

文章编号: 1674 - 5566( 2011) 02 - 0230 - 08

## 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对日本沼虾生长和肌肉组成的影响

胡 盼<sup>1</sup>, 黄旭雄<sup>1</sup>, 郭腾飞<sup>1</sup>, 谢 楠<sup>2</sup>, 尹彦强<sup>1</sup>, 华雪铭<sup>1</sup>, 周洪琪<sup>1</sup>, 郭水荣<sup>2</sup>

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 浙江省杭州市农业科学研究院 水产研究所, 浙江 杭州 310024)

**摘要:** 以含 27.0% 的鱼粉饲料为对照组, 分别用 3.0%、6.0%、9.0%、12.0% 的玉米蛋白粉替代对照饲料中的鱼粉, 另在 12.0% 的玉米蛋白粉替代的基础上添加了 0.1% 的羟基蛋氨酸钙, 制成 6 种试验饲料(A、B、C、D、E、F), 分别喂养日本沼虾幼虾。养殖实验分两阶段进行。第一阶段喂养初始体重(0.12 ± 0.04) g 的幼虾 30 d, 第二阶段喂养初始体重(0.23 ± 0.12) g 的幼虾 23 d, 测定其生长和肌肉营养成分组成。结果表明: 随着饲料中玉米蛋白粉用量的增加, 各组幼虾的相对增长率和相对增重率呈下降趋势, 但差异不显著( $P > 0.05$ ), 各组日本沼虾成活率无显著差异( $P > 0.05$ )。当饲料中玉米蛋白粉的用量在 12.0% 以内时, 养殖日本沼虾肌肉的水分、脂肪、灰分、总氨基酸、总必需氨基酸含量均与对照组无显著差异, 但日本沼虾肌肉的脂肪酸组成随玉米蛋白粉用量的增加而变化, 玉米蛋白粉用量超过 9.0% 时, 沼虾肌肉中多不饱和脂肪酸和 DHA + EPA 含量显著减少。

**研究亮点:** 首次报道了玉米蛋白粉部分替代饲料鱼粉对日本沼虾生长和肌肉组成的影响。发现以含 27.0% 的鱼粉饲料为对照, 日本沼虾养殖中后期饲料中可以使用不超过 9.0% 的玉米蛋白粉替代相应量的鱼粉, 不影响日本沼虾的生长性能和肌肉组成。

**关键词:** 玉米蛋白粉; 日本沼虾; 生长; 营养组成  
**中图分类号:** S 963.1  
**文献标识码:** A

日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*) 俗名青虾、河虾, 是广泛分布于我国的一种淡水虾, 具有生长快、养殖周期短、食性杂的特点, 是我国淡水养殖的主要经济虾类之一。有关日本沼虾形态学特征<sup>[1]</sup>、生理生化<sup>[2-4]</sup>、生殖发育<sup>[5]</sup>、遗传育种<sup>[6]</sup>等方面已有较多报道。在营养与饲料方面研究较少<sup>[7-10]</sup>。近年来, 由于鱼粉价格的飙升使得日本沼虾配合饲料成本大幅提高, 而饲料成本在日本沼虾养殖成本中约占 50% ~ 60%。因此在不影响其生长情况下, 应用廉价蛋白源替代鱼粉以降低饲料价格一直是饲料研究的热点之一。

玉米蛋白粉(corn gluten meal) 是玉米加工后的副产物, 具有高蛋白(60% ~ 70%)、低纤维素、含丰富  $V_B$  和  $V_E$ 、不含抗营养因子但蛋氨酸含量

低等特点, 可作为饲料蛋白源应用。目前已报道可用于瘤棘鲮(*Psetta maxima*)<sup>[11]</sup>、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)<sup>[12]</sup>、舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)<sup>[13]</sup>、金头鲷(*Sparus aurata L.*)<sup>[14]</sup>、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)<sup>[15]</sup>等鱼类养殖中。玉米蛋白粉在虾类饲料中的应用研究较少, 程媛媛等<sup>[16]</sup>报道实验室养殖条件下罗氏沼虾饲料中可添加玉米蛋白粉 5% ~ 10%, 替代鱼粉 9.1% ~ 18.2%, 韩斌等也报道凡纳滨对虾饲料中玉米蛋白粉的适宜使用量为 10%<sup>[17]</sup>。上述研究均表明玉米蛋白粉可以在水产饲料中应用并替代部分鱼粉而不影响鱼虾的生长, 但最适的替代量因鱼虾种类不同而异。

玉米蛋白粉在日本沼虾饲料中的应用尚未

收稿日期: 2010-09-24 修回日期: 2010-12-08

基金项目: 上海市科委项目(073205111); 上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 胡 盼(1985 -), 女, 硕士研究生, 专业方向为水产动物营养与饲料研究。Tel: 021 - 61900463

