

doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.201804014

发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼生长、血液生化指标和体成分的影响

祝焱彬^{1,2}, 於叶兵¹, 杨文平¹, 王爱民¹, 刘 飞¹, 刘兴旺², 陆永生³

- (1. 盐城工学院 海洋与生物工程学院, 江苏省沿海池塘养殖生态重点实验室, 江苏 盐城 224051;)
(2. 盐城恒兴饲料有限公司, 江苏 盐城 224113;)
(3. 大丰区龙辰特种水产养殖专业合作社, 江苏 盐城 224000)

摘要:在梭鱼饲料中分别添加 0、2.7%、5.4%、8.1%、10.8%、13.5% 的发酵豆粕, 相应替代鱼粉使用量的 0、20%、40%、60%、80%、100%, 饲养体质量为 (2.09 ± 0.10 g) 梭鱼 60 d, 研究发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼生长、血液生化指标和体成分的影响。研究结果显示: II、III 两组的增重率、成活率和饲料系数与 I 组相比差异不显著, II 组的增重率、成活率显著高于 V、VI 两组, II、III 两组的饲料系数显著低于 V、VI 两组。发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼肌肉的水分、粗蛋白、粗脂肪无影响, 但对全鱼的粗蛋白和粗脂肪产生显著影响。VI 组的总蛋白、白蛋白、葡萄糖和总胆固醇含量最低, 谷草转氨酶和肌酸激酶活力最高。研究结果表明: 发酵豆粕替代鱼粉比例超过 40% 时会对梭鱼生长性能、部分血清生化指标产生显著影响, 以生产性能和血清生化指标为评价指标, 梭鱼饲料中发酵豆粕替代鱼粉的比例不宜超过 40%。

关键词:梭鱼; 发酵豆粕; 鱼粉; 血液生化指标; 体成分

中图分类号:S963.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2018)04-0063-06

鱼粉是水产饲料中最重要的动物蛋白源, 因其蛋白含量与质量高、适口性好、抗营养因子少, 一直被广泛应用于水产养殖饲料业^[1]。全世界的水产养殖规模正以每年 11% 的速度增长^[2], 但鱼粉的年产量却呈下降趋势, 造成了优质饲料蛋白源的供求紧张^[3-4]。因此, 寻找优质的鱼粉替代原料和其适宜的添加量成为研究热点, 也成为影响水产养殖业能否健康可持续发展的关键问题^[5-6]。发酵豆粕具有促进生长和增强免疫的功能, 在养殖生产上得到了广泛的应用。梭鱼 (*Liza haematocheila*) 属鲷形目鲷科梭属鱼类, 具有食物链短、广温性、生长迅速、繁殖能力强、病害少、海淡水中皆可人工养殖等优点, 是一种优质的经济鱼类养殖品种, 目前已在中国得到普遍养殖^[7]。梭鱼的营养需求研究基础薄弱, 三大营养物质需求方面仅见少量报道, 发酵饲料替代鱼粉尚未见报道。本文较系统地研究了采用发酵豆粕替代鱼

粉对梭鱼生长、血液生化指标的影响, 以期发酵饲料替代鱼粉在水产饲料中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼种

试验用梭鱼苗种由江苏省盐城市射阳县朱平水产苗种有限公司提供, 鱼苗袋增氧运回盐城工学院江苏省沿海池塘养殖生态重点实验室后用 5% 的食盐水浸泡 5 min 消毒, 然后放入水泥池中暂养(盐度 12 ‰, 与育苗池塘盐度相同), 养殖海水由海水素(青岛通用海大海水素有限公司)和充分曝气的自来水配制而成, 每 3 d 下调盐度 2‰, 盐度降为 0 后, 再驯养 7 d。

