

## 饲料中添加蛹肽粉或蝇蛆粉对拟穴青蟹幼蟹生长、体组成和消化酶活性的影响

孙丽慧, 张海琪, 黄爱霞, 李倩, 蒋荣响, 林锋

### **Effect of diets supplemented with pupa peptide or maggot powder on growth performance, body composition, and digestive enzyme activities in green mud crab (*Scylla paramamosain*) juveniles**

SUN Lihui, ZHANG Haiqi, HUANG Aixia, LI Qian, JIANG Rongxiang, LIN Feng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20210403393>

#### 您可能感兴趣的其他文章

##### Articles you may be interested in

##### 牛磺酸对花鳗鲡生长和消化酶活力的影响

Effects of dietary taurine on growth performance and digestive enzyme activity of *Anguilla marmorata*

上海海洋大学学报. 2017, 26(2): 227 <https://doi.org/10.12024/jsou.20151201609>

##### 不同蛋白水平下添加抗菌肽对赤点石斑鱼影响的研究

Effect of antibacterial peptides supplementation in different protein level diets on grouper (*Epinephelus akaara*)

上海海洋大学学报. 2017, 26(3): 383 <https://doi.org/10.12024/jsou.20160801839>

##### 饲料中牛磺酸含量对淡水养殖凡纳滨对虾生长、体组成、消化酶活性及抗胁迫能力的影响

Effect of dietary taurine supplementation on the growth, body composition, digestive enzyme activity and anti-stress ability of *Litopenaeus vannamei* in freshwater culture

上海海洋大学学报. 2017, 26(5): 706 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170101950>

##### 低鱼粉饲料中添加微囊氨基酸和蛋白酶对凡纳滨对虾生长、营养物质利用和消化酶活性的影响

Effects of coated amino acids and protease supplementation in low fish meal diets on growth, nutrient utilization and digestive enzyme activities of white shrimp

上海海洋大学学报. 2017, 26(6): 880 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170602073>

##### 饲料中添加鼠尾藻粉对大菱鲆幼鱼生长、体成分、抗氧化和非特异免疫参数的影响

Effects of dietary *Sargassum thunbergii* powder on growth performance, body composition, antioxidation and non-specific immune parameters of juvenile turbot

上海海洋大学学报. 2019, 28(1): 109 <https://doi.org/10.12024/jsou.20180402279>

文章编号: 1674-5566(2022)04-0906-09

DOI:10.12024/jsou.20210403393

# 饲料中添加蛹肽粉或蝇蛆粉对拟穴青蟹幼蟹生长、体组成和消化酶活性的影响

孙丽慧<sup>1,2</sup>, 张海琪<sup>1,2</sup>, 黄爱霞<sup>1,2</sup>, 李倩<sup>1,2</sup>, 蒋荣响<sup>3</sup>, 林锋<sup>1,2</sup>

(1. 浙江省淡水水产研究所 农业农村部淡水渔业健康养殖实验室, 浙江 湖州 313001; 2. 浙江省淡水水产研究所 浙江省鱼类健康与营养重点实验室, 浙江 湖州 313001; 3. 三门县绿洋特种水产养殖专业合作社, 浙江 台州 317100)

**摘要:**为探讨配合饲料中分别添加蛹肽粉和蝇蛆粉对拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)幼蟹生长性能、体成分和消化酶活性的影响,在基础饲料中分别添加 10% 的蛹肽粉和蝇蛆粉,饲喂拟穴青蟹幼蟹 45 d。结果表明:蛹肽料组拟穴青蟹幼蟹增重率、特定增长率显著高于基础料组和蝇蛆料组,蛹肽料组拟穴青蟹幼蟹成活率显著高于基础料组;基础料组拟穴青蟹幼蟹水分含量显著低于蛹肽料组和蝇蛆料组,粗蛋白含量则表现出相反的结果,拟穴青蟹幼蟹粗脂肪含量基础料组 > 蝇蛆料组 > 蛹肽料组,拟穴青蟹幼蟹蛋白酶活性基础料组 < 蝇蛆料组 < 蛹肽料组,淀粉酶活性表现出与蛋白酶活性相同的结果,脂肪酶活性则为蛹肽料组与蝇蛆料组显著高于基础料组。拟穴青蟹幼蟹饲料中添加蛹肽粉和蝇蛆粉对促进幼蟹生长、提高其免疫力具有切实可行性。

**关键词:**拟穴青蟹; 蛹肽粉; 蝇蛆粉; 生长; 体成分; 消化酶活性

**中图分类号:** S 963 **文献标志码:** A

拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)隶属于甲壳纲(Crustacea)梭子蟹科(Portunidae)青蟹属(*Scylla*),是一种暖水广盐性肉食蟹类,为我国重要的海水蟹类养殖品种,在浙江、福建、广东、广西和海南等地广泛养殖。尽管我国养殖拟穴青蟹有数十年的历史,近几年其人工育苗技术也日趋成熟,但拟穴青蟹相关的基础研究工作明显滞后于生产实际,尤其关于其营养需求及配合饲料方面的研究较少<sup>[1-2]</sup>,目前拟穴青蟹所用饵料主要是天然低质的鱼、虾、贝、蛭等,难以满足养蟹业对饵料的需求,拟穴青蟹专用配合饲料亟待研究开发。蛹肽粉蛋白含量高、不饱和脂肪酸丰富、维生素均衡,蚕蛹蛋白的提取和精制方法多样且技术成熟,适宜作为水产养殖的优良蛋白原料<sup>[3]</sup>。蝇蛆粉蛋白含量高,并含有多种微量元素以及抗菌肽等活性成分,且养殖蝇蛆的原料来源广泛,饲养周期短,具有替代水产动物饲料中鱼

粉的巨大潜力<sup>[4]</sup>。本研究通过在基础饲料中分别添加蛹肽粉和蝇蛆粉探讨拟穴青蟹幼蟹生长、体成分和消化酶活性的变化情况,以期为拟穴青蟹专用配合饲料开发提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验饲料配方与制作

