

# 植物油替代鱼油对凡纳滨对虾的生长性能和肝体比的影响

刘穗华<sup>1,2</sup>, 曹俊明<sup>1</sup>, 黄燕华<sup>1</sup>, 赵红霞<sup>1</sup>, 蓝汉冰<sup>1</sup>, 严晶<sup>1,3</sup>, 张荣斌<sup>1,3</sup>, 刘丽<sup>2</sup>

(1 广东省农业科学院 畜牧研究所, 广东 广州 510640; 2 华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642; 3 华中农业大学 水产学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 试验选用初始体质量(0.33 ± 0.00) g/尾的凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei*, 在 42 d 的饲养期中分别投喂 1 种含 6% 鱼油的对照饲料 (FO) 和 3 种添加不同比例豆油替代鱼油的试验饲料, 鱼油和豆油分别为: 4.5% + 1.5%, 3.0% + 3.0% 和 1.5% + 4.5% (分别记作 25SO、50SO 和 75SO), 观察了不同比例豆油替代鱼油对凡纳滨对虾幼虾生长和肝体比的影响. 养殖试验结束后, 各试验组凡纳滨对虾的增质量率和特定生长率没有显著差异 ( $P > 0.05$ ). 随着豆油比例的增加, 试验组存活率均显著高于对照组 FO ( $P < 0.05$ ), 其中 75SO 组存活率最高. 与对照组 FO 相比, 各试验组对虾的饲料系数均显著降低 ( $P < 0.05$ ), 其中 75SO 组饲料系数最低. 随着豆油添加量增加, 肝体比呈上升趋势, 25SO 组和 50SO 组肝体比与 FO 组无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 75SO 组肝体比显著高于 FO 组 ( $P < 0.05$ ). 结果表明, 在凡纳滨对虾幼虾饲料中, 豆油可以部分替代鱼油, 而不显著影响其生长性能. 通过二次回归分析, 得到增质量率 ( $y$ ) 与饲料中不同比例豆油替代量 ( $x$ ) 的关系为  $y = -0.0168x^2 + 1.2074x + 435.7$ ,  $R^2 = 0.7819$ , 当饲料中豆油替代鱼油比例为 35.93% 时, 凡纳滨对虾获得最大增质量率 457.39%.

**关键词:** 凡纳滨对虾; 豆油; 鱼油; 生长性能; 肝体比

中图分类号: S963.73

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)04-0095-05

## Effects of Replacement of Dietary Fish Oil by Soybean Oil on Growth Performance and Hepatosomatic Index in *Litopenaeus vannamei*

LIU Sui-hua<sup>1,2</sup>, CAO Jun-ming<sup>1</sup>, HUANG Yan-hua<sup>1</sup>, ZHAO Hong-xia<sup>1</sup>

LAN Han-bing<sup>1</sup>, YAN Jing<sup>1,3</sup>, ZHANG Rong-bin<sup>1,3</sup>, LIU Li<sup>2</sup>

(1 Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;

2 College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

3 College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** A 42-day feeding experiment was conducted with juvenile *Litopenaeus vannamei* to evaluate the effects of replacing dietary fish oil with soybean oil on growth performance and hepatosomatic indices. Shrimps in triplicate were respectively fed with four diets: 6% fish oil (as control, FO), 4.5% fish oil + 1.5% soybean oil (25SO), 3% fish oil + 3% soybean oil (50SO) and 1.5% fish oil + 4.5% soybean oil (75SO). The results indicated that no significant differences ( $P > 0.05$ ) were observed among the treatments on mass gain and specific growth rate. The highest survival rate was observed in 75SO group, being significantly higher ( $P < 0.05$ ) than that of the control group. 75SO group had the lowest feed coefficient, being significantly lower ( $P < 0.05$ ) than that of the other groups. Among 25SO, 50SO and FO group, hepatosomatic indices existed no significant differences, but that of 75SO group was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than that of FO group. The results indicated that partly replacing fish oil with soybean

收稿日期: 2009-11-11

作者简介: 刘穗华(1984—), 女, 硕士研究生; 通信作者: 曹俊明(1962—), 男, 研究员, 博士, E-mail: junmcao@163.com