通讯作者: 黄旭雄, E-mail: xxhuang@shou.edu.cn

见报道。本文研究了在日本沼虾配合饲料中应用玉米蛋白粉部分替代鱼粉后对日本沼虾生长性能和肌肉组成的影响, 探讨玉米蛋白粉在日本沼虾配合饲料中的应用的可行性和适宜使用量, 旨在降低日本沼虾配合饲料成本。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验用 虾及饲料原料

日本沼虾幼虾购于浙江省杭州市元浦某养殖场, 虾苗运抵试验场后在网箱中暂养一周, 暂养期间投喂试验用基础组饲料, 待其摄食正常后挑选健康且规格一致的个体分网箱进行正式试验。

实验所用的玉米蛋白粉(粗蛋白 65.35%, 总脂肪 3.90%, 灰分 1.74%, 水分 7.10%, 粗纤维 3.10%) 由江苏常州亚源生化科技有限公司提供, 鱼粉(粗蛋白 62.50%, 粗脂肪 4.00%, 粗灰分 12.30%, 水分 10.06%) 及其它饲料原料购自浙江绍兴科盛饲料有限公司。

### 1.2 试验饲料配制

设计了 6 组粗蛋白含量为 42% 的等氮等能的试验饲料。饲料 A(对照组) 不含玉米蛋白粉, 鱼粉添加量为 27.0%, 饲料 B、C、D、E 中分别含 3.0%、6.0%、9.0%、12.0% 的玉米蛋白粉, 相应替代对照组饲料中 11.1%、22.2%、33.3%、44.4% 的鱼粉含量。饲料 F 在饲料 E 的基础上添加了 0.1% 的羟基蛋氨酸钙。

将各饲料原料粉碎, 过 80 目筛后按配方将原料混合均匀, 加工成直径为 2.5 mm 的条状, 自然干燥后, 破碎成 1.5 ~ 2.0 mm 的颗粒, 置于 4 °C 冰柜中保存备用。

各试验饲料的原料及营养组成见表 1。

### 1.3 饲养管理

养殖试验在浙江省杭州市水产科学研究院温室内进行。

第一阶段: 挑选初始体重(0.12 ± 0.04) g, 初始体长(2.16 ± 0.24) cm 的日本沼虾幼虾, 随机分到 18 个网箱中, 每个网箱 50 尾, 养殖 30 d 后测定第一阶段生长情况。

第二阶段, 在第一阶段试验结束后, 去除各网箱中的抱卵个体, 选择初始体重(0.23 ± 0.12) g,

初始体长(2.97 ± 0.42) cm 的幼虾, 继续在 18 个网箱中进行养殖, 每个网箱 35 尾, 养殖 23 d。

同一阶段的试验网箱(规格为 50 cm × 60 cm × 120 cm) 悬挂在同一水泥池中(4 m × 5 m × 1.5 m)。网箱中设有饵料盘和隐蔽物, 每个处理设 3 个平行。

实验期间的养殖用水为经沉淀消毒处理的钱塘江江水, 水温 26 ~ 30 °C, 溶解氧 ≥ 6 mg/L, 氨氮 ≤ 0.4 mg/L, pH 为 8.0 ~ 8.5。每天投喂 4 次, 分别为 24:00、6:00、12:00、18:00。投喂量随摄食情况和天气变化等而调整, 以投喂后 3 h 吃完为佳, 每天 18:00 时通过虹吸清理网箱中的残饵和粪便。

### 1.4 指标测定

试验开始时随机取 50 尾虾测定初始体长、体重, 饲养结束后统计每个网箱中的虾数量并测定体长、体重, 计算成活率( $S$ )、相对增长率( $R_L$ )、相对增重率( $R_W$ )和表观投饲系数( $C_{AF}$ )

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

$$R_L(\%) = (L_t - L_0) / L_0 \times 100 \quad (2)$$

$$R_W(\%) = (W_t - W_0) / W_0 \times 100 \quad (3)$$

$$C_{AF} = F / (W_t + W_s - W_0) \quad (4)$$

式中:  $N_t$ ,  $L_t$ ,  $W_t$  分别代表试验结束时各网箱虾的存活数, 虾的平均体长和体重;  $N_0$ ,  $L_0$ ,  $W_0$  分别代表试验开始时各网箱虾的存活数, 虾的平均体长和体重;  $W_s$  表示各网箱试验期间死亡虾总重量。

饲养试验结束后, 每组随机取 15 尾虾, 取其肌肉于 -20 °C 的冰箱中保存备用。采用 105 °C 常温干燥法测定水分含量、凯氏定氮法测定粗蛋白质含量、氯仿-甲醇法测定脂肪含量、高温灼烧法(550 °C) 测定灰分含量。冻干样品经盐酸水解后用日立 L-8800 高速氨基酸分析仪测定氨基酸, 提取的脂肪经苯-石油醚甲酯化后在 HP6890A 型气相色谱仪上分析脂肪酸, 并用归一化法计算各脂肪酸的百分含量。