以鱼粉、豆粕为蛋白源,大豆油为脂肪源,配制成基础饲料(表 1),分别向基础饲料中添加 10% 的蛹肽粉和蝇蛆粉配制成蛹肽饲料和蝇蛆饲料(表 2 和表 3),各组饲料营养成分见表 4。固体原料经高速粉碎机粉碎后过 60 目筛,按配方(表 1)将各原料混合拌匀,按比例添加大豆油,并将油脂粒搓开,最后过 40 目筛,以达到无油脂粒、混合更均匀的目的,加入适量水,用双螺杆饲料膨化机制成直径 1 mm,长 5 mm 的颗粒,储存于 -20 °C 冰箱备用。

收稿日期: 2021-04-14 修回日期: 2021-06-30

基金项目: 浙江省重大科技专项重点农业项目(2015C02028,2018C02019); 湖州市乡村振兴专项(2019ZD2028)

作者简介: 孙丽慧(1984—),女,硕士,工程师,研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail: miduo1984422@126.com

通信作者: 林 锋, E-mail: wwlinfeng@163.com

表 1 基础饲料配方

Tab. 1 Formulation of the basic diet %

原料 Ingredient	配比 Proportion
鱼粉 Fish meal	40
豆粕 Soybean meal	38
大豆油 Soybean oil	2
米糠 Rice bran	4
麦麸 Wheat bran	4
玉米粉 Corn flour	4
复合多维预混料 Vitamin premix	1
复合多矿预混料 Mineral premix	1
食盐 Salt	1
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	2
$\alpha$ -淀粉 $\alpha$ -starch	3
总计 Total	100

注:复合多维预混料为每千克饲料提供  $V_D$  240 000 IU,  $V_E$  10.00 g,  $V_{B1}$  0.05 g,  $V_{B6}$  0.60 g,  $V_{B12}$  0.10 g,  $V_K$  0.10 g, 肌醇 44.00 g, 泛酸钙 3.260 5 g, 烟酸 2.80 g, 生物素 0.10 g; 复合多矿预混料为每千克饲料提供  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  76.00 g,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1.20 g,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  15.60 g,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  4.10 g,  $\text{NaSeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.09 g,  $\text{KI}$  0.08 g,  $\text{CaCO}_3$  402.93 g。

Notes: Vitamin premix provide the following per kg of diets:  $V_D$  240 000 IU,  $V_E$  10.00 g,  $V_{B1}$  0.05 g,  $V_{B6}$  0.60 g,  $V_{B12}$  0.10 g,  $V_K$  0.10 g, inositol 44.00 g, calcium pantothenate 3.260 5 g, niacin acid 2.80 g, biotin 0.10 g; Mineral premix provided following per kg of diets:  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  76.00 g,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1.20 g,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  15.60 g,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  4.10 g,  $\text{NaSeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.09 g,  $\text{KI}$  0.08 g,  $\text{CaCO}_3$  402.93 g。

表 2 蛹肽、蝇蛆和鱼粉营养组成(干物质)

Tab. 2 Nutrient level of pupa peptide, maggot and fish meal (dry basis) %

组别 Group	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash
蛹肽 Pupa peptide	8.17	54.37	18.30	5.66
蝇蛆 Maggot diet	2.41	53.01	21.33	13.27
鱼粉 Fish meal	7.80	68.82	8.38	16.06

## 1.2 实验设计与饲养管理

养殖实验在浙江省台州市三门县绿洋特种水产养殖专业合作社的养殖基地进行。实验用拟穴青蟹取自该合作社自主培育的同一批人工孵化的仔蟹苗种。挑选体格健壮、规格相近、体质量 $[(1.43 \pm 0.15) \text{g}]$ 相近的拟穴青蟹幼蟹 900 只,随机分配到 9 个水泥池中,每池 100 只,养殖周期为 45 d,每天 8:00 和 16:00 投喂 2 次,隔天换水,每次换水量约 1/3。实验期间,水温 28 ~ 31  $^{\circ}\text{C}$ ,盐度 20 ~ 25,溶氧大于 5.0 mg/L。

## 1.3 样品收集与分析

养殖实验结束后,对实验青蟹进行统计、称量,每个实验组取青蟹 20 只,其中 10 只用于青蟹体成分测定,另外 10 只用于消化酶活性测定。

成活率(SR)、增重率(WGR)和特定生长率(SGR)计算公式:

$$S_R = 100 \times N_t / N_0 \quad (1)$$

$$W_{GR} = 100 \times (W_t - W_0) / W_0 \quad (2)$$

$$S_{GR} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t \quad (3)$$

式中: $S_R$ 为成活率,%; $W_{GR}$ 为增重率,%; $S_{GR}$ 为特定生长率,%/d; $N_0$ 和 $N_t$ 分别为青蟹初始和终末的数量,尾; $W_0$ 和 $W_t$ 分别为青蟹初始和终末均体质量,g; $t$ 为实验天数,d。

饲料和青蟹基本成分测定:水分采用恒温干燥法,即 105  $^{\circ}\text{C}$  烘干至恒重;粗蛋白测定采用凯氏定氮法;粗脂肪测定采用索氏抽提法;灰分测定采用马弗炉 550  $^{\circ}\text{C}$  灰化法。

表 3 蛹肽、蝇蛆和鱼粉氨基酸组成(干物质)

Tab. 3 Amino acid composition of pupa peptide, maggot and fish meal (dry basis) %

项目 Item	蛹肽粉 Pupa peptide	蝇蛆粉 Maggot diet	鱼粉 Fish meal
天冬氨酸 Asp	5.51	4.56	5.71
苏氨酸 Thr	2.16	1.91	2.53
丝氨酸 Ser	2.39	1.75	2.15
谷氨酸 Glu	6.87	6.12	8.29
甘氨酸 Gly	2.59	2.05	4.32
丙氨酸 Ala	2.45	2.74	4.19
胱氨酸 Cys	0.30	0.25	0.45
缬氨酸 Val	3.06	2.40	3.16
甲硫氨酸 Met	1.01	1.12	1.80
异亮氨酸 Ile	2.39	2.00	2.66
亮氨酸 Leu	3.64	2.87	4.63
酪氨酸 Tyr	1.53	2.82	1.94
苯丙氨酸 Phe	2.19	2.81	2.57
赖氨酸 Lys	2.80	3.56	4.79
组氨酸 His	1.45	1.28	1.60
精氨酸 Arg	2.88	2.50	3.81
脯氨酸 Pro	2.27	1.07	1.37
总计 Total	45.49	41.81	55.97

