替代组幼虾的增重率、特定生长率和存活率均高于对照组(G0 组),15% 替代组(黑水虻幼虫粉添加量为 5.41%) 幼虾的生长性能最佳,这与 Cummins 等<sup>[13]</sup> 试验得出的黑水

虻幼虫粉替代 60% (黑水虻幼虫粉添加量为 21%) 或以下的鱼粉对凡纳滨对虾的增重率、特定生长率、饲料系数和存活率没有显著影响,20% 替代组(黑水虻幼虫粉添加量为 7%) 效果最佳的结果基本一致,但二者不同的是本试验是在低盐度、低鱼粉的凡纳滨对虾幼虾配合饲料中利用高油脂黑水虻幼虫粉开展的替代研究,在这种养殖模式下黑水虻幼虫粉替代鱼粉依然是可行的,再次说明凡纳滨对虾幼虾能够很好地利用黑水虻幼虫粉。也有报道显示蝇蛆粉<sup>[14]</sup> 和脱脂蚕蛹粉<sup>[15]</sup> 替代部分鱼粉对凡纳滨对虾增重率、特定生长率、摄食率、

饲料效率、存活率无显著影响,说明昆虫粉可以适量替代鱼粉应用于凡纳滨对虾饲料中,但替代量的高低与昆虫种类及其营养组成有关。本团队使用餐厨养殖或花生麸养殖的黑水虻幼虫粉替代海鲈<sup>[7,16]</sup>、草鱼<sup>[17]</sup>和黄颡鱼<sup>[8,18]</sup>配合饲料中的鱼粉所得研究结果也说明适宜替代量与黑水虻幼虫粉的营养价值直接相关。同样,在建鲤<sup>[9,19]</sup>、锦鲤<sup>[10]</sup>、大菱鲆<sup>[11]</sup>、大西洋鲑<sup>[20]</sup>、黄颡鱼<sup>[21]</sup>和澳洲肺鱼<sup>[22]</sup>等试验动物中得出黑水虻幼虫粉可以部分替代鱼粉,但在不同试验动物上替代量不同,且替代量与黑水虻幼虫的来源有关。关于不同培养基质获得的黑水虻幼虫营养价值差异的研究早有报道,餐厨养殖的黑水虻幼虫营养组成优于鸡粪、酒糟和牛粪养殖的黑水虻幼虫<sup>[23]</sup>,并且处理餐厨垃圾获得的黑水虻幼虫较处理鸡粪、变质果蔬和生物沼液获得的黑水虻幼虫粗脂肪含量高、粗灰分含量低<sup>[24]</sup>,且处理餐厨垃圾获得的黑水虻幼虫较处理鸡粪获得的黑水虻幼虫含有更丰富的不饱和脂肪酸和必需脂肪酸<sup>[2]</sup>。当使用过多的黑水虻幼虫粉导致试验动物生长性能下降时,这可能与鱼、虾对黑水虻幼虫粉或含有高虫粉的配合饲料的干物质、粗蛋白质和粗脂肪的表观消化率下降有关<sup>[8,11,21]</sup>。

饲料组成往往会影响水产动物的体组成。研究表明,黑水虻幼虫粉和脱脂黑水虻幼虫粉替代0~100%鱼粉对幼建鲤鱼体粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分和水分含量均无显著影响<sup>[9,16]</sup>,这与在黄颡鱼<sup>[18]</sup>和澳洲肺鱼<sup>[22]</sup>中用黑水虻幼虫粉替代鱼粉对体组成无显著影响的结果一致。本团队前期在花鲈上的研究发现黑水虻幼虫粉替代20%或以上鱼粉时仅鱼体粗脂肪含量显著提高<sup>[7]</sup>,也有黑水虻幼虫粉替代52.2%的鱼粉蛋白(黑水虻幼虫粉添加量为49%)使大菱鲆鱼体粗脂肪含量显著下降的报道<sup>[11]</sup>。本试验中,仅25%替代组(黑水虻幼虫粉添加量为9.02%)虾体粗灰分和钙含量显著升高,其他替代组幼虾体组成与对照组均无显著差异,这一结果与黑水虻幼虫粉替代40%鱼粉(黑水虻虫粉添加量为14%)对凡纳滨对虾体粗脂肪含量、替代80%(黑水虻虫粉添加量为28%)或以下鱼粉对虾体粗蛋白质含量、替代100%鱼粉(黑水虻虫粉添加量为36%)对虾体粗灰分含量均无显著影响的报道<sup>[13]</sup>不完全一致,这可能与试验所用黑水虻幼虫粉的营养组成(尤其是矿物质组

