

研究简报

大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼稚鱼生长、 体成分和血液生化指标的影响

徐奇友 王常安 许 红 王炳谦 郑秋珊 贾钟贺 尹家胜

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070)

EFFECTS OF REPLACING FISH MEAL WITH SOY PROTEIN ISOLATED ON THE GROWTH PERFORMANCE, BODY COMPOSITION AND BIOCHEMICAL INDEXES OF JUVENILE HUCHO TAIMEN

XU Qi-You, WANG Chang-An, XU Hong, WANG Bing-Qian, ZHENG Qiu-Shan, JIA Zhong-He and YIN Jia-Sheng
(Heilongjiang River Fishery Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070)

关键词: 大豆分离蛋白; 哲罗鱼; 生长; 体成分; 生化

Key words: Soy Protein Isolated; *Hucho taimen*; Growth; Body composition; Biochemical Indexes

中图分类号: S963.31 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2008)06-0941-06

随着水产养殖业的发展, 饲料的需求量越来越大, 随之而来的问题是鱼粉匮乏, 价格上涨。为解决这一问题, 寻找植物蛋白源替代鱼粉就成了当务之急。各种大豆来源蛋白由于蛋白质含量高, 氨基酸种类比较平衡, 是水生动物饲料中最重要的蛋白质来源。近年来在大西洋鲑 (*Salmo salar* Linnaeus)^[1]、虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*)^[2] 等研究表明, 用不同大豆来源蛋白替代一定比例的鱼粉不影响其生产性能。大豆分离蛋白是以大豆低温豆粕为原料, 经碱溶酸沉等工序而得到的一种精制大豆蛋白产品, 蛋白含量可达 85% 以上。研究表明, 在幼建鲤 (*Cyprinus carpio* Var. Jian) 饲料中大豆分离蛋白可替代 40% 鱼粉^[3]。

哲罗鱼 (*Hucho taimen*) 为肉食性、冷水性鲑科鱼类, 栖息在低温 (20 以下) 溪流里, 肉味鲜美、细嫩、营养丰富。哲罗鱼生长速度较快, 属于大型名贵鱼类, 一般个体约 3kg, 大的个体可达 50kg, 体长 1m 以上, 具有较高的经济价值。目前, 该鱼的驯化养殖已经获得成功^[4], 并已在我国一些省市开始养殖。因此, 研究哲罗鱼人工配合饲料十分迫切。肉食性鱼类不仅对蛋白质的需求量高, 且更偏好于动物性蛋白, 所以当以大豆来源蛋白替代鱼粉时, 技术难度较大, 涉及的理论问题更突出。哲罗鱼属于肉食性鱼类, 对于大豆来源蛋

白能否替代鱼粉还未进行研究, 本实验用大豆分离蛋白部分或全部替代鱼粉, 研究对哲罗鱼生长、体成分和血液生化指标的影响, 为哲罗鱼饲料的配制提供理论依据, 这对哲罗鱼的养殖具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料 哲罗鱼 (体质量 (6.90 ± 0.04) g) 由黑龙江水产研究所渤海冷水鱼实验站提供, 大豆分离蛋白 (Soy protein isolated, SPI) 产自哈尔滨高科技 (集团) 股份有限公司。

1.2 生长实验 实验分 9 个处理, 每处理 3 个重复, 每重复 100 尾鱼。处理 1 饲料中含有 40% 鱼粉 + 5% 血粉 + 5% 小麦面筋粉 + 10% 玉米蛋白粉, 处理 2—8 分别用大豆分离蛋白替代 25%、37.5%、50%、62.5%、75%、87.5% 和 100% 鱼粉, 处理 9 在处理 8 基础上添加 0.26%、0.50% 和 0.22% 结晶蛋氨酸、赖氨酸和苏氨酸, 使氨基酸含量达到处理 1 水平, 通过添加磷酸二氢钙使不同处理磷含量相同, 配制成 9 种等氮等能饲料。实验基础饲料配方及营养水平^[5] (表 1)。饲料原料粉碎后用鼓型混合机混合, 膨化制粒 (颗粒直径为 1.5mm), 置于 -20℃ 冰箱中保存。