1.2 试验饲料

设计生产 6 组饲料, I 组为对照组(正常鱼粉组, 含 10% 进口鱼粉), II、III、IV、V、VI 组分别

采用 2.7%、5.4%、8.1%、10.8%、13.5% 的发酵豆粕(泰州市澳华农牧科技有限公司提供,粗蛋白质含量 50%,粗脂肪含量 0.8%)替代组 I 中 2%、4%、6%、8%、10% 的进口鱼粉(粗蛋白质含量 67%,粗脂肪含量 8%),采用鱼油补充发酵豆粕替代鱼粉后所降低的油脂含量,保证各组饲料粗蛋白质、粗脂肪含量基本相同。饲料原料粉碎后过 60 目筛,按比例称取并混合均匀,加工成直径为 1.5 mm 的颗粒饲料,风干后保存于 -20 ℃ 的冰箱中备用。饲料配方及主要营养成分详见表 1、表 2。

表 1 饲料配方						
Table 1 Feed formula						%
原料	I	II	III	IV	V	VI
小麦	10	10	10	10	10	10
细麸皮	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
进口鱼粉	10	8	6	4	2	0
发酵豆粕	0	2.7	5.4	8.1	10.8	13.5
鱼油	0	0.15	0.3	0.45	0.6	0.75
纤维素	4.3	3.45	2.6	1.75	0.9	0.05
46 豆粕	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
菜粕	7	7	7	7	7	7
42 棉粕	8	8	8	8	8	8
全脂米糠	10	10	10	10	10	10
猪油	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
豆油	2	2	2	2	2	2
DDGS	8	8	8	8	8	8
磷酸二氢钙	2	2	2	2	2	2
膨润土	2	2	2	2	2	2
食盐	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
氯化胆碱	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
VC 脂	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
鱼多矿 *	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
鱼多维 **	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

* 鱼多矿每 kg 提供以下矿物质元素:铁 60 g;铜 3 g;锰 15 g;锌 40 g;硒 0.2 g;碘 0.7 g;钴 0.07 g。

** 鱼多维每 kg 提供维生素:VA 3 750 000 IU;VD3 1 500 000 IU;VE 40000 mg;VK34 000 mg;VB1 6 000 mg;VB2 10 000 mg;VB6 8 500 mg;VB12 20 mg;烟酸 100 000 mg;叶酸 2 000 mg;肌醇 120 000 mg;D-生物素 80 mg;D-泛酸钙 22 000 mg;VC 140 000 mg。

表 2 主要营养成分						
Table 2 Main nutritional components						
成分	I	II	III	IV	V	VI
水分	8.36	8.46	8.31	8.75	8.58	8.50
粗蛋白质	29.65	29.68	29.80	29.79	29.58	29.56
粗脂肪	7.41	7.24	7.54	7.57	7.94	7.66
灰分	9.74	9.67	9.64	9.21	9.11	9.45

主要营养成分均为实际测定值(n=3)。

1.3 试验设计

驯养结束后,挑选健康且大小均匀的鱼种,体重量(2.09 ± 0.10) g,随机分配到 18 个水族箱(直径 60 cm,高度 62 cm)中,随机分为 6 组(I、II、III、IV、V、VI),分别投喂 6 组饲料,每组设 3 个平行,每个平行 20 尾鱼。养殖试验期间,保持连续充气增氧,水温 23 ± 2 ℃。每天投喂 3 次,投喂时间分别为 6:30、12:30 和 18:30。日投饲量约为鱼体总重的 3% ~ 4%,投喂时诱使鱼养成到水面上抢食的习惯,保证饲料在落入水族箱底部之前被抢食,每 3 d 换水一次,换水量为总水量的 1/3。整个养殖试验周期为 60 d。

1.4 试验材料

XKA-2200 免疫血液离心机(湘仪离心机仪器有限公司);TMS-1024i 全自动生化仪(日本 TOKYO BOEKI 公司);三卡因甲基磺酸盐(tricaine methanesulfonate,MS-222)(上海布西化工科技有限公司);肌酸激酶(中生北控生物科技有限公司);其余血液生化指标检测试剂盒均为博晟生化试剂(上海荣盛生物药业有限公司)。

