

文章编号: 1674-5566(2009)02-0174-07

4种植物蛋白对凡纳滨对虾生长、非特异性免疫和体成分的影响

伍代勇^{1,2}, 叶元土¹, 张宝彤³, 郑石轩⁴

(1 苏州大学生命科学学院, 江苏 苏州 215123 2 北京大北农集团饲料技术研究所, 北京 101407
3 北京桑普生化技术有限公司, 北京 100054 4 广东湛江粤海饲料有限公司, 广东 湛江 524000)

摘要: 在使用 30% 鱼粉的基础上, 分别添加 27% 豆粕、24% 花生粕、24% 棉粕、31% 菜粕, 以一高鱼粉组(含鱼粉 46%) 和商品饲料作参照, 挑选初均重 (0.60 ± 0.02) 凡纳滨对虾, 在室内养殖系统中饲养 8 周后, 比较 4 种植物蛋白对凡纳滨对虾生长性能和非特异性免疫指标的影响。结果表明: (1) 豆粕组、花生粕组南美白对虾的生长性能与鱼粉组和商品饲料无显著差异 ($P > 0.05$); 棉粕组对虾生长显著低于鱼粉组 ($P < 0.05$), 与商品饲料差异不显著 ($P > 0.05$); 菜粕组对虾生长最差, 显著低于其余各试验组 ($P < 0.05$)。 (2) 4 种植物蛋白组与鱼粉组相比, 对虾血清蛋白含量、血清 PO 活性、血清和肝胰腺的 SOD 活性均没有显著的差异 ($P > 0.05$)。而菜粕组血清 PO 活性显著低于商品料和豆粕组 ($P < 0.05$); 棉粕组肝胰腺 CAT 活性与菜粕组和商品饲料存在显著差异 ($P < 0.05$); 棉粕和花生粕组肝胰腺 GOT 和 GPT 活性显著高于商品饲料和豆粕组 ($P < 0.05$), 而豆粕组和菜粕组 GOT 和 GPT 活性与鱼粉组无显著差异 ($P > 0.05$), 但显著高于商品饲料 ($P < 0.05$)。 (3) 4 种植物蛋白对对虾肌肉干物质、粗蛋白含量没有显著影响 ($P > 0.05$), 而菜粕组肌肉脂肪含量却较鱼粉组、豆粕组和棉粕组均显著降低 ($P < 0.05$)。

关键词: 凡纳滨对虾; 豆粕; 花生粕; 棉粕; 菜粕; 生长; 免疫

中图分类号: S963.1 **文献标识码:** A

Effects of four plant protein ingredients on the growth performance, non-specific immunity and body composition of shrimp, *Litopenaeus vannamei*

WU Daiyong², YE Yuan-tu¹, ZHANG Baotong³, ZHENG Shixuan⁴

(1 Life Science College of Soochow University, Suzhou 215123, China)

2 Feed Technology Research Institute of Beijing Dabeinong Group, Beijing 101407, China

3 Beijing Sunpu Biochemical Technology Co., Ltd., Beijing 100054, China

4 Zhanjiang Yuhai Feed Co., Ltd., Zhanjiang 524000, China)

Abstract: In the trial, 27% soybean meal, 24% peanut meal, 24% cottonseed meal and 31% rapeseed meal were used respectively on an iso-nitrogenous basis in the SEM, IM, CSM and RSM group, which contained 30% biased fish meal. A fish meal based diet (FM) contained 46% fish meal. *Litopenaeus vannamei* initial average weight (0.60 ± 0.02) g were fed with five experimental diets and a commercial feed for a 8-week