### 1.5 数据处理与分析

实验结果以  $M \pm SD$  表示, 使用 SPSS 13.0 分析软件对数据进行单因子方差分析和 Duncan's 法多重检验, 成活率经反正弦转换后再进行方差分析。

表1 试验饲料原料及营养组成

Tab.1 Ingredients and nutritional compositions of the experimental diets

( %干重)

饲料组成( %)	对照组	B组	C组	D组	E组	F组
进口鱼粉	27.0	24.0	21.0	18.0	15.0	15.0
玉米蛋白粉	0	3.0	6.0	9.0	12.0	12.0
血粉	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
大豆粕	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
花生粕	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
酵母	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
α 淀粉	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
面粉	21.8	21.5	21.2	20.8	20.5	20.4
鱼油	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
大豆油	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
胆固醇	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
其它成分*	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
磷酸二氢钙	0.5	0.8	1.1	1.5	1.8	1.8
蛋氨酸钙	0	0	0	0	0	0.1
营养组成** ( %)						
粗蛋白	41.93 ± 0.58	42.09 ± 0.11	42.35 ± 0.40	42.24 ± 0.10	42.24 ± 0.18	41.88 ± 0.27
粗脂肪	8.66 ± 0.01	8.79 ± 0.03	8.78 ± 0.11	8.98 ± 0.07	8.92 ± 0.03	8.67 ± 0.28
灰分	9.34 ± 0.68	9.17 ± 1.56	8.63 ± 1.21	8.55 ± 0.38	7.99 ± 0.84	8.06 ± 0.21
总能( MJ/Kg)	20.2	20.3	20.4	20.4	20.5	20.4
天冬氨酸 asp	4.29	4.34	3.99	3.91	3.69	3.79
苏氨酸 thr	1.47	1.50	1.36	1.32	1.22	1.23
丝氨酸 ser	1.58	1.59	1.47	1.45	1.34	1.33
谷氨酸 glu	6.55	6.59	6.07	5.95	5.66	5.77
甘氨酸 gly	2.34	2.34	2.14	2.08	1.95	1.99
丙氨酸 Ala	3.24	3.22	3.00	2.98	2.81	2.84
缬氨酸 val	2.54	2.58	2.36	2.31	2.22	2.26
甲硫氨酸 Met	0.62	0.57	0.53	0.48	0.43	0.58
异亮氨酸 Ile	1.55	1.58	1.44	1.40	1.28	1.33
亮氨酸 Leu	3.65	3.69	3.41	3.35	3.16	3.23
酪氨酸 Tyr	1.39	1.42	1.30	1.26	1.16	1.21
苯丙氨酸 Phe	2.17	2.24	2.03	2.00	1.92	1.98
组氨酸 His	1.40	1.40	1.31	1.29	1.21	1.28
赖氨酸 Lys	2.59	2.48	2.37	2.31	2.15	2.19
精氨酸 Arg	2.76	2.76	2.58	2.53	2.38	2.44
脯氨酸 Pro	1.97	2.00	1.84	1.83	1.68	1.72
色氨酸 Trp	-	-	-	-	-	-
TAA	40.10	40.32	37.20	36.43	34.25	35.16

注: \* 含磷脂, 诱食剂, 虾用复合维生素和虾用复合矿物质等, 由上海海洋大学营养饲料教研室研制。 \*\* 营养组成中总能为理论计算值, 总能( MJ/kg) = { 粗蛋白质含量( g/kg) × 23.85 + 粗脂肪含量( g/kg) × 39.33 + [ 干物质含量( g/kg) - 粗蛋白质含量( g/kg) - 粗脂肪含量( g/kg) - 粗灰分含量( g/kg) ] × 17.57 } ÷ 1000, 其余为实测值。

## 2 结果

### 2.1 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对日本沼虾幼虾生长的影响

以玉米蛋白粉部分替代饲料中的鱼粉, 日本沼虾的相对增重率均较对照组低( 表2), 但各组间差异不显著(  $P > 0.05$ )。玉米蛋白粉部分替代鱼粉, 对养殖日本沼虾的成活率亦无显著影响

(  $P > 0.05$ )。表观投饲系数随玉米蛋白粉替代鱼粉量的增加而呈逐步增大的趋势, 但仅第一阶段对照组与其他试验组之间存在显著性差异(  $P < 0.05$ ) 其余组间无显著性差异(  $P > 0.05$ )。当玉米蛋白粉用量为 12.0% 时, 同时添加 0.1% 的蛋氨酸钙具有改善日本沼虾相对增重率、降低表观投饲系数的趋势。

表 2 玉米蛋白粉替代鱼粉对日本沼虾幼虾生长、成活和表观投饲系数的影响

Tab. 2 Effect of substitution of fish meal by corn gluten meal on the growth, survival rate and apparent feeding ratio of *M. nipponensis* (n=3;  $\bar{X} \pm SD$ )