收稿日期: 2008-04-09; 修订日期: 2008-07-28

基金项目: 国家公益性行业科研专项 (2008326001); 黑龙江水产研究所基本科研专项 (2007HSYZX-YZ-08) 资助

作者简介: 徐奇友 (1969—), 男, 汉, 黑龙江人; 博士, 副研究员; 主要从事水产动物营养与饲料学研究。E-mail: xuqiyou@sina.com

通讯作者: 尹家胜 (1960—), 男, 研究员; 主要从事鱼类增殖及育种研究。E-mail: xwsc20@tom.com

表 1 基础饲料配方及营养水平 (%) (风干基础)

Tab. 1 Formula and nutritional level of the experiment feed (air-dry basis, %)

成分 Ingredient	组别 Groups								
	Group1	Group2	Group3	Group4	Group5	Group6	Group7	Group8	Group9
次粉 Wheat flour middling	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3
鱼粉 Fish meal	40.0	30.0	25.0	20.0	15.0	10.0	5.0	0.0	0.0
大豆浓缩蛋白 SPI	0.0	7.4	11.1	14.8	18.5	22.2	25.9	29.6	29.6
血粉 Blood meal	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
小麦面筋 Wheat gluten	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
玉米蛋白 Corn gluten meal	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
豆油 Soy oil	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
磷脂 Soy lecithin	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
鱼油 Fish oil	7.5	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2	10.6	10.6
磷酸二氢钙 CaH ₂ PO ₄	0.0	0.0	0.6	1.2	1.6	2.2	2.7	3.2	3.2
蛋氨酸 Met	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
赖氨酸 Lys	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
苏氨酸 Thr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
纤维素 Cellulose	0.00	1.90	2.20	2.50	3.00	3.30	3.70	4.10	3.12
预混剂 Premix	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
粗蛋白 Crude protein	44.01	43.93	43.60	41.96	41.97	42.76	42.13	45.72	46.84
粗脂肪 Crude Fat	16.33	16.81	16.20	16.82	16.62	16.21	16.22	16.16	16.26

注: 1. 饲料中预混剂的质量分数为 1.2%, 包括: VC 0.1%; 胆碱 0.2%; 抗氧化剂 0.025%; 防霉剂 0.05%; 甜菜碱 0.1%; 镁 0.3g/kg; 复合维生素 0.1%; 复合微量元素 0.5%; 2. 维生素和微量元素包括: VE60mg/kg; VK5mg/kg; VA 15000 IU/kg; VD₃ 3000 IU/kg; VB₁ 15mg/kg; VB₂ 30mg/kg; VB₆ 15mg/kg; VB₁₂ 0.5mg/kg; 烟酸 175mg/kg; 叶酸 5mg/kg; 肌醇 1000mg/kg; 生物素 2.5mg/kg; 泛酸钙 50mg/kg; 铁 25mg/kg; 铜 3mg/kg; 锰 15mg/kg; 锌 60mg/kg; 硒 0.3mg/kg; 碘 0.6mg/kg

Note: 1. Premix 1.2%, including: VC 0.1%; Choline 0.2%; Antioxidant 0.025%; Antimildew 0.05%; Betaine 0.1%; Mg 0.3g/kg; Vitamin premix 0.1%; Mineral premix 0.5%; 2. Vitamin and mineral premix includes: VE 60mg/kg; VK 5mg/kg; VA 15000 IU/kg; VD₃ 3000 IU/kg; VB₁ 15mg/kg; VB₂ 30mg/kg; VB₆ 15mg/kg; VB₁₂ 0.5mg/kg; Nicotinic acid 175 mg/kg; Folic acid 5mg/kg; Inositol 1000mg/kg; Biotin 2.5mg/kg; Panthothenic acid 50mg/kg; Fe 25mg/kg; Cu 3mg/kg; Mn 15mg/kg; Zn 60mg/kg; Se 0.3mg/kg; I 0.6mg/kg

