

文章编号: 1004 - 7271(2005)03 - 0263 - 07

## 不同 $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾稚虾生长及非特异免疫功能的影响

杨福刚, 周洪琪, 黄旭雄

(上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090)

**摘要:**基础饲料中添加七种  $\beta$ -葡聚糖产品(以下简称 B1 - B7), B1 - B6 的添加量分别为 0.075%, B7 的添加量为 0.200%, 饲养凡纳滨对虾虾苗(体重  $0.062 \pm 0.007$  g)33 d, 测定其生长及免疫功能。结果表明, 七种  $\beta$ -葡聚糖产品不同程度的提高了凡纳滨对虾的存活率, 其中以 B5 组存活率最高, 为 72.0% ( $P < 0.05$ ), 对照组成活率最低, 为 22%。不同  $\beta$ -葡聚糖产品对增重率影响显著, 以 B4 和 B5 组 ( $P < 0.05$ ) 的增重最快, 分别为 691.4% 和 802.4%。其次为 B3 组, 为 544.1%。其余各组增重率与对照组无显著性差异。 $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾溶菌酶活力、抗菌活力以及 SOD 活力有显著影响, 其中以含有较多 1,6 支链  $\beta$ -葡聚糖 B5 组的效果最佳。B5 组肌肉、肝胰脏的溶菌酶活力分别为 0.09 U 和 0.1 U, 对照组则分别为 0.03 U 和 0.04 U。B5 组肌肉和肝胰脏的抗菌活力为 0.45 U 和 0.34 U, 对照组为 0.21 U 和 0.18 U; B5 组头部 SOD 活力为 44.7 NU/mg pro., 对照组为 12.8 NU/mg pro.。因此, B5 组  $\beta$ -葡聚糖产品具有较好的应用前景。

**关键词:**  $\beta$ -葡聚糖; 凡纳滨对虾; 生长; 免疫功能

**中图分类号:** S 963.1      **文献标识码:** A

## Effect of beta-glucans on growth and non-specific immune response of *Litopenaeus vannamei*

YANG Fu-gang, ZHOU Hong-qi, HUANG Xu-xiong

(College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** The experiment diets were basal diet with seven kind of Beta-glucans (0.075% B1 - B6, 0.200% B7), Basal diet was the control. *Litopenaeus vannamei* (body weight  $0.062 \pm 0.007$  g) were triplicately fed on the diets for 33 days. The results show that the 7 kinds of Beta-glucans differently improved the survival, growth and non-specific immunity. The B5 was the optimal. Its survival rate and relative body weight gain were 72.0% and 802.4% which were significantly higher than those of the control ( $P < 0.05$ ). The lysozyme activities of muscle and hepatopancreas of B5 group were 0.09 U and 0.10 U which were significantly higher than that of the control (0.03 U and 0.04 U,  $P < 0.01$ ). The antibacterial activities of muscle and hepatopancreas of B5 group were 0.45 U and 0.34 U which were significantly higher than that of the control (0.21 U and 0.18 U,  $P < 0.01$ ). The superoxide dismutase activities (SOD) of head of B5 group was 44.7 NU/mg pro. which was significantly higher than that of the control (12.8 NU/mg pro.,  $P < 0.01$ ).

收稿日期: 2004-04-12

基金项目: 韩国基因和蛋白质公司合作项目。

作者简介: 杨福刚(1975 -), 男, 江苏金湖人, 硕士, 专业方向为水产动物营养与饲料学。Tel: 13381667225, E-mail: fgyang@126.com

通讯作者: 周洪琪(1942 -), 女, 上海市人, 教授, 博士生导师, 主要从事水产动物营养与饲料学研究。E-mail: hqzhou@shfu.edu.cn