第一阶段				
组别	相对增长率(%)	相对增重率(%)	成活率(%)	表观投饲系数
A 组	70.14 ± 7.95	237.96 ± 29.04	74.0 ± 5.29	1.62 ± 0.07 <sup>a</sup>
B 组	67.38 ± 5.66	217.56 ± 79.73	66.7 ± 17.01	1.97 ± 0.10 <sup>b</sup>
C 组	67.30 ± 8.53	163.35 ± 43.53	82.7 ± 5.03	2.00 ± 0.08 <sup>b</sup>
D 组	65.74 ± 6.46	180.05 ± 54.94	75.3 ± 4.16	2.04 ± 0.63 <sup>b</sup>
E 组	58.28 ± 12.2	208.23 ± 19.45	80.0 ± 12.49	2.05 ± 0.05 <sup>b</sup>
F 组	56.34 ± 3.14	235.32 ± 47.68	76.0 ± 7.21	1.98 ± 0.07 <sup>b</sup>
第二阶段				
组别	相对增长率(%)	相对增重率(%)	成活率(%)	表观投饲系数
A 组	12.64 ± 0.86	106.98 ± 5.25	90.5 ± 1.7	1.31 ± 0.08
B 组	11.08 ± 2.62	90.24 ± 15.61	87.6 ± 3.3	1.32 ± 0.12
C 组	14.24 ± 2.76	90.30 ± 5.07	90.5 ± 7.2	1.47 ± 0.44
D 组	11.97 ± 1.33	90.14 ± 1.31	90.5 ± 3.3	1.52 ± 0.10
E 组	11.41 ± 2.72	84.60 ± 9.33	90.5 ± 5.9	1.52 ± 0.09
F 组	14.69 ± 3.25	94.11 ± 11.34	84.8 ± 7.2	1.41 ± 0.10

## 2.2 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对养殖日本沼虾幼虾肌肉常规组成的影响

由表 3 可知,除 E 组(玉米蛋白粉用量为 12.0%)与对照组的肌肉粗蛋白含量有差异外

( $P < 0.05$ ) ,其余各组与对照组肌肉粗蛋白无显著差异( $P > 0.05$ )。日本沼虾肌肉的水分、粗脂肪和粗灰分在各试验组之间均无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 3 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对日本沼虾幼虾肌肉常规组成的影响

Tab. 3 Effect of substitution of fish meal by corn gluten meal on nutritional components of muscle of *M. nipponensis* (n=3;  $\bar{X} \pm SD$ ; %)

组别/指标	水分(%)	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	粗灰分(%)
A 组	80.01 ± 1.14	18.62 ± 0.29 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.07	1.11
B 组	79.35 ± 0.18	19.01 ± 0.20 <sup>ab</sup>	1.38 ± 0.01	1.18
C 组	79.58 ± 0.16	18.71 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.49 ± 0.16	1.13
D 组	79.48 ± 0.54	18.81 ± 0.09 <sup>ab</sup>	1.31 ± 0.35	1.14
E 组	78.74 ± 0.28	19.42 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.42 ± 0.05	1.16
F 组	79.43 ± 0.62	18.85 ± 0.06 <sup>ab</sup>	1.46 ± 0.02	1.06

注:表中同列上标相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。

## 2.3 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对养殖日本沼虾幼虾肌肉氨基酸含量的影响

日本沼虾肌肉中含量高的氨基酸依次为谷氨酸,天冬氨酸和赖氨酸。不同玉米蛋白粉饲料养殖的日本沼虾肌肉中总氨基酸含量、总必需氨基酸含量均无显著差异( $P > 0.05$  表 4)。

## 2.4 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对养殖日本沼虾幼虾肌肉脂肪酸组成的影响

不同饲料养殖的日本沼虾肌肉脂肪酸组成见表 5,日本沼虾肌肉中含量高的脂肪酸是 16:0、20:5n3、18:1n9、18:3n3 和 18:0。日本沼虾肌肉多不饱和脂肪酸(PUFA)和 EPA + DHA 的含量在

玉米蛋白粉添加量为 12.0% 组明显减少。

## 3 讨论

### 3.1 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对日本沼虾生长的影响

有关日本沼虾饲料中适宜蛋白水平的研究已见报道。虞冰如和沈竝<sup>[7]</sup> 研究表明日本沼虾配合饲料适宜蛋白质含量为 36.8% ~ 42.27% , 适宜脂肪含量为 6% ~ 12%。谢国泗等<sup>[8]</sup> 研究认为日本沼虾饲料中适宜的蛋白质水平为 38.7% ~ 40.3%。张凌燕等<sup>[9]</sup> 报道日本沼虾配合饲料中蛋白质的最适含量约为 41% ~ 41.5%。而熊六

凤和陆伟<sup>[10]</sup>则认为投喂含蛋白质 30%、能量 42.35% ,脂肪水平在 8.66% ~ 8.98% ,总能在 18.8 MJ/kg 的饲料,日本沼虾生长最快。本研究 20.2 ~ 20.5 MJ/kg ,基本符合前人报道的日本沼虾的营养需求。