基金项目: 星火计划重点项目(2007EA780011); 广东省自然科学基金(8151064001000030)

oil did not significantly affect growth performance of *Litopenaeus vannamei*, and the practice was recommended in their diet formulation. According to the two-dimensional relationship constructed between the growth rate and the percentage of fish oil substitution by soybean oil,  $y = -0.0168x^2 + 1.2074x + 435.7$ , the substitution at 35.93% in the diet yielded the best growth (457.39%) in juvenile shrimp.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*; soybean oil; fish oil; growth performance; hepatomatic index

近年来,水产养殖的快速增长导致鱼粉和鱼油消费急剧增加. 研究预测,2010年用于水产养殖的鱼油将达96万t,消耗全球预计总产量的75%左右<sup>[1]</sup>. 由于鱼油的有限供给和过量消耗,以及鱼油中可能积蓄的二恶英和多氯联苯,水产养殖业迫切需要采用其他脂肪源替代饲料中的鱼油. 为了降低水产养殖对鱼油的过度依赖,人们开展了有关各种脂肪源替代鱼油的研究<sup>[2-4]</sup>. 植物油脂具有成本低、供应量大等优点,是替代鱼油和降低饲料成本的理想产品. 凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei*, 俗称南美白对虾,是我国对虾的主导养殖品种和重要的出口水产品之一. 具有生长速度快、耐高温、抗逆能力强、肉质鲜美、广盐性、易进行集约化养殖等特点,成为我国沿海地区重要的养殖对象之一<sup>[5]</sup>. 为了解不同比例植物油替代鱼油对甲壳动物生长等的影响,本文以凡纳滨对虾为研究对象,分析摄食不同比例植物油替代鱼油的饲料一定时间后,对对虾存活率、增质量

率、饲料系数等生长指标的影响,以便为凡纳滨对虾饲料中合理添加植物油替代鱼油提供一定的理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验饲料

以大豆浓缩蛋白与酪蛋白为主要蛋白源,玉米淀粉为主要糖源配制基础饲料(表1),向基础饲料中分别添加以下脂源:6%鱼油(作为对照组,FO); 4.5%鱼油+1.5%豆油;3.0%鱼油+3.0%豆油;1.5%鱼油+4.5%豆油配制成4种等氮等脂饲料,分别替代25%、50%和75%鱼油,记作25SO,50SO和75SO. 饲料原料经过60目粉碎,混合均匀后用SLX-80型双螺杆挤压机制成直径为1.2mm的饲料,在50℃烘干冷却后放入密封袋中于-20℃冰箱中保存备用.

表1 基础饲料配方及营养成分

Tab.1 Formulation and proximate composition of the basal diet

成分	比例/%	成分	比例/%	营养成分	w/%
鱼粉	5	维生素C	0.1	粗蛋白	41.78
酪蛋白	20	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	1.5	粗脂肪	7.34
大豆浓缩蛋白	31	胆固醇	0.5	水分	7.57
玉米淀粉	23	甜菜碱	1.0		
维生素预混料 <sup>1)</sup>	3	抗氧化剂	0.3		
矿物盐预混料 <sup>2)</sup>	3	黏合剂	2.0		
氯化胆碱	0.55	纤维素	3.05		
脂类	6				

1) 维生素预混料配方(mg/kg): V<sub>A</sub>:80 000 IU; V<sub>D<sub>3</sub></sub>:2 000 IU; V<sub>E</sub>:200; V<sub>K<sub>3</sub></sub>:20; V<sub>B<sub>1</sub></sub>:60; V<sub>B<sub>2</sub></sub>:60; V<sub>B<sub>6</sub></sub>:100; 泛酸钙:150; 叶酸:20; 生物素:2; 烟酸:300; V<sub>B<sub>12</sub></sub>:0.1; 肌醇:300; V<sub>C</sub>:600; 氯化胆碱:3 000; 2) 矿物盐预混料配方(g/kg): KCl(50%):80.00; MgSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O(16%):250.00; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O(30%):6.67; MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O(31.8%):3.10; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O(35%):34.30; CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O(25%):14.40; CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O(5%):20.00; KI(5%):20.00; NaSeO<sub>3</sub>(1%):4.00.