**Key words:** beta-glucan; *Litopenaeus Vannamei*; growth; immune response

对虾养殖业是我国海水养殖业的支柱产业,自 1993 年全国养殖对虾因感染对虾白斑综合征病毒(WSSV)而发生大规模暴发性流行病以来,对虾养殖业蒙受了毁灭性的打击。到目前为止,已发现有 20 多种病毒可以感染虾类,而对付这些病毒至今还没有有效的方法。抗生素的使用一定程度缓解了疾病的发生,但由于它在动物体内残留,进而危害人类的健康,目前已严格限制其使用。因此水产工作者长期以来一直致力于开发绿色水产饲料免疫增强剂。目前研究较多的免疫增强剂有海藻多糖<sup>[1]</sup>、细菌脂多糖<sup>[2]</sup>、肽聚糖<sup>[3]</sup>、植物活性物质、微生态制剂(如益生菌等)及  $\beta$ -1,3 葡聚糖等<sup>[4-6]</sup>。从酵母细胞中提取的  $\beta$ -葡聚糖作为免疫增强剂已实现商品化。然而其在对虾研究的应用效果至今未见报道。Itami<sup>[7]</sup> 对日本对虾, Sung 等<sup>[8]</sup> 和 Song 等<sup>[9]</sup> 先后在对斑节对虾的研究中提出  $\beta$ -葡聚糖具有较好的抗感染能力。凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)因其壳薄,头胸甲小,含肉率高(53.03% - 53.81%),生长快,抗病力强,适应性好,易养殖,产量高,已成为中国养殖面积最大的对虾品种。然而高密度养殖造成了养殖水体的恶化,病害的频繁发生。本试验通过在饲料中添加不同的  $\beta$ -葡聚糖产品,依据其对凡纳滨对虾生长及非特异性的免疫力影响,探讨其作为饲料添加剂的有效性,以期对对虾健康养殖提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验用虾

试验所用虾苗为凡纳滨对虾,购自广东湛江。初到虾苗充氧袋内海水比重为 1.014,温度为 22℃。三天后开始淡化,每天海水比重降低 0.001,淡化至水的比重为 1.001。每天升温 1℃,温度升至 27℃。暂养期间投喂初孵卤虫无节幼体,或喂红虫及单胞藻,等虾长至 1 cm 左右时开始筛选分箱,进行正式试验。

### 1.2 $\beta$ -葡聚糖来源

试验所用添加剂为韩国基因和蛋白质公司的不同  $\beta$ -葡聚糖产品(B1 - B7),其中 B1 - B4、B6 和 B7 是以  $\beta$ -1,3 葡聚糖为主,且含有少而不等量的 1,6 糖苷键支链的  $\beta$ -葡聚糖,B5 组的葡聚糖含有较多的  $\beta$ -1,6 糖苷键支链,B7 为 B6 的粗制品。

### 1.3 试验设计

试验共分 8 组,每组设 3 个平行。以基础饲料(表 1)为对照组。在基础饲料中分别添加 0.075% (B1 - B6)、0.2% (B7)不同的  $\beta$ -葡聚糖。从暂养箱中选出规格整齐、健康活泼的虾苗,随机饲养于(60 cm × 40 cm × 40 cm)的水族箱中,每箱放虾苗 50 尾。

### 1.4 试验饲料的制备

将七种  $\beta$ -葡聚糖产品,用研钵磨成粉末,过 60 目筛。采用逐级扩大法将  $\beta$ -葡聚糖产品按试验设计与基础饲料原料混合,用 TJ-12 型电动绞肉机制粒,过 30 目筛(试验早期饲料)和过 20 目筛(试验中后期饲料),4℃密封贮存备用。

### 1.5 饲养管理

试验时间从 2002 年 12 月 4 日至 2003 年 1 月 6 日,共 33 d。在整个试验期间,海水比重为 1.001,水温为 26.8 ~ 27.2℃,  $\text{NH}_4\text{-N} < 0.2 \text{ mg/L}$ ,  $\text{DO} > 5 \text{ mg/L}$ , pH 值为 7.5 ~ 8.5。每日投喂五次,分别为凌晨 1:00、早晨 7:00、中午 12:00、下午 5:00 及晚上 9:00。每天排污两次,早上和傍晚各排污一次,并同时残饵吸出,以免污染水质。早上排污后换水,换水量为 1/4 ~ 1/5。每日观察对虾吃食、游动、蜕皮、死亡

表 1 凡纳滨对虾基础饲料配方  
Tab.1 The basal diets of *L. vannamei*

组分 contents		组分 contents	
进口鱼粉	40	高精面粉	10
豆粕	20	磷酸二氢钙	2.5
鸡肉粉	9.3	蛋白质	47.62
啤酒酵母	8	灰分	15.48
复合预混料	2.2	脂肪	10.25
鱼油	4	钙	2.52
鱿鱼膏	4	磷	1.96

