

β -葡聚糖对奥尼罗非鱼生长性能及抗嗜水气单胞菌感染的影响

迟淑艳, 周歧存, 周健斌, 杨奇慧, 董晓慧

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 本实验采用初始体质量(1.84 ± 0.02) g的全雄奥尼罗非鱼(*Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀)作为饲养对象,在饲料中分别添加不同水平的 β -葡聚糖(添加量分别为0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%和4%),共设6个处理,饲养8周,研究 β -葡聚糖对奥尼罗非鱼增重率、特定生长率和成活率等生长指标的影响。8周后注射嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)进行感染实验,研究 β -葡聚糖对奥尼罗非鱼存活率和免疫调节的影响。观察7天,计算存活率,测定头肾的酸性磷酸酶(ACP)和溶菌酶(LSZ)活性。结果显示,饲养8周后各组成活率为96.67%~100%,添加 β -葡聚糖对增重率、特定生长率、饵料转化率和蛋白质效率影响不显著,1.5%添加组的肥满度显著高于其他各组($P < 0.05$),2.0%添加组奥尼罗非鱼肌肉蛋白含量显著高出对照组和0.5%组分别为3.76和3.02个百分点($P < 0.05$);注射嗜水气单胞菌7天后,对照组的存活率仅为25% β -葡聚糖添加组的存活率在60%~70%,1.5%的 β -葡聚糖添加组可以显著提高($P < 0.05$)奥尼罗非鱼头肾组织ACP和LSZ的活性。结论,全雄奥尼罗非鱼饲料中 β -葡聚糖的适宜添加量在1.0%~1.5%时,可以明显改善其生长性能和抗嗜水气单胞菌感染的能力。[中国水产科学,2006,13(5):767-774]

关键词: 奥尼罗非鱼; β -葡聚糖; 生长性能; 抗病力

中图分类号: S941 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2006)05-0767-08

罗非鱼原产于非洲,遍及非洲大陆及中东、大西洋沿岸,系热带鱼类^[1]。奥尼罗非鱼为奥利亚罗非鱼父本同尼罗罗非鱼母本的杂交品种。随着罗非鱼养殖业迅猛发展,养殖规模不断扩大。高密度养殖导致其养殖环境污染严重、胁迫因子增多、体质变弱、受病害的感染性增强,影响了罗非鱼的健康生长,进而降低了生长率。目前,由于抗生素对人和动物所产生的一系列负面影响,而使人们不断地寻求其他途径来提高罗非鱼的生长率和抗病力。

β -葡聚糖属于非淀粉多糖,存在于酵母细胞壁和真菌的菌丝体中。 β -1,3-葡聚糖作为免疫刺激剂在哺乳动物^[2]和鱼类^[3-6]都得到了证明。比较免疫学家认为,作为低等的脊椎动物,鱼类主要依靠非特异性免疫系统来抵抗病原的入侵^[7]。在鱼类, β -葡聚糖可以刺激巨噬细胞,提高巨噬细胞杀灭病原菌的能力,还可以提高鱼类非特异性免疫机制的其他因子,如溶菌酶和补体系统^[8]。本研究通过在饲料中添加不同水平的 β -葡聚糖以及给奥尼罗非鱼(*Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀)注射致病细菌进行感染试验,以探讨 β -葡聚糖对奥

尼罗非鱼生长性能和免疫机能的影响,旨在为 β -葡聚糖在水产健康养殖上的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验饲料

β -葡聚糖为广东诚一有限公司生产,其中 β -(1,3)-葡聚糖的有效含量为20%,实验饲料配方见表1。每组供试饲料中添加的 β -葡聚糖水平分别为0%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%和4.0%。各饲料原料粉碎过60目筛,微量成分采取逐级扩大法预混,再与大料混合均匀后,用双螺杆制粒机挤压成1.5 mm的颗粒饲料,风干后贮存于-20℃的冰柜中保存备用。

1.2 动物饲养与管理

饲养实验在广东湛江粤海饲料有限公司进行。1 000尾全雄奥尼罗非鱼苗(*Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀)购自湛江市南方苗场,于密闭式养殖系统中暂养7 d,取540尾健康无损伤的鱼苗[初始体质量(1.84 ± 0.02) g]随机分为6个处理组进行实验,每个养殖桶放入30尾作为1个重

收稿日期:2005-08-04; 修订日期:2005-10-31.

基金项目:广东省科技攻关项目(2004B10401006);广东省重大科技兴渔项目(B200309D01).