表 4 实验饲料营养组成(干物质)

Tab. 4 Nutrient level of the diets (dry matter) %

组别 Group	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash
基础饲料 Basic diet	2.83	42.77	11.73	13.71
蛹肽饲料 Pupa peptide diet	4.05	44.02	11.65	13.03
蝇蛆饲料 Maggot diet	5.21	42.85	12.30	13.55

消化酶活性测定:取冷冻的青蟹全蟹<sup>[5]</sup>样品在冰盘上剪碎后转移到匀浆器中,按质量体积比1:9的比例加入预冷的生理盐水进行匀浆,并于4℃下以3 000 r/min离心10 min,取上清液作为待测酶液。蛋白酶活性采用Folin-酚法测定;脂肪酶、淀粉酶活性和酶液蛋白质量分数均采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定。

#### 1.4 数据统计分析

采用SPSS 16.0软件对所得数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),当显著水平 $P <$

0.05时则进行Duncan氏多重比较,数据结果采用3个重复的平均值 $\pm$ 标准差( $\bar{X} \pm SD$ )表示。

## 2 结果

### 2.1 拟穴青蟹幼蟹生长情况

由表5可知,蛹肽料组青蟹末体质量、末壳宽、增重率、特定生长率和成活率均显著高于基础料组( $P < 0.05$ ),3组之间末壳高差异不显著( $P > 0.05$ )。

表5 实验饲料对拟穴青蟹幼蟹生长情况的影响

Tab. 5 Effects of experimental diets on growth performance of juvenile *Scylla paramamosain*

组别 Group	初体质量 IBM/g	初壳高 ISH/cm	初壳宽 ISW/cm	末体质量 FBM/g	末壳高 FSH/cm	末壳宽 FSW/cm	增重率 WGR/%	特定生长率 SGR/(%/d)	成活率 SR/%
基础饲料 Basic diet	1.43 $\pm$ 0.10	1.30 $\pm$ 0.00	2.03 $\pm$ 0.06	5.80 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	2.37 $\pm$ 0.12	3.20 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	305.59 $\pm$ 20.98 <sup>a</sup>	3.11 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	76.67 $\pm$ 1.53 <sup>a</sup>
蛹肽饲料 Pupa peptide diet	1.28 $\pm$ 0.19	1.20 $\pm$ 0.00	1.87 $\pm$ 0.12	6.98 $\pm$ 0.42 <sup>b</sup>	2.35 $\pm$ 0.06	3.45 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	444.18 $\pm$ 32.73 <sup>b</sup>	3.76 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	83.00 $\pm$ 3.00 <sup>b</sup>
蝇蛆饲料 Maggot diet	1.57 $\pm$ 0.22	1.40 $\pm$ 0.00	2.03 $\pm$ 0.12	6.57 $\pm$ 0.67 <sup>ab</sup>	2.37 $\pm$ 0.06	3.43 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	318.26 $\pm$ 42.41 <sup>a</sup>	3.17 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	81.00 $\pm$ 2.00 <sup>ab</sup>

注:同一列中不同上标字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Notes: Data marked with different letters in a column mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

### 2.2 拟穴青蟹幼蟹体成分

由表6可知,基础料组拟穴青蟹幼蟹水分含量显著低于蛹肽料组和蝇蛆料组( $P < 0.05$ ),粗蛋白含量则显著高于蛹肽料组和蝇蛆料组( $P <$

0.05),拟穴青蟹幼蟹粗脂肪含量:基础料组 > 蝇蛆料组 > 蛹肽料组( $P < 0.05$ ),各组灰分含量无显著性差异( $P > 0.05$ )。

表6 实验饲料对拟穴青蟹幼蟹体成分的影响(湿质量)

Tab. 6 Effects of experimental diets on body composition of juvenile *Scylla paramamosain* (wet mass) %

组别 Group	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash
基础饲料 Basic diet	67.67 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	12.75 $\pm$ 0.37 <sup>b</sup>	0.82 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>	13.32 $\pm$ 0.76
蛹肽饲料 Pupa peptide diet	73.08 $\pm$ 0.94 <sup>b</sup>	9.23 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	12.21 $\pm$ 0.59
蝇蛆饲料 Maggot diet	74.14 $\pm$ 1.24 <sup>b</sup>	9.04 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	0.40 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	11.71 $\pm$ 0.65

注:同一列中不同上标字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Notes: Data marked with different letters in a column mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

### 2.3 拟穴青蟹幼蟹消化酶活性

由表7可知,拟穴青蟹幼蟹蛋白酶活性蛹肽料 > 蝇蛆料 > 基础料( $P < 0.05$ ),蛹肽料组拟穴青蟹幼蟹脂肪酶活性显著高于基础料组( $P < 0.05$ ),但与蝇蛆料组差异不显著( $P > 0.05$ ),拟穴青蟹幼蟹淀粉酶活性表现出与蛋白酶活性相同的趋势。

## 3 讨论

### 3.1 实验饲料对拟穴青蟹幼蟹生长情况的影响

蚕蛹是蚕蛾科家蚕的蛹,是我国缫丝的主要副产品,其产量可以达到蚕茧的60%<sup>[6]</sup>。目前,蚕蛹已经被原卫生部批准为一种新型的食物来源<sup>[7]</sup>。另外,作为一种昆虫蛋白源,蚕蛹也具有一