情况。

## 1.6 测定及数据处理

### 1.6.1 对虾的生长及存活率

试验开始随机抽取 30 尾虾苗,测定其初始体长、体重,饲养 33 d 后,测定各组每尾虾的体长、体重,并计算存活率、相对增重率、体长增长率。计算公式如下:

$$\text{存活率}(\%) = (\text{试验结束时虾尾数}) / \text{试验开始时虾尾数} \times 100;$$

$$\text{相对增重率}(\%) = [(\text{试验末体重} - \text{试验初体重}) / \text{试验初体重}] \times 100;$$

$$\text{体长增长率}(\%) = [(\text{终末体长} - \text{初始体长}) / \text{初始体长}] \times 100。$$

### 1.6.2 饲料成分

饲料蛋白质测定用微量凯氏定氮法,脂肪采用索氏抽提法、灰分用马福炉灰化,水分测定用烘干法(105 ℃烘干至恒重)。

### 1.6.3 组织匀浆液的制备

凡纳滨对虾经 33 d 饲养后,每个平行组各取 8 尾样品虾,置于冰盘内,去壳分别取其肌肉、肝胰脏和头部,以 10 倍的冰冻去离子水(4 ℃)低温条件下制成匀浆后,以 3000 r/min 离心 10 min,取上清液进行抗菌活力、溶菌活力和 SOD 活力的测定。

### 1.6.4 抗菌活力

抗菌活力测定,采用文献[10]的方法加以改进。用 0.1 mol/L, pH = 6.4 的磷酸钾盐缓冲液从固体斜面上将大肠杆菌(*E. coli*)洗下作为底物并配成一定浓度的悬浊液( $O_{D_{570}} = 0.3 - 0.5$ )。取 10 μL 肌肉匀浆后的上清液于冰浴的试管中,再加入 5 mL 大肠杆菌液,此时混匀测定的  $O_{D_{570}}$  为  $A_0$  值。然后将试液移入 37 ℃温水浴中 30 min,再放入冰箱(4 ℃)10 min 终止反应,测定的  $O_{D_{570}}$  为  $A$ 。抗菌活力  $U_a$  按下式计算:

$$U_a = \sqrt{A_0 - A} / A。$$

### 1.6.5 溶菌活力

采用文献[10]的方法稍加改进。溶壁微球菌为本研究室的菌种,将经过二次活化的溶壁微球菌(*Micrococcus lysolei*, Sigma)接种于琼脂培养基内,以溶壁微球菌为底物,将底物用 0.1 mol/L, pH = 6.4 的磷酸钾盐缓冲液配成一定浓度的悬液( $O_{D_{570}} = 0.3 - 0.5$ )。取 10 μL 肌肉匀浆后的上清液,再加入 5 mL 溶壁微球菌液,此时混匀测  $O_{D_{570}}$  值为  $A_0$ 。然后 37 ℃温水浴中 30 min,取出后放入冰箱(4 ℃)10 min 终止反应,测  $O_{D_{570}}$  值为  $A$ ,溶菌活力  $U_L$  按下式计算:

$$U_L = (A_0 - A) / A$$

### 1.6.6 SOD 活力

SOD 活力采用南京建成生物有限公司的试剂盒测定,蛋白含量采用南京建成生物有限公司的试剂盒考马斯亮兰法测定。

$$\text{组织匀浆中 SOD 活力} = (A_0 - A_1) \times V_0 / (50\% \times A_0 \times V_1 \times P)$$

SOD 活力单位: NU/mg prot

$$P(\text{g/L}) = \frac{\text{测定管吸光度}}{\text{标准管吸光度}} \times \text{标准管浓度}(\text{g/L})$$

$A_0$ : 对照管吸光度       $A_1$ : 测定管吸光度

$V_0$ : 反应液总体积       $V_1$ : 取样量(mL)