实验在室内玻璃钢水族箱 (直径 0.90m, 水深 0.45m) 中进行。正式实验开始前, 实验鱼用商业饲料饲喂 7d 使其适应实验环境。实验开始时, 鱼饥饿 24h, 用苯氧乙醇 (0.5ml/L) 麻醉, 称量体质量和体长。实验为涌泉水, 水温 9.8—16.2, 溶氧 8.0mg/L。前 4 周每天人工投喂 4 次, 投饲率为体质量的 3.4%, 后 4 周每天人工投喂 2 次, 投饲率为体质量的 2%, 记录各个水族箱的投喂量。实验共进行 8 周, 实验结束后, 鱼空腹 24h, 然后统计每缸鱼条数, 称量每缸鱼重量, 计算增重率, 再每缸取 30 尾测量体长和体质量, 计算肥满度。

1.3 体成分测定 实验结束时每种饲料取 12 尾鱼用于鱼体成分分析。鱼体和饲料常规成分分析均用 AOAC 方法^[9]。其中水分的测定采用 105 烘箱干燥恒重法, 粗蛋白的测定采用凯式定氮法 (总氮 ×6.25), 粗脂肪的测定为索氏抽提法 (以乙醚为抽提液), 粗灰分的测定为马福炉中灼烧法 (550)。

1.4 生化指标测定 每处理组分别随机取 12 尾鱼, 尾静脉采血, 用 600 IU 肝素钠抗凝制血浆, 置于 1.5ml 离心管中, -80 冷冻保存。血浆生化指标由黑龙江省电力医院采用生化分析仪 (贝克曼 ProCX4, 德国) 测定, 总蛋白 (TP) 和白蛋白 (ALB) 用化学法, 球蛋白 (GLB) 和白球比例 (A/G) 为计算值, 碱性磷酸酶 (ALP) 采用速率法。

1.5 统计分析方法 实验结果采用 SAS 8.2 ANOVA 过程进行方差分析和多重比较。所得数据用平均值 ± 标准差 ($\bar{x} \pm sd$) 表示, $p < 0.05$ 为差异显著, $p < 0.01$ 为差异极显著。

实验鱼体生物指标计算方法如下: 特定生长率 (SGR, %/d) = $100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$; 成活率 (SR, %) = $100 \times N_f / N_i$; 肥满度 = $W_t \times 10^5 / L_t^3$; 饵料系数 (FCR) = $F / (W_t - W_0)$; 增重率 (WGR, %) = $100 \times (W_t - W_0) / W_0$ 。其中: W_0 为实验开始时鱼体质量 (g); W_t 为实验结束时鱼体质量 (g); N_f 为终末尾数; N_i 为初始尾数; L_t 实验结束时鱼体长 (cm); F 为饲料摄入量 (g); t 为饲养时间 (d)。

2 结 果

2.1 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼生产性能的影响

大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼生产性能产生了显著的影响(表 2)。研究发现 40%鱼粉时哲罗鱼仔鱼成活率(91%)和生长均较好(特定生长率 1.91),随大豆分离蛋白替代鱼粉的比例增加,鱼的死亡率迅速增加,增重率下降。30%鱼粉时成活率降到 75% ($p < 0.05$),增重率显著下降 ($p < 0.05$),特

定生长率降到 1.57。大豆分离蛋白全部替代鱼粉时成活率只有 30% ($p < 0.05$),特定生长率只有 0.71 ($p < 0.05$)。在处理 8基础饲料中添加晶体氨基酸对哲罗鱼的成活率、增重率和肥满度均未产生显著的影响。

随大豆分离蛋白替代鱼粉比例的增加鱼的肝体指数增大,在鱼粉降到 5%和 0%时显著 ($p < 0.05$)和极限著升高 ($p < 0.01$),添加合成氨基酸后肝体指数又显著降低 ($p < 0.05$)。

表 2 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼生产性能的影响

Tab. 2 Effects of replacing fish meal with soy protein isolated on growth performance of *Hucho taimen*