些特殊的性质,如碱性蛋白酶水解产生的蚕蛹多肽能够清除 DPPH、超氧阴离子自由基和羟自由基<sup>[8]</sup>,沈风雷等<sup>[9]</sup>则从家蚕中分离出 Moricin、Lebocin、Lepidoperan、CMIV 等抗菌肽。由此可见,蚕蛹是一种具有免疫增强潜力的高质量蛋白源。研究显示,蚕蛹蛋白可用于大菱鲂 (*Scophthalmus maximus* L.)<sup>[10]</sup>、鲤 (*Cyprinus carpio*)<sup>[11]</sup>、建鲤 (*Cyprinus carpio* var. Jian)<sup>[12]</sup>、蛇皮鱼 (*Trichogaster pectoralis*)<sup>[13]</sup>、鲫 (*Carassius auratus auratus*)<sup>[14]</sup>、黄鳝 (*Monopterus albus*)<sup>[15]</sup>、泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*)<sup>[15]</sup>和家禽<sup>[16]</sup>配合饲料中替代鱼粉。吕鹏等<sup>[17]</sup>研究发现将蛹肽蛋白添加于罗非鱼 (*Oreochromis mossambicus*) 和凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 饲料中,可显著促进罗非鱼和凡纳滨对虾生长。胡水城<sup>[18]</sup>研究指出,蚕蛹粉替代鱼粉可显著减少凡纳滨对虾蜕壳周期,从而促进其生长。杨景峰等<sup>[19]</sup>指出,蚕蛹中含有蜕壳激素,可保证河蟹 (*Eriocheir sinensis*) 顺利蜕壳。本研究结果显示,饲料中添加蛹肽可显著促进拟穴青蟹幼蟹生长 ( $P < 0.05$ ),与吕鹏等<sup>[17]</sup>研究结果一致,除了与蚕蛹本身的诱食、促生长作用有关,可能还与蚕蛹中含有蜕壳激素有关。

表 7 实验饲料对拟穴青蟹幼蟹消化酶活性的影响

Tab.7 Effects of experimental diets on digestive enzyme activity of juvenile *Scylla paramamosain*

组别 Group	蛋白酶 Activity of protease/ (U/mg prot)	脂肪酶 Activity of protease/ (U/g prot)	淀粉酶 Activity of protease/ (U/mg prot)
基础饲料 Basic diet	20.13 ± 3.55 <sup>a</sup>	74.69 ± 19.80 <sup>a</sup>	5.02 ± 0.00 <sup>a</sup>
蛹肽饲料 Pupa peptide diet	83.02 ± 4.03 <sup>c</sup>	233.54 ± 31.96 <sup>b</sup>	5.63 ± 0.00 <sup>c</sup>
蝇蛆饲料 Maggot diet	39.47 ± 5.09 <sup>b</sup>	199.21 ± 1.54 <sup>b</sup>	5.16 ± 0.00 <sup>b</sup>

注:同一列中不同上标字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Notes: Data marked with different letters in a column mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

蝇蛆是家蝇的幼虫,其营养组分全面,富含蛋白质、矿物质元素、维生素、微量元素及抗菌活性物质,因此,蝇蛆被广泛用于畜禽和水产行业。近几年在水产养殖中蝇蛆替代鱼粉或直接添加在饲料中喂养水产动物的研究较多,如蝇蛆粉添加量小于 7% 时可促进凡纳滨对虾生长<sup>[20]</sup>,蝇蛆

粉替代 15% 鱼粉时,凡纳滨对虾生长和存活率均显著提高<sup>[21]</sup>,饲料中添加蝇蛆粉可显著提高中华鳖 (*Trionyx sinensis*)<sup>[22]</sup> 和台湾泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*)<sup>[23]</sup> 的生长速度。以上研究均表明蝇蛆粉能促进水产动物的生长,但也有学者得出不同的研究结果,陈乃松等<sup>[24]</sup>得出含蝇蛆饲料可在一定程度上提高凡纳滨对虾抗病能力,但对生长和饲料效率没有显著影响,仲明等<sup>[25]</sup>研究指出蝇蛆粉替代饲料中鱼粉投饲南美白对虾 56 d 后,生长速度与对照组无显著差异,吴建新等<sup>[26]</sup>研究结果显示蝇蛆可显著提高三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 和中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 从苗种到成蟹和成虾成活率,但对其生长影响不显著。综上所述,蝇蛆对鱼虾类的促生长作用优于蟹类,对蟹类多表现为提高其自身免疫力和成活率等。本研究发现,饲料中添加蝇蛆对拟穴青蟹幼蟹生长影响不显著 ( $P > 0.05$ ),与吴建新等<sup>[26]</sup>研究结果较一致。这可能是由于蝇蛆粉氨基酸和不饱和脂肪酸含量丰富,少量添加到饲料中不会对青蟹生长造成影响,但起到节约部分鱼粉的作用。

### 3.2 实验饲料对拟穴青蟹幼蟹体成分的影响

水产动物的营养成分受饲料营养成分、食物组成和养殖水环境等外界条件的影响<sup>[27]</sup>。近年来,有关蚕蛹及蛹肽蛋白替代鱼粉对水产动物体成分影响的研究较多:张建禄等<sup>[12]</sup>发现,随着蚕蛹替代水平的升高,建鲤全鱼粗蛋白含量无显著差异,全鱼粗脂肪含量则逐渐升高,全鱼灰分含量呈降低趋势;NANDEESHA 等<sup>[28]</sup>证实,随着蚕蛹替代水平升高,鲤全鱼粗蛋白和灰分含量逐渐升高,而粗脂肪和水分含量则逐渐降低;吉红等<sup>[29]</sup>则发现,随着饲料中蚕蛹替代水平提高,框鳞镜鲤 (*Cyprinus carpio* var. *Specularis*) 全鱼粗蛋白、粗脂肪、灰分和水分含量均无明显变化,RANGACHARYULU 等<sup>[11]</sup>和段培昌等<sup>[30]</sup>也得出相同研究结果;蒋迪等<sup>[31]</sup>研究表明,蚕蛹替代白鱼粉对中华鳖幼鳖全鳖粗蛋白、粗灰分及水分无显著影响,但对 10% 替代组全鳖粗脂肪显著高于对照组;梅琳等<sup>[32]</sup>发现,随着蛹肽蛋白替代鱼粉水平的升高,大菱鲂幼鱼鱼体水分和灰分含量显著升高,而粗蛋白和粗脂肪含量显著降低。本研究中,蛹肽饲料较基础饲料可显著提高青蟹水分含量 ( $P < 0.05$ ),降低青蟹粗蛋白和粗脂肪含量

