

文章编号:1000-0615(2009)05-0797-08

新型蛋白源替代鱼粉对星斑川鲮幼鱼生长、 体成分和血液学指标的影响

段培昌^{1,2,3}, 张利民², 王际英², 孟宪菊^{1,2}, 丁立云^{1,2}, 孙永智²

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

2. 山东省海洋水产研究所, 山东 烟台 264006;

3. 广东粤海饲料集团有限公司, 广东 湛江 524017)

摘要:以新型蛋白源(大豆浓缩蛋白、脱酚棉籽蛋白、喷雾干燥血球蛋白粉等)和脱脂鱼粉为原料,通过调节饲料氨基酸水平,配制出5种等氮等能的饲料D0、D17、D35、D52和D69,养殖星斑川鲮,初始体重为(75.6±0.18)g。其中D0(添加58%脱脂鱼粉)为对照组,D17、D35、D52和D69分别为新型蛋白源替代配方中17%、35%、52%和69%的鱼粉用量。每组饲料设3个平行,共养殖60d。结果表明:对照组(D0)增重率(WGR)、蛋白质效率(PER)、特定生长率(SGR)分别为141.84%、229.88%和1.47%/d。与D0组相比,D69组WGR、PER和SGR显著降低($P<0.05$),分别为107.77%、186.37%和1.22%/d,D17、D35和D52组与D0组均无显著性差异($P>0.05$)。对照组(D0)饲料系数(FCR)为0.80,D69组FCR为0.98,差异显著($P<0.05$);D17、D35和D52组与D0组FCR无显著差异($P>0.05$)。随新型蛋白源替代鱼粉量的增加,鱼体消化道指数(DTI)逐渐增大,D0组为2.01%,显著小于D69组($P<0.05$)。各组间的肥满度(CF)无显著性差异($P>0.05$)。全鱼或肌肉中蛋白质和脂肪含量各组间均无显著差异($P>0.05$)。全鱼中灰分含量随鱼粉替代量的增加呈增大趋势;红细胞数目、白细胞数目、血红蛋白含量及血清蛋白含量在各组间无显著差异($P>0.05$),但血细胞比容和溶菌酶活力随新型蛋白源替代鱼粉量的增加呈不同程度的降低。本试验条件下,在星斑川鲮幼鱼配合饲料生产中可用新型蛋白源适当替代鱼粉而不影响养殖对象的生长。

关键词:星斑川鲮;新型蛋白源;生长性能;血液指标

中图分类号:S 963.16

文献标识码:A

鱼粉具有营养全面、适口性好、利于消化吸收等优点,是水产饲料蛋白的主要来源^[1]。近年来,随着水产养殖业的不断发展,对鱼粉的需求量不断增加,但由于厄尔尼诺等不良气候的影响以及过度捕捞等原因,导致全球鱼粉供应量持续下降,鱼粉价格持续走高,故寻找新型蛋白源替代鱼粉成为世界各国学者研究的热点。

目前,研究较多的新型蛋白源主要集中在植物蛋白源^[2-3]和陆生动物副产品(血粉、羽毛粉、肉骨粉等)^[4-6]。动物性蛋白源存在来源不稳定、

产品质量得不到保证等问题。而植物性蛋白源资源丰富、来源较广,故人们试图利用价格低廉的植物蛋白源部分或全部替代鱼粉,来降低饲料成本。传统研究的植物性替代蛋白原料如豆粕、棉粕、菜粕等蛋白含量较低,在低蛋白需求的养殖对象中取得了较好的替代效果,而对于需求高蛋白的养殖鱼类,其蛋白含量显然得不到满足,因此寻找来源广、价格低廉、蛋白含量较高的新型蛋白源成为亟待解决的问题。

星斑川鲮(*Platichthys stellatus*),英文名 starry

收稿日期:2008-10-11 修回日期:2009-03-19

资助项目:国家重点行业公益项目(农业部,nyhyzx07-046);国家科技部农转资金项目(03EFN213700155);山东省水生动物营养与饲料泰山学者岗位经费资助

通讯作者:张利民,E-mail:ytzlm@139.com

flounder, 隶属鲽形目 (Pleuronctiformes)、鲽科 (Pleuronectidae)、星鲽属, 具性情温驯、适应温度较广、适宜于进行集约化养殖、生长速度快、抗病力强、易于养殖管理等特点, 是继牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)、大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 以后被认为最有希望的海水养殖鱼类之一, 我国大部分地区可进行养殖。星斑川鲽营养价值高, 口感独特, 深受国内外市场欢迎。