作者简介:迟淑艳(1977-),女,助教,中国海洋大学在职博士,主要从事水产动物营养与饲料科学的研究,E-mail:chishuyan@yahoo.com.cn

复,每个处理 3 个重复。实验初始每天按照 8 %体质量投喂饲料,投喂时间为 7:00、11:00、15:00、19:00。每次投料前观察鱼的活动和残饵情况,及时调整投喂量,做好记录。饲养实验持续 56 d,持续供氧,每 2 天换 1 次水,水温为 28~29 ℃。

1.3 生长性能的测定

在实验开始即 0 天、第 14 天、第 28 天和第 56 天的前天空腹 24 h 后,对每个重复的实验鱼进行称重,记录初始体质量、阶段体质量和终末体质量,计算其增重率、特定生长率、饵料系数和蛋白质效率比,记录各组的死亡情况,计算成活率(表 2)。饲养实验结束后,对称重完的鱼每个重复取 10 尾,测量其体长和体质量计算肥满度,并对鱼体肌肉成分进

行常规分析。

成活率/ % (SR) = $N_f / N_i \times 100$

增重率/ % (WGR) = $(W_t - W_0) / W_0 \times 100$

特定生长率/ % (SGR) = $(\ln W_t - \ln W_0) / t \times 100$

饵料系数 (FCR) = $W_f / (TW_t - TW_0)$

蛋白质效率/ % (PER) = $(TW_t - TW_0) / (W_f \times CP_f)$

肥满度 (CF) = $W_i / (BL)^3 \times 100$

式中, N_f : 终末尾数, N_i : 初始尾数, W_t : 终末体质量 (g), W_0 : 初始体质量 (g), TW_t : 试验结束时鱼体总质量 (g), TW_0 : 试验初始时鱼体总质量 (g), W_f : 饲料投喂总量 (g), CP_f : 饲料粗蛋白含量, t : 饲养天数, W_i : 实验鱼个体质量 (g); BL (body long): 鱼体长 (cm)。

表 1 实验用饲料配方
Tab. 1 Formulation of the experimental diets

原料 Ingredients	含量/ % Content	营养成分含量 Nutrient contents	
鱼粉 Fish meal	12.00	干物质/ % DM	85.98
豆粕 Soybean meal	35.00	消化能/ kJ · kg ⁻¹ Digestable Energy	11 702.12
花生粕 Peanut meal	12.00	粗蛋白/ % Crude Protein	34.26
菜籽粕 Rapeseed meal	6.00	粗脂肪/ % Crude Fat	7.73
次粉 Wheat meal	24.75	粗纤维/ % Crude Fiber	3.83
啤酒酵母 Yeast powder	3.00	粗灰分/ % Crude Ash	6.24
磷脂 Lecithin	1.00	无氮浸出物/ % Non-nitrogen extraction	26.38
鱼油 Fish oil	2.00	钙/ % Calcium	1.14
豆油 soy oil	2.00	有效磷/ % Available Phosphorus	0.73
磷酸二氢钙 Calcium dihydrogen phosphate	1.50		
矿物质预混料 Mineral mix *	0.50		
维生素预混料 Vitamin mix **	0.20		
氯化胆碱 (50 %) Choline chloride	0.05		
合计 Total	100.00		

注: * 矿物质预混料 (mg/kg): 铁, 15; 锌, 20; 锰, 2; 铜, 1; 碘, 0.2; 硒, 0.05; 钴, 0.25; 镁, 0.06; 钾, 40。
** 维生素预混料: 维生素 A IU · kg⁻¹, 5 000; 维生素 D IU · kg⁻¹, 2 000; 维生素 E IU · kg⁻¹, 80; 维生素 K mg · kg⁻¹, 10; 维生素 B₁ mg · kg⁻¹, 10; 维生素 B₂ mg · kg⁻¹, 5; 维生素 B₆ mg · kg⁻¹, 10; 泛酸 mg · kg⁻¹, 50; 烟酸 mg · kg⁻¹, 121; 胆碱 mg · kg⁻¹, 500; 生物素 mg · kg⁻¹, 1; 叶酸 mg · kg⁻¹, 5; 肌醇 mg · kg⁻¹, 400; 维生素 C mg · kg⁻¹, 50。
Note: * Mineral mix ((mg/kg): iron, 15; zinc, 20; manganese, 2; copper, 1; iodine, 0.2; selenium, 0.05; cobalt, 0.25; magnesium, 0.06; potassium, 40。
** Vitamin mix: vitamin A IU · kg⁻¹: 5000; vitamin D IU · kg⁻¹: 2000; vitamin E IU · kg⁻¹: 80; vitamin K mg · kg⁻¹: 10; vitamin B₁ mg · kg⁻¹: 10; vitamin B₂ mg · kg⁻¹: 5; vitamin B₆ mg · kg⁻¹: 10; pantothenic acid mg · kg⁻¹: 50; niacin mg · kg⁻¹: 121; choline mg · kg⁻¹: 500; biotin mg · kg⁻¹: 1; folacin mg · kg⁻¹: 5; inositol mg · kg⁻¹: 400; vitamin C mg · kg⁻¹: 50。