收稿日期: 2008-06-11

作者简介: 伍代勇 (1980-), 男, 四川宜宾人, 硕士研究生, 专业方向为水产动物营养与饲料。E-mail: wd516@163.com

通讯作者: 叶元土, E-mail: yeyuan@pub.sz.j.cn.net

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

period in the indoor culture system. The results show that there were no significant differences in growth performance (weight gain, SGR, FCR) among the shrimps fed with SBM and PM compared with FM and commercial feed ($P > 0.05$). The shrimps fed with CSM had significantly lower growth performance compared with FM ($P < 0.05$), but not significantly with the commercial feed ($P > 0.05$). The growth performance of shrimps fed with RSM was significantly lower than other treatments ($P < 0.05$). There were no significant differences in the protein concentration, activities of phenoloxidase (PO) and superoxide dismutase (SOD) in the serum and superoxide dismutase (SOD) in the hepatopancreas of shrimp fed with SBM, PM, CSM and RSM compared with FM ($P > 0.05$). But the PO activity in the serum of RSM is significantly lower than the commercial feed and SBM ($P < 0.05$). The catalase (CAT) in the hepatopancreas of shrimp fed with CSM is significantly different from RSM and commercial feed ($P < 0.05$). The GOT and GPT activities in the hepatopancreas of CSM and PM were higher than the commercial feed and SBM ($P < 0.05$). There were no significant difference with the content of dry matter, crude protein in the muscle of five experimental diets and commercial feed ($P > 0.05$), but the crude lipid in the muscle of RSM was significantly lower than that of FM, SBM and PM ($P < 0.05$).

Key words: *Litopenaeus vannamei*; soybean meal; peanut meal; cottonseed meal; rapeseed meal; growth; immunity

凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 是当今世界养殖虾类产量最高的 3 大品种之一, 也是我国主要养殖虾类之一。一般的商品对虾饲料中含有 25%~50% 的鱼粉, 而鱼粉是最主要的、昂贵的蛋白原料^[1]。由于鱼粉原料资源量的下降, 环境保护的要求, 以及市场供求关系等影响, 导致了鱼粉价格不断上涨, 鱼粉在对虾饲料中的使用将会受到限制。而植物蛋白因其来源丰富、价格低廉、品质稳定, 被认为是一种既经济又营养的蛋白源^[2]。很多学者研究认为豆粕在凡纳滨对虾^[3]、中华绒螯蟹 (*Erpochelone sinensis*)^[4]、罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*)^[5]、克氏螯虾 (*Cherax quadricarinatus*)^[6] 等饲料中能够作为优质的蛋白原料。而花生粕、棉粕和菜粕在对虾营养学研究与应用, 尤其是在对虾对免疫机能的影响的研究报道相对较少。因此, 本实验选用了这 4 种植物蛋白, 通过对凡纳滨对虾生长性能、非特异性免疫指标和体成分的影响, 来评估和比较 4 种植物蛋白在凡纳滨对虾饲料中的应用前景, 为对虾营养研究和生产实践提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

4 种植物蛋白组均在使用 30% 秘鲁鱼粉的基础上, 分别等氮使用 27% 浸提豆粕、24% 浸提花生粕、24% 浸提棉粕、31% 浸提菜粕; 同时为了达到相同蛋白水平鱼粉组鱼粉使用比例为 46%; 另外, 选用一种凡纳滨对虾商品饲料作为参照。除等比例使用部分常规原料以外, 其余部分用面粉来调整, 各试验组原料的配比、实际营养成分见表 1。所有原料均用小型原料粉碎机粉碎过 80 目标准筛后, 按表 1 混合均匀, 加入适当的水, 用实验制粒机压制成直径 1.5 mm 条状饲料, 然后置于 80 °C 烘箱中熟化 1 h 取出自然风干后, 压碎成 2~4 mm 的颗粒饲料, 置 4 °C 冰箱备用。

1.2 养殖管理

试验虾苗来自湛江东海岛育苗场, 用轮虫人工暂养 2 周后, 挑选初重 (0.61 ± 0.02) g 幼虾随机分入各玻璃钢桶 (260 L), 每桶分入 30 尾, 每个处理组设置 3 个平行。养殖桶水体为单个不循环使用。每天分别在 6:00、11:00、15:00、22:00 定时投喂, 投饲率为 8%~10%, 并根据天气变化、海水盐度变化和摄食情况适当调整投喂量。以经过沙滤的天然海水为水源, 经过沉淀处理后使用。每天定时换掉 1/4~1/3 水体, 补充新水。试验期间水温 28~31 °C, 盐度为 28~32。养殖过程中不断充氧曝气, 溶解氧在

6.5 mg/L以上。养殖试验共计 8 周,于 2005 年 6 月 4 日至 8 月 1 日在广东湛江粤海饲料有限公司试验基地室内养殖系统中进行。

表 1 试验饲料的原料组成及营养成分

Tab 1 Ingredients and proximate chemical composition of the experimental diets

日粮	商品饲料	鱼粉组 FM	豆粕组 SBM	花生粕组 PM	棉粕组 CSM	菜粕组 RSM
原料 /%						
秘鲁鱼粉		46	30	30	30	30
大豆粕			27			
花生粕				24		
棉粕					24	
菜粕						31
面粉		31.9	20.9	23.9	23.9	16.9
其它		22.1	22.1	22.1	22.1	22.1
营养成分						
水分 /%	9.30	7.60	8.21	9.05	8.36	7.87
粗蛋白 /%	38.63	39.84	39.70	39.86	39.64	40.34
粗脂肪 /%	10.56	9.28	8.51	8.97	7.53	8.74