本试验通过在饲料中添加新型蛋白源部分替代鱼粉, 对星斑川鲽幼鱼生长状况、体成分及血液生理生化指标进行初步研究, 通过综合评价, 寻找鱼粉替代的最佳比例, 以期为星斑川鲽配合饲料的基础研究及生产实践提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料的配制

根据试验要求, 选用新型蛋白源 (大豆浓缩蛋白、脱酚棉籽蛋白、喷雾干燥血球蛋白粉等), 以脱脂鱼粉为对照, 调节饲料的氨基酸水平, 配制 5 种等氮等能饲料 (D0、D17、D35、D52 和 D69) (表 1), D0 为对照组 (添加 58% 脱脂鱼粉), D17、D35、D52 和 D69 分别用新型蛋白源替代鱼粉用量的 17%、35%、52% 和 69%, 为试验饲料组。所有原料分析营养成分后, 粉碎过 80 目筛, 按配比称量后加一定量的新鲜鱼油和豆油以及适量水混合均匀, 经螺旋挤压机加工成 2.5 mm × 3 mm 的颗粒, 70 °C 烘干, 置于通风干燥处保存、使用。

1.2 试验鱼的养殖管理

养殖试验在山东省海洋水产研究所全封闭水循环系统中进行。试验所用鱼购自荣成西港水产养殖场, 为当年人工繁殖的同一批鱼苗, 平均初始体重为 (75.6 ± 0.18) g。正式试验前, 星斑川鲽在养殖系统中驯化 14 d, 然后随机分组, 试验共分 5 组, 每组设 3 个平行, 每个平行放养 20 尾鱼, 分别放于 70 cm × 80 cm 的圆柱形养殖桶中, 控制水深 40 cm 左右, 试验期 60 d。微流水养殖, 保证溶氧 > 5 mg/L, 氨氮、亚硝酸氮均 < 0.1 mg/L, 控制水温在 (19.0 ± 0.5) °C, pH 7.8 ~ 8.2, 盐度 28 ~ 30。每天投喂饲料两次 (08:00, 17:00), 至饱食。投喂 30 min 后, 从系统自带的排水口将残饵排出, 数颗粒, 计算残饵量。

1.3 样品采集和化学分析

生长生化指标 试验开始前取 10 尾鱼用

于常规营养成分分析。试验结束后, 饥饿 24 h, 称鱼体总重, 计算增重率。另外每桶取 10 尾鱼, 称鱼体重后, 其中 3 尾鱼用作全鱼, 其余 7 尾鱼分离内脏、肝胰脏, 称重, 计算肝体比、脏体比, 取背侧侧线肌肉。背肌和全鱼用于常规营养成分分析, 样品测定参照以下方法进行 (AOAC, 2000): 干物质在 105 °C 下烘干至恒重, 通过失重法测定; 粗蛋白采用 FOSS 定氮仪 (Kjeltec™ 2100) 测定; 粗脂肪采用索氏抽提仪进行测定; 灰分在马福炉中 550 °C 灼烧 3 h, 失重法测定。

肝体比 (HSI) (%) = 100 × 肝胰重 (g) / 体重 (g)

脏体比 (VSI) (%) = 100 × 内脏重 (g) / 体重 (g)

消化道指数 (DTI) (%) = 100 × 消化道重 (g) / 体重 (g)

肥满度 (CF) = 体重 / 体长³

蛋白质沉积效率 (PRE) (%) = 100 × (体组织蛋白质沉积量 g / 蛋白质摄入量 g)

增重率 (WGR) (%) = 100 × (w_t - w₀) / w₀

特定生长率 (SGR) (%/d) = 100 × (Ln w_t - Ln w₀) / t

饲料系数 (FCR) = w_f / (w_t - w₀)

蛋白质效率 (PER) (%) = 100 × (w_t - w₀) / w_p

式中, w_t——第 t 天后各组鱼平均体重 (g);

w₀——初始时各组鱼平均体重;

t——饲养天数 (d);

w_t——第 t 天后各组鱼体总重 (g);

w₀——初始时各组鱼体总重 (g);

w_f——t 天内各组鱼摄入的饲料量 (g);

w_p——t 天内各组鱼蛋白质摄入量 (g)。

血液生理生化指标 生长试验结束后, 试验鱼饥饿 24 h, 每桶随机取 10 尾鱼, 用 5 mL 注射器从尾静脉取血。每尾鱼的血液分为两份, 其中一份以肝素抗凝, 制备全血, 供血细胞计数、白细胞计数、血细胞比容以及血红蛋白的测定; 将另一份血液于 4 °C 条件下 4 000 r/min 离心 15 min, 收集上层血清, 供溶菌酶活力、血清总蛋白的测定。每尾鱼操作时间不超过 1 min, 以避免操作引起的胁迫对指标产生影响^[7], 红细胞和白细胞均采用血球计数板计数, 红细胞浓度计算公式: 红细胞数 (mm³) = (5 个中格红细胞数 × 稀释倍数) / 计