1.4 感染实验测定

1.4.1 细菌的培养 实验用嗜水气单胞菌 (*Aeromonas hydrophila*) 的菌种购自中国科学院微

生物研究所菌种保藏中心,购回后用营养肉汁琼脂培养基在 28 ℃振荡培养箱中培养 24 h,进行菌苗的复壮,用灭菌生理盐水清洗,集菌,以 4 000 r/min 离

心 15 min,收集沉淀细菌体,进行梯度稀释,确定适当的攻毒浓度后,置 4 °C冰箱保存备用。

1.4.2 感染实验 饲养实验结束后,每组取 20 尾鱼进行感染实验。每尾注射嗜水气单胞菌液(1.07×10^7 /mL)0.1 mL,每组继续投喂原来的实验饲料饲养,记录 1 h、24 h、48 h、96 h、168 h 内鱼累积死亡的情况,计算存活率。

1.5 头肾酶活性的测定

每组取 5 尾,取头肾,用 0.86 %的生理盐水制成 10 %的组织匀浆后,用冷冻离心机 3 000 r/min 离心 15 min,留上清液去沉淀,供测定组织蛋白含量^[9]和测定头肾的酸性磷酸酶(ACP)和溶菌酶(LSZ)活性。酶的活性按照南京建成生物工程研究所的试剂盒进行测定。

1.6 数据分析

采用统计软件 SPSS11.5 进行数据处理,差异

显著性采用 ANOVA, LSD 进行多重比较。

2 结果

2.1 添加 β-葡聚糖对奥尼罗非鱼生长性能的影响

随着 β-葡聚糖浓度的增加,奥尼罗非鱼的特定生长率、增重率、蛋白质效率、成活率均有增加的趋势(表 2)。1.0 %组的特定生长率比对照组高出 4.2 %,饵料系数比对照组低 10.42 %,1.5 %添加组的增重率比对照组高 9.45 %,蛋白质效率比对照组高出 5.12 %,饵料系数与 1.0 %组基本持平。对照组的肥满度分别低于 β-葡聚糖添加组 2.35 %、10.26 %、19.35 %、8.21 %和 4.99 %,其中 1.5 %添加组的肥满度显著高于其他各组($P < 0.05$),详见表 3。

表 2 添加 β-葡聚糖对各实验组奥尼罗非鱼生长性能影响

Tab. 2 Effect of β-glucan on the performance of the hybridization tilapia(*Oreochromis aureus* ♂×*Oreochromis niloticus* ♀)
 $\bar{X} \pm SD$

β-葡聚糖添加量/ % β-glucan level	初体质量/ g Initial body weight	末体质量/ g Final body weight	增重率/ % WGR	特定生长率/ % SGR	成活率/ % SR
0	1.85 ±0.02 ^a	15.45 ±0.26 ^a	737.95 ±14.48 ^a	3.82 ±0.23 ^a	96.67 ±3.33 ^a
0.5	1.84 ±0.00 ^a	15.28 ±0.22 ^a	740.28 ±80.88 ^a	3.85 ±0.18 ^a	97.78 ±1.92 ^a
1.0	1.85 ±0.01 ^a	15.63 ±0.29 ^a	756.42 ±13.30 ^a	3.98 ±0.07 ^a	98.89 ±1.92 ^a
1.5	1.82 ±0.03 ^a	16.79 ±0.49 ^a	807.66 ±21.91 ^a	3.96 ±0.09 ^a	100.00 ±0.00 ^a
2.0	1.85 ±0.02 ^a	15.56 ±1.66 ^a	730.10 ±13.80 ^a	3.79 ±0.05 ^a	98.89 ±1.92 ^a
4.0	1.84 ±0.02 ^a	15.68 ±2.05 ^a	747.28 ±108.27 ^a	3.87 ±0.03 ^a	100.00 ±0.00 ^a

注:表内数据为样本平均数($\bar{X}$)±标准差(SD);同列肩标字母不同表明差异显著($P < 0.05$)。
Note: values in table are means ± standard deviation; superscript in the same column within the different means significant difference($P < 0.05$).