P: 组织蛋白含量

### 1.6.7 统计分析

采用 SPSS 统计软件在 SPSS 7.5 for windows 环境下进行方差分析,用 Q 检验进行多重比较。

## 2 结果

### 2.1 $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾生长与存活的影响

饲料中添加  $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾体长的增长率有显著影响,以 B5 组的增长效果最好(表 3),其体长的增长率为 114%,显著高于对照组、B1、B2、B6 及 B7 组( $P < 0.05$ )。对照组与其余各试验组均无显著性差异( $P > 0.05$ )。

$\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾的体重生长也有显著影响,以 B4 和 B5 组饲喂的效果最好,增重最快( $P < 0.05$ ),分别为 691.4%和 802.4%,显著高于对照组及其余各试验组。对照组增重率与 B1、B2、B3、B6 和 B7 组之间没有显著性差异( $P > 0.05$ )。

不同  $\beta$ -葡聚糖产品在不同程度上提高了凡纳滨对虾的存活率。对照组凡纳滨对虾的存活率最低,为 22.7%;除了对照组存活率与 B2 组差异不显著之外,其余各组的存活率均显著高于对照组( $P < 0.05$ ),其中以 B5 组的存活率最高,为 72.0%。B3、B4 和 B6 组对虾的存活率次之,这三组之间无显著性差异。

表 2 试验虾的生长和存活

Tab.2 The growth and survival of tested shrimps(Mean  $\pm$  SD)

组别	平均初长 (cm)	平均终长 (cm)	平均增长率 (%)	平均 初重(mg)	平均 终重(mg)	平均增重率 (%)	平均成活率 (%)
对照	1.40	2.50 $\pm$ 0.12	77.6 $\pm$ 7.2 <sup>bcd</sup>	62	341 $\pm$ 35.0	449.5 $\pm$ 28.0 <sup>b</sup>	22.7 $\pm$ 5.0 <sup>f</sup>
B1	1.40	2.53 $\pm$ 0.15	78.5 $\pm$ 12.4 <sup>bcd</sup>	62	312 $\pm$ 61.0	402.7 $\pm$ 21.8 <sup>bc</sup>	34.0 $\pm$ 6.0 <sup>de</sup>
B2	1.40	2.23 $\pm$ 0.19	59.5 $\pm$ 17.9 <sup>d</sup>	62	260 $\pm$ 27.0	318.8 $\pm$ 21.6 <sup>c</sup>	24.7 $\pm$ 6.1 <sup>ef</sup>
B3	1.40	2.70 $\pm$ 0.16	93.9 $\pm$ 17.7 <sup>abc</sup>	62	399 $\pm$ 34.0	544.1 $\pm$ 34.4 <sup>b</sup>	47.3 $\pm$ 5.8 <sup>bc</sup>
B4	1.40	2.83 $\pm$ 0.20	102.4 $\pm$ 27.1 <sup>ab</sup>	62	491 $\pm$ 37.0	691.4 $\pm$ 40.9 <sup>a</sup>	54.7 $\pm$ 7.6 <sup>b</sup>
B5	1.40	3.00 $\pm$ 0.15	114.3 $\pm$ 20.2 <sup>a</sup>	62	560 $\pm$ 73.0	802.4 $\pm$ 43.7 <sup>a</sup>	72.0 $\pm$ 5.7 <sup>a</sup>
B6	1.40	2.27 $\pm$ 0.22	61.9 $\pm$ 10.9 <sup>d</sup>	62	247 $\pm$ 22.0	298.9 $\pm$ 17.3 <sup>c</sup>	51.3 $\pm$ 2.3 <sup>b</sup>
B7	1.40	2.37 $\pm$ 0.14	69.0 $\pm$ 14.9 <sup>d</sup>	62	274 $\pm$ 29.0	341.9 $\pm$ 25.8 <sup>c</sup>	40.7 $\pm$ 4.2 <sup>cd</sup>

注:表中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2 $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾稚虾溶菌酶活力的影响