数的 5 个中格容积。白细胞浓度计算公式:白细胞数(mm^3) = (4 个大方格白细胞数 × 稀释倍数) / 计数的 4 个大格容积。血细胞比容用微量

血细胞比容法来测定^[8]。血红蛋白含量用氰化高铁(HiCN)法^[9]。血清中溶菌酶活力通过浊度比色法测定^[10]。

表 1 试验饲料配比及营养组成
Tab.1 Formulation and nutrient compositions of the experimental diets

原料 ingredient	饲料 diets					%
	D0	D17	D35	D52	D69	
脱脂鱼粉 defatted fishmeal	58	48	38	28	18	
大豆浓缩蛋白 soy protein concentrate	4	8	12	16	20	
脱酚棉籽蛋白 dephenolized cottonseed protein	2	6	10	14	18	
花生粕 peanut meal	8	8	8	8	8	
喷雾干燥血球蛋白粉 spray-dried blood meal	0	1	2.7	4.5	6.2	
乌贼内脏粉 squid visceral meal	3	3	3	3	3	
鱼油 fish oil	4	5.4	6.8	8.2	9.4	
豆油 soybean oil	3	3	3	3	3	
复合矿物质 ^a mineral mixture	2	2	2	2	2	
复合维生素 ^b vitamin mixture	1	1	1	1	1	
氯化胆碱 choline chloride	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
黏合剂(α -淀粉) adhesive	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	
填充剂(面粉) wheat flour	12.1	9.595	6.317	3.048	0	
抗氧化剂 antioxidant	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
赖氨酸 L-lysine	0	0.153	0.386	0.509	0.712	
蛋氨酸 L-methionine	0	0.142	0.284	0.426	0.568	
磷酸二氢钙 calcium dihydrogen phosphate	0	1	2	3	4	
氯化钙 calcium chloride	0	0.8	1.6	2.4	3.2	
植酸酶 phytase(5 000U)	0	0.01	0.013	0.017	0.02	
合计 total	100	100	100	100	100	
化学组成(%干物质) composition(%DM)						
粗蛋白 crude protein	54.5	54.7	54.2	54.2	54.4	
粗脂肪 crude lipid	16.6	16.7	16.7	16.9	16.8	
灰分 ash	14.3	13.6	13.2	12.5	12.0	
磷 phosphorus	2.1	2.2	2.1	2.3	2.2	
钙 calcium	3.30	3.26	3.31	3.24	3.24	
赖氨酸 L-lysine	3.45	3.23	3.28	3.26	3.28	
蛋氨酸 L-methionine	1.36	1.36	1.47	1.34	1.52	
能量 gross energy(MJ/kg DM)	25.18	25.26	25.20	25.15	25.11	

注:a. 复合矿物质(mg/kg 饲料), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5 068 mg; KCl , 3 020.5 mg; $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, 12.3 mg; CoCl_2 , 40.0 mg; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 253.0 mg; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10.0 mg; KI , 8.0 mg; $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 73.1 mg; Na_2SeO_3 , 2.5 mg; $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Fe} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 1 633.0 mg; NaCl , 100.0 mg; NaF , 4.0 mg

b. 复合维生素(mg/kg 饲料), 维生素 A, 38.0 mg; 维生素 D_3 , 13.2 mg; α -生育酚, 210.0 mg; 硫胺素, 115.0 mg; 核黄素, 380.0 mg; 盐酸吡哆醇, 88.0 mg; 泛酸, 368.0 mg; 烟酸, 1 030.0 mg; 生物素, 10.0 mg; 叶酸, 20.0 mg; 维生素 B_{12} , 1.3 mg; 肌醇 4 000.0 mg; 抗坏血酸, 500.0 mg