表 4 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对养殖日本沼虾幼虾肌肉氨基酸含量的影响  
Tab.4 Effect of substitution of fish meal by corn gluten meal on amino acid contents in muscle of the shrimp, *M. nipponensis* (n=3;  $\bar{X} \pm SD$ ; %干重)

氨基酸	A 组	B 组	C 组	D 组	E 组	F 组
天冬氨酸 Asp	8.91 ± 0.01	9.03 ± 0.09	9.00 ± 0.03	8.85 ± 0.35	9.15 ± 0.20	8.94 ± 0.16
苏氨酸 Thr	2.81 ± 0.03	2.87 ± 0.09	2.77 ± 0.03	2.74 ± 0.15	2.81 ± 0.04	2.76 ± 0.02
丝氨酸 Ser	2.82 ± 0.05	2.96 ± 0.25	2.73 ± 0.14	2.67 ± 0.21	2.75 ± 0.02	2.73 ± 0.01
谷氨酸 Glu	12.63 ± 0.03	12.74 ± 0.05	12.66 ± 0.07	12.45 ± 0.42	12.80 ± 0.28	12.45 ± 0.20
甘氨酸 Gly	5.36 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.55 ± 0.004 <sup>ab</sup>	5.45 ± 0.04 <sup>ab</sup>	5.35 ± 0.14 <sup>a</sup>	5.67 ± 0.15 <sup>b</sup>	5.66 ± 0.08 <sup>b</sup>
丙氨酸 Ala	6.09 ± 0.05	6.31 ± 0.10	6.04 ± 0.01	6.03 ± 0.25	6.17 ± 0.10	6.01 ± 0.003
缬氨酸 Val	3.82 ± 0.03	3.83 ± 0.12	3.87 ± 0.06	3.81 ± 0.09	3.93 ± 0.09	3.81 ± 0.08
甲硫氨酸 Met	1.77 ± 0.27 <sup>ab</sup>	2.44 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.79 ± 0.45 <sup>ab</sup>	1.57 ± 0.55 <sup>a</sup>	1.78 ± 0.14 <sup>ab</sup>	2.04 ± 0.16 <sup>ab</sup>
异亮氨酸 Ile	3.77 ± 0.03	3.86 ± 0.11	3.80 ± 0.01	3.73 ± 0.13	3.86 ± 0.10	3.76 ± 0.07
亮氨酸 Leu	6.39 ± 0.02	6.56 ± 0.01	6.38 ± 0.02	6.29 ± 0.23	6.47 ± 0.15	6.31 ± 0.09
酪氨酸 Tyr	3.06 ± 0.06	3.10 ± 0.02	3.08 ± 0.03	3.00 ± 0.19	3.16 ± 0.06	3.10 ± 0.08
苯丙氨酸 Phe	3.60 ± 0.09	3.65 ± 0.09	3.57 ± 0.04	3.55 ± 0.05	3.67 ± 0.01	3.58 ± 0.15
组氨酸 His	2.18 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.04 <sup>ab</sup>	2.24 ± 0.02 <sup>ab</sup>	2.23 ± 0.06 <sup>ab</sup>	2.31 ± 0.05 <sup>b</sup>	2.23 ± 0.02 <sup>ab</sup>
赖氨酸 Lys	7.74 ± 0.01	7.79 ± 0.07	7.67 ± 0.09	7.59 ± 0.21	7.78 ± 0.19	7.61 ± 0.13
精氨酸 Arg	6.73 ± 0.001	6.91 ± 0.02	6.84 ± 0.04	6.66 ± 0.22	6.91 ± 0.16	6.63 ± 0.11
脯氨酸 Pro	3.11 ± 0.02 <sup>ab</sup>	3.19 ± 0.02 <sup>bc</sup>	3.24 ± 0.02 <sup>c</sup>	3.13 ± 0.09 <sup>ab</sup>	3.14 ± 0.06 <sup>ab</sup>	3.06 ± 0.03 <sup>a</sup>
色氨酸 Trp	-	-	-	-	-	-
氨基酸总量 TAA	80.79 ± 0.42	83.10 ± 0.06	81.13 ± 0.24	79.65 ± 3.33	82.36 ± 1.79	80.68 ± 1.05
必需氨基酸总量 EAA	29.90 ± 0.40	31.00 ± 0.26	29.85 ± 0.27	29.29 ± 1.40	30.30 ± 0.71	29.87 ± 0.39

注: 色氨酸在水解中被破坏,未能检测出。表中同列上标相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。

表 5 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对养殖日本沼虾幼虾肌肉脂肪酸组成的影响

Tab.5 Effect of substitution of fish meal by corn gluten meal on fatty acid profiles of the muscle of *M. nipponensis*