凡纳滨对虾稚虾肌肉和肝胰脏溶菌酶活性分别为 0.035 U 和 0.025 U,不同的  $\beta$ -葡聚糖饲喂试验虾,无论肌肉组织还是肝胰脏溶菌酶活力,都以 B5 组为最高(图 1 和图 2),分别为 0.1 U 和 0.094 U,均极显著地高于对照组及其余各试验组( $P < 0.01$ ),其次是 B3、B4 组;对照组肌肉组织溶菌酶活力最低,为 0.035 U,极显著地低于各试验组肌肉组织溶菌酶( $P < 0.01$ ),对照组肝胰脏溶菌酶为 0.025 U,与 B1、B2、B6 和 B7 组均无显著性差异。

### 2.3 $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾稚虾抗菌活力的影响

对照组肌肉和肝胰脏的抗菌活力分别为 0.21 U 和 0.18 U。试验组凡纳滨对虾肌肉组织抗菌活力,除了 B1 组显著高于对照组之外,其余各组都极显著地高于对照组( $P < 0.01$ ),其中 B5 组肌肉组织抗菌活力最高,B4 组次之(图 3);对虾肝胰脏的抗菌活力除了 B1、B2 组与对照组没有显著性差异之外,其余各组均极显著高于对照组( $P < 0.01$ ,图 4)。

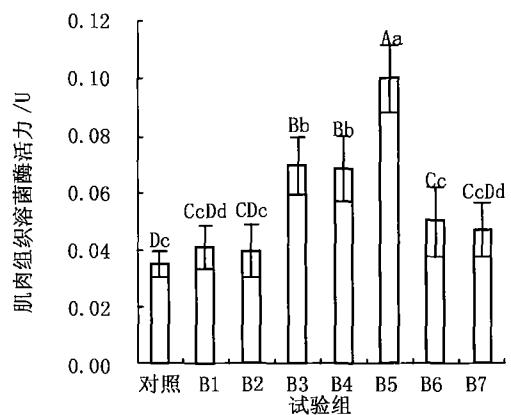


图 1 凡纳滨对虾肌肉组织溶菌酶

Fig.1 The muscle lysozyme activity of the tested shrimp

注:图中大写字母不同表示差异极显著( $P < 0.01$ ),小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

## 2.4 $\beta$ -葡聚糖对凡纳滨对虾头部 SOD 活力的影响

对照组对虾头部的 SOD 活力为 12.8 NU/mg prot. (图 5), 与 B1、B2 和 B7 差异不显著, 与 B3、B4 和 B5 组差异极显著 ( $P < 0.01$ ); B5 组的 SOD 活力最高, 除了与 B4 组无显著性差异之外, 与其余各组均有极显著性差异 ( $P < 0.01$ )。

## 3 讨论

### 3.1 凡纳滨对虾的增重率及存活率

影响凡纳滨对虾的存活率有多种因素, 如气温、试验虾是否健壮整齐、饲料状况、水质及对虾间互相残杀程度等都可以影响虾的存活率。本试验中, 监控水质, 水温控制在 26.8 ~ 27.2 °C 之间, 初放虾苗都挑选同一规格的健康活泼虾苗, 每天投喂五次, 让凡纳滨对虾吃完吃饱。

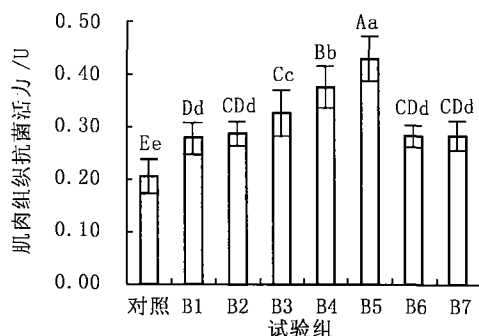


图3 凡纳滨对虾肌肉组织抗菌活力

Fig. 3 The muscle antibacterial activity of the tested shrimp

注: 图中大写字母不同表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ),

小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

刘栋辉等<sup>[5]</sup>报道, 饲料中添加  $\beta$ -葡聚糖有助于斑节对虾的生长和存活, 有利于提高饲料效率, 降低饲料系数。陈云波等<sup>[6]</sup>研究表明, 用添加 0.4%  $\beta$ -葡聚糖的饲料饲喂南美白对虾, 试验组增重率较对照组显著提高。本试验也获得相似的结果, 饲料中添加  $\beta$ -葡聚糖能显著影响凡纳滨对虾的生长和成活, 不同在于 B1 - B7 七种不同的  $\beta$ -葡聚糖添加的效果不同, 其中以 B5 的效果最佳, B5 组凡纳滨对虾无论存活率和增重率都显著高于对照组和其余各试验组。其原因与  $\beta$ -葡聚糖组成有关, B1-B4、B6 和 B7 是以  $\beta$ -1,3 葡聚糖为主, 且含有少而不等量的 1,6-键的  $\beta$ -葡聚糖, B5 组的葡聚糖含有大量  $\beta$ -1,6 糖苷键为主的葡聚糖支链。由此可见, 含 1,6 支链的  $\beta$ -葡