Notes: a. Mineral mixture (mg/kg diet), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5 068 mg; KCl , 3 020.5 mg; $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, 12.3 mg; CoCl_2 , 40.0 mg; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 253.0 mg; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10.0 mg; KI , 8.0 mg; $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 73.1 mg; Na_2SeO_3 , 2.5 mg; $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Fe} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 1 633.0 mg; NaCl , 100.0 mg; NaF , 4.0 mg

b. Vitamin mixture (mg/kg diet), retinol acetate, 38.0 mg; cholecalciferol, 13.2 mg; alpha-tocopherol, 210.0 mg; thiamin, 115.0 mg; riboflavin, 380.0 mg; pyridoxine HCl, 88.0 mg; pantothenic acid, 368.0 mg; niacin acid, 1 030.0 mg; biotin, 10.0 mg; folic acid, 20.0 mg; vitamin B_{12} , 1.3 mg; inositol, 4 000.0 mg; ascorbic acid, 500.0 mg

1.4 数据统计分析

所有数据统计分析均在 SPSS 11.0 中进行, 采用单因素方差分析(ANOVA), 当处理之间差异显著($P < 0.05$)时, 用 Duncan 检验进行多重比较分析。

2 结果

2.1 试验鱼生长性能和饲料利用状况

从表 2 看出, 随新型蛋白源替代鱼粉量的增加, 增重率、特定生长率、蛋白质效率、蛋白质沉积

效率及饲料系数在 D0、D17、D35 和 D52 组间无显著差异 ($P > 0.05$), D69 组显著降低 ($P < 0.05$), 分别为 107.77%、1.22%/d、186.37%、59.86% 和 0.98; 随替代量的增加, 肝体比和脏体比均呈下降趋势, 且以 D52 组最低, 分别为 1.26% 和 4.01%; 同时, 随替代量的增加, 消化道指数显著增大 ($P < 0.05$), 以 D69 组的 2.56% 为最大; 各饲料组间肥满度无显著差异 ($P > 0.05$)。

各组鱼成活率均为 100%。

2.2 试验鱼血液生理生化指标

从表 3 可知, 随替代量的增加, 红细胞数目、血清蛋白含量、血红蛋白含量和白细胞数目各组间无显著差异 ($P > 0.05$), 血细胞比容及溶菌酶活力随鱼粉替代量的增加均呈显著下降趋势 ($P < 0.05$)。

表 2 试验鱼生长性能和饲料利用状况
Tab. 2 Growth performance and feed utilization of experimental fishes mean \pm SE, $n = 3$

指标 index	饲料 diet				
	D0	D17	D35	D52	D69
初均重(g) initial weight	75.43 \pm 0.07	75.63 \pm 0.06	75.59 \pm 0.09	75.69 \pm 0.15	75.67 \pm 0.13
末均重(g) final weight	182.41 \pm 3.94 ^a	182.4 \pm 1.78 ^a	183.7 \pm 3.31 ^a	175.29 \pm 6.53 ^a	157.23 \pm 0.36 ^b
平均增重率(%) (WGR)	141.84 \pm 5.23 ^a	141.16 \pm 2.40 ^a	143.01 \pm 4.32 ^a	131.6 \pm 8.32 ^a	107.77 \pm 0.77 ^b
特定增长率(%) (SGR)	1.47 \pm 0.04 ^a	1.47 \pm 0.02 ^a	1.48 \pm 0.03 ^a	1.40 \pm 0.06 ^a	1.22 \pm 0.01 ^b
蛋白质效率(%) (PER)	229.88 \pm 4.74 ^a	227.31 \pm 3.11 ^a	232.95 \pm 4.67 ^a	217.19 \pm 10.43 ^a	186.37 \pm 1.16 ^b
饲料系数(FCR)	0.80 \pm 0.02 ^a	0.81 \pm 0.01 ^a	0.79 \pm 0.02 ^a	0.85 \pm 0.04 ^a	0.98 \pm 0.01 ^b
肝体比(%) (VSI)	2.03 \pm 0.12 ^a	1.66 \pm 0.09 ^{bc}	1.55 \pm 0.03 ^c	1.26 \pm 0.07 ^d	1.63 \pm 0.06 ^{bc}
脏体比(%) (HSI)	4.50 \pm 0.11 ^{ac}	4.28 \pm 0.11 ^{bcd}	4.19 \pm 0.09 ^{bcd}	4.01 \pm 0.16 ^d	4.75 \pm 0.18 ^a
消化道指数(%) (DTI)	2.01 \pm 0.03 ^a	2.17 \pm 0.03 ^{ab}	2.16 \pm 0.05 ^{ab}	2.28 \pm 0.00 ^b	2.56 \pm 0.17 ^c
肥满度(CF)	0.029 \pm 0.001	0.029 \pm 0.004	0.030 \pm 0.002	0.029 \pm 0.004	0.030 \pm 0.002
蛋白质沉积效率(%) (PRE)	68.31 \pm 1.31 ^a	67.70 \pm 1.32 ^a	64.80 \pm 0.53 ^{ab}	65.24 \pm 1.49 ^a	59.86 \pm 1.02 ^b