脂肪酸	A	B	C	D	E	F
14:0	3.05	2.57	3.01	2.76	3.25	2.56
15:0	0.55	0.53	0.55	0.57	1.66	0.53
16:0	24.15	24.39	25.67	25.10	26.14	24.30
16:1	2.18	2.03	1.93	2.14	3.04	2.02
16:2	0.48	0.35	0.29	0.27	0.53	0.35
17:0	0.91	0.84	0.83	0.87	1.41	0.84
17:1	0.56	0.09	0.22	0.34	0.64	0.14
18:0	8.16	8.22	7.76	7.82	6.76	8.19
18:1n9	14.11	15.98	14.74	15.03	15.11	15.92
18:2n6	4.29	4.68	4.30	4.64	4.85	4.66
18:3n3	11.62	11.02	11.94	12.12	10.78	10.98
18:4n6	0.96	0.22	0.89	0.89	1.05	0.74
20:0	0.46	0.74	0.81	0.93	1.80	0.23
20:1	0.34	0.32	0.30	0.30	0.29	0.32
20:2n6	1.09	1.25	1.14	1.32	0.79	1.25
20:4n6	3.53	3.19	2.86	3.04	4.26	3.18
21:0	0.31	0.15	0.17	0.20	0.42	0.21
20:5n3	16.16	16.95	16.48	15.48	8.57	16.89
22:6n3	4.77	4.88	4.48	4.33	4.01	4.86
其它	2.34	1.60	1.63	1.84	4.64	1.84
SFA	37.58	37.44	38.79	43.77	41.44	36.86
MUFA	17.19	18.41	17.19	17.82	19.08	18.39
PUFA	42.90	42.55	42.39	42.09	34.84	42.91
EPA + DHA	20.92	21.83	20.97	19.81	12.58	21.75

开发新型植物蛋白原以替代鱼粉是水产饲料研发的重要方向。大豆蛋白、发酵蛋白等产品替代鱼粉在水产饲料中均获得良好的应用效果<sup>[18-20]</sup>。从含不同玉米蛋白粉饲料养殖日本沼虾幼虾的生长结果看,第一阶段,各替代组的相对增长率和相对增重率均略低于对照组( $P > 0.05$ ),各组日本沼虾的成活率在 66.7% ~ 82.7%。第二阶段,各替代组的相对增重率也略低于对照组( $P > 0.05$ ),各组成活率维持在 84.5% ~ 90.5%。而从相对增长率和相对增重率的绝对数值看,第一阶段相对增长率仅为 56.34% ~ 70.14%,而相对增重率达 163.35% ~ 237.96%;第二阶段相对增长率仅为 11.08% ~ 14.69%,相对增重率为 84.60% ~ 106.98%。这与试验所用的日本沼虾的初始规格及日本沼虾的生长特性有关。养殖生产中日本沼虾易性早熟,虾苗养殖一个半月即会出现抱卵现象。养殖日本沼虾抱卵个体的平均体长为 $(36.4 \pm 2.3)$  mm<sup>[21]</sup>。本试验后期,也发现部分个体出现了抱卵现象。

从两阶段养殖试验的表观投饲系数看,随着玉米蛋白粉替代鱼粉量的增加,表观投饲系数呈上升趋势,但试验替代范围( $\leq 12.0\%$ )内,仅第一阶段对照组与其他试验组之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),其余组间无显著性差异( $P > 0.05$ )。表明日本沼虾早期幼虾对替代饲料的利用率有所降低。第二阶段各组的表观投饲系数并无显著差异( $P > 0.05$ )。因此,从生长、存活和表观投饲系数等指标看,用小于等于 12.0% 的玉米蛋白粉替代饲料配方中 44.4% 的鱼粉,对日本沼虾中后期生长性能总体无显著影响。

REGOST 等<sup>[11]</sup>用玉米蛋白粉部分替代鱼粉饲养瘤棘鲆(*Psetta maxima*) 9 周,对照组鱼粉含量为 52%,结果发现玉米蛋白粉添加量为 20% (替代鱼粉量为 40%) 时,瘤棘鲆的生长指标与对照组没有显著性差异。KIKUCHI<sup>[15]</sup>用玉米蛋白粉部分替代鱼粉(对照组含 75% 鱼粉)喂养牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 8 周,发现玉米蛋白粉替代量为 40% 时,鱼的生长和对饲料利用不受影响,替代量达到 60% 时,鱼的生长显著低于对照组。此外 MOYANO 等<sup>[12]</sup>对虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)、EL-EBIARY 等<sup>[13]</sup>对狼鲈(*Dicentrarchus labrax*)、PEREIRA 等<sup>[14]</sup>对金头鲷(*Sparus aurata*

*L*) 的研究也得出饲料中合适的玉米蛋白可以部分替代鱼粉而不影响养殖鱼类的生长性能。陈然等<sup>[22]</sup>报道异育银鲫饲料中玉米蛋白粉的最大添加量为 12%,可替代饲料中 75% 的鱼粉。而在凡纳滨对虾<sup>[17]</sup>和罗氏沼虾<sup>[16]</sup>饲料中玉米蛋白粉的适宜添加量均为 5% ~ 10%。