表 3 添加 β-葡聚糖对各实验组奥尼罗非鱼饲料利用和肥满度的影响

Tab. 3 Effect of β-glucan on the feed utilization and condition factor of the hybridization tilapia(*Oreochromis aureus* ♂×*Oreochromis niloticus* ♀)
 $\bar{X} \pm SD$

β-葡聚糖添加量/ % β-glucan level	饵料转化率 FCR	蛋白质效率比 PER	肥满度 CF
0	1.44 ±0.18 ^a	2.15 ±0.03 ^a	3.41 ±0.04 ^e
0.5	1.43 ±0.17 ^a	2.12 ±0.26 ^a	3.49 ±0.06 ^{de}
1.0	1.29 ±0.05 ^a	2.22 ±0.07 ^a	3.76 ±0.14 ^b
1.5	1.30 ±0.06 ^a	2.26 ±0.13 ^a	4.07 ±0.11 ^a
2.0	1.40 ±0.05 ^a	2.11 ±0.09 ^a	3.69 ±0.09 ^{bc}
4.0	1.33 ±0.02 ^a	2.04 ±0.26 ^a	3.58 ±0.03 ^{cd}

注:表内数据为样本平均数($\bar{X}$)±标准差(SD);同列肩标字母不同表明差异显著($P < 0.05$)。
Note: values in table are means ± standard deviation; superscript in the same column within the different means significant difference($P < 0.05$).

由图 1 可以看出,各实验组在初始体质量一致的情况下进行实验。前四周的增重基本一致,然而在第五周到第八周的饲养期间,1.5 % β -葡聚糖添加

组的平均体质量有了变化。饲养结束时的体质量表明,1.5 %添加组的末均质量分别高出其他各组 8.67 %、7.90 %、7.49 %、9.88 %、7.08 %。

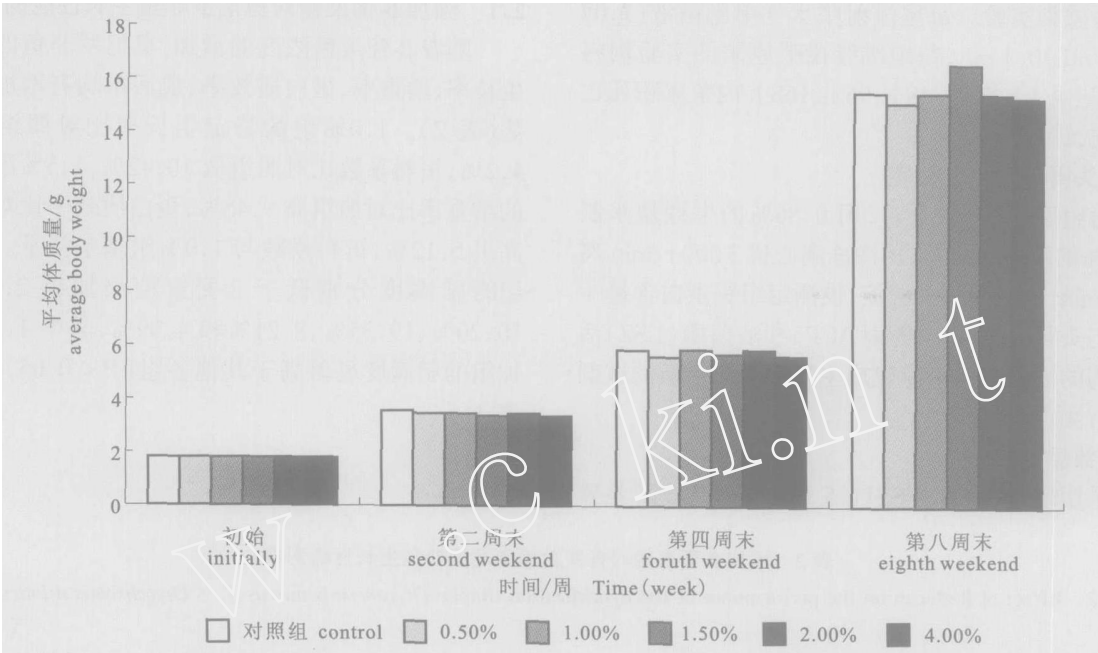


图 1 各实验组奥尼罗非鱼不同生长时期平均体质量

Fig. 1 Average body weight of the hybridization tilapia (*Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀) in the groups at the different growth phase

2.2 添加 β -葡聚糖对奥尼罗非鱼肌肉常规化学成分的影响

饲料中添加 β -葡聚糖对奥尼罗非鱼体成分有显著地影响(表 4)。1.0 %组肌肉水分含量显著低于其余添加组 ($P < 0.05$),与对照组差异不显著。奥尼罗非鱼肌肉蛋白含量随着 β -葡聚糖浓度的增加而

增加,2.0 %组分别显著高出对照组与 0.5 %组 3.76 和 3.02 个百分点 ($P < 0.05$)。粗脂肪则随着 β -葡聚糖的添加量的增加而呈现出下降的趋势,1.5 %组显著低于对照组、0.5 %组、1.0 %组和 4.0 %组 ($P < 0.05$)。