其它原料 (%): 啤酒酵母 5 乌贼肝 3, 虾粉 6, 磷酸钙 2 维生素、矿物盐预混料 4, 鱼油 1 磷脂油 1 桑普诱食剂 0.1

1.3 样品制备与分析

待 8 周养殖试验结束后,将各试验组的对虾停食饥饿 24 h 称量所有养殖桶对虾总重。每个养殖桶取出对虾约 10 尾,用 1 mL 注射器从对虾背甲下血窦抽取淋巴液,放于 1.5 mL 离心管中,放置在碎冰之中,带回实验室放置在 4 °C 冰箱中静置 12 h 过夜后,在 0 °C、3 000 r/min 条件下,离心 15 min 后取上清液,即血清。取约 10 尾对虾的肝胰腺,合并后放置于 -65 °C 冰箱冷藏待用。分析时,将肝胰腺样品取出,称取一定重量后,按照 5 倍 (w/v) 体积加入提前在 0 °C 冰箱中预冷的 0.1 mol/L pH 6.4 的磷酸缓冲液稀释,在冰浴中用自动匀浆机匀浆,将匀浆液在 0 °C、4 000 r/min 冷冻离心 15 min 后,取上清液,即肝胰腺酶液,用于测定非特性免疫指标。血清酚氧化酶活性参照 Ashida^[7] 的方法进行测定和计算,血清和肝胰腺超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、谷丙转氨酶和谷草转氨酶,以及血清和肝胰腺匀浆液总蛋白含量测定和计算方法参照南京建成有限公司试剂盒说明书。每 5~6 尾肌肉样品合并成一个样品,参照 AOAC 方法测定饲料和肌肉中营养成分。

1.4 数据统计

试验结果用平均值 ± 标准差 (mean ± SD) 表示,数据用 SPSS 11.5 软件进行经过 OneWay ANOVA 方差分析,用 Duncan^[8] 多重检验分析试验结果平均数的显著性,显著水平为 0.05。

表 2 投喂试验饲料凡纳滨对虾的生长性能

Tab 2 The growth performance of *Litopenaeus vannamei* fed experimental diets

生长指标	商品饲料	FM	SBM	PM	CSM	RSM
初重 /g	0.61 ± 0.00	0.61 ± 0.00	0.61 ± 0.00	0.61 ± 0.00	0.61 ± 0.00	0.61 ± 0.00
末重 /g	12.35 ± 0.08 ^{ab}	12.77 ± 0.35 ^a	12.65 ± 0.15 ^{ab}	12.42 ± 0.10 ^{ab}	12.24 ± 0.27 ^b	11.07 ± 0.41 ^c
增重率 /g	1913.60 ± 12.51 ^{ab}	1984.41 ± 57.66 ^a	1962.68 ± 22.86 ^{ab}	1925.65 ± 14.97 ^{ab}	1892.44 ± 48.13 ^b	1702.19 ± 66.19 ^c
特定生长率 (%/d)	5.36 ± 0.01 ^{ab}	5.42 ± 0.05 ^a	5.40 ± 0.02 ^{ab}	5.37 ± 0.01 ^{ab}	5.34 ± 0.04 ^b	5.16 ± 0.07 ^c
饲料系数	1.86 ± 0.04 ^a	1.78 ± 0.09 ^a	1.81 ± 0.02 ^a	1.82 ± 0.04 ^a	1.88 ± 0.04 ^a	2.12 ± 0.08 ^b
蛋白质效率 /%	126.22 ± 2.58 ^{bc}	130.67 ± 6.38 ^a	126.74 ± 1.70 ^{ab}	119.55 ± 2.69 ^c	120.22 ± 2.51 ^{bc}	105.54 ± 4.10 ^d
成活率 /%	97.78 ± 1.92	98.89 ± 1.92	97.78 ± 1.92	100.00 ± 0.00	97.78 ± 1.92	96.67 ± 0.00