( $P < 0.05$ ),但对青蟹灰分含量无显著影响( $P > 0.05$ ),此结果与梅琳等<sup>[32]</sup>研究较一致,可能是饲料中添加蛹肽粉导致饲料中氨基酸和脂肪酸组成发生变化,从而影响青蟹完成自身蛋白质和脂类的合成。蚕蛹及蛹肽蛋白替代鱼粉对水产动物成分影响各不相同,造成这种差异的原因可能是水产动物种类、规格以及饲养环境的不同。

已有研究表明用蝇蛆粉替代鱼粉饲喂泥鳅<sup>[33]</sup>、凡纳滨对虾<sup>[34-35]</sup>、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)<sup>[36]</sup>、锦鲤(*Cyprinus carpio* L.)<sup>[37]</sup>和罗非鱼(*Tilapia*)<sup>[38]</sup>对其机体或肌肉中常规营养成分有一定影响,但饲料中添加蝇蛆粉对水生动物成分的影响报道较少。在本研究中,饲料中添加10%蝇蛆粉可显著提高青蟹水分含量( $P < 0.05$ ),降低粗蛋白和粗脂肪含量( $P < 0.05$ ),对灰分含量则无显著影响( $P > 0.05$ );刘丽波等<sup>[39]</sup>用鲜活蝇蛆逐级替代配合饲料饲喂凡纳滨对虾,研究表明100%替代组可显著提高凡纳滨对虾肌肉水分含量,但对粗蛋白、粗脂肪和灰分含量无显著影响;OGUNJI等<sup>[40]</sup>对尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)的研究结果显示,用蝇蛆粉替代鱼粉后各替代水平罗非鱼体粗蛋白含量与全鱼粉组无显著差异,鱼体粗脂肪含量随蝇蛆粉替代水平的增加而显著升高,而水分和灰分含量显著降低;FASAKIN等<sup>[41]</sup>用4种不同来源蝇蛆粉完全替代非洲鲇(*Clarias gariepinus*)饲料中鱼粉后发现,非洲鲇鱼体水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量无显著变化;曹俊明等<sup>[35]</sup>发现,当家蝇蛆粉替代鱼粉水平超过20%时,凡纳滨对虾全虾粗脂肪含量显著降低,表明家蝇蛆粉会降低凡纳滨对虾的脂肪沉积率,这可能是饲料中高不饱和脂肪酸含量的缺乏所导致的,这一结论与本实验结果相一致。不同种类水产动物摄食蝇蛆粉饲料后机体常规营养组成变化不尽相同,除了与种类有关,也可能与饲料组成及环境因素有关。本实验中,蝇蛆饲料导致青蟹粗蛋白和粗脂肪含量显著降低的机制仍需进一步研究。

### 3.3 实验饲料对拟穴青蟹幼蟹消化酶活性的影响

消化酶活性是反映动物对摄食饲料消化能力的重要指标,其高低决定了动物对饲料中营养物质消化能力的大小。消化酶活性的变化可以反映出机体在不同营养状况下的生理反应<sup>[42]</sup>。

目前,有关蚕蛹粉对水产动物消化酶活性的影响主要集中在饲料蛋白源替代方面。苏时萍等<sup>[43]</sup>发现,黄颡鱼幼鱼饲料中蚕蛹50%替代鱼粉,对照组幼鱼的肝胰脏、胃和肠道的蛋白酶活性均最高;蒋迪等<sup>[44]</sup>研究结果表明,蚕蛹替代鱼粉对中华鳖幼鳖肝脏、胃和肠道的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶均无显著性影响;梅琳等<sup>[45]</sup>以蚕蛹替代鱼粉做成饲料饲喂大菱鲆时,发现随着替代水平的提高,大菱鲆肠道淀粉酶及蛋白酶活性均显著降低;本实验青蟹个体较小,参照文献[5],以青蟹全蟹为样本进行酶活测定,结果表明,饲料中添加10%蚕蛹粉可显著提高青蟹蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性( $P < 0.05$ ),这与以上研究结果不同,原因可能是蚕蛹添加量及蚕蛹质量的差异。也有实验<sup>[29]</sup>表明,蚕蛹添加进饲料中对水产动物肠道结构产生影响,这也是影响肠道酶活性及消化吸收的因素。

目前有关蝇蛆粉替代鱼粉对水产动物消化酶活性的影响已有较多研究。在对凡纳滨对虾<sup>[46-47]</sup>、黄鳝<sup>[48]</sup>等研究中发现过高的蝇蛆粉替代水平会降低水产动物肝胰脏消化酶活性;郭玉阳等<sup>[49]</sup>也发现蝇蛆符合蛋白替代比例升高会显著降低彭泽鲫(*Carassius auratus* var. pengsenensis)肠道蛋白酶和淀粉酶,但脂肪酶活性逐渐升高;白燕等<sup>[50]</sup>发现2%蝇蛆粉替代鱼粉水平饲料可显著提高刺参(*Apostichopus japonicus*)蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性;刘黎等<sup>[51]</sup>研究结果表明饲料中添加4.2%~5.0%蝇蛆粉时可显著提高青鱼肠道蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性。本实验中,饲料中添加10%蝇蛆粉可显著提高青蟹蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性( $P < 0.05$ ),与刘黎等<sup>[51]</sup>研究结果一致,这可能是因为蝇蛆蛋白中含有大量有益微生物,如芽孢杆菌、乳酸杆菌等,有助于提高消化酶活性。