表 4 添加 β -葡聚糖对各实验组奥尼罗非鱼肌肉成分的影响

Tab. 4 Effect of β -glucan on the muscle components of the hybridization tilapia (*Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀)

$\bar{X} \pm SD$				
β -葡聚糖添加量/ % β -glucan level	水分/ % Miosture	粗蛋白 DW/ % Crude protein	粗脂肪 DW/ % Crude lipid	粗灰分 DW/ % Crude ash
0	77.25 $\pm$ 0.38 ^{ab}	82.62 $\pm$ 0.59 ^c	10.70 $\pm$ 0.12 ^a	5.76 $\pm$ 0.22 ^{ab}
0.5	77.52 $\pm$ 0.57 ^a	83.22 $\pm$ 0.61 ^c	9.62 $\pm$ 0.10 ^b	5.69 $\pm$ 0.29 ^{ab}
1.0	76.81 $\pm$ 0.13 ^b	84.89 $\pm$ 0.39 ^{ab}	9.27 $\pm$ 0.27 ^{bc}	5.90 $\pm$ 0.08 ^{ab}
1.5	77.72 $\pm$ 0.05 ^a	84.33 $\pm$ 0.41 ^b	7.78 $\pm$ 0.31 ^d	5.79 $\pm$ 0.01 ^{ab}
2.0	77.43 $\pm$ 0.09 ^a	85.73 $\pm$ 0.64 ^a	8.67 $\pm$ 0.18 ^{cd}	5.46 $\pm$ 0.62 ^b
4.0	76.89 $\pm$ 0.17 ^b	84.77 $\pm$ 0.62 ^{ab}	9.24 $\pm$ 1.20 ^{bc}	6.14 $\pm$ 0.10 ^a

注:DW 为表示饲料干重;表内数据为样本平均数($\bar{X}$) $\pm$ 标准差(SD);同列肩标字母不同表明差异显著($P < 0.05$)。
Note:DW means Dry Weight of the muscle;superscript in the same column within the different means significant difference($P < 0.05$).

2.3 攻毒后对各实验组奥尼罗非鱼头肾酶活力以及存活率的影响

注射嗜水气单胞菌,各时间段观察看出,病鱼漂浮水面,食量减少,体侧及鳍基部出血,眼部、鳃盖和鳃丝充血、出血,鱼死亡情况相继出现。每组均有不同情况的死亡,对照组死亡的情况最严重。

从表 5 看出注射嗜水气单胞菌后,24 h 内对照组的存活率只有 65 %,而添加 β-葡聚糖的试验组存活率都在 90 %以上;168 h 后对照组的存活率降低

到 25 %,比 β-葡聚糖添加组分别低 61.54 %、58.33 %、58.33 %、64.29 %和 61.54 %。

注射嗜水气单胞菌后,各实验组头肾组织溶菌酶活性以 1.5 %添加组最高,显著高于对照组、0.5 %组和 1.0 %组 ($P < 0.05$);并且该组酸性磷酸酶的活性显著高于对照组、0.5 %、1.0 %和 2.0 % ($P < 0.05$),分别高出其他各组 42.94 %、51.63 %、15.24 %、40.66 %和 12.37 % (表 6)。

表 5 注射嗜水气单胞菌对各实验组奥尼罗非鱼存活率的影响

Tab. 5 Survival rate of hybridization tilapia(*Oreochromis aureus* ♂×*Oreochromis niloticus* ♀) fed on diets containing different β-glucan after injected *Aeromonas hydrophila* %

β-葡聚糖添加量/ % β-glucan level	注射后观察时间 Time of observation after the injection				
	1 h	24 h	48 h	96 h	168 h
0	100	65	30	25	25
0.5	100	90	75	65	65
1.0	100	90	65	60	60
1.5	100	95	75	65	60
2.0	100	95	75	75	70
4.0	100	90	75	70	65

表 6 注射嗜水气单胞菌对各实验组奥尼罗非鱼头肾组织酶活性的影响

Tab. 6 Enzyme activities of head kidney of hybridization tilapia(*Oreochromis aureus* ♂×*Oreochromis niloticus* ♀) fed on diets containing different β-glucan after injected *Aeromonas hydrophila* $\bar{x} \pm SD$

β-葡聚糖添加量/ % β-glucan supplementation level	溶菌酶/ (μg mL ⁻¹) LSZ	酸性磷酸酶/ (U mg ⁻¹ prot.) ACP
0	10.10 ±5.65 ^b	11.69 ±1.10 ^c
0.5	23.56 ±4.65 ^b	11.02 ±0.21 ^c
1.0	19.86 ±6.15 ^b	14.50 ±1.10 ^b
1.5	44.66 ±20.71 ^a	16.71 ±1.22 ^a
2.0	44.20 ±14.58 ^a	11.88 ±0.42 ^c
4.0	25.83 ±5.65 ^{ab}	14.87 ±1.98 ^{ab}