本研究还发现,用 12% 的玉米蛋白粉替代 44.4% 的鱼粉用量的同时,添加 0.1% 的蛋氨酸钙有改善日本沼虾生长性能的趋势,表现为相对增长率和相对增重率增加,表观投饲系数降低(表 2)。玉米蛋白粉蛋白含量高、干物质和蛋白质消化率也高<sup>[15]</sup>。但是,其氨基酸不平衡,从表 1 可知,随着玉米蛋白粉替代鱼粉量的增加,实验饲料的蛋氨酸和赖氨酸水平也逐步降低,添加蛋氨酸钙后饲料的蛋氨酸水平接近鱼粉对照组。KIKUCHI<sup>[15]</sup>、REGOST 等<sup>[11]</sup>和 EL-EBIARY 等<sup>[13]</sup>均认为在含玉米蛋白粉饲料中添加晶体氨基酸能提高饲料利用率。LIM<sup>[23]</sup>也认为凡纳滨对虾能利用饲料中的游离氨基酸,对虾饲料中添加游离氨基酸可改善其生长性能。

### 3.2 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对日本沼虾肌肉品质的影响

对虹鳟<sup>[12]</sup>、金头鲷<sup>[24]</sup>以及黄尾鲷(*Seriola aureovittata*)<sup>[25-26]</sup>的研究表明,鱼体常规组成不因饲料中玉米蛋白粉替代鱼粉量的改变而改变。程媛媛等报道罗氏沼虾的肌肉常规组成也不受饲料中玉米蛋白粉添加量的影响<sup>[16]</sup>。本研究中,除肌肉粗蛋白测定值在个别组与对照组之间有差异外,日本沼虾的肌肉水分、脂肪和灰分含量均不随玉米蛋白粉添加量的变化而显著变化。

对肌肉氨基酸含量的分析结果显示,玉米蛋白粉替代鱼粉对养殖日本沼虾的氨基酸总量和总必需氨基酸含量均无显著影响,表明饲料中玉米蛋白粉替代鱼粉并不会改变日本沼虾肌肉的氨基酸营养价值。程媛媛等<sup>[16]</sup>、韩斌等<sup>[17]</sup>对玉米蛋白粉替代鱼粉养殖的罗氏沼虾、凡纳滨对虾的研究也得到了类似的结论。

由表 5 可知,随着饲料中玉米蛋白粉添加量的增加,养殖日本沼虾的饱和脂肪酸(SFA)含量逐渐增高,而多不饱和脂肪酸(PUFA)和 EPA + DHA 水平在玉米蛋白粉的添加量为 9.0% 时明显下降,这可能与鱼粉的使用量减少有关,鱼粉中通常含有较高的 PUFA 和 EPA + DHA 含量。