综上,本实验条件下,基础饲料中添加10%蛹肽粉可显著提高青蟹增重率、特定生长率、成活率以及消化酶活性( $P < 0.05$ ),基础饲料中添加10%蝇蛆粉,青蟹增重率、特定生长率、成活率有升高趋势,但与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ),青蟹消化酶活性显著增高。由此可见,青蟹饲料中添加蛹肽粉和蝇蛆粉切实可行,不仅有利于青蟹生长,还可起到节约部分鱼粉的作用。

## 参考文献:

- [1] ZHAO J, WEN X B, LI S K, et al. Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and antioxidants of juvenile mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador)[J]. *Aquaculture*, 2015, 435: 200-206.
- [2] ZHAO J, WEN X B, LI S K, et al. Effects of different dietary lipid sources on tissue fatty acid composition, serum biochemical parameters and fatty acid synthase of juvenile mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador 1949) [J]. *Aquaculture Research*, 2016, 47(3): 887-899.
- [3] 董焯平, 吴琼英. 蚕蛹蛋白开发与利用现状[J]. *农产品加工·学刊*, 2010(6): 17-20.
- DONG Y P, WU Q Y. Research status of development and utilization for silkworm chrysalis protein [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2010(6): 17-20.
- [4] AMAYA E A, DAVIS D A, ROUSE D B. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions [J]. *Aquaculture*, 2007, 262(2/4): 393-401.
- [5] 董兰芳, 童童, 张琴, 等. 饲料蛋白质水平对拟穴青蟹幼蟹生长性能、体成分和消化酶活性的影响[J]. *中国水产科学*, 2017, 24(3): 524-532.
- DONG L F, TONG T, ZHANG Q, et al. Effect of dietary protein level on growth performance, body composition, and digestive enzyme activities in green mud crab (*Scylla paramamosain*) juveniles [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(3): 524-532.
- [6] 梅琳. 蛹肽蛋白作为大菱鲂幼鱼饲料新型蛋白源的综合评估[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- MEI L. Comprehensive evaluation of fermented silkworm pupae as an innovative protein source for turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014.
- [7] ZHU L S. Exploitation and utilization of the silkworm *Antheraea pernyi* [J]. *Northern Sericulture*, 2004, 25(2): 32-33.
- [8] 闵建华, 李建科, 陈婷. 蚕蛹多肽的制备工艺及其体外抗氧化活性[J]. *食品科学*, 2009, 30(14): 123-126.
- MIN J H, LI J K, CHEN T. Preparation and antioxidant activity in vitro of silkworm pupa polypeptide [J]. *Food Science*, 2009, 30(14): 123-126.
- [9] 沈风雷, 闻获江. 蚕和蛹体的抗菌肽的提纯、抗菌机理及其应用[J]. *苏州大学学报(工科版)*, 2003, 23(1): 23-28.
- SHEN F L, WEN D J. Purification, antibacterial mechanism and application of antibacterial peptide from silkworms and pupae [J]. *Journal of Soochow University (Engineering Science Edition)*, 2003, 23(1): 23-28.
- [10] LEE J K, CHO S H, PARK S U, et al. Dietary protein requirement for young turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2003, 9(4): 283-286.
- [11] RANGACHARYULU P V, GIRI S S, PAUL B N, et al. Utilization of fermented silkworm pupae silage in feed for carps [J]. *Bioresource Technology*, 2003, 86(1): 29-32.
- [12] 张建禄, 余平, 黄吉芹, 等. 脱脂蚕蛹替代饲料中鱼粉对建鲤生长性能、体成分及健康状况的影响[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(7): 1568-1578.
- ZHANG J L, YU P, HUANG J Q, et al. Effects of fish meal replacement by defatted silkworm pupae on growth performance, body composition and health status of Jian Carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(7): 1568-1578.
- [13] JINTASATAPORN O, JINTASATAPORN O, CHUMKHAM S. Substitution of silkworm pupae (*Bombyx mori*) for fish meal in broodstock diets for Snakeskin Gourami (*Trichogaster pectoralis*) [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 2011, 12(1): 1341-1344.
- [14] 蒋宗杰. 蚕蛹性价比评估及对鲫鱼生长影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- JIANG Z J. Evaluation of performance-to-price ratio of silkworm treated by different methods and the effect on growth of Crucian carp [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2010.
- [15] 刘丹丹, 吉红, 范宇友, 等. 黄鳝和泥鳅对蚕蛹离体消化率的研究[J]. *湖北农业科学*, 2009, 48(1): 153-155.
- LIU D D, JI H, FAN Y Y, et al. Comparative study on digestibility of silkworm in vitro for rice field eel (*Monopterus albus*) and mudfish (*Misgurnus anguillicaudatus*) [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2009, 48(1): 153-155.
- [16] KHATUN R, HOWLIDER M A R, RAHMAN M M, et al. Replacement of fish meal by silkworm pupae in broiler diets [J]. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2003, 6(11): 955-958.
- [17] 吕鹏, 潘晔, 王沁芸, 等. 蛹肽蛋白在动物饲料中的应用效果[J]. *蚕业科学*, 2018, 44(2): 309-314.
- LYU P, PAN Y, WANG Q Y, et al. Effect of applying silkworm pupa peptides in animal feed [J]. *Science of Sericulture*, 2018, 44(2): 309-314.
- [18] 胡水城. 脱脂蚕蛹粉替代鱼粉对凡纳滨对虾生长、肝胰腺组织结构和蜕壳周期的影响[D]. 厦门: 集美大学, 2017.
- HU S C. Effects of fishmeal replacement by defatted silkworm pupa meal on growth, hepatopancreas morphology and molt of *Litopenaeus vannamei* [D]. Xiamen: Jimei University, 2017.
- [19] 杨景峰, 刘富. 蚕蛹在水产养殖中的应用[J]. *科学养鱼*, 2017(3): 25.
- YANG J F, LIU F. Application of silkworm chrysalis in aquaculture [J]. *Scientific Fish Farming*, 2017(3): 25.
- [20] 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.
- DENG T F, WU Y G, LIU H L. Effects of housefly maggot meal as substitute of fish meal on the growth of White shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone) [J]. *Fishery Modernization*, 2012, 39(1): 46-50.