1.5 样品采集

饲养试验结束后,禁食 24 h,每个水族箱随机取 8 尾鱼,用 0.01 % 的 MS-222 麻醉,称重,心脏采血置于含有少量肝素钠(已烘干)的离心管中,常温 3 000 r/min,离心 20 min,取血浆用于测定;解剖后取肌肉,另每个平行随机取 4 尾鱼剪碎,作为全鱼样品,分组时留取初始鱼采集肌肉和全鱼样品,以上样品均置于 -80 ℃ 冰箱中冷藏备用。

1.6 检测指标与方法

在试验开始及结束时,分别称量鱼体重。
增重率 = (鱼体末均重 - 鱼体初均重)/鱼体初均重 × 100%;
成活率 = 每桶成活鱼尾数/每桶鱼总数 × 100%;
饲料系数 = 投喂饲料总量/(鱼体末总重 - 鱼体初总重)。

血液生化指标按试剂盒说明书操作:总蛋白(双缩脲法);白蛋白(溴甲酚绿法);球蛋白(总蛋白减去白蛋白);谷丙转氨酶和谷草转氨酶(连续监测法);葡萄糖(葡萄糖氧化酶法);尿酸、甘油三酯和胆固醇(酶比色法);碱性磷酸酶(AMP法);尿素氮(脲酶连续监测法);肌酐(苦味酸法);肌酸激酶(速率法)。

常规成分测定参照张丽英^[8]的方法:水分(烘箱干燥法);粗蛋白(凯氏定氮法);粗脂肪(索氏抽提法);粗灰分(马福炉 550 ℃灼烧法)。

1.7 数据统计分析

原始数据经 Excel 2007 初步整理后,采用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用Duncan氏多重比较检验, $P < 0.05$ 为差异显

著。数据采用平均值 $\pm$ 标准误差 (Mean $\pm$ SE) 的形式表示。

2 结果

2.1 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼生长性能的影响

表 3 为发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼生长性能的影响。随着豆粕替代鱼粉量的逐渐增加,增重率与成活率逐渐降低,而饲料系数逐渐上升。I、II、III 组的增重率差异不显著,但显著高于 V 和 VI 两组 ($P < 0.05$)。I 组和 II 组的成活率均为 100%,显著高于 V 组和 VI 组 ($P < 0.05$)。饲料系数随替代量的增加逐渐上升,II 组和 III 组的饲料系数和 I 组没有显著性差异,IV、V 和 VI 组显著高于 I 组 ($P < 0.05$)。

表 3 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼生长性能的影响

Table 3 Effect of fermented soybean meal instead of fish meal on growth performance of barracuda

项目	I	II	III	IV	V	VI
初均重/g	2.13 $\pm$ 0.03	2.10 $\pm$ 0.03	2.09 $\pm$ 0.04	2.11 $\pm$ 0.03	2.09 $\pm$ 0.04	2.04 $\pm$ 0.04
末均重/g	8.61 $\pm$ 0.20 ^a	8.40 $\pm$ 0.08 ^{ab}	8.30 $\pm$ 0.08 ^{ab}	8.06 $\pm$ 0. ^b	7.48 $\pm$ 0.1 ^c	7.11 $\pm$ 0.1 ^c
增重率/%	304.07 $\pm$ 8.62 ^a	299.85 $\pm$ 7.98 ^{ab}	296.94 $\pm$ 2.88 ^{ab}	281.52 $\pm$ 1.3 ^b	257.71 $\pm$ 6.98 ^c	248.96 $\pm$ 5.8 ^c
成活率/%	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	98.33 $\pm$ 1.67 ^{ab}	96.67 $\pm$ 1.67 ^{ab}	93.33 $\pm$ 1.67 ^{bc}	90.00 $\pm$ 2.89 ^c
饲料系数	1.77 $\pm$ 0.05 ^a	1.82 $\pm$ 0.03 ^{ab}	1.84 $\pm$ 0.02 ^{ab}	1.93 $\pm$ 0.02 ^b	2.13 $\pm$ 0.05 ^c	2.23 $\pm$ 0.0 ^c

注:同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Values with different small letter in the same rows mean significant difference ($P < 0.05$).