注:表中数据为三重重复的平均值,同一行中具不同上标字母者表示差异显著 ($P < 0.05$); 饲料系数 = 投饲量 / (总末重 - 总初重); 特定生长率 = $100 \times (\ln \text{末体重} - \ln \text{初体重}) / \text{实验天数}$; 蛋白质效率 = (总末重 - 总初重) / (投饲量 × 饲料中蛋白含量)

2 结果与分析

2.1 生长和饲料利用

表 2 为对虾生长和饲料利用结果。各试验组对虾末均重、增重率和特定生长率表现为相同的结果, 即三者均以鱼粉组最高, 其次分别为豆粕组、花生粕组、商品饲料、棉粕组和菜粕组。以增重率来看, 豆粕组、花生粕组、棉粕组和菜粕组较鱼粉组分别降低了 1.09%、2.96%、4.63% 和 14.22%。豆粕组和花生粕组与鱼粉和商品饲料无显著差异 ($P>0.05$); 而显著高于菜粕组 ($P<0.05$), 棉粕组则显著低于鱼粉组 ($P<0.05$), 与商品饲料、豆粕组和棉粕组无显著差异 ($P>0.05$); 而菜粕对虾的生长性能最差, 表现为对虾末均重、增重率和特定生长率显著低于其余的实验组 ($P<0.05$)。

鱼粉组饲料系数最低, 而豆粕组、花生粕组、商品饲料、棉粕组饲料系数均高于鱼粉组, 但均无显著差异 ($P>0.05$); 菜粕组饲料系数最高, 为 2.12 显著高于其余试验组 ($P<0.05$), 比鱼粉组提高了 16.31%。蛋白质效率以鱼粉组最高, 为 130.67%, 豆粕组、花生粕组、棉粕组和菜粕组较鱼粉组分别降低了 3.6%、8.4%、8.4% 和 19.08%。其中, 豆粕组与鱼粉组差异并不显著 ($P>0.05$); 而花生粕组显著低于鱼粉组和豆粕组 ($P<0.05$), 与商品饲料没有显著差异 ($P>0.05$); 棉粕组略高于花生粕组 ($P>0.05$), 低于鱼粉组 ($P<0.05$) 以及商品饲料和豆粕组 ($P>0.05$); 菜粕组蛋白质效率最低, 显著低于其余各试验组 ($P<0.05$)。

各试验组均保持了较高的成活率 (97.78% ~ 100%), 且各处理组间无显著差异 ($P>0.05$)。

2.2 血清和肝胰腺部分非特异免疫指标

2.2.1 血清

表 3 为对虾血清非特异性免疫指标。统计结果显示四个植物蛋白组与鱼粉组和商品饲料相比, 血清总蛋白含量、SOD 比活力和 GPT 比活力均无显著差异 ($P>0.05$)。而商品饲料和豆粕组血清 PO 活性分别为 $(0.81 \pm 0.09) \text{ U/mL}$ 、 $(0.80 \pm 0.10) \text{ U/mL}$, 两者无显著的差异 ($P>0.05$), 且较鱼粉组有升高的趋势; 菜粕组 PO 活性最小 [$(0.40 \pm 0.07) \text{ U/mL}$], 显著低于商品饲料组和豆粕组 ($P<0.05$), 较鱼粉组、花生粕组、棉粕组有降低的趋势, 但差异不显著 ($P>0.05$)。

表 3 投喂试验饲料凡纳滨对虾血清非特异性免疫指标

Tab 3 The non-specific immune indices in the serum of *Litopenaeus vannamei* fed experimental diets

日粮	总蛋白含量 (mg/mL)	酚氧化酶 PO (U/mL)	超氧化物歧化酶 SOD (U/mg Prot)	谷丙转氨酶 GPT (U/mg Prot)
商品饲料	2.95±0.02	0.81±0.09 ^a	52.19±3.04	75.09±0.39
BM	2.92±0.05	0.61±0.05 ^{ab}	49.40±8.66	76.38±2.03
SBM	2.78±0.23	0.80±0.10 ^a	53.80±2.51	72.93±9.18
PM	2.96±0.09	0.64±0.03 ^{ab}	47.87±4.42	71.43±1.98
CSM	2.98±0.02	0.54±0.05 ^{ab}	49.89±2.12	76.33±1.88
RSM	2.96±0.08	0.40±0.07 ^b	48.31±7.13	80.00±1.45