- [21] 李志杰, 赵述建, 李贵生. 蝇蛆蛋白粉对凡纳滨对虾生长的影响[J]. 生态科学, 2012, 31(4): 418-423.  
LI Z J, ZHAO S J, LI G S. Effects of housefly larva protein on growth of *Litopenaeus vannamei* [J]. Ecological Science, 2012, 31(4): 418-423.
- [22] 程道妹, 黄启成, 王方海, 等. 蝇蛆蛋白对中华鳖生长性能及营养品质的影响[J]. 水产科学, 2018, 37(1): 51-58.  
CHENG X M, HUANG Q C, WANG F H, et al. Effects of dietary housefly protein on growth performance and nutritional quality of soft shelled turtle *Trionyx sinensis* [J]. Fisheries Science, 2018, 37(1): 51-58.
- [23] 曹岩, 李小勇, 黄小红, 等. 饲料中添加黄芪多糖和蝇蛆粉对台湾泥鳅生长性能的影响[J]. 江西水产科技, 2018(4): 49-52.  
CAO Y, LI X Y, HUANG X H, et al. Effects of astragalus polysaccharide and maggot powder on growth performance of *Misgurnus anguillicaudatus* [J]. Jiangxi Fisheries Science, 2018(4): 49-52.
- [24] 陈乃松, 魏涛涛, 廖奕招. 蝇蛆粉和 $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾生长和免疫的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(6): 771-777.  
CHEN N S, WEI T T, LIAO Y Z. Effects of housefly larva meal and  $\beta$ -glucan on growth and immunity of *Litopenaeus vannamei* [J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(6): 771-777.
- [25] 仲明, 王广军, 陈阳城, 等. 虫肽蛋白在南美白对虾饲料中的应用研究[J]. 饲料工业, 2007, 28(3): 10-13.  
ZHONG M, WANG G J, CHEN Y C, et al. Application of insect peptide protein in shrimp feed [J]. Feed Industry, 2007, 28(3): 10-13.
- [26] 吴建新, 徐加涛, 尚明石. 无菌蝇蛆——三疣梭子蟹养殖好饵料[J]. 科学养鱼, 2009(1): 65-66.  
WU J X, XU J T, SHANG M S. Aseptic maggot - good feed for *Portunus trituberculatus* [J]. Scientific Fish Farming, 2009(1): 65-66.
- [27] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 82-83.  
LI A J. Aquatic animal nutrition and feed [M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 1996: 82-83.
- [28] NANDEESHA M C, GANGADHARA B, VARGHESE T J. Growth response and flesh quality of common carp, *Cyprinus carpio* fed with high levels of nondefatted silkworm pupae [J]. Asian Fisheries Science, 2000, 13(3): 235-242.
- [29] 吉红, 程小飞, 李杰, 等. 蚕蛹替代鱼粉对框鳞镜鲤幼鱼生长性能、体成分及健康状况的影响[J]. 水产学报, 2012, 36(10): 1599-1611.  
JI H, CHENG X F, LI J, et al. Effect of dietary replacement of fish meal protein with silkworm pupae on the growth performance, body composition, and health status of *Cyprinus carpio* var. *Specularis* fingerlings [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(10): 1599-1611.
- [30] 段培昌, 张利民, 王际英, 等. 新型蛋白源替代鱼粉对星斑川鲈幼鱼生长、体成分和血液学指标的影响[J]. 水产学报, 2009, 33(5): 797-804.  
DUAN P C, ZHANG L M, WANG J Y, et al. The preliminary study on the effects of new protein sources replacing dietary fishmeal on growth performance, body composition and hematology of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(5): 797-804.
- [31] 蒋迪, 吕富, 王爱民, 等. 蚕蛹粉替代鱼粉对中华鳖幼鳖形体指标、生长性能及体成分的影响[J]. 中国饲料, 2017(7): 26-30, 39.  
JIANG D, LYU F, WANG A M, et al. Effects of white fish meal replaced by silkworm pupae powder on the growth performance, body index and composition of *Pelodiscus sinensis* [J]. China Feed, 2017(7): 26-30, 39.
- [32] 梅琳, 周慧慧, 麦康森, 等. 蛹肽蛋白替代鱼粉对大菱鲆 (*Scophthalmus maximus* L.) 幼鱼生长、饲料利用、消化代谢酶及免疫性能的影响[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(3): 85-92.  
MEI L, ZHOU H H, MAI K S, et al. Effects of dietary substitution of fishmeal by fermented silkworm pupae on the growth, feed intake, digestion and immunity of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Progress in Fishery Science, 2015, 36(3): 85-92.
- [33] 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.  
LI X, ZHANG S P, YANG F, et al. Effects of replacement of fish meal with maggot meal on growth performance of Loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2012, 51(19): 4321-4324.
- [34] 严晶, 曹俊明, 王国霞, 等. 家蝇蛆粉替代鱼粉对凡纳滨对虾肌肉营养成分、氨基酸和肌苷酸含量的影响[J]. 中国水产科学, 2012, 19(2): 265-274.  
YAN J, CAO J M, WANG G X, et al. Effects of replacement of fish meal with housefly maggot meal on muscle nutritional composition, amino acids, and inosine monophosphate content in juvenile *Litopenaeus vannamei* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(2): 265-274.
- [35] 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.  
CAO J M, YAN J, HUANG Y H, et al. Effects of replacement of fish meal with housefly maggot meal on growth performance, antioxidant and non-specific immune indexes of juvenile *Litopenaeus vannamei* [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(4): 529-537.
- [36] 黄燕华, 文远红, 曹俊明, 等. 蝇蛆粉替代鱼粉对黄颡鱼肌肉品质的影响[J]. 中国水产科学, 2013, 20(2): 392-401.  
HUANG Y H, WEN Y H, CAO J M, et al. Effects of