### 1.2 试验虾与饲养管理

试验于2009年7月30日—9月9日在广东省农业科学院畜牧研究所水产养殖基地进行. 试验用凡纳滨对虾购自广东珠海虾苗厂,试验虾先在室外水泥池中暂养至体质量0.33g,选用健康活泼、大小均匀的试验虾(0.33±0.00)g,然后随机分组于12

个容积为250L的循环过滤水族箱,每组3个重复,每个重复40尾幼虾. 试验期间按体质量的6%投喂,每日投喂时间为08:30、15:00、20:00. 观察摄食状况,记录死亡情况. 试验进行6周. 试验水源为天然海水用自来水稀释后,经砂滤,消毒,试验期间盐度为5‰~8‰,水温为29.8~31.5℃. 养殖过程中每周换水1

次,不断充氧曝气,溶解氧为 $(7.05 \pm 0.56) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,氨氮为 $(0.19 \pm 0.06) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,亚硝酸氮为 $(0.018 \pm 0.008) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,pH为 $7.82 \pm 0.04$ .

### 1.3 样品采集和测定

饲养试验结束前24 h停止投喂,称虾体质量,计数.分别计算增质量率,饵料系数、存活率.采集肝胰腺,计算肝体比.

增质量率 = (终末体质量 - 初始体质量) / 初始体质量  $\times 100\%$ ;

特定生长率 =  $(\ln \text{终末平均体质量} - \ln \text{初始平均体质量}) / \text{饲养时间} \times 100\%$ ;

存活率 = 试验结束时对虾尾数 / 试验开始时对虾尾数  $\times 100\%$ ;

饲料系数 = 摄食量 / (终末体质量 - 初始体质量);

肝体比 = 肝质量 / 终末体质量  $\times 100\%$ .

### 1.4 数据统计分析

试验结果用平均数  $\pm$  标准差表示.采用SPSS13.0软件统计分析,先作One-Way ANOVA分析,处理间如有显著差异,再做Duncan's多重比较.

## 2 结果

### 2.1 不同比例豆油替代鱼油对凡纳滨对虾生长的影响

由表2可以看出,饲料中不同比例的豆油替代鱼油对凡纳滨对虾的生长与FO组无显著差异( $P > 0.05$ ).试验组虾体增质量均比FO组有所提高,其中25SO组的虾体增质量最高,50SO组次之.试验组的特定生长率均高于FO组,其中25SO组特定生长率最高,50SO次之.通过二次回归分析,得到增质量率( $y$ )与饲料中不同比例豆油替代量( $x$ )的关系为 $y = -0.0168x^2 + 1.2074x + 435.7$ ,  $R^2 = 0.7819$ ,其回归图形如图1所示.当饲料中豆油替代鱼油比例为35.93%时,凡纳滨对虾获得最大增质量率457.39%.

表2 豆油替代鱼油对凡纳滨对虾生长性能的影响<sup>1)</sup>

Tab.2 Effects of replacement of diet fish oil by soybean oil on growth performance in *Litopenaeus vannamei*

处理组	初始体质量/g	终末体质量/g	增质量率/%	特定生长率/%
FO	0.32 $\pm$ 0.00a	1.72 $\pm$ 0.06a	433.20 $\pm$ 14.76a	3.98 $\pm$ 0.07a
25SO	0.32 $\pm$ 0.00a	1.82 $\pm$ 0.06a	462.90 $\pm$ 17.54a	4.11 $\pm$ 0.07a
50SO	0.33 $\pm$ 0.00a	1.81 $\pm$ 0.06a	446.56 $\pm$ 15.93a	4.04 $\pm$ 0.07a
75SO	0.33 $\pm$ 0.00a	1.76 $\pm$ 0.04a	434.26 $\pm$ 14.65a	3.99 $\pm$ 0.06a

1)表中数据为平均数  $\pm$  标准差,同列数据后凡有一个相同字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ ,Duncan's法).