注: 同一行中具不同上标字母者表示差异显著 ($P<0.05$)

2.2.2 肝胰腺

表 4 为对虾肝胰腺非特异性免疫指标。从统计分析来看, 各试验组间 SOD 比活力没有显著差异 ($P>0.05$); 而棉粕组和菜粕组肝胰腺 CAT 比活力表现出显著差异 ($P<0.05$); 在各试验组中, 棉粕组 CAT 比活力最低, 为 $(64.97 \pm 7.20) \text{ U/mg Prot}$, 显著低于菜粕组和商品饲料 ($P<0.05$), 与其余各组无显著差异 ($P>0.05$)。

肝胰腺两种转氨酶比活力高低表现为相似的规律。其中, 棉粕组和花生粕组 GOT 和 GPT 比活力均较高, 且显著高于商品饲料和豆粕组 ($P<0.05$)。豆粕组和菜粕组 GOT 和 GPT 比活力与鱼粉组无显著差异 ($P>0.05$), 但显著高于商品饲料 ($P<0.05$)。

表 4 投喂试验饲料凡纳滨对虾肝胰腺非特异性免疫指标

Table 4 The non-specific immune indices in the hepatopancreas of *Litopenaeus vannamei* fed experimental diets

日粮	超氧化物歧化酶 SOD (U/mg Pro)	过氧化氢酶 CAT (U/mg Pro)	谷草转氨酶 GOT (U/mg Pro)	谷丙转氨酶 GPT (U/mg Pro)
商品饲料	66.27±10.12	81.44±9.54 ^a	23.85±1.69 ^c	20.04±3.06 ^c
EM	70.73±6.89	73.06±6.35 ^{ab}	43.55±2.28 ^{ab}	34.55±4.21 ^b
SBM	72.26±7.88	75.28±7.18 ^{ab}	36.42±3.98 ^b	32.86±3.48 ^b
FM	65.59±1.57	70.71±5.54 ^{ab}	53.27±6.16 ^a	47.10±7.83 ^a
CSM	60.58±3.35	64.97±7.20 ^b	53.92±0.98 ^a	52.87±5.14 ^a
RSM	66.17±5.23	83.15±2.59 ^a	42.37±1.91 ^{ab}	32.45±4.30 ^b

注:同一列中具不同上标字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)

表 5 投喂试验饲料凡纳滨对虾肌肉营养成分含量(%,干物质)、体重/体长和肝体指数。

Table 5 The nutritional composition in the muscle(%, DM), weight/length and HSI of *Litopenaeus vannamei* fed experimental diets

试验处理组	干物质 %	粗蛋白 %	粗脂肪 %	体重/体长	肝体指数 % HSI
商品饲料	26.07±0.38	86.04±1.66	6.51±0.27 ^{ab}	1.14±0.02 ^a	4.03±0.35
EM	26.28±0.39	89.80±2.89	6.78±0.29 ^a	1.12±0.05 ^a	3.82±0.39
SBM	26.36±0.74	86.37±4.08	6.85±0.31 ^a	1.12±0.04 ^a	3.87±0.13
FM	26.45±0.91	89.81±2.66	6.48±0.47 ^{ab}	1.10±0.02 ^{ab}	4.10±0.12
CSM	26.46±0.62	85.37±2.20	6.72±0.19 ^a	1.14±0.04 ^a	4.01±0.16
RSM	26.48±0.62	84.84±1.44	6.10±0.36 ^b	1.05±0.02 ^b	4.16±0.21

注:同一行中具不同上标字母者表示差异显著 ($P < 0.05$); 肝体指数 = $100 \times (\text{肝胰腺湿重} / \text{体重})$, 数据为 5 个重复的平均值

2.3 体成分与肝体比

各试验组对虾肌肉组成成分见表 5。结果显示,各试验组对虾肌肉干物质和粗蛋白含量无显著差异 ($P > 0.05$), 显示了 4 种植物蛋白对两种营养成分并没有产生影响。而菜粕组对虾肌肉脂肪含量最低 (6.10 ± 0.36), 显著低于鱼粉组、豆粕组、棉粕组 ($P < 0.05$), 与商品饲料和花生粕组间无显著差异 ($P > 0.05$), 显示出菜粕对于对虾肌肉脂肪含量的影响。