2.2 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼血液生化指标的影响

表 3 是发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼血液生化指标的影响。发酵豆粕部分替代鱼粉对梭鱼的部分血液生化指标如:球蛋白、谷丙转氨酶、碱性磷酸酶、肌酐、尿素氮和甘油三酯没有显著影响,而对总蛋白、白蛋白、白球比、谷草转氨酶、尿酸、葡萄糖和肌酸激酶产生显著影响 ($P < 0.05$)。III 组的总蛋白和白蛋白含量均最高,VI 组均最低,两者之间差异显著 ($P < 0.05$),其余各组差异不显著 ($P > 0.05$)。VI 组谷草转氨酶和肌酸激酶活力均最高,总胆固醇含量最低,与其他各组相比差异显著 ($P < 0.05$)。血液中葡萄糖含量随着饲料中豆粕含量的增加而降低,II、III 两组显著高于 V、VI 两组 ($P < 0.05$)。

2.3 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼体成分的影响

表 4 是发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼体成分的影响。发酵豆粕部分替代鱼粉对梭鱼肌肉中水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分和全鱼的粗灰分无显著

影响 ($P > 0.05$),但对全鱼的粗蛋白和粗脂肪产生显著影响 ($P < 0.05$)。随着发酵豆粕替代量的增加全鱼水分含量逐渐上升,而全鱼粗脂肪含量逐渐下降,VI 组全鱼的水分显著高于除 V 组外其他各组 ($P < 0.05$),而粗脂肪显著低于除 V 组外其他各组 ($P < 0.05$),I 组全鱼的粗蛋白含量最高,VI 组最低,两者之间差异显著 ($P < 0.05$),其余各组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼生长性能的影响

蛋白质是水生动物维持正常生长发育的必需营养物质,是构成其有机体的主要成分。鱼类因其种类和食性的不同对饲料中的动植物蛋白比需求存在一定差异^[9-11]。本实验结果表明,当发酵豆粕替代鱼粉比例不超过 40% 时,梭鱼的增重率、成活率和饲料系数与对照组相比无显著差异,但随着替代比例的上升,增重率和成活率下降,饲料系数上升。分析具体原因,梭鱼属杂食性鱼类,

表 3 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼血液生化指标的影响

项目	I	II	III	IV	V	VI
总蛋白/(g·L ⁻¹)	27.63±2.45 ^{ab}	27.27±0.95 ^{ab}	29.60±1.87 ^a	26.43±0.98 ^{ab}	28.96±1.47 ^{ab}	24.03±1.05 ^b
白蛋白/(g·L ⁻¹)	15.00±1.55 ^{ab}	14.73±0.83 ^{ab}	16.17±1.10 ^a	14.43±0.45 ^{ab}	15.97±1.04 ^a	12.23±0.44 ^b
球蛋白/(g·L ⁻¹)	12.63±0.91	12.53±0.27	13.43±0.84	12.00±0.57	13.27±0.29	11.80±0.61
白球比	1.20±0.06 ^{ab}	1.20±0.06 ^{ab}	1.20±0.06 ^{ab}	1.23±0.03 ^a	1.20±0.06 ^{ab}	1.03±0.03 ^b
谷丙转氨酶/ (v·L ⁻¹)	5.33±0.67	7.00±0.58	7.00±2.89	11.33±2.19	6.67±3.28	13.67±5.24
谷草转氨酶/ (v·L ⁻¹)	142.00±22.37 ^b	151.00±33.31 ^b	76.33±6.01 ^b	85.33±3.33 ^b	123.67±2.85 ^b	254.33±69.68 ^a
碱性磷酸酶/ (v·L ⁻¹)	14.67±5.55	18.33±3.76	12.33±3.38	9.67±7.22	16.33±3.18	12.00±5.03
肌酐/ (μmoL·L ⁻¹)	25.03±2.56	24.40±2.20	24.93±2.20	22.27±1.36	20.37±0.93	25.13±5.98
尿酸/ (μmoL·L ⁻¹)	116.67±18.10 ^c	186.67±24.78 ^{ab}	167.33±17.3 ^{bc}	172.00±6.56 ^{bc}	249.33±26.77 ^a	210.33±17.03 ^{ab}
尿素氮/ (mmoL·L ⁻¹)	0.17±0.07	0.27±0.12	0.17±0.03	0.23±0.03	0.23±0.09	0.20±0.10
葡萄糖/ (mmoL·L ⁻¹)	10.53±1.02 ^a	9.37±0.20 ^{ab}	9.72±0.79 ^{ab}	8.32±0.26 ^{bc}	6.91±0.47 ^{cd}	5.78±0.51 ^d
总胆固醇/ (mmoL·L ⁻¹)	11.30±1.04 ^a	10.16±0.50 ^a	10.68±0.65 ^a	9.25±0.45 ^a	11.16±0.90 ^a	6.51±1.32 ^b
甘油三酯/ (mmoL·L ⁻¹)	5.69±0.11	5.29±0.49	5.63±0.45	5.03±0.21	5.72±0.43	5.54±0.32
肌酸激酶/ (ng·L ⁻¹)	1 696.43±287.1 3 ^b	1 720.13±115.4 0 ^b	1 185.23±331.4 0 ^b	1 293.40±319.012 b	1 031.57±597.85 b	4 813.40±152.0 0 ^a