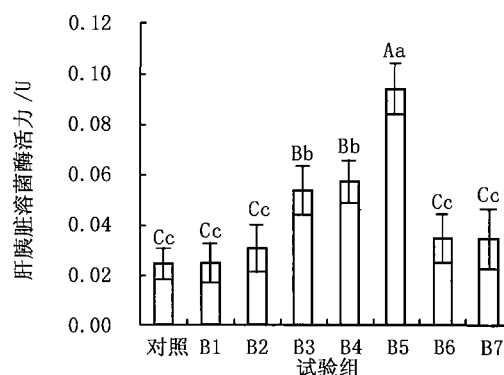


图2 凡纳滨对虾肝胰脏溶菌酶

Fig. 2 The hepatopancreas lysozyme activity of the tested shrimp

注: 图中大写字母不同表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ),

小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

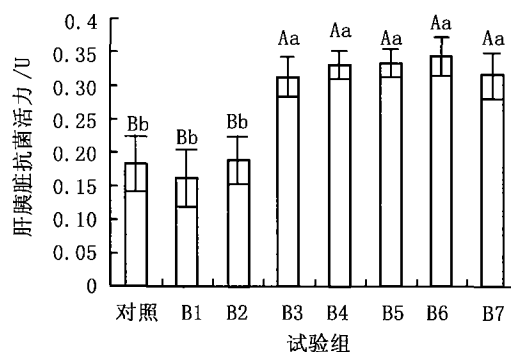


图4 凡纳滨对虾肝胰脏抗菌活力

Fig. 4 The hepatopancreas antibacterial activity of the tested shrimp

注: 图中大写字母不同表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ),

小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

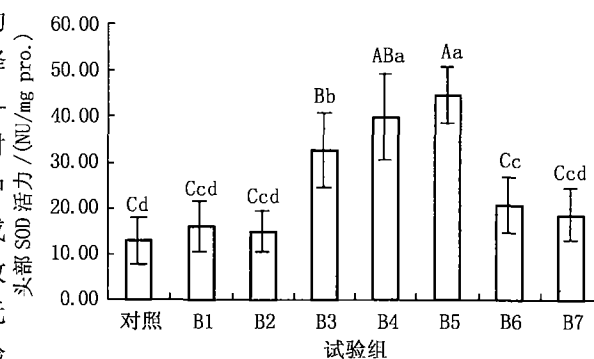


图5 凡纳滨对虾头部 SOD 活力

Fig. 5 The head SOD activity of the tested shrimp

注: 图中大写字母不同表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ),

小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

聚糖促生长效果明显优于 $\beta$ -1,3-葡聚糖。B6和B7组的主要组成相同,B6是B7经提纯后的 $\beta$ -葡聚糖。这两组饲养效果相同,说明 $\beta$ -葡聚糖的纯化没有必要。

### 3.2 凡纳滨对虾的免疫功能

虾类免疫系统的发育不完善,它对病原微生物的抵抗主要依赖非特异性免疫。对虾产生免疫应答的主要器官为淋巴器官和血淋巴,淋巴器官具有生成和释放血细胞的功能<sup>[10]</sup>。国内外大多数学者通过提取、分离对虾血淋巴来检测免疫功能。本试验对凡纳滨对虾稚虾进行了研究。经过一个月的养殖,个体长到4cm左右,抽血困难。鉴于对虾的血液循环系统为开放式循环系统,因此本试验取肝胰脏和肌肉、头部组织匀浆上清液进行免疫功能的测定是可行的。