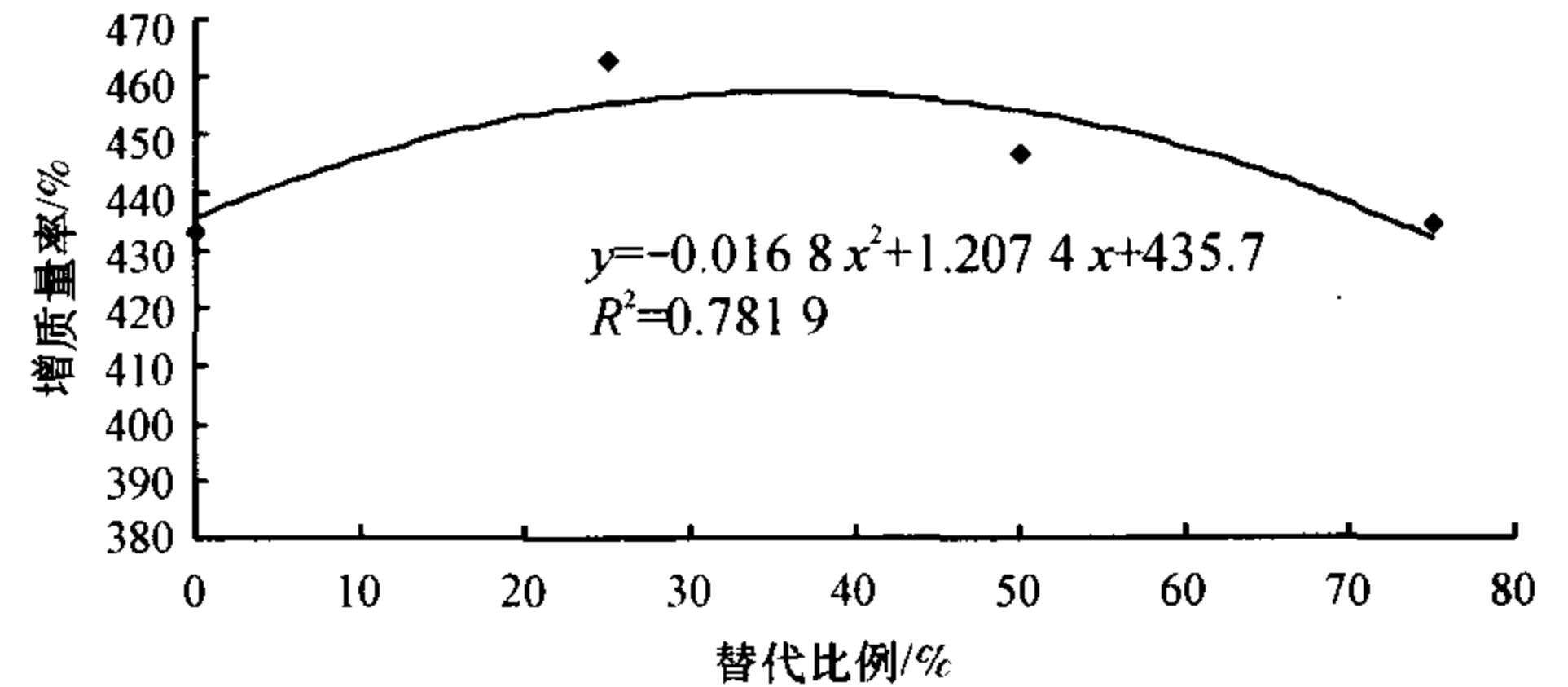


图1 饲料中不同比例豆油替代鱼油对凡纳滨对虾增质量率的影响

Fig.1 Effects of replacement of diet fish oil by soybean oil on growth

### 2.2 不同比例豆油替代鱼油对凡纳滨对虾存活率、饲料系数和肝体比的影响

由表3可见,试验组存活率均显著高于对照组( $P < 0.05$ ).豆油替代75%鱼油的75SO组存活率显著高于FO和其他各组( $P < 0.05$ ).试验组的饲料系数均显著低于FO组( $P < 0.05$ ),其中以75SO组最低.随着豆油添加量增加,肝体比呈上升趋势,但25SO组和50SO组肝体比与FO组无显著差异( $P > 0.05$ ),75SO组肝体显著高于FO组( $P < 0.05$ ).

表3 豆油替代鱼油对凡纳滨对虾存活率、饲料系数和肝体比的影响<sup>1)</sup>

Tab.3 Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on survival, feed conversion ratio and hepatosomatic index in *Litopenaeus vannamei*

处理组	存活率/%	饲料系数	肝体比
FO	55.83 $\pm$ 3.33a	1.81 $\pm$ 0.03a	4.12 $\pm$ 0.09a
25SO	77.5 $\pm$ 2.89b	1.38 $\pm$ 0.01b	3.94 $\pm$ 0.16a
50SO	77.5 $\pm$ 1.44b	1.43 $\pm$ 0.05b	4.69 $\pm$ 0.54ab
75SO	87.5 $\pm$ 1.44c	1.35 $\pm$ 0.05b	5.58 $\pm$ 0.33b

1)表中数据为平均数  $\pm$  标准差,同列数据后凡有一个相同字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ ,Duncan's法).