注:表内数据为样本平均数($\bar{x}$) ±标准差(SD);同列肩标字母不同表明差异显著($P < 0.05$)。
Note: values in table are means ± standard deviation; superscript in the same column within the different means significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论

免疫刺激剂在提高养殖对象的健康状况中得到了广泛的应用。在鱼类中的应用主要表现为提高机体对各种病原体的抵抗力。免疫刺激剂并非是提高其特异性免疫反应而是通过提高非特异性免疫细胞活性和体液的防御机制来提高抵抗力^[10]。

3.1 β-葡聚糖对生长性能的影响

作为免疫刺激剂的 β-葡聚糖,可以提高水产动

物的生长性能,改善动物的成活率、增重率和饵料转化率。挪威水产养殖研究中心于 1990 年报告中指出,饲喂葡聚糖可使感染弧菌的大西洋鲑(*Salmon salar* L.)的成活率由 7 %左右提高到 70 %左右,在鳗鱼饲料中添加 0.06 %~0.1 %的葡聚糖,可使鳗鱼肠炎发病率降低 30 %~50 %,同时也能刺激鳗鱼食欲,促进生长^[11]。当 β-葡聚糖添加量达到 0.4 %时,对凡纳滨对虾^[12]具有增强食欲,促进生长,提高对虾饲料利用率的作用。刘栋辉等^[13]的实验也表

明,啤酒酵母 β -葡聚糖制剂和维生素C的组合可以显著提高斑节对虾的生长、存活率和血清蛋白,显著降低饲料系数($P < 0.05$)。周歧存等^[14]指出,凡纳滨对虾体质量的增长随着饲料中免疫多糖添加浓度的提高而显著提高($P < 0.05$)。本实验中的全雄奥尼罗非鱼[初始体质量(1.84 ± 0.02) g]在饲养8周后,特定生长率和饵料系数以1.0%添加组最好,增重率、蛋白质效率、肥满度和成活率以1.5%添加组最好,并且该组肥满度显著高于其他各组^[15]。本实验的结果显示,奥尼罗非鱼饲料中添加1.5%的 β -葡聚糖有利于改善鱼体对饲料的利用率。

3.2 β -葡聚糖对机体抗感染能力的影响

鱼类是较低等的脊椎动物,其特异性免疫机制还不完善,多数鱼类体内只有1种免疫球蛋白IgM。由于缺乏高等动物体液免疫中的主要免疫球蛋白IgG,鱼类不具备抗体生成的二次反应。因此非特异性免疫在鱼类免疫防御中具有重要作用。 β -葡聚糖可以通过提高鱼体内吞噬细胞的数量和杀菌活性来提高鱼对外源病菌的抵抗力^[16]。谭北平等^[17]对凡纳滨对虾攻毒后第14天,3个 β -葡聚糖实验组的免疫保护力为75%~80%。 β -葡聚糖有利于提高斑节对虾^[18]和彭泽鲫^[19]的抗病力和存活率。本实验给鱼注射 1.07×10^7 /mL的嗜水气单胞菌7天后,发现添加 β -葡聚糖的试验组存活率为60%~70%,与对照组相比存活率有所提高,与以上研究结果一致。

酸性磷酸酶(acid phosphatase, ACP)和溶菌酶(lysozyme, LSZ)是主要存在于溶酶体内的两种重要的水解酶,对细菌等异物在溶酶体内的消化降解起重要作用。ACP被认为是巨噬细胞(macrophages, M ϕ)的标志酶,ACP活力的高低反映了M ϕ 被激活的程度^[20-21]。ACP可改变细菌等的表面结构,增强其异己性,从而加快对异物的识别、吞噬和清除^[22]。孙虎山等^[23]给栉孔扇贝注射酵母葡聚糖后,ACP活力在1 h、15 h和30 h时均极显著地高于对照组。本实验中ACP的活性随着 β -葡聚糖添加量的上升表现出上升的趋势。Dunier等^[24]认为水产动物体内的溶菌酶是一种重要的非特异性防御因子,特别是鱼的生理防御水平的重要标志之一,也可以体现病原菌及其他环境因素对鱼体健康的影响。Viviane等^[25]的实验表明,添加 β -葡聚糖和维生素C(1 000 mg/kg)可以提高虹鳟血浆溶菌酶的活性。