注: 同行数值后不同上标英文字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 以下同

Notes: In the same row with different superscripts show significant difference ($P < 0.05$), the same as following tables

表 3 试验鱼血液生理生化指标
Tab. 3 Hematology of experimental fishes mean \pm SE, $n = 3$

指标 index	饲料 diet				
	D0	D17	D35	D52	D69
红细胞数 ($\times 10^6/\text{mm}^3$) erythrocyte	2.41 \pm 0.19	2.60 \pm 0.14	2.16 \pm 0.38	2.48 \pm 0.27	2.26 \pm 0.16
白细胞数 ($\times 10^4/\text{mm}^3$) leukocyte	2.77 \pm 0.22	2.73 \pm 0.07	2.44 \pm 0.15	2.39 \pm 0.17	2.55 \pm 0.19
血细胞比容(%) hematocrit	27.00 \pm 0.61 ^a	23.21 \pm 0.90 ^b	22.12 \pm 0.22 ^b	19.90 \pm 0.41 ^c	18.63 \pm 0.12 ^c
溶菌酶活力(U/mL) lysozyme activity	46.31 \pm 2.68 ^a	44.97 \pm 3.82 ^a	35.23 \pm 2.35 ^b	19.57 \pm 1.45 ^b	10.23 \pm 0.50 ^b
血清蛋白(g/L) serum protein	26.23 \pm 0.75	27.06 \pm 0.94	26.09 \pm 2.96	23.87 \pm 0.53	22.98 \pm 1.11
血红蛋白(g/L) hemoglobin	41.64 \pm 1.20 ^a	39.66 \pm 2.53 ^a	39.52 \pm 2.94 ^a	35.97 \pm 0.44 ^b	38.33 \pm 1.01 ^{ab}

2.3 试验鱼全鱼和肌肉组成分析

随着替代比例的增加, 全鱼干物质含量呈下降趋势, D0 组 (27.80%) 显著高于 D69 组 (26.40%) ($P < 0.05$), 灰分(占干物质)含量显著增大 ($P < 0.05$), D69 组最高为 11.98%, 蛋白质和脂肪含量各组间无显著差异 ($P > 0.05$) (图 1); 同样, 肌肉干物质含量随替代比例的增加呈显著下降 ($P < 0.05$), 蛋白质、脂肪和灰分含量各组间无显著差异 ($P > 0.05$) (图 2)。

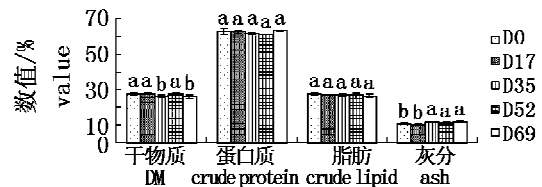


图 1 试验鱼全鱼组成

图中具不同字母标记的值表示差异显著 ($P < 0.05$)

Fig. 1 Whole fish composition of experimental fishes

Data with different letters in the figure mean significant difference ($P < 0.05$)

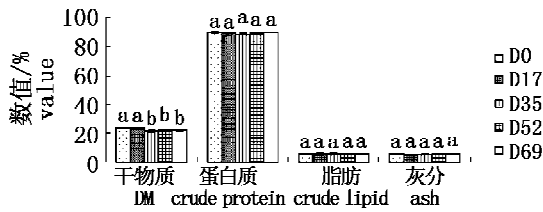


图2 试验鱼肌肉组成

图中不同字母标记的值表示差异显著($P < 0.05$)

Fig.2 Muscle composition of experimental fishes

Data with different letters in the figure

mean significant difference ($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 试验饲料对星斑川鲮幼鱼生长性能的影响

依据本试验结果,通过调节饲料氨基酸水平,当用新型蛋白源替代饲料中52%的鱼粉时,星斑川鲮幼鱼增重率、特定生长率、蛋白质效率、蛋白质沉积率及饲料系数在统计上无显著影响($P > 0.05$),但在数值上有下降趋势。Toko等^[11]在对革胡子鲶(*Clarias gariepinus*)的研究中,用豆粕和棉粕替代30%的鱼粉对其生长性能无显著影响。Bonaldo等^[2]在埃及鲮(*Solea aegyptiaca*)中用30%的豆粕替代鱼粉不影响其生长性能及对营养物质的利用。Smith等^[12]在斑节对虾饲料中用羽扇豆粉替代40%的鱼粉对其生长性能无显著影响。