组别 Groups	初体质量 Initial weight (g)	末体质量 Final weight (g)	增重率 WGR (%)	特定生长率 SGR (%/d)	成活率 SR (%)	肥满度 CF	饵料系数 FCR	肝体指数 LI (%)
1	6.92 ±0.51 ^a	20.27 ±1.96 ^f	192.73 ±15.77 ^e	1.91 ±0.10 ^e	0.91 ±0.07 ^e	0.82 ±0.04 ^{ab}	1.70 ±0.15 ^a	1.77 ±0.26 ^{ab}
2	6.98 ±0.47 ^a	16.86 ±0.82 ^{de}	142.47 ±24.52 ^{cd}	1.57 ±0.18 ^{cde}	0.75 ±0.09 ^{de}	0.84 ±0.05 ^{ab}	2.36 ±0.19 ^a	1.71 ±0.16 ^{ab}
3	6.88 ±0.58 ^a	15.42 ±0.86 ^{cd}	125.78 ±29.97 ^{bc}	1.44 ±0.23 ^{bcd}	0.58 ±0.03 ^{cd}	0.88 ±0.02 ^{ab}	3.56 ±0.86 ^a	1.78 ±0.12 ^{ab}
4	6.97 ±0.77 ^a	14.92 ±1.19 ^{bcd}	114.94 ±15.30 ^{bc}	1.36 ±0.13 ^{bc}	0.39 ±0.05 ^{abc}	0.79 ±0.03 ^{ab}	3.47 ±0.46 ^a	1.99 ±0.25 ^{bc}
5	6.97 ±0.19 ^a	13.79 ±3.68 ^{bcd}	97.37 ±49.39 ^{abc}	1.18 ±0.42 ^{bc}	0.25 ±0.16 ^a	0.96 ±0.30 ^b	4.26 ±0.54 ^a	1.74 ±0.18 ^{ab}
6	6.87 ±0.53 ^a	12.79 ±0.42 ^{abcd}	86.51 ±7.98 ^{ab}	1.11 ±0.08 ^{abc}	0.34 ±0.07 ^{ab}	0.78 ±0.03 ^{ab}	4.38 ±0.70 ^a	1.90 ±0.27 ^{abc}
7	6.91 ±0.47 ^a	12.16 ±0.36 ^{ab}	76.34 ±8.63 ^{ab}	1.01 ±0.09 ^{ab}	0.33 ±0.06 ^{ab}	0.73 ±0.04 ^a	13.13 ±4.35 ^b	2.16 ±0.32 ^c
8	6.93 ±0.53 ^a	10.29 ±1.12 ^a	49.68 ±25.55 ^a	0.70 ±0.32 ^a	0.48 ±0.15 ^{bc}	0.79 ±0.02 ^{ab}	13.39 ±2.81 ^b	2.49 ±0.52 ^d
9	6.96 ±0.55 ^a	10.52 ±2.40 ^a	51.90 ±37.31 ^a	0.71 ±0.43 ^a	0.30 ±0.26 ^{ab}	0.84 ±0.10 ^{ab}	11.52 ±4.99 ^b	1.99 ±0.29 ^{bc}

注:同列中标有不同小写字母者表示组间差异显著 ($p < 0.05$);标有相同字母者表示组间差异不显著 ($p > 0.05$);下同
Notes means with different letter superscripts within a column are significantly different ($p < 0.05$), and the means with the same letter superscripts are not significantly ($p > 0.05$); The same as below

2.2 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼体成分的影响

大豆分离蛋白替代鱼粉显著影响了鱼体成分(表 3)。随大豆分离蛋白替代鱼粉比例的增加,鱼体水分也显著 ($p < 0.05$)或极显著增加 ($p < 0.01$),鱼体粗蛋白显著 ($p < 0.05$)或极显著 ($p < 0.01$)降低,添加结晶氨基酸的处理 9 鱼体粗

蛋白较处理 8 显著升高,达到处理 1 水平。处理 2 和处理 3 鱼体粗脂肪显著 ($p < 0.05$)升高,处理 6、处理 8 和处理 9 却极显著下降 ($p < 0.01$),鱼粉添加量低于 15%时粗灰分显著 ($p < 0.05$)或极显著 ($p < 0.01$)升高。