## 3 讨论

对于植物油替代鱼油,国内外已开展较广泛的研究,结果表明植物油部分或者完全替代鱼油并不影响水产动物的生长.豆油具有产量大、成本低、质量易于控制等优点,是个很好的替代品 Viegas 等<sup>[6]</sup>发现大盖巨脂鲤 *Colossoma macropomum* 仔鱼饲料中添加豆油组的生长速度和饲料转化率与鱼油组相同.Lim 等<sup>[7]</sup>研究表明豆油对凡纳滨对虾的饲料系数与鱼油相比无显著差异.刘玮等<sup>[8]</sup>以团头鲂 *Megalobrama amblycephala* 为对象,用添加6%豆油、鱼肝油、花生油、菜籽油、猪油及其混合油投喂,结果显

示,豆油组相对其他各组增质量率、饲料系数和蛋白质效率表现最好.季文娟<sup>[9]</sup>在黑鲷 *Acanthopagrus schlegeli* 也发现了相同的效果,用添加9%鲜杂鱼糜、豆油、鱼油、花生油和猪油投喂黑鲷,结果表明豆油的促生长效果最好.Regost等<sup>[10]</sup>用植物油全部替代鱼油对大菱鲂 *Psetta maxima* 的生长和死亡率没有产生影响.王炳谦等<sup>[11]</sup>研究不同比例豆油替代鱼油对哲罗鱼 *Hucho taimen* 稚鱼生长的影响,豆油替代2/3鱼油或者全部替代鱼油的特定生长率显著高于鱼油组,饲料系数也显著低于鱼油组.用植物油替代60%鱼油对欧洲鲈 *Dicentrarchus labrax*、金鲷 *Sparus aurata* 生长和饲料利用率未产生不良影响<sup>[12-17]</sup>.Peng等<sup>[18]</sup>发现豆油替代40%鱼油对黑鲷增质量与鱼油组无差异.在虹鳟 *Oncorhynchus mykiss* 上也有相似报道,徐奇友等<sup>[19]</sup>用豆油替代2/3鱼油组鱼特定生长率、平均日增质量较全鱼油组显著提高,饲料系数显著下降.

本试验结果显示,25%~75%豆油替代鱼油组的增质量率、特定生长率与鱼油组无显著差异.这个结果与国内外学者的研究结果基本一致.替代组均比鱼油组显著提高存活率及降低对虾饲料系数,这可能是由于豆油含有丰富的亚油酸,豆油的掺入调整了饲料中脂肪酸组成的比例,适合的脂肪酸的比例对凡纳滨对虾的生长起重要作用.国外学者陆续发现调整饲料中脂肪酸的比例对对虾的生长性能有一定的作用,用含0.5%LOA+0.5%LNA的饲料投喂印度对虾,其生长效果表现最好<sup>[20]</sup>,在中国对虾中也得到相似的结果<sup>[21]</sup>.Glencross等<sup>[22]</sup>研究发现斑节对虾 *Penaeus monodon* 饲料中LNA/LOA比例为3:2时,斑节对虾生长效果最好.这些研究都表明使用植物脂肪代替鱼油是可行的,但不同植物脂肪源的脂肪酸不同,不同的鱼虾对其利用也不一致,因此应根据鱼虾的种类选择适宜的脂肪源以及替代量.

本研究中豆油75%替代鱼油组对虾肝体比与鱼油组相比显著升高,豆油25%替代鱼油组和豆油50%替代鱼油组肝体比与鱼油组无显著差异.豆油75%替代鱼油组表现出比鱼油组较高的肝体比,这可能是与凡纳滨对虾可以很好地利用豆油,吸收利用豆油含量较多的n-6系列脂肪酸,脂肪在肝胰腺沉积较多有关.王炳谦等<sup>[11]</sup>在哲罗鱼 *Hucho taimen* 上发现除了豆油100%替代鱼油组肝体比与鱼油组相比显著提高外,其他替代组肝体比与鱼油组相比有升高趋势但无显著差异;对金鲷、黑鲷也得到相似

结果<sup>[17-18]</sup>.