Engstad等^[26]和Matsuyama等^[27]分别给虹鳟(*Salmo gaidnerii* Richardson)注射 β -葡聚糖、黄尾鲷(*Seriola lalandei* Cuvier et Valenciennes)注射裂褶菌多糖后均提高了血清LSZ的活性。Selvaraj等^[28]给感染嗜水气单胞菌的鲤(*Cyprinus carpio*)注射100 mg、500 mg和1 000 mg的 β -(1,3)-D-葡聚糖,7天后观察到全血中白细胞的数量显著增加,嗜中性粒细胞和单核细胞的比例也有所增加,肾脏巨噬细胞的超氧阴离子产物增多。证明了投喂 β -(1,3)-D-葡聚糖而提高的抵抗力是由非特异性免疫细胞和体液防御机制间接介导的。

本实验测定头肾组织中酸性磷酸酶和溶菌酶的活性结果表明,1.5%添加组奥尼罗非鱼酸性磷酸酶和溶菌酶的活性显著高于对照组,说明 β -葡聚糖可以增进头肾组织巨噬细胞的活性,进而增进分泌溶菌酶的能力,有助于提高奥尼罗非鱼对病原菌的吞噬和清除异己的能力。

4 小结

β -葡聚糖不仅可以改善奥尼罗非鱼的生长性能,还可以作为一种有效的非特异性免疫增强剂显著提高奥尼罗非鱼感染外源病菌的存活率。结果提示,以生长性能、存活率和肾脏酶活性作为参考指标,罗非鱼饲料中 β -葡聚糖的适宜添加量在1.0~1.5%内。

参考文献:

- [1] Abdel-Fattah M, El-Sayed. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp[J]. *Aquaculture*, 1999, 179: 149 - 168.
- [2] Di Luzio, N R. Update on the immunomodulating activities of glucans[J]. *Springer Seminar Immunopathology*, 1985, 8: 387 - 400.
- [3] Robertsen B, Rorstad G, Engstad R E, et al. Enhancement of nonspecific disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. by a glucan from *Saccharomyces cerevisiae* cell walls[J]. *J Fish Dis*, 1990, 13: 391 - 400.
- [4] Anderson D P. Environmental factors in fish health: immunological aspects[A]. *The Fish Immune System: Organism, Pathogen and Environment* (G. Iwama & T. Nakanishi, eds), San Diego [C]. CA: Academic Press, 1996. 289 - 310.
- [5] Robertsen B, Engstad R E, Jorgensen J B. β -glucans as immunostimulants in fish[A]. *Modulators of Fish Immune Responses* (J. S. Stolen & T. C. Fletcher, eds) [C]. Fair Haven, NJ: SOS Publications, 1994. 1: 83 - 99.