对虾的免疫系统存在能够识别 $\beta$ -葡聚糖的结合蛋白。当二者结合,其结合物与颗粒细胞膜上的受体结合,从而激活了对虾的免疫功能。溶菌酶是杀菌的物质基础,它是一种碱性蛋白,能水解革兰氏阳性细胞壁中粘肽的乙酰氨基多糖并使之裂解后被释放出来,形成一个水解酶体系,破坏和消除侵入体内的异物,从而担负起机体防御的功能<sup>[11]</sup>。Chen等<sup>[12]</sup>也报道了蛤(*Mercenaria mercenaria*)的血细胞在吞噬细菌的过程中,释放溶菌酶。溶菌酶活性是反映动物非特异性免疫功能的重要生理指标之一。刘树清等<sup>[13]</sup>在给日本对虾注射海藻多糖后,虾体血糖中溶菌酶活力显著提高。本试验虾的肌肉和肝胰脏中均有溶菌酶的活性。虽然通过在饲料中添加不同 $\beta$ -葡聚糖饲喂凡纳滨对虾,肌肉组织和肝胰脏溶菌酶活力都较对照组有较大程度地提高。

抗菌活力是无脊椎动物免疫防御反应的另一个重要组成部分,主要存在于动物的血淋巴中。本试验的研究结果表明,除B1和B2组的肝胰脏之外,各试验组无论肌肉组织还是肝胰脏抗菌活力都较对照组有不同程度地提高,其中肌肉组织抗菌活力各组间差异较大,而肝胰脏抗菌活力差异不大。这与王雷和李光友<sup>[14]</sup>的研究结果不同。

SOD超氧化物歧化酶是重要的抗氧化酶之一。在消除自由基,防生物分子损伤方面有十分重要的作用。自由基参与正常生命活动如生物活性物质的合成、解毒、杀灭细菌等,正常状态下自由基的产生和消除保持动态平衡,若自由基过多,可致使机体强烈损伤,其中超氧阳离子自由基( $O_2^-$ )起着至关重要的作用。SOD是一切需氧有机体清除 $O_2^-$ 保护机体免受伤害的一种关键酶,其活性与生物的免疫水平密切相关。本试验的研究结果表明,添加B3、B4、B5能极显著提高对虾头部的SOD活力,这与刘恒等<sup>[1]</sup>在饵料中添加海藻多糖可显著提高南美白对虾SOD活性的结果相似,昆布多糖的主要成分为1,6 $\beta$ (1,3)葡聚糖,这与本试验结果相符。本试验中唯有含较多1,6支链的 $\beta$ -葡聚糖B5组提高SOD活力的效果最佳。

### 3.3 $\beta$ -葡聚糖的结构、纯化与效果

多糖因其结构不同具有不同的生物活性<sup>[15]</sup>。一般糖类以1,4-键结合而成为线形分子结构,而 $\beta$ -葡聚糖以1,3-糖苷键为主体,其含有的一些1,6-键的支链呈梳状结构。它主要以细胞结构成分(如细胞壁)的形式存在,对异体宿主防御系统具有较强的诱导和活化作用<sup>[10]</sup>,是一类活性强、毒副作用低的良好的生物应答效应物(biological response modifiers, BRM)。 $\beta$ -葡聚糖因其特殊的键结方式和分子内氢键的存在,造成螺旋形的分子结构,这种特殊的构形很容易被免疫系统接受。支链状况对 $\beta$ -1,3-葡聚糖的结构与功能均有影响,以 $\beta$ -1,6-支链为例,支链丰度(非还原端葡萄糖残基占总葡萄糖残基数的比率)愈大愈有利于形成超(复合)螺旋,而且多糖的热稳定性、线性质量密度(M1)和粘度也随之增大。因此 $\beta$ -葡聚糖的生物活性大小随其精细结构和构象不同而变化<sup>[15]</sup>。Yano等<sup>[16]</sup>用10种不同结构的多糖饲养鲤鱼,发现带有1,6支链的 $\beta$ -1,3-葡聚糖在感染爱德华氏菌和嗜水气单胞菌后的保护效果好于没有分支结构的 $\beta$ -1,3-葡聚糖,由此提出1,6键起着重要作用。本试验获得相似的结果表明,B5组 $\beta$ -葡聚糖由于富含 $\beta$ -1,6支链,活性明显高于其它各组,因此对机体的免疫功能溶菌酶、抗菌活力及SOD的影响均以B5组为最佳。