注:同列数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Values with different small letter in the same rows mean significant difference($P<0.05$).

表 4 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼体成分的影响

项目		初始鱼	I	II	III	IV	V	VI
肌肉	水分%	79.82±0.19	74.97±0.81	74.42±0.08	74.92±0.44	74.69±0.48	75.66±0.72	75.42±0.34
	粗蛋白质%	17.10±0.14	18.03±0.26	18.16±0.50	17.83±0.13	18.09±0.30	17.64±0.66	17.65±0.37
	粗脂肪%	1.03±0.06	5.38±0.89	5.62±0.60	5.54±0.52	5.33±0.65	4.92±0.26	5.20±0.46
	粗灰分%	1.56±0.05	1.44±0.02	1.51±0.05	1.47±0.08	1.51±0.05	1.51±0.02	1.48±0.03
全鱼	水分%	78.34±0.27	67.83±0.68 ^b	68.31±0.22 ^b	68.71±0.45 ^b	68.61±0.53 ^b	69.54±0.46 ^{ab}	70.44±0.68 ^a
	粗蛋白质%	14.91±0.34	16.06±0.23 ^a	15.52±0.26 ^{ab}	15.22±0.10 ^{ab}	15.74±0.13 ^{ab}	15.37±0.28 ^{ab}	15.09±0.43 ^b
	粗脂肪%	1.59±0.10	12.05±0.58 ^a	11.74±0.47 ^a	11.96±0.47 ^a	11.42±0.36 ^a	10.71±0.24 ^{ab}	10.05±0.25 ^b
	粗灰分%	3.98±0.13	3.79±0.02	3.91±0.11	3.82±0.05	3.94±0.06	4.05±0.09	3.94±0.10

注:同列数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Values with different small letter in the same rows mean significant difference($P<0.05$).

研究发现杂食性鱼类一般对配合饲料中植物蛋白的可接受程度比肉食性鱼类高,对鱼粉及其他动物来源的蛋白原料的依赖性一般比肉食性鱼类小^[12],饲料中植物蛋白含量较低时,对杂食性鱼的生长一般不会产生显著的影响^[13-14],但当饲料中的豆粕添加比例过高时,饲料中必需氨基酸的

比例失衡,豆粕中赖氨酸、蛋氨酸含量偏低^[15],赖氨酸和蛋氨酸是鱼类生长的最重要的限制性氨基酸^[16],会显著降低鱼类的生长,并降低饲料效率。
3.2 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼血液生化指标的影响
总蛋白是反映机体蛋白质代谢和机体健康与