当替代比例达鱼粉用量的69%时,鱼的生长性能出现了显著下降($P < 0.05$),分析其原因,可能由于植物性蛋白中含抗营养因子以及较高的碳水化合物,从而影响营养物质的消化吸收。草食性和杂食性鱼类往往能够较好地利用饲料中较高含量的植物蛋白^[13],而肉食性鱼类饲料中的植物蛋白利用有限。饲料中植物蛋白含量较低时,对鱼的生长一般不会产生显著的影响^[14-15],但是当替代量较高时,会显著降低鱼类的生长,并降低饲料效率^[5,16]。从消化道指数来看,随新型蛋白源替代鱼粉量的增加,消化道指数显著增大($P < 0.05$),因植物性蛋白的增加,鱼体通过增加消化道组织细胞来适应食物消化难度的提高,以满足其生长需要^[17]。随新型蛋白源替代鱼粉量的增加,肝体比和脏体比呈下降趋势,这与Wang等^[18]用豆粕替代鱼粉对鮠状黄姑鱼(*Nibea miichthioides*)的研究结果较为一致,与王海英等^[17]用植物性蛋白替

代鱼粉对大菱鲆幼鱼的研究结果相反。

3.2 试验饲料对星斑川鲮幼鱼血液生理生化指标的影响

血红蛋白是运载氧气的物质,血红蛋白含量和红细胞数量也是反映鱼体是否贫血的重要指标^[19]。表3显示,红细胞数目、血清蛋白含量和血红蛋白含量各组间无显著差异($P > 0.05$),表明用新型蛋白源替代鱼粉后,并未引起鱼贫血现象的产生,这与Barros等^[20]在斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)中的研究结果较为一致。Yang等^[21]在对日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)的研究中,用肉骨粉和畜禽副产品分别替代鱼粉的15%或50%,对日本沼虾幼虾的血细胞数目均无显著影响。

白细胞数目受很多因素的影响,比如温度上升、运动等,一般也表现为雌多雄少,特别是机体发生炎症时,会呈现白细胞增多症^[22-23]。本试验结果白细胞数目在各组间无显著差异($P > 0.05$),表明鱼机体并未因鱼粉替代而出现异常。

溶菌酶广泛存在于动物、植物和微生物的各种组织、体液及分泌物中,是生物体内重要的非特异性免疫因子之一,在抵抗外来病原入侵中起重要作用。溶菌酶是破坏细菌细胞壁的酶,其活力大小可以在一定程度上反映出鱼体抵抗细菌侵袭的能力^[19]。从各试验组血细胞比容及溶菌酶活力指标得知,随着新型蛋白源替代鱼粉量的提高,星斑川鲮幼鱼非特异免疫机能受到了不同程度的降低。这与王崇^[24]在用豆粕替代鱼粉饲养异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)、Subhadra等^[25]用畜禽副产品和血粉等替代鱼粉饲养大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)的研究结果一致。

3.3 试验饲料对星斑川鲮幼鱼鱼体生化成分的影响

随着替代比例的增加,全鱼及肌肉干物质含量均呈下降趋势,这与Wang等^[18]在鮠状黄姑鱼(*Nibea miichthioides*)中的研究结果较为一致;全鱼灰分含量随鱼粉替代量的增加呈增大的趋势,Toko等^[11]研究表明植酸会影响革胡子鲶鱼体灰分含量,在本试验中由于在饲料中添加了植酸酶,降低了植酸等对营养物质消化吸收的影响,增大了钙、磷沉积,邓君明^[26]用大豆浓缩蛋白对牙鲆生长性能的研究也得出类似结果。另外,有研究表明鱼体灰分含量还与鱼体大小有关,灰分含量

的上升是由于鱼体重的下降^[27-28]。Sugiura等^[29]研究表明,饲料中不同矿物质组成也会影响矿物质在鱼体内的沉积,从而影响鱼体灰分含量。本试验中,在饲料中添加了磷酸二氢钙,由于无机磷的消化吸收率高于鱼粉中磷的利用率,故随着饲料中磷酸二氢钙添加量的增加,全鱼中灰分含量呈现升高趋势。而有关无机磷的添加是否对试验对象生长及其他方面存在影响值得进一步研究。

本试验结果还表明,全鱼或肌肉中蛋白质和脂肪含量在各饲料组间均无显著差异($P > 0.05$), Kikuchi^[30]用脱脂豆粕蛋白替代饲料中45%的鱼粉后,对牙鲆鱼体组成没有显著的影响;Hansen等^[31]对大西洋鳕鱼(*Gadus morhua* L.)的研究结果表明,用植物性蛋白(小麦玉筋蛋白、大豆浓缩蛋白及豆粕等)完全替代鱼粉对试验鱼肌肉或全鱼的蛋白质和脂肪含量均无显著影响。