- replacing fish meal with maggot meal on meat quality of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(2): 392-401.
- [37] 孟素宣, 史东杰, 秦佳, 等. 蝇蛆粉替代鱼粉对锦鲤生长、体组成、体色和非特异性免疫的影响[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(8): 2066-2070.  
MENG S X, SHI D J, QIN J, et al. Effects of fish meal replacement by maggot meal on growth performance, body composition, body color and non-specific immunity of *Cyprinus carpio* L. [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(8): 2066-2070.
- [38] 史东杰, 梁拥军, 孙砚胜, 等. 蝇蛆粉替代鱼粉对罗非鱼生长、肌肉组成和肝脏非特异性免疫指标的影响[J]. 水产科技情报, 2015, 42(6): 319-323.  
SHI D J, LIANG Y J, SUN Y S, et al. Effects of fish meal replacement by maggot meal on growth performance, muscle composition and liver nonspecific immune index of *Tilapia* [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2015, 42(6): 319-323.
- [39] 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.  
LIU L B, LI S D, CHEN J H, et al. Effect of fresh housefly larva on growth and immunity in pacific white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. Fisheries Science, 2010, 29(12): 721-724.
- [40] OGUNJI J O, KLOAS W, WIRTH M, et al. Housefly maggot meal (Magleal) as a protein source for *Oreochromis niloticus* (Linn.) [J]. Asian Fisheries Science, 2008, 21(3): 319-331.
- [41] 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(9): 733-738.
- [42] LE MOULLAC G, KLEIN B, SELLOS D, et al. Adaptation of trypsin, chymotrypsin and  $\alpha$ -amylase to casein level and protein source in *Penaeus vannamei* (Crustacea Decapoda) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1997, 208(1/2): 107-125.
- [43] 苏时萍, 杨启超, 苏雷, 等. 2种虫源性蛋白替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长、体成分和蛋白酶活性的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2010, 39(6): 608-613.  
SU S P, YANG Q C, SU L, et al. Effect of two kinds of insect protein source as substitute for fish meal on growth, body composition and protease activity of juvenile yellow catfish *Pseudobagrus fulvidraco* [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2010, 39(6): 608-613.
- [44] 蒋迪, 吕富, 王爱民, 等. 蚕蛹替代鱼粉对中华鳖幼鳖表观消化率、消化酶及血液生化指标的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(12): 132-135.  
JIANG D, LYU F, WANG A M, et al. Effects of replacing fish meal with silkworm pupa on apparent digestibility, digestive enzyme activity and blood biochemical indices of Chinese softshell turtle [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(12): 132-135.
- [45] 梅琳, 周慧慧, 麦康森, 等. 蛹肽蛋白作为大菱鲆饲料新型蛋白源的初步评价[J]. 中国饲料, 2014(21): 14-17, 23.  
MEI L, ZHOU H H, MAI K S, et al. The preliminary assessment of silkworm pupae as a new protein source for turbot [J]. China Feed, 2014(21): 14-17, 23.
- [46] 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.  
CAO J M, YAN J, WANG G X, et al. Effects of replacement of fish meal with housefly maggot meal on digestive enzymes, transaminases activities and hepatopancreas histological structure of *Litopenaeus vannamei* [J]. South China Fisheries Science, 2012, 8(5): 72-79.
- [47] 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.  
YAN J. Application of housefly maggot meal replacement of fish meal in the diet of *Litopenaeus vannamei* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2012.
- [48] 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.  
YANG F. Study on partial replacement for fish meal with maggot meal in feed for rice field eel (*Monopterus albus*) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011.
- [49] 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.  
GUO Y Y, LUO L, CHEN R X, et al. Effects of fish meal replaced by fermented maggot protein with different proportions in diets on growth performance and liver function in Pengze Crucian Carp [J]. China Feed, 2012(21): 26-29.
- [50] 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]. 饲料研究, 2012(12): 58-61.  
BAI Y, WANG W X, CHI J K. Effects of maggot powder on growth, digestion and immunity of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* [J]. Feed Research, 2012(12): 58-61.
- [51] 刘黎, 叶金云, 吴成龙, 等. 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[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(1): 43-50.  
LIU L, YE J Y, WU C L, et al. Effects of maggot meal on growth performance, body composition and digestive enzymes activities of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(1): 43-50.

## Effect of diets supplemented with pupa peptide or maggot powder on growth performance, body composition, and digestive enzyme activities in green mud crab (*Scylla paramamosain*) juveniles

SUN Lihui<sup>1,2</sup>, ZHANG Haiqi<sup>1,2</sup>, HUANG Aixia<sup>1,2</sup>, LI Qian<sup>1,2</sup>, JIANG Rongxiang<sup>3</sup>, LIN Feng<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Healthy Freshwater Aquaculture, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, Zhejiang, China; 2. Key Laboratory of Fish Health and Nutrition of Zhejiang Province, Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, Zhejiang, China; 3. Luyang Special Aquaculture Cooperation of Sanmen County, Taizhou 317100, Zhejiang, China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of pupa peptide powder and maggot powder on the growth performance, body composition and digestive enzyme activities of juvenile mud crab (*Scylla pseudoaculea*), the basic diet was supplemented with 10% pupa peptide powder and maggot powder to feed the juvenile mud crab for 45 days. The results showed that: Weight gain and specific growth rate of the juvenile mud crab in pupa peptide diet group were significantly higher than those in basic diet group and maggot diet group, whereas survival rate of the juvenile mud crab in pupa peptide diet group was significantly higher than those in basic diet group; Water content of the juvenile mud crab in basic diet group was significantly lower than that in pupa peptide diet group and maggot diet group, whereas crude protein content of the juvenile mud crab showed the opposite result, crude lipid content of the juvenile mud crab was basic diet group > maggot diet group > pupa peptide diet group, protease and amylase activity of the juvenile mud crab was basic diet group < maggot diet group < pupa peptide diet group, and lipase activity of the juvenile mud crab in pupa peptide diet group and maggot diet group was significantly higher than that in basic diet. It is feasible and safe to add pupa peptide powder or maggot powder to the diet of juvenile mud crab.

**Key words:** *Scylla pseudoaculea*; pupa peptide powder; maggot powder; growth performance; body composition; digestive enzyme