营养是否正常的重要指标,谷丙转氨酶和谷草转氨酶主要存在于肝细胞中,在蛋白质代谢过程中发挥重要作用。正常生理情况下血液中这2种酶的活性较低且相对稳定,而肝脏受损时,血液中这2种酶的活性会显著升高^[17]。Ⅲ组的总蛋白和白蛋白含量均最高,Ⅵ组均最低,推测原因可能是因为:发酵豆粕低浓度替代鱼粉时因为豆粕经发酵后含有较多的肽类和游离氨基酸更易被消化吸收,但发酵豆粕含有的抗营养因子高于鱼粉,而氨基酸平衡不如鱼粉,替代比例过高时,与鱼粉的这种差异变得明显,造成对鱼体肝脏的损伤,从而影响肝脏蛋白质的合成能力,Ⅵ组血液中谷丙转氨酶和谷草转氨酶含量最高,也侧面验证了这一点,与向泉^[15]发现过高的植物蛋白比例使齐口裂腹鱼的肝脏产生一定的应激反应相似。总胆固醇浓度的高低反映了脂类吸收状况,同时可以反映肝脏脂肪代谢状况^[18],研究发现随着饲料中植物蛋白源的增加,牙鲆^[19]、虹鳟^[20]、舌齿鲈^[20],血清胆固醇浓度逐渐下降,这与本研究结果相似。研究表明,植物产物会降低陆生动物体内的胆固醇含量,主要是由植物产物中的类雌激素异黄酮所

致^[21],对水生动物的影响还有待进一步研究。

3.3 发酵豆粕替代鱼粉对梭鱼体成分的影响

对欧洲鳗^[6]、齐口裂腹鱼^[15]、牙鲆^[22]等鱼类的研究表明,大豆蛋白替代鱼粉比例增加时,水产动物机体中粗蛋白质、粗脂肪含量显著降低,水分的含量显著升高。本实验中最高替代组的全鱼的粗脂肪、粗蛋白显著低于对照组,水分显著高于对照组。分析原因可能由于豆粕中非淀粉多糖和低聚糖含量较高,导致了饲料脂肪消化吸收率的下降,影响了脂肪在试验鱼体内的累积代谢率,使其脂肪含量随豆粕替代比例的升高而下降^[23],植物蛋白在鱼体内的分解、消化、吸收随着蛋白数量上的积累而受到抑制从而影响体内肌肉的生长^[24],这与试验鱼的生长性能所反映的情况相一致。

研究结果表明:发酵豆粕替代鱼粉比例超过40%时会对梭鱼生长性能、部分血清生化指标产生显著影响,以生产性能和血清生化指标为评价指标,梭鱼饲料中发酵豆粕替代鱼粉的比例不宜超过40%。

参考文献:

- [1] 周歧存,麦康森,刘永坚,等. 动植物蛋白源替代鱼粉研究进展[J]. 水产学报,2009,29(3):404-410.
- [2] TIDWELL J H, ALLAN G L. Fish as food: aquaculture's contribution-Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries[J]. EMBO Rep,2001,2(11):958-963.
- [3] 李二超,陈立侨,顾顺樟,等. 水产饲料蛋白源营养价值的评价方法[J]. 海洋科学,2009,33(7):113-117.
- [4] TACONA G J. Trends in aquaculture production with particular reference to low-income food-deficit countries 1984-1993[J]. FAO Aquaculture Newsletter,1996,12:6-9.
- [5] HARDY R W, KISSIL G W M. Trends in aquaculture feeding: We can now obtain a kg of salmon weight gain for each kg of feed[J]. FeedMix,1997,5:31-37.
- [6] 陈乃松,艾庆辉,王道尊. 欧洲鳗配合饲料中大豆蛋白替代鱼粉的研究[J]. 水产学报,1998,22(3):283-287.
- [7] 李明德. 中国梭鱼的42年来的研究概况[J]. 海洋通报,1993,6:81-85.
- [8] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 3版. 北京:中国农业大学出版社,2007.
- [9] BISWAS A K, KAKU H, JI S C, et al. Use of soybean meal and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of sea bream, *Pagrus major* [J]. Aquaculture, 2007,267:284-291.
- [10] 李智强,陆红法,方美娟,等. 饲料中动植物蛋白配比水平对花(鱼骨)生长的影响[J]. 水生态学杂志,2008,28(1):68-69.
- [11] 庄平,陈喜斌,曾翠平,等. 中华鲟幼鲟饲料中适宜动植物蛋白比的研究[J]. 动物营养学报,2002,14(1):61-64.
- [12] DELBERT M, GATLIN III. 大豆粕在杂食性淡水鱼类饲料中的应用[J]. 中国水产,2003(6):89-94.
- [13] 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.
- [14] ESCAFFRE A M, INFATE 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, 1997,153:63-80.
- [15] 向泉,周兴华,陈建,等. 饲料中豆粕蛋白替代鱼粉蛋白对齐口裂腹鱼幼鱼生长性能、体成分及血液生化指标的影响

[J]. 水产学报,2012,36(5):723-731.