- [6] Verlhac V, Obach A, Gabaudan J, et al. Immunomodulation by dietary vitamin C and glucan in rainbow trout[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1998, 8:409 - 424.
- [7] Marta Alonso, Jo-Ann Leong. Suppressive Subtraction Libraries to Identify Interferon-Inducible Genes in Fish[J]. *Mar Biotechnol*, 2002, 4:74 - 80.
- [8] Engstad R E, Robertsen B, Frivold E. Yeast glucan induces increase in lysozyme and complement-mediated haemolytic activity in Atlantic salmon blood[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1992, 2:287 - 297.
- [9] 李建武, 余瑞元, 袁明秀, 等. 生物化学实验原理和方法[M]. 北京: 北京大学出版社, 1994. 9.
- [10] Sakai M. Current research status of fish immunostimulants[J]. *Aquaculture*, 1999, 172:63 - 92.
- [11] 周运和, 王存国. β -1,3-葡聚糖与水生动物的免疫[J]. *中国水产*, 2003, 9:84 - 85.
- [12] 陈云波, 周洪琪, 华雪铭, 等. 饲料中添加 β -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.
- [13] 刘栋辉, 阳会军, 刘永坚. β -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(自然科学版)*, 2002, 41(4):59 - 62.
- [14] 周歧存, 郑艾, 阳会军, 等. 维生素C和免疫多糖对凡纳滨对虾生长、饲料利用和虾体主要成分的影响[J]. *海洋科学*, 2004, 28(8):9 - 13.
- [15] 黄真理, 常剑波. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. *水生生物学报*, 1999, 23(4):330 - 336.
- [16] Robertsen B, Engstad R E, Jorgensen J B. β -glucans as immunostimulants in fish[J]. *Modul Fish Immun Resp*, 1994, 1:83 - 99.
- [17] 谭北平, 周歧存, 郑石轩, 等. β -1,3/1,6-葡聚糖制剂对凡纳对虾生长及免疫力的影响[J]. *高技术通讯*, 2004, 14(5):73 - 77.
- [18] 阳会军, 谭北平, 方怀义. 饲料中添加不同水平 β -葡聚糖对斑节对虾生长、存活及其抗病力的影响[J]. *饲料工业*, 2001, 22(9):18 - 19.
- [19] 许国焕, 吴月嫦, 陶家发. 两种多聚糖对彭泽鲫生长影响及免疫促进作用的初步研究[J]. *水利渔业*, 2002, 22(4):49 - 51.
- [20] 吕建新, 陈国荣, 金丽琴, 等. 蜂花粉对小鼠腹腔巨噬细胞酶活性的影响[J]. *免疫学杂志*, 1993, 9(2):94.
- [21] Cohn Z A. The activation of mononuclear phagocytes: Fact, fancy and future[J]. *J Immunol*, 1978, 121:813.
- [22] Cheng T C, Rodrick G E. Lysosomal and other enzymes in the hemolymph of *Crassostrea virginica* and *Mercenaria mercenaria*[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1975, 52B:443 - 447.
- [23] 孙虎山, 李光友. 硒化卡拉胶和酵母葡聚糖对栉孔扇贝血淋巴中两种水解酶活力的影响[J]. *海洋与湖沼*, 2002, 33(3):245 - 249.
- [24] Dunier M, Siwicki A K, Demael. Effects of organophosphorus insecticides: Effects of trichlorfon and dichlorvos on the immune response of carp (*Cyprinus carpio*). III In vitro effects on lymphocyte proliferation and phagocytosis and invivo effects on humoral response[J]. *Ecotoxicol Environ Saf*, 1991, 22:79 - 87.
- [25] Viviane Verlhac, Alex Obach, Jacques Gabaudan, et al. Immunomodulation by dietary vitamin C and glucan in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1998, 8:409 - 424.
- [26] Engstad R E, Robertsen B, Frivold E. Yeast glucan induces increase in lysozyme and complement-mediated haemolytic activity in Atlantic salmon blood[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1992, 2:287 - 297.
- [27] Matsuyama H, Mangindaan R E P, Yano T. Protective effect of schizophyllan and scleroglucan against streptococcus sp. Infection in yellowtail (*Seriola quinque radiata*) [J]. *Aquaculture*, 1992, 101:197 - 203.
- [28] Selvaraj V, Sampath K, Sekar V. Administration of yeast glucan enhances survival and some non-specific and specific immune parameters in carp (*Cyprinus carpio*) infected with *Aeromonas hydrophila*[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2005, 19:293 - 306.

Effects of dietary β -glucan on growth performance and disease resistance of juvenile hybrid tilapia (*Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀)

CHI Shu-yan, ZHOU Qi-cun, ZHOU Jian-bin, YANG Qi-hui, DONG Xiao-hui

(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: One thousand hybridization tilapia (*Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀) were fed with the basal diet for 7 days. On day 8, five hundred forty fish [initial weight (1.84 ± 0.02) g] were selected and randomly divided into 6 treatments with 3 replicates of 30 fish each for the feeding test. β -(1,3)-glucan was administered to the hybridization tilapia through the diets at six levels (0, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 4.0%, respectively) as measured the weight gain rate (WGR), special growth rate (SGR), survival rate (SR) and nutrients of muscle. The feed test period was 8 weeks. At the end of the feeding test, the fish were selected, 10 in each replicate randomly for infection test for 7 days. Effects of β -(1,3)-glucan administration on survival and immune modulations were studied in the fish against the bacterial pathogen, *Aeromonas hydrophila* by injection. SR was determined at different times after injection (1 h, 24 h, 48 h, 96 h, 168 h, respectively). On day 7, test animals injected bacterial pathogen were collected to measure the acid phosphates (ACP) activity and lysozyme (LSZ) activity of head kidney. The results showed that after 56 days of feeding, survival rate ranged from 96.67%~100% and WGR, SGR and SR were not significantly different ($P > 0.05$) among dietary treatments. The condition factor of the animals fed on 1.5% β -glucan was significantly higher than the others ($P < 0.05$). The muscle protein contents of the fish fed on 2.0% β -glucan were 3.76% and 3.02% higher than the control and 0.5% group, respectively ($P < 0.05$). On day 7 after injection of *Aeromonas hydrophila*, SR of the control was only 25%, and that of β -glucan supplementation groups were between 60% and 70%. The acid phosphates activity and lysozyme activity of head kidney were significantly higher in the hybridization tilapias fed on 1.5% β -glucan. Conclusion, in this test, 1.0% - 1.5% β -glucan supplementation in the dietary of hybridization tilapia was recommended considering the performance and disease resistance. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(5): 767 - 774]

Key words: *Oreochromis aureus* ♂ $\times$ *Oreochromis niloticus* ♀; β -glucan; growth performance; disease resistance