## 4 结论

在本试验条件下,豆油部分替代鱼油对凡纳滨对虾的生长性能没有显著影响,凡纳滨对虾饲料可以适量选择豆油替代鱼油.由于饲料中脂肪酸的比例能影响凡纳滨对虾的生长,因此有必要进一步开展饲料中脂肪酸的含量及其比例对水产动物的影响研究.

### 参考文献:

- [1] BARLOW S. Fishmeal and fish oil: sustainable feed ingredients for aquafeeds[J]. Advocate, 2000, 4: 85-88.
- [2] DOSANJH B S, HIGGS D A, MCKENZIE D J, et al. Influence of dietary blends of menhaden oil and canola oil on growth, muscle lipid composition, and thyroidal status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in sea water[J]. Fish Physiol Biochem, 1998, 19: 123-134.
- [3] MARTINO R C, CYRINO J E P, PORTZ L, et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids[J]. Aquaculture, 2002(209): 233-246.
- [4] RASO S, ANDERSON T A. Effect of dietary fish oil replacement on growth and carcass proximate composition of juvenile barramundi (*Lates calcarifer*) [J]. Aquac Res, 2003, 34: 813-819.
- [5] 宋盛宪. 凡纳滨对虾无公害健康养殖[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 150-151.
- [6] VIEGAS E M M, CONTRERAS E S G. Effect of dietary crude palm oil and a deodorization distillate of soybean oil on growth of rambaqui (*Colossoma macropomum*) [J]. Aquaculture, 1994(124): 127-131.
- [7] LIM C, AKO H, BROWN C L, et al. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid [J]. Aquaculture, 1997(151): 143-153.
- [8] 刘玮, 戴年华, 任本根, 等. 不同脂肪源饲料对团头鲂稚鱼生长的影响[J]. 水产学报, 1997, 21(21): 44-48.
- [9] 季文娟. 饲料中不同脂肪源对黑鲷幼鱼生长和鱼体脂肪酸组成的影响[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 69-74.
- [10] REGOST C, ARZEL J, ROBIN J, et al. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*): 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism [J]. Aquaculture, 2003(217): 465-482.
- [11] 王炳谦, 徐奇友. 豆油代替鱼油对哲罗鱼生长和体成

- 分的影响[J]. 中国水产科学,2006(6):1023-1027.
- [12] IZQUIERDO M S, OBACH A, ARANTZAMENDI L, et al. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2003(9):397-407.
- [13] MONTERO D, ROBAINA L, CABALLERO M J, et al. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet [J]. *Aquaculture*, 2005(248):121-134.
- [14] MOURENTE G, DICK J R, BELL J G, et al. Effect of partial substitution of dietary fish oil by vegetable oils on desaturation and  $\beta$ -oxidation of [ $1-^{14}\text{C}$ ]18:3n-3 (LNA) and [ $1-^{14}\text{C}$ ]20:5n-3 (EPA) in hepatocytes and enterocytes of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) [J]. *Aquaculture*, 2005(248):173-186.
- [15] LIN Y H, SHIAU S Y. Effects of dietary blend of fish oil with corn oil on growth and non-specific immune responses of grouper, *Epinephelus malabaricus* [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2007(2):137-144.
- [16] PIEDECAUSA M A, MAZÓN M J, GARCÍA B G, et al. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) [J]. *Aquaculture*, 2007(263):211-219.
- [17] FOUNTOULAKI E, VASILAKI A, HURTADO R. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilt-head sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile; Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures [J]. *Aquaculture*, 2009(289):317-326.
- [18] PENG S, CHEN L, QIN J, et al. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegelii* [J]. *Aquaculture*, 2008(276):154-161.
- [19] 徐奇友, 许红, 李 婵, 等. 用豆油替代鱼油对虹鳟生长、非特异性免疫和组织酶活性的影响[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(2):104-108.
- [20] CHANDGE M S, PAULRAJ R. Requirements of linoleic and linolenic acid in the diet of Indian white prawn *Penaeus indicus* (H. Milne E) [J]. *Indian Journal of Marine Sciences*, 1998(27):402-406.
- [21] GLENCROSS B D, SMITH D M. The dietary linoleic and linolenic fatty acids requirements of the prawn *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture Nutrition*, 1999(5):53-63.
- [22] GLENCROSS B D, SMITH D M, THOMAS M R, et al. The effect of n-3 and n-6 fatty acid balance on the growth of the prawn *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2002(8):43-51.

【责任编辑 柴 焰】