对对虾的形体指标分析结果显示,菜粕组体重/体长数值最低,为 (1.05 ± 0.02), 除了与花生粕组无显著差异以外 ($P > 0.05$), 均显著低于其余各试验组 ($P < 0.05$), 可能主要与菜粕组对虾体重上与其余各试验组的差异有关。而肝体指数来看,各试验组均未显示出显著的差异 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 4种植物蛋白对对虾生长性能的影响

在饲养试验中,4种植物蛋白使用比例相对较高的比例 ($24\% \sim 31\%$), 而各试验对虾表现出较高的成活率 ($96.67\% \sim 100\%$), 显示了 4种植物蛋白对凡纳滨对虾的生存相对安全。

豆粕在中华绒螯蟹^[4]、罗氏沼虾^[5]、红螯螯虾^[6]上的研究表明豆粕是一种优质的蛋白原料, 可以全部或者部分替代鱼粉。本试验结果显示生长和饲料利用表现最佳是豆粕组, 这显示了豆粕仍然是 4种植物蛋白中最优质的蛋白源。但生长性能仍然低于鱼粉组, 这可能与豆粕的消化吸收率差于鱼粉^[8], 且豆粕中蛋氨酸含量较低和抗营养因子有关^[9]。同样,花生粕组对虾生长和饲料利用也表现出较好的效果这可能与花生粕具有较好的适口性以及其对对花生饼粕有较高的消化率有关^[10-11], 这也印证了对虾实用饲料中花生饼粕类作为主选蛋白原料的事实。

棉粕在对虾中的研究报道较少, Lin^[11]使用 26.5%浸提棉粕等氮替代 40%的复合海洋蛋白源对凡纳滨对虾的生长、饲料利用和成活率均没显著影响, 比例增加会到时生长性能的降低。生长结果表现出与鱼粉组和豆粕组的差异, 可能与棉粕中含有较高含量的游离棉酚等抗营养因子以及含有较高的纤维,

影响其它营养素的吸收,降低棉粕蛋白的消化率有关^[11]。

Lin等^[12]研究表明,对虾饲料中双低菜粕(cano meal)的使用比例15%时,对于对虾生长无显著差异,而添加比例达到30%和45%时导致生长和饲料利用显著下降。在本试验中,菜粕使用量为31%,对虾的生长性能结果表现与上述研究结果一致,证实了菜粕在对虾饲料中的使用有一定的局限性,主要可能由于菜粕蛋白质消化率较鱼粉、豆粕和棉粕低^[10],同时,菜粕含有硫甙、芥酸、异硫氰酸盐等抗营养因子可能直接影响对虾的生长,以及部分抗营养因子的分解产物具有较强的辛辣味,可能会降低饲料的适口性^[13],降低对虾的采食量,间接降低其生长速度。同时,菜粕中较高的纤维含量会降低饲料颗粒在水中的稳定性,也给菜粕在对虾饲料的应用带来了负面的影响^[13],这些影响因素在以后开发、使用和研究过程中需要考虑和克服的。

3.2 4种植物蛋白对对虾部分非特异性免疫指标的影响

血清蛋白是血淋巴的主要化学物质之一,其含量变化与机体的生理活力密切相关,能在某种程度上反应动物的健康状态^[14]。PO活力在一定程度上反应了机体的免疫机能状态,也可作为环境标签^[15]。SOD和CAT是重要的两种抗氧化酶,SOD可以消除 O_2^- 、CAT能够清除 H_2O_2 ,减少自由基对正常细胞的损伤^[16]。结果显示,4种植物蛋白原料的使用对虾血清蛋白含量和PO活性、血清和肝胰腺SOD活性、以及血清GPT活性均没有产生显著的影响,虽然在生长性能上不同的植物蛋白之间有所差异,但4种植物蛋白并为对对虾的免疫系统形成显著的负面影响,这在各试验组对虾均保持了较高的成活率中也已经体现出来。而不同原料之间,对虾免疫指标却存在差异,其中菜粕组血清PO活性显著低于商品饲料和豆粕组,而棉粕组肝胰腺CAT活性与菜粕组和商品饲料也存在显著差异,产生这种差异是否与两种原料内在的哪些营养物质或者抗营养因子有关还有待进一步的研究。