表 3 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼体成分的影响

Tab. 3 Effects of replacing fish meal with soy protein isolated on body composition of *Hucho taimen* (%)

组别 Group	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Crude ash
1	80.45 ±0.01 ^h	13.30 ±0.09 ^a	4.09 ±0.15 ^{bc}	1.91 ±0.03 ^{cd}
2	81.67 ±0.01 ^g	11.35 ±0.06 ^c	4.67 ±0.25 ^a	1.92 ±0.15 ^{cd}
3	81.73 ±0.01 ^g	11.09 ±0.13 ^d	4.65 ±0.35 ^a	1.89 ±0.04 ^{cd}
4	83.75 ±0.08 ^a	9.94 ±0.32 ^e	3.96 ±0.12 ^{cd}	1.71 ±0.005 ^d
5	82.06 ±0.01 ^f	11.49 ±0.14 ^{bc}	3.87 ±0.08 ^{cde}	2.22 ±0.12 ^b
6	82.29 ±0.03 ^e	11.48 ±0.14 ^{bc}	3.66 ±0.27 ^e	2.21 ±0.04 ^b
7	82.63 ±0.03 ^d	11.61 ±0.07 ^b	4.35 ±0.26 ^b	2.25 ±0.17 ^b
8	83.34 ±0.02 ^c	11.01 ±0.14 ^d	2.29 ±0.14 ^g	2.13 ±0.024 ^b
9	83.64 ±0.01 ^b	13.53 ±0.18 ^a	2.07 ±0.09 ^g	2.62 ±0.010 ^a

2.3 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼血液生化指标的影响

大豆分离蛋白部分或全部替代鱼粉对哲罗鱼血浆总蛋白和球蛋白未产生显著的影响 ($p > 0.05$),但随替代比例的增加,血浆总蛋白表现出明显的降低趋势,完全替代时血浆

白蛋白显著降低 ($p < 0.05$),其他处理差异不显著 ($p > 0.05$)。除处理 3、处理 7 和处理 8 外,其他处理碱性磷酸酶活性显著降低 ($p < 0.05$),不同处理对肌酐含量未产生显著影响 ($p > 0.05$) (表 4)。

表 4 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼血浆生化指标的影响

Tab. 4 Effects of replacing fish meal with soy protein isolated on plasma biochemical indexes of *Hucho taimen*

组别 Group s	总蛋白 TP (g/L)	白蛋白 ALB (g/L)	球蛋白 GLB (g/L)	白球比例 A G	碱性磷酸酶 AKP (U/L)	肌酐 CREA (μmol/L)
1	30.10 ±3.5	18.50 ±1.13 ^b	11.60 ±3.12 ^{abc}	1.68 ±0.48 ^{ab}	45.67 ±39.50 ^b	12.73 ±6.70 ^a
2	30.33 ±3.7	19.07 ±1.29 ^b	11.27 ±2.47 ^{abc}	1.73 ±0.27 ^{abc}	9.67 ±12.42 ^a	7.17 ±3.15 ^a
3	28.10 ±3.3	18.07 ±2.20 ^b	10.03 ±1.50 ^{ab}	1.81 ±0.22 ^{abc}	20.67 ±15.50 ^{ab}	8.17 ±0.98 ^a
4	27.37 ±1.1	19.30 ±1.85 ^b	8.07 ±2.19 ^a	2.53 ±0.78 ^c	17.00 ±25.12 ^a	9.80 ±8.15 ^a
5	27.17 ±0.9	18.03 ±1.65 ^b	9.13 ±1.93 ^{ab}	2.07 ±0.69 ^{bc}	11.00 ±13.00 ^a	7.60 ±2.60 ^a
6	27.20 ±2.5	17.07 ±1.70 ^b	10.13 ±1.03 ^{ab}	1.69 ±0.13 ^{ab}	12.67 ±9.07 ^a	12.33 ±6.40 ^a
7	26.83 ±1.6	16.97 ±1.74 ^b	10.07 ±0.86 ^{ab}	1.70 ±0.24 ^{ab}	44.00 ±33.29 ^b	16.53 ±6.73 ^a
8	27.07 ±2.3	13.93 ±1.10 ^a	13.13 ±1.70 ^{bc}	1.07 ±0.14 ^a	37.67 ±24.42 ^b	12.00 ±1.00 ^a
9	27.53 ±0.5	15.90 ±3.06 ^{ab}	11.63 ±2.56 ^{abc}	1.45 ±0.58 ^{ab}	14.33 ±18.77 ^a	16.33 ±14.74 ^a