在本试验条件下,星斑川鲷幼鱼增重率(WGR)及特定生长率(SGR)均受饲料中鱼粉替代水平的影响,当替代水平高于52%时呈显著降低,而低于此值则降低趋势不明显。由此推测,在配制星斑川鲷幼鱼配合饲料时,为降低生产成本,可用复合蛋白原料替代鱼粉并调节饲料中氨基酸水平,但具体替代水平应据星斑川鲷幼鱼的体重、养殖环境和养殖周期等而定。本试验中,随着新型蛋白源对鱼粉替代水平的升高,鱼体血清溶菌酶活力、血细胞比容等非特异性免疫指标受到了一定程度的影响,故在实际生产中应考虑添加适当的免疫增强剂。有关新型蛋白源替代鱼粉对星斑川鲷幼鱼消化酶活性、氨基酸及矿物质利用率等的影响有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Hardy R W. Aquaculture's rapid growth requirements for alternate protein sources [J]. *Feed Manage*, 1999, 50: 25-28.
- [2] Bonaldo A, Roem A J, Pecchini A, et al. Influence of dietary soybean meal levels on growth, feed utilization and gut histology of Egyptian sole (*Solea aegyptiaca*) juveniles [J]. *Aquaculture*, 2006, 261: 580-586.
- [3] Tibaldi E, Hakim Y, Uni Z, et al. Effects of the partial substitution of dietary fish meal by differently processed soybean meals on growth performance, nutrient digestibility and activity of intestinal brush border enzymes in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 261: 182-193.
- [4] Subhadra B, Lochmann R, Rawles S, et al. Effect of fish-meal replacement with poultry by-product meal on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fed diets containing different lipids [J]. *Aquaculture*, 2006, 260: 221-231.
- [5] Robaina L, Moyano F J, Izquierdo M S, et al. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Spavus aurata*): Nutritional and histological implications [J]. *Aquaculture*, 1997, 157: 347-359.
- [6] Hasan M R, Haq M S, Das P M, et al. Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein source for Indian major carp, *Labeo rohita* fry [J]. *Aquaculture*, 1997, 151: 47-54.
- [7] Pickering A D, Potting T G, Christie P. Recovery of the brown trout *Salmo trutta* L. to chronic crowding stress [J]. *Journal of Fish Biology*, 1982, 20: 229-244.
- [8] 陈超然,陈晓辉,陈昌福.口服甘草素对中华鳖稚鳖抗嗜水气单胞菌感染的作用[J].华中农业大学学报,2000,(19)6:577-580.
- [9] 陈晓耘.南方鲈血液的研究[J].吉首大学学报(自然科学版),2000,(21)2:63-67.
- [10] Ellis A E. Lysozyme assays [M]//Stolen J S, Fletcher T C, Anderson D P, et al. Techniques in fish immunology: fish immunology techniques communication I. Fair Haven: SOS Publication, 1990: 101-103.
- [11] Toko I I, Fiogbe E D, Kestemont P. Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals [J]. *Aquaculture*, 2008, 275:298-305.
- [12] Smith D M, Tabrett S J, Glencross B D. Growth response of the black tiger shrimp, *Penaeus monodon* fed diets containing different lupin cultivars [J]. *Aquaculture*, 2007, 269: 436-446.
- [13] Gomes E F, Rema P, Kaushik S J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance [J]. *Aquaculture*, 1995, 130: 177-186.
- [14] Chou R L, Her B Y, Su M S, et al. Substituting

- fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum* [J]. *Aquaculture*, 2004, 229: 325 - 333.
- [15] Escaffre A M, ZamboninoInfante J L, Cahu C L, *et al.* Nutritional value of soy protein concentrate for larvae of common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities [J]. *Aquaculture*, 1997, 153: 80.
- [16] Elangovan A, Shim K F. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb *Barbodes altus* [J]. *Aquaculture*, 2000, 189: 133 - 144.
- [17] 王海英,孙 溢,薛长湖,等. 大菱鲂配合饲料中植物蛋白替代鱼粉的可行性研究[J]. *海洋科学*, 2008, 32(6): 9 - 12.
- [18] Wang Y, Kong L J, Li C, *et al.* Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 261: 1307 - 1313.
- [19] 叶元土,蔡春芳,蒋 蓉,等. 鱼粉、豆粕、菜粕、棉粕和花生粕对草鱼生长和生理机能的影响[J]. *饲料工业*, 2005, 26(12): 17 - 21.
- [20] Barros M M, Lim C, Klesius P H. Effect of soybean meal replacement by cottonseed meal and iron supplementation on growth, immune response and resistance of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) to challenge [J]. *Aquaculture*, 2002, 207: 263 - 279.
- [21] Yang Y, Xie S Q, Lei W, *et al.* Effect of replacement of fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal in diets on the growth and immune response of *Macrobrachium nipponense* [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2004, 17: 105 - 114.
- [22] 苏时萍,李延璐. 假单胞菌对鳊鱼血液的影响[J]. *生物学杂志*, 2007, 24(3): 36 - 38.
- [23] 杨秀萍. 动物生理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2005.
- [24] 王 崇. 饲料中豆粕替代鱼粉及投喂策略对异育银鲫的影响[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所, 2007.
- [25] Subhadra B, Lochmann R, Rawles S, *et al.* Effect of fish-meal replacement with poultry by-product meal on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fed diets containing different lipids[J]. *Aquaculture*, 2006, 260: 221 - 231.
- [26] 邓君明. 动植物蛋白源对牙鲈摄食、生长和蛋白质及脂肪代谢的影响[D]. 青岛:中国海洋大学, 2006.
- [27] Shearer K D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids[J]. *Aquaculture*, 1994, 119: 88.
- [28] Rasmussen R S, Ostefeld T H. Effect of growth rate on quality traits and feed utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) [J]. *Aquaculture*, 2000, 184: 327 - 337.
- [29] Sugiura S H, Dong F M, Hardy R W. Effects of dietary supplements on the availability of minerals in fish meal: preliminary observations [J]. *Aquaculture*, 1998, 160: 283 - 303.
- [30] Kikuchi K. Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. *Aquaculture*, 1999, 179: 3 - 11.
- [31] Hansen A C, Rosenlund G, Ørjan K, *et al.* Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I. Effects on growth and protein retention [J]. *Aquaculture*, 2007, 272: 599 - 611.

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*)

DUAN Pei-chang^{1,2,3}, ZHANG Li-min², WANG Ji-ying²,
MENG Xian-ju^{1,2}, DING Li-yun^{1,2}, SUN Yong-zhi²

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264006, China;

3. Guangdong Yuehai Feed Group Co. Ltd, Zhangjiang 524017, China)

Abstract: Starry flounder (*Platichthys stellatus*) is the large carnivorous fish and demands diet with high level protein. This experiment was carried out to study the effect of replacing fishmeal with new protein sources in diets of juvenile starry flounder [initial weight, (75.6 ± 0.18) g]. Five isonitrogenous and isoenergetic diets (D0, D17, D35, D52 and D69) were formulated by regulating amino acid level with new protein resources (soy protein concentrate, dephenolized cottonseed protein, spray-dried blood meal, etc). D0 with 58% defatted fishmeal as the control group, fishmeal was replaced by new protein sources at four levels of 17%, 35%, 52%, 69%. Five groups in triplicate were divided randomly for the 60-day experimental period. At the end of the experiment, growth performance, body composition and partial immunological parameters were studied. The results show that weight growth rate (WGR), protein efficiency ratio (PER) and specific growth rate (SGR) of D0 are 141.84%, 229.88% and 1.47%/d, respectively, no significant differences occurred among D17, D35 and D52 ($P > 0.05$), but D69 is significantly low at 107.77%, 186.37% and 1.22%/d ($P < 0.05$), respectively; Feed conversion ratio (FCR) of D0 is 0.80 and not significant to D17, D35 and D52 ($P > 0.05$), but D69 is 0.98 and higher than the other four groups obviously ($P < 0.05$); Digestive tube index (DTI) tends to enhance with increasing level of new protein sources, D0 is 2.01%, significantly lower than D69 ($P < 0.05$); Condition factors (CF) has no significant difference ($P > 0.05$) in five groups. There are no significant differences ($P > 0.05$) in the contents of protein and fat in whole fish and muscle, while the mineral content in whole fish increases with the replacement of fishmeal; erythrocyte, leukocyte, hemoglobin and serum protein have no significant difference ($P > 0.05$) among groups, but increase of new protein sources has some negative impact on hematocrit (HCT) and lysozyme activity. These results show clearly that dietary fishmeal levels can be considerably reduced without any adverse effect on growth performances for juvenile starry flounder. Digestive enzyme activities, amino acid and the utilization of minerals of juvenile starry flounder are the target of research at present.

Key words: *Platichthys stellatus*; new protein sources; growth performance; hematology