赵红霞等<sup>[17]</sup>报导,纯化的 $\beta$ -1,3/1,6葡萄糖苷有很强的选择性,仅与特殊的受体相结合,对吞噬细

胞、粒细胞和 NK 细胞产生作用,其活性并未因纯化而明显提高。本试验得到相同的结果。B6 和 B7 组的主要组成相同,B6 是 B7 经提纯后的  $\beta$ -葡聚糖。这两组饲养效果相同,而且对溶菌酶活力、抗菌活力以及头部 SOD 活力的影响也一样。因此,纯化与否对  $\beta$ -葡聚糖的活性并没有显著影响,没有必要对其进行纯化。

#### 参考文献:

- [1] 刘恒,李光友.免疫多糖对养殖南美白对虾作用的研究[J].海洋与湖沼,1998,29(2):113-118.
- [2] 林久军,毛胜勇.免疫促进剂的作用机制及其在动物生产中的应用效果[J].饲料工业,2000,21(12):38-41.
- [3] 王秀华,黄捷,宋晓玲.免疫增强剂-肽聚糖在对虾养殖中的应用[J].海洋水产研究,2003,3(1):69-74.
- [4] 朱旺明,阳会军. $\beta$ -葡聚糖在水产养殖中的应用前景[J].饲料工业,2000,21(11):38-39.
- [5] 刘栋辉,阳会军,刘永坚. $\beta$ -葡聚糖和维生素 C 对斑节对虾生长和抗病力的效果[J].中山大学学报,2002,(7):59-62.
- [6] 陈云波,周洪琪,华雪铭,等.饲料中添加  $\beta$ -葡聚糖对南美白对虾的生长、存活及饲料系数的影响[J].淡水渔业,2002,32(5):55-56.
- [7] Itami T, Takahashi, tsuchihiro E, et al. Enhancement of disease resistance of kuruma prawn *Penaeus japonicus* and increase in phagocytic activity of prawn hemocytes after oral administration of  $\beta$ -1,3-glucan Schizophyllan [A]. The Third Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society [C]. Manila, Philippines, 1994. 375-378.
- [8] Sung, H H, Kou, G H, Song, Y L. Vibriosis resistance induced by glucan treatment in tiger shrimp (*Penaeus monodon*) [J]. Fish Pathology, 1994, 29:11-17.
- [9] Song Y L, Liu J J, Chan L C. Glucan-induced disease resistance in tiger shrimp (*Penaeus monodon*) [J]. Fish Vaccinology, Developments in Biological Standardization, 1997, 90:413-421.
- [10] 许兵,纪伟尚.中国对虾病原菌及其致病机理的研究[J].海洋学报,1993,1(1):98-106.
- [11] Møyner J, Røed K H, Sevatdal S, et al. Changes in non-specific immune parameters in Atlantic salmon, *Salmo salar* L, induced by *Aeromonas salmonicida* infection [J]. Fish and shellfish Immunol, 1993, 3:253-265.
- [12] Chen T C, Rodrick G E, Foley D A, et al. Release of lysozyme from hemolymph cells of *Mercenaria mercenaria* during phagocytosis [J]. J Invertebr Pathol, 1975, 25:261-265.
- [13] 刘树清,江晓路,牟海津,等.免疫多糖对中国对虾血清溶菌酶、磷酸酶和过氧化物酶的作用[J].海洋与湖沼,1999,30(3):278-283.
- [14] 王雷,李光友.口服免疫型药物对养殖中国对虾病害防治作用的研究[J].海洋与湖沼,1994,25(5):486-490.
- [15] 诸葛健,赵振锋,方慧英.功能性多糖的构效关系[J].无锡轻工大学学报,2002,21(2):209-212.
- [16] Yano T, Matsuyama H, Mangindean P E P. Polysaccharide-induced protection of carp, *Cyprinus carpio* L., against bacterial infection [J]. J Fish Dis, 1991, 14:577-582.
- [17] 赵红霞,詹勇,沈水昌,等.葡聚糖在动物营养中的应用[J].中国饲料,2003(18):21-23.