3 讨 论

3.1 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼生产性能的影响

在用大豆来源蛋白替代鱼粉的相关研究中,常用生长速度、饵料系数等作为衡量指标,以确定大豆来源蛋白在鱼饲料中的适宜添加量。饲料中大豆来源蛋白替代鱼粉的适宜量因鱼的种类、食性、大小,以及蛋白品质而异。一些研究表明,当饲料中添加任何比例的大豆来源蛋白时,其生长及饲料转化率均会低于对照组(未添加大豆粉组),且随着添加量的提高,生长率及饲料转化率直线下降^[6, 7]。还有一些研究表明,当大豆来源蛋白的添加量在一定范围内时,鱼类的生长及饲料转化率与对照组之间差异不显著,但当添加量超过该范围时,其生长及饲料转化率将急剧下降^[8]。杂食性的鲤(*Cyprinus carpio* L.)以去脂大豆蛋白为蛋白源、添加限制性氨基酸时,可以完全替代鱼粉^[9],鲢(*Silurus asotus*)以 70%大豆粉替代鱼粉效果较好^[6],牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)可以利用去脂大豆蛋白替代 45%的鱼粉蛋白^[10]。但虹鳟^[11]和石斑鱼^[12](*Epinephelus coioides*)饲料中大豆来源蛋白分别超过总蛋白的 20%和 14%就会降低生长和饲料利用。姜光丽^[4]研究了用大豆分离蛋白替代鱼粉对 10—35g 幼建鲤的影响,结果表明:随着用大豆分离蛋白替代鱼粉蛋白比例的增加,鱼体质量显著下降,饵料系数上升,蛋白质效率比和蛋白质沉积率均极显著下降($p < 0.01$),当大豆分离蛋白替代鱼粉蛋白比例超过 60%时,蛋白质沉积率极显著下降($p < 0.01$)。据报道,鱼类在水体中所处营养级越高,其食谱越窄,适应较高植物蛋白水平的饲料越难。哲罗鱼属于大型肉食性鱼类,处于营养级的最高级,本实验中用大豆分离蛋白替代鱼粉后鱼的成活和生长均显著下降,这表明哲罗鱼不能适应饵料中较高的大豆分离蛋白。南方鲇(*Silurus*

meridionalis)属专性肉食性鱼类。以初始体质量为(23.78 ± 0.09)g的南方鲇幼鱼为实验对象,以大豆来源蛋白分别替代 0、13%、26%、39%、52%和 65%的鱼粉蛋白,当大豆来源蛋白替代鱼粉蛋白在 13%—39%时,南方鲇的生长率及饲料利用率均高于对照组,但当替代率达到 52%及 65%时,其生长率、饲料转化率、蛋白质效率等则显著低于对照组及其余各组($p < 0.05$)^[13]。这表明在饲料中添加一定量的大豆来源蛋白对南方鲇的生长率及饲料转化率没有负面影响,但过量添加将会抑制南方鲇的生长及对饲料的利用。可见,同为肉食性鱼类也会因鱼种的不同产生很大的差异,因而应对不同的鱼进行深入研究。