同时,而GPI和GOT广泛存在于以肝脏为主的细胞线粒体中的重要氨基转移酶,参与氨基酸代谢^[17],花生粕和棉粕肝胰腺转氨酶显著高于商品饲料,显示了两种有利于提高了肝胰腺的氨基酸代谢能力,对于蛋白质的合成有利。同时,当组织受到损伤时,细胞膜渗透增大时,细胞内的转氨酶大量释放出来进入血液中,血清中转氨酶的活性升高,血清中GPI和GOT可以作为鱼类评价肝脏损伤程度以及确定一些营养素需求量的重要指标^[18-19]。除了菜粕组血清GPT活性高于鱼粉组以外,其余各组均低于鱼粉组,但差异均无显著,这显示了在本试验条件下,较高比例使用4种植物蛋白仍然对对虾肝胰腺组织未产生显著的负面影响,仍然相对安全的。

本试验得到了北京桑普生化技术公司提供的大力资助,并在湛江粤海饲料有限公司试验基地及工程中心完成,对公司提供的支持和帮助,在此一并致以衷心的感谢!

参考文献:

- [1] Tacon A G J, Baro U C. Major challenges to feed development for marine and diadromous finfish and crustacean species. *M J De Silva S (Ed) Tropical Mariculture*. San Diego, CA, USA: Academic Press, 1998: 171-208.
- [2] Sanocha TM, Davis DA, Saoud IP, et al. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. *Aquaculture*, 2004, 198: 197-203.
- [3] Lin C, Dornoy W. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*) [J]. *Aquaculture*, 1990, 87: 53-63.
- [4] 陈立侨, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹种配饵中豆饼替代部分鱼粉的适宜含量[J]. *水产学报*, 1994, 18(1): 24-31.
- [5] 董云伟, 牛翠娟. 豆粕替代鱼粉对罗氏沼虾生长和消化酶活性的影响[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2000, 36(2): 260-263.
- [6] Muzinic LA, Kenneth R, Thompson, et al. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewers grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* [J]. *Aquaculture*, 2004, 230: 359-376.
- [7] Ashida M. Purification and characterization of pre-phenoxylase from hemolymph of the silkworm *Bombix mori* Arch. J. *Biochem Biophys*, 1971, 144(2): 749-762.
- [8] 麦康森. 对虾对饲料蛋白质和氨基酸的消化率[J]. *山东海洋学院学报*, 1986, 16(4): 45-53.

- [9] Wilson R P, Robinson E H, Poe W E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish [J]. *Nutrition*, 1981, 11(4): 923—929
- [10] 荣长宽, 梁素秀, 岳炳宜. 研究中国对虾对 16种原料蛋白质和氨基酸的消化率[J]. *水产学报*, 1994, 18(2): 131—137
- [11] Lin C. Substitution of cottonseed meal for marine animal protein in diets for *Penaeus vannamei* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1996, 27: 402—409
- [12] Lin C, Beames R M, Eagles J G, et al. Nutritive values of low and high fibre canola meals for shrimp [J]. *Aquaculture Nutrition*, 1997, 3: 269—279
- [13] McCurdy S M, March B E. Processing of canola meal for incorporation in trout and salmon diets [J]. *Amer Oil Chem Soc*, 1992, 69(3): 213—220
- [14] Djangmah J S. Effects of feeding and starvation on copper in the blood and hepatopancreas and on blood proteins of *Crangon vilgarius* (Fabricius) [J]. *Com Biochem Physiol*, 1970, 32: 709—731
- [15] 陈国福, 黄 健, 宋晓玲. 对虾免疫机能研究概况[J]. *水产学报*, 2004, 28(2): 209—215
- [16] 孙虎山, 李光友. 栉孔扇贝血淋巴中超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性及其性质的研究[J]. *海洋与湖沼*, 2000, 31(3): 259—265.
- [17] 林仕梅, 罗 莉. 噻乙醇对草鱼耗氧率及组织转氨酶活性的影响[J]. *中国饲料*, 1997, 22: 31—34
- [18] Jenež G, Nemčok J, Jenež Z, et al. Acute effect of sublethal ammonia concentrations on common carp (*Cyprinus carpio* L.). II. Effect of ammonia on blood plasma transaminases (GOT, GPT), GDH enzyme activity and ATP value [J]. *Aquaculture*, 1992, 104(1/2): 149—156
- [19] Lee S M. Review of the lipid and essential fatty acid requirements of rockfish (*Sebastes schlegelii*) [J]. *Aquaculture Res*, 2001, 32 (S-1): 8—17.