成)和添加量等不同有关,有待深入研究。

### 3.2 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对凡纳滨对虾幼虾血清生化指标和抗氧化能力的影响

鱼类血液生化指标是反映动物生理机能及代谢状况的重要指标,也是衡量动物健康标准的指标<sup>[25]</sup>。影响鱼类血液指标的因素有很多,主要有性别、生长、运动、饱食、健康状况等<sup>[26]</sup>,在同等条件下这些指标仍能够很好地反映养殖动物的生理状况和健康状况。血清总胆固醇和甘油三酯的含量可反映机体脂肪代谢的状况。本试验中黑水虻幼虫粉替代30%或以下的鱼粉对幼虾血清白蛋白、球蛋白、胆固醇、甘油三酯、葡萄糖、尿素含量以及谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性均没有产生显著影响,说明在本试验条件下,黑水虻幼虫粉对凡纳滨对虾幼虾蛋白质、脂肪和糖类三大营养物质代谢未产生明显负面影响,这与黑水虻幼虫粉替代鱼粉对建鲤血清生化指标没有显著影响的结果<sup>[9,19]</sup>一致,也与蝇蛆粉替代60%以下鱼粉对凡纳滨对虾血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性没有显著影响的结果<sup>[27]</sup>一致。不同于本试验结果,胡俊茹等<sup>[7]</sup>采用黑水虻幼虫粉替代50%或以下鱼粉时仅20%替代组鲈鱼血清球蛋白含量显著上升,血清其他生化指标均无显著变化;刘兴等<sup>[10]</sup>在锦鲤饲料中用黑水虻幼虫粉替代70%的鱼粉和陈晓瑛等<sup>[18]</sup>在黄颡鱼饲料中用黑水虻幼虫粉替代30%鱼粉时均导致试验动物血清谷丙转氨酶活性显著降低。分析原因,这可能是由对虾(低等动物)和鱼类(脊椎动物)本身氨基酸代谢能力的差异和饲料组成不同所导致的。

本试验结果显示黑水虻幼虫粉替代适宜水平的鱼粉时凡纳滨对虾幼虾血清抗氧化指标——总抗氧化能力以及过氧化物酶、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性显著提高。刘兴等<sup>[10]</sup>研究发现黑水虻幼虫粉替代70%或以下的鱼粉导致锦鲤血清和肝脏超氧化物歧化酶活性显著升高,血清和肝脏过氧化氢酶活性有一定增加。使用脱脂黑水虻幼虫粉替代饲料中鱼粉时对建鲤血清抗氧化指标超氧化物歧化酶活性、丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量无显著影响,但替代量为75%或100%时建鲤血清过氧化氢酶活性显著提高<sup>[19]</sup>。在黄颡鱼配合饲料中使用黑水虻幼虫粉替代25%鱼粉时其血清超氧化物歧化酶活性显著上升<sup>[21]</sup>。在草鱼种鱼饲料中用黑水虻幼虫粉替代20%鱼粉

时其血清超氧化物歧化酶活性和总抗氧化能力有一定程度地提高<sup>[17]</sup>。虽然在花鲈饲料中使用脱脂黑水虻幼虫粉替代64%或以下的鱼粉对血清超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathion peroxidase, GSH-Px)活性没有显著影响,但可以显著降低血清过氧化氢酶活性<sup>[16]</sup>。上述报道与本试验结果基本相似,表明当使用一定量的黑水虻幼虫粉替代饲料中鱼粉时对提高养殖动物的抗氧化能力具有积极的促进作用。黑水虻幼虫粉替代鱼粉提高水产动物抗氧化能力的作用是否与黑水虻幼虫粉中含有的抗菌肽以及其他未知生物活性成分相关,值得进一步深入研究。