影响鱼类利用大豆来源蛋白的因素主要有:(1)随着大豆粉的添加,饲料的摄食率降低;(2)由于大豆来源蛋白中的胰蛋白酶抑制因子降低消化率^[14];(3)氨基酸的不平衡性^[8];(4)抗营养因子如植酸影响矿物元素的利用^[15]。一些研究表明,随着饲料中大豆粉添加量的提高,鱼类的摄食率逐渐下降,从而影响鱼类的生长^[8]。本实验中限制鱼类利用大豆分离蛋白因素之一是其适口性差,实验过程中观察发现各实验组鱼的抢食性降低。大豆来源蛋白的适口性影响其本身的替代率,如果适口性得到改善,那么大豆来源蛋白的替代率则可以有所提高。南方鲇的摄食率随饲料中大豆粉的升高而升高,当大豆粉替代鱼粉超过 39%时,摄食率显著高于其他各组($p < 0.05$)^[16]。本实验中,饲料中添加了 0.1%的甜菜碱,但对哲罗鱼的生长并未产生足够的诱食作用。一些研究表明,在含大豆粉的饲料中添加蛋氨酸或赖氨酸将提高鱼类对饲料的利用率,促进生长^[17, 18]。在美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)研究中用豆粕补充氨基酸成功替代 90%鱼粉^[11],通过添加蛋氨酸长鳍鲷(*Ictalurus furcatus* Lesueur)对全豆粕型日粮的利用率得到提高^[19],但本实验中

添加结晶氨基酸对哲罗鱼的生长未产生显著影响。其原因一方面是添加结晶氨基酸对哲罗鱼的诱食效果有限,另一方面表明添加结晶氨基酸对哲罗鱼作用有限。对于哲罗鱼适宜的诱食剂有必要进行研究,这对降低鱼粉的添加量是非常必要的。

3.2 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼体成分的影响

用大豆来源蛋白替代鱼粉不但影响鱼类的生长,还影响鱼体成分。本实验中随大豆分离蛋白替代鱼粉比例的增加,鱼体水分显著增加($p < 0.01$),鱼体粗蛋白和粗脂肪显著降低($p < 0.05$)。这和一些实验结果一致。随着饲料中大豆来源蛋白替代鱼粉比例的增加,南方鲇鱼体水分含量逐渐上升,而蛋白质和脂肪含量则逐渐下降($p > 0.05$)。当大豆来源蛋白替代鱼粉蛋白超过26%时,其脂肪含量显著低于对照组($p < 0.05$)^[13]。用豆粕替代鱼粉饲喂盘鮠(*Symphysodon aequifasciata* Heckel)造成鱼体水分升高,豆粕替代35%—50%鱼粉时体蛋白含量显著下降($p < 0.05$),体脂肪也表现下降,高鱼粉时鱼体灰分上升^[20]。鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)饲喂高水平的豆粕体蛋白降低^[21],另一些实验表明体成分和豆粕替代水平无关^[19]。大豆蛋白替代鱼粉影响体成分的原因是由于大豆来源蛋白影响了适口性,造成鱼类摄食量降低,摄入的蛋白质和脂肪都未能满足需要,造成体内沉积减少。

3.3 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼血液生化指标的影响

血中白蛋白作为营养物质载体,维持血浆渗透压,是机体蛋白质一个来源,用于修补组织和提供能量;血中球蛋白来源于浆细胞的分泌,反映机体的抵抗力。本实验中随大豆分离蛋白替代鱼粉比例的增加,血浆中总蛋白表现出明显的降低趋势,完全替代时血浆白蛋白显著降低($p < 0.05$),添加合成氨基酸也得到相同的结果。这方面其他实验未见报道,其主要原因是由于采食量的下降,影响了体内氨基酸的合成,造成血浆中总蛋白和白蛋白下降。

4 小 结

大豆分离蛋白替代鱼粉显著降低哲罗鱼的生产性能和鱼体质量,在完全替代时添加结晶氨基酸无明显作用。

参考文献:

- [1] Carter C G, Hauler R C. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. [J]. *Aquaculture*, 2000, **185**: 299—311
- [2] Dabrows S K, Poczczynski P. Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth and proteolytic enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*): New *in vivo* test for exocrine pancreatic secretion [J]. *Aquaculture*, 1989, **77**: 29—49
- [3] Jiang G L, Zhou X Q. The effects of soybean protein on protein retention in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* Var. Jian) [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2005, **20** (2): 81—86 [姜光丽, 周小秋. 不同大豆蛋白对幼建鲤体蛋白质沉积的影响. 大连水产学院学报, 2005, **20** (2): 81—86]
- [4] Jiang Z F, Yin J S, Xu W, et al. A preliminary study on the growth of *Hucho taimen* under artificial rearing conditions [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27** (6): 590—594 [姜作发, 尹家胜, 徐伟, 等. 人工养殖条件下哲罗鱼生长的初步研究. 水产学报, 2003, **27** (6): 590—594]
- [5] Xu Q Y, Wang B Q, Xu L W, et al. Requirement of dietary protein and lipid for juvenile *Hucho taimen* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2007, **14** (3): 498—503 [徐奇友, 王炳谦, 徐连伟, 等. 哲罗鱼稚鱼蛋白质和脂肪需要量研究. 中国水产科学, 2007, **14** (3): 498—503]
- [6] Webster C D, Yancey D H, Tidwell J H. Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (*Ictalurus furcatus*) [J]. *Aquaculture*, 1992, **103**: 141—152
- [7] 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
- [8] Reigh R C, Ellis S C. Effects of dietary soybean meal fish meal protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets [J]. *Aquaculture*, 1992, **104**: 279—292
- [9] Viola S, Mokady U, Rappaport U. Partial and complete replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp [J]. *Aquaculture*, 1982, **26**: 223—236
- [10] Kikuchi K. Use of defatted soybean meal as a substitute for meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. *Aquaculture*, 1999, **179**: 3—11
- [11] Kaushik S J, Cravedi J P, Lalles J P. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Aquaculture*, 1995, **133**: 257—274
- [12] Lou Z, Liu Y J, Mai K S. Partial replacement of fish meal by soybean protein in diets for grouper *Epinephelus coioides* juveniles [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, **28** (2): 175—181
- [13] Ai Q H, Xie X J. The nutrition of *Silurus meridionalis*: effects of different levels of dietary soybean protein on growth [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26** (1): 57—65 [艾庆辉, 谢小军. 南方鲇的营养学研究: 饲料中大豆蛋白水平对生长的影响. 水生生物学报, 2002, **26** (1): 57—65]
- [14] Olli J J, Hjeltnelund K, Kroghdahl A. Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.): effects on nutrient digestibility and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1994, **109A**: 923—928
- [15] Hendriks H G C J M, Vanden Ingh T S G A M, Kroghdahl A, et al. Binding of soybean agglutinin to small intestinal brush border membranes and brush border membrane enzyme activities in Atlantic salmon [J]. *Aquaculture*, 1990, **91**: 163—170
- [16] Ai Q H, Xie X J. The nutrition of *Silurus meridionalis*: effects of different levels of dietary soybean protein on digestibility and

- feeding rate [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26** (3): 215—220 [艾庆辉, 谢小军. 南方鲇的营养学研究: 饲料中大豆蛋白水平对消化率及摄食量的影响. 水生生物学报, 2002, **26** (3): 215—220]
- [17] Shiau S Y, Chuang J L, Sun C L. Inclusion of soybean meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) diet at two protein levels [J]. *Aquaculture*, 1987, **65**: 251—261
- [18] Mc Googan B B, Gatlin D M III. Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* and potential for palatability enhancement [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1997, **28**: 374—385
- [19] Webster C D, Goodgame-Tiu L S, Tidwell J H. Total replacement of soybean meal with various percentages of supplemental L-methionine, in diets for blue catfish *Ictalurus furcatus* (Lesueur) [J]. *Aquaculture Research*, 1995, **26**: 299—306
- [20] Alexander Chong, Roshada Hashim, Ahyaudin bin Ali. Assessment of soybean meal in diets for discus (*Symphysodon aequifasciata* HECKEL) farming through a fish meal replacement study [J]. *Aquaculture Research*, 2003, **34**: 913—922
- [21] Brown P B, Twibell R, Jonker Y, et al. Evaluation of three soybean products in diets fed to juvenile hybrid striped bass *Morone saxatilis* × *M. chrysops* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1997, **28**: 215—223