从日本沼虾生长性能和肌肉营养组成角度看,日本沼虾中后期饲料中适宜的玉米蛋白粉的使用量不超过9%。由于饲料的蛋白质保留率(PRR)和蛋白质效率(PER)同生长率和成活率一样,也是反映蛋白质饲料质量的重要指标,日本沼虾对玉米蛋白粉饲料的蛋白质保留率和蛋白质效率仍有待于后续进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 从宁,臧素娟,姜增华. 我国淡水青虾养殖生物学研究的若干进展[J]. 内陆水产, 1995(11): 8-10.
- [2] 董双林,堵南山. 日本沼虾生理生态学研究 II. 温度和体重对能量收支的影响[J]. 海洋与湖沼, 1994, 3(25): 238-242.
- [3] 刘勇. 虫草菌粉对日本沼虾免疫功能的影响[J]. 河北渔业, 2007(1): 11-13.
- [4] 刘媛,王维娜,王安利,等. 牛磺酸对日本沼虾生长及酚氧化酶活性的影响[J]. 淡水渔业, 2005, 35(2): 28-30.
- [5] 刘存歧,沈会涛,吴玲玲. 日本沼虾体内 RNA/DNA 比值与其生长关系的研究[J]. 河北大学学报: 自然科学版, 2006, 26(5): 524-528.
- [6] 邱高峰,堵南山,赖伟. 热休克法诱导日本沼虾四倍体的初步研究[J]. 水产学报, 1997, 21(1): 13-18.
- [7] 虞冰如,沈竑. 日本沼虾饲料最适蛋白质、脂肪含量及能量蛋白比的研究[J]. 水产学报, 1990, 14(4): 321-327.
- [8] 谢国驹,蔡永祥,徐维娜,等. 饲料蛋白水平对日本沼虾生长、消化酶和免疫酶活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2007, 23(6): 612-617.
- [9] 张凌燕,叶金云,王友慧,等. 配合饲料中不同蛋白质水平对日本沼虾生长的影响[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(6): 669-673.
- [10] 熊六凤,陆伟. 青虾蛋白质及能量需要量的研究[J]. 水利渔业, 2004, 24(6): 74-75.
- [11] REGOST C, ARZEL J, KAUSHIK S J. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*) [J]. Aquaculture, 1999, 180(1-2): 99-117.
- [12] MOYANO F, CARDENETE G, DE L H. Nutritive value of diets containing high percentage of vegetable proteins for trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquatic Living Resources, 1992, 5: 23-29.
- [13] EL-EBIARY E H, ZAKI M A, MABROOD H A. The use of corn gluten meal as a partial replacement for fish meal in diets of sea bass fry (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Bulletin of the National Institute of Oceanography and Fisheries, 2001, 27: 373-386.
- [14] PEREIRA T G, OLIVA-TELES A. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles [J]. Aquaculture Research, 2003, 34(13): 1111-1117.
- [15] KIKUCHI K. Partial Replacement of Fish Meal with Corn Gluten Meal in Diets for Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1999, 30(3): 357-363.
- [16] 程媛媛,周洪琪,华雪铭,等. 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾生长、氨基酸沉积率和肌肉营养成分的影响[J]. 中国水产科学, 2009, 16(4): 572-579.
- [17] 韩斌,黄旭雄,华雪铭,等. 玉米蛋白粉替代部分鱼粉对凡纳滨对虾摄食量、生长和肌肉成分的影响[J]. 水产学报, 2009, 33(4): 658-665.
- [18] 徐奇友,王常安,周长海,等. 饲料中大豆产品对杂交鲟幼鱼生长和免疫的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(2): 267-273.
- [19] 刘勇,冷向军,李小勤. 发酵蛋白在水产饲料中的应用[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(1): 101-106.
- [20] 刘勇,冷向军,李小勤,等. 混合发酵蛋白替代鱼粉对奥尼罗非鱼幼鱼生长、营养物质消化率及血清非特异性免疫的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(2): 160-166.
- [21] 杞桑. 青虾产卵周期观察[J]. 水生生物学报, 1977, 6(2): 191-196.
- [22] 陈然,华雪铭,黄旭雄,等. 玉米蛋白粉替代鱼粉对异育银鲫生长、蛋白酶活性及表观消化率的影响[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2009, 27(4): 358-362.
- [23] LIM C. Effect of dietary PH on amino acid utilization by shrimp (*Penaeus vannamei*) [J]. Aquaculture, 1993, 114: 293-303.
- [24] ROBAINA L, MOYANO F J, IZQUIERDO M S. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications [J]. Aquaculture, 1997, 157: 347-359.
- [25] SHIMENO S, SASUMOTO T, HUIJITA T, et al. Alternative protein sources for fish meal in diets of young Yellowtail [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1993, 59(1): 137-143.
- [26] SHIMENO S, MIMA T, IMANAGA T, et al. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal, and corn gluten meal to yellowtail diets [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1993, 59(11): 1889-1895.

## The effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal in diet on the growth and muscle composition of *Macrobrachium nipponensis*

HU Pan<sup>1</sup>, HUANG Xu-xiong<sup>1</sup>, GUO Teng-fei<sup>1</sup>, XIE Nan<sup>2</sup>, YIN Yan-qiang<sup>1</sup>, HUA Xue-ming<sup>1</sup>, ZHOU Hong-qi<sup>1</sup>, GUO Shui-rong<sup>2</sup>

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Fisheries Institute of Hangzhou City, Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310024, China)

**Abstract:** The effects of corn gluten meal (CGM) as a partial replacement of fish meal in diet on the growth and muscle composition of *Macrobrachium nipponensis* were studied. The experiment diets contained a gradient of CGM such as 0% (the control), 3%, 6%, 9%, 12% and 12% + 0.1% MHA-Ga respectively. All diets were fed to the shrimp triplicately. In the first phase of the experiment, diets were fed to juvenile shrimp (initial body weight of  $0.12 \pm 0.04$  g) for 30 days, and in the second phase diets were fed to juvenile shrimp (initial body weight of  $0.23 \pm 0.12$  g) for 23 days. Growth, survival rate and the muscle composition of *M. nipponensis* were determined. The results indicated that there was no significant difference in relative growth rate and survival rate among the treatments ( $P > 0.05$ ) although there was a tendency of declining relative growth rate with the increment of the partial replacement. The nutrition assays of the shrimp muscle indicated that there were no significant effects of the partial replacement on water content, total lipid, crude ash, total amino acid (TAA) and total essential amino acid (TEAA) of the shrimp muscle ( $P > 0.05$ ). The polyunsaturated fatty acid and DHA + EPA proportion in total fatty acid profiles of the muscle obviously decreased as the amount of CGM in diet was more than 9.0%.

**Key words:** corn gluten meal; *Macrobrachium nipponensis*; growth; nutritional components