#### 4 结 论

本试验条件下,黑水虻幼虫粉替代饲料中30%(黑水虻幼虫粉添加量为10.8%)或以下的鱼粉对凡纳滨对虾幼虾的生长性能有一定的促进作用,当替代水平为15%时,饲料系数最低,增重率最高。黑水虻幼虫粉替代饲料中15%~20%的鱼粉对凡纳滨对虾幼虾体组成和血清生化指标无显著影响,但可显著提高血清中抗氧化酶的活性,进而提高机体的抗氧化能力。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 安新城,吕欣.黑水虻的生物学特性及营养价值[J].养殖与饲料,2007(11):67-68.
- [ 2 ] 胡俊茹,何飞,莫文艳,等.采食不同有机废弃物黑水虻幼虫饲料价值分析[J].中国饲料,2017(15):24-27.
- [ 3 ] 喻国辉,陈燕红,喻子牛,等.黑水虻幼虫和预蛹的饲料价值研究进展[J].昆虫知识,2009,46(1):41-45.
- [ 4 ] HENRY M, GASCO L, PICCOLO G, et al. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2015, 203: 1-22.
- [ 5 ] 吉红,李森林,徐歆歆.昆虫资源在水产饲料中的应用研究进展[J].饲料工业,2016,37(22):1-9.
- [ 6 ] ST-HILAIRE S, SHEPPARD C, TOMBERLIN J K, et al. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2007, 38(1): 59-67.
- [ 7 ] 胡俊茹,王国霞,莫文艳,等.黑水虻幼虫粉替代鱼粉对鲈鱼幼鱼生长性能、体组成、血浆生化指标和组织结构的影响[J].动物营养学报,2018,30(2):613-623.
- [ 8 ] HU J R, WANG G X, HUANG Y H, et al. Effects of substitution of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal, in yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) diets [J]. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamigdeh*, 2017, 69: 1382.
- [ 9 ] ZHOU J S, LIU S S, JI H, et al. Effect of replacing dietary fish meal with black soldier fly larvae meal on growth and fatty acid composition of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2017, 24: 424-433.
- [ 10 ] 刘兴,孙学亮,李连星,等.黑水虻替代鱼粉对锦鲤生长和健康状况的影响[J].大连海洋大学学报,2017,32(4):422-427.
- [ 11 ] KROECKEL S, HARJES A G E, ROTH I, et al. When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute—growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*) [J]. *Aquaculture*, 2012, 364-365: 345-352.
- [ 12 ] 易昌金,胡俊茹,胡毅,等.凡纳滨对虾对黑水虻幼虫粉营养物质的表观消化率[J].饲料工业,2018,39(4):21-26.
- [ 13 ] CUMMINS V C, RAWLES S D, THOMPSON K R, et al. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. *Aquaculture*, 2017, 473: 337-344.
- [ 14 ] 曹俊明,严晶,黄燕华,等.家蝇蛆粉替代鱼粉对凡纳滨对虾生长、抗氧化和免疫指标的影响[J].水产学报,2012,36(4):529-537.
- [ 15 ] 胡水城.脱脂蚕蛹粉替代鱼粉对凡纳滨对虾生长、胰腺腺组织结构和蜕壳周期的影响[D].硕士学位论文.厦门:集美大学,2017.
- [ 16 ] WANG G X, PENG K, HU J R, et al. Evaluation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as an alternative protein ingredient for juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) diets [J]. *Aquaculture*, 2019, 507: 144-154.
- [ 17 ] 黄文庆,黄燕华,米海峰,等.3种动物蛋白质源替代鱼粉对草鱼生长性能、肌肉营养成分、消化酶活性、血清生化和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2019,31(5):2187-2200.
- [ 18 ] 陈晓瑛,胡俊茹,王国霞,等.黑水虻幼虫粉替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长性能、肌肉品质及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2019,31(6):2788-2799.