[16] 王崇,雷武,解绶启,等. 饲料中豆粕替代鱼粉蛋白对异育银鲫生长、代谢及免疫功能的影响[J]. 水生生物学报, 2003(33)4:740-747.

[17] 孟兆娜,陈玉春,管雪婷,等. 复方中草药对镜鲤(*Cyprinus carpio* var. *specularis*)血清转氨酶及红细胞抗氧化酶活性的影响[J]. 东北农业大学学报,2010,41(8):75-80.

[18] 傅伟龙,江青艳,高萍. 动物生理学[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001.

[19] 邓君明. 动植物蛋白源对牙鲆摄食、生长和蛋白质及脂质代谢的影响[D]. 博士学位论文. 青岛:中国海洋大学, 2006.

[20] KAUSHIK S J, COVES D, DUTTO G, et al. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European Sea bass, *Dicentrarchus labrax*[J]. *Aquaculture*, 2004,230:391-404.

[21] SETCHELL K D, CASSIDY A. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health[J]. *J. Nutr.*, 1999, 129:758S-767S.

[22] KIKUCHI K. Use of defatted soybean as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder(*Paralichthys olivaceus*) [J]. *Aquaculture*,1999,179:3-11.

[23] SHENG H Q, HE X Q. Effects of dietary animal and plant protein ratios and energy levels on growth and body composition of bream (*Megalobrama skolkovii* Dybowski) fingerlings[J]. *Aquaculture*, 1994,127:189-196.

[24] ZHANG L, MAI K, AI Q, et al. Use of a compound protein source as a replacement for fish meal in Diets of Large Yellow Croaker, *Pseudosciaena crocea* R[J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2008,39(1):83-90.

Effects of Fermented Soybean Meal Replacing Fish Meal on Growth, Blood Biochemical Index and Body Composition of Barracuda

ZHU Yanbin¹, YU Yebing², YANG Wenping², WANG Aiming², LIU Fei², LIU Xingwang¹, LU Yongsheng³
(1. College of Ocean and Bioengineering, Yancheng Institute Of Technology, Key Laboratory of Coastal Pond Culture Ecology of Jiangsu Province, Yancheng Jiangsu 224051, China;
2. Yancheng Hengxing Food Co., LTD, Yancheng Jiangsu 224113, China;
3. Longchen Special Aquaculture Professional Cooperative in Dafeng District, Yancheng Jiangsu 224000, China)

Abstract: Fermented soybean meal of 0, 2.7%, 5.4%, 8.1%, 10.8% and 13.5% was added into barracuda feed, respectively, which correspondingly replaced 0, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% of the usage amount of fish meal. Feeding body mass of barracuda was (2.09 ± 0.10 g) for 60 days. Effects of fermented soybean meal instead of fish meal on growth, blood biochemical parameters and body composition of barracuda are studied. The results showed that the weight gain rate, survival rate and feed coefficient of the II and III groups were not significantly different from those of the I group. The weight gain rate and survival rate of group II were significantly higher than those of group V and group VI. The feed coefficients of group II and group III were significantly lower than those of group V and group VI. Fermented soybean meal instead of fish meal has no effect on the moisture, crude protein and crude fat of the muscle of the barracuda, but has a significant effect on the crude protein and crude fat of the whole fish. The contents of total protein, albumin, glucose and total cholesterol in group VI were the lowest, while the activities of glutamic oxalate transaminase and creatine kinase were the highest.

Keywords: barracuda; fermented soybean meal; fish meal; blood biochemical indicators; body composition

(责任编辑:熊璐璐)