- [19] LI S L, JI H, ZHANG B X, et al. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure [J]. *Aquaculture*, 2017, 477: 62–70.
- [20] LOCK E R, ARSIWALLA T, WAAGBØ R. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2016, 22(6): 1202–1213.
- [21] XIAO X P, JIN P, ZHENG L Y, et al. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) [J]. *Aquaculture Research*, 2018, 49(4): 1569–1577.
- [22] KATYA K, BORSRA M Z S, GANESAN D, et al. Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* reared in freshwater [J]. *International Aquatic Research*, 2017, 9(4): 303–312.
- [23] SHUMO M. An analysis of the nutritive value of the black soldier fly larvae reared on different substrates [C]//Proceedings of the 2nd International Conference “Insects to Feed the World”. Wuhan: [s. n.], 2018.
- [24] SPRANGHERS T, OTTOBONI M, KLOOTWIJK C, et al. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017, 97(8): 2594–2600.
- [25] 周玉, 郭文场, 杨振国, 等. 鱼类血液学指标研究的进展 [J]. *上海水产大学学报*, 2001, 10(2): 163–165.
- [26] 朱心玲, 贾丽珠, 张明瑛. 草鱼血液学的研究 I. 九项血液常数的周年变化 [J]. *水生生物学报*, 1985, 9(3): 248–257.
- [27] 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.



# Effects of Fish Meal Replacement by Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal on Growth Performance, Body Composition, Serum Biochemical Indexes and Antioxidant Ability of Juvenile *Litopenaeus vannamei*

HU Junru<sup>1</sup> WANG Guoxia<sup>1\*</sup> HUANG Wenqing<sup>2</sup> ZHAO Hongxia<sup>1</sup>  
MO Wenyan<sup>1</sup> HUANG Yanhua<sup>1,2\*\*</sup>

(1. Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Guangzhou Fishtech Biotechnology Co., Ltd., Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** In order to study the effects of fish meal replacement by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal on growth performance, body composition, serum biochemical indexes and antioxidant ability of juvenile *Litopenaeus vannamei*, six isonitrogenous and isoenergetic experimental diets were prepared by replacing 0 (G0), 10% (G10), 15% (G15), 20% (G20), 25% (G25) and 30% (G30) of fish meal with black soldier fly larvae meal on a practical diet (fish meal content was 20.0% and crude protein content in fish meal was 73.7%). A total of 720 juvenile *Litopenaeus vannamei* with an initial body weight about 1.80 g were randomly divided into 6 groups with 3 replicates per group and 40 shrimps per replicates. The experiment lasted for 8 weeks. The results showed that the feed coefficient in G15 group was significantly lower than that in G0 group ( $P < 0.05$ ), the weight gain rate, specific growth rate and survival rate in substitute groups (G10 to G30 groups) were higher than those in G0 group, but the differences were not significant ( $P > 0.05$ ). There were no significant differences in crude protein, ether extract, total phosphorus and moisture contents in whole body among groups ( $P > 0.05$ ), but the ash and calcium contents in G25 group were significantly increased compared with G0 group ( $P < 0.05$ ). No significant differences in serum albumin, globulin, cholesterol, triglyceride, glucose, uric acid contents and glutamate transaminase and glutamate transaminase activities were found in all groups ( $P > 0.05$ ). Total antioxidant capacity (T-AOC), peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities in serum reached the highest levels in G20 group, the serum POD activity in G15 to G30 groups was significantly higher than that in G0 group ( $P < 0.05$ ), and the serum CAT activity in G15 to G20 groups was significantly higher than that in G0 group ( $P < 0.05$ ). Serum superoxide dismutase (SOD) activity in G25 group was significantly higher than that in G0 group ( $P < 0.05$ ). It is concluded that black soldier fly larvae meal can replace not more than 30% of the fish meal in the diet and promote the growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei*, the best growth performance is achieved when the substitution level is 15%. In addition, when the substitution level is 15% to 20%, the black soldier fly larvae meal can significantly increase the activities of antioxidant enzymes in serum and improve the antioxidant ability of juvenile *Litopenaeus vannamei*. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(11):5292-5300]

**Key words:** juvenile *Litopenaeus vannamei*; black soldier fly larvae meal; growth performance; body composition; serum biochemical indexes; antioxidant ability

\* Contributed equally

\*\* Corresponding author, professor, E-mail: huangyh111@126.com