

文章编号: 1004 - 2490 (2005) 04 - 0286 - 06

木聚糖酶和复合酶制剂 PS 对尼罗罗非鱼 生长性能、非特异性免疫能力的影响

钟国防, 周洪琪

(上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090)

摘 要: 采用单因子浓度梯度法, 以基础饲料为对照组, 分别将木聚糖酶和复合酶制剂 PS 以 0.05%、0.10%、0.15% 的剂量添加到基础饲料中, 饲养尼罗罗非鱼 (初重 32.65 ± 4.16 g), 60d 后测定鱼体的生长性能和非特异性免疫能力。结果表明: 饲料中添加木聚糖酶、复合酶制剂 PS 能显著促进尼罗罗非鱼的生长; 添加酶制剂实验组的超氧化物歧化酶活性、溶菌酶活力和抗活性氧能力均显著高于对照组 ($P < 0.01$), 添加酶制剂能够提高尼罗罗非鱼的非特异性免疫能力。木聚糖酶或复合酶制剂 PS 在尼罗罗非鱼饲料中的适宜添加量是 0.1%。

关键词: 尼罗罗非鱼; 木聚糖酶; 复合酶制剂 PS; 生长性能; 超氧化物歧化酶; 溶菌酶; 活性氧

中图分类号: S963.73 **文献标识码:** A

The effects of xylanase and multi - enzyme PS on the production performance and the ability of non - specific immunity of *Oreochromis niloticus*

ZHONG Guo - fang, ZHOU Hong - qi

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

Abstract: This study was conducted to evaluate the effect of xylanase and multi - enzyme PS on *Oreochromis niloticus*. *Oreochromis niloticus* (average initial weight 32.65 ± 4.16 g) were fed the basal diet supplemented with 0.05%, 0.10%, 0.15% xylanase and 0.05%, 0.10%, 0.15% multi - enzyme PS, respectively. The trial lasted 60 days. In conclusion, the addition of xylanase or multi - enzyme PS to the diet had significant positive effects on growth performance; the superoxide dismutase activity, lysozyme activity and the ability of resistance to active oxygen of the spleen and hepatopancreas of *Oreochromis niloticus* were all significantly higher than those of the control ($P < 0.01$). It could improve the ability of the non - specific immunity of *Oreochromis niloticus*. Addition of 0.10% of xylanase or multi - enzyme to the diet might be sufficient for optimal performance of *Oreochromis niloticus*.

Key words: *Oreochromis niloticus*; xylanase; multi - enzyme PS; growth performance; superoxide dismutase; lysozyme; active oxygen

收稿日期: 2005 - 08 - 16

资助项目: 上海市水产养殖重点学科项目 (2002156)

作者简介: 钟国防 (1974 -), 男, 水产养殖学硕士, 助理研究员, 研究方向: 鱼类营养与饲料科学, Tel: 021-65710302, E - mail: gfzhong@shfu.edu.cn

自 20 世纪 80 年代以来,酶制剂已成为畜禽养殖业上的应用热点。一些研究者报道了葡聚糖酶^[1]、木聚糖酶^[2]对肉鸡的影响以及 β -甘露糖酶对肉鸡和蛋鸡的影响^[3,4]。酶制剂在水产养殖上的应用报道还不多,本试验采用酶制剂作为添加剂饲养尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*),研究其对尼罗罗非鱼生长性能和非特异性免疫能力的影响。通过测定尼罗罗非鱼肝胰脏和脾脏的超氧化物歧化酶活力、溶菌酶活力和抗活性氧能力来评价尼罗罗非鱼的免疫功能,为酶制剂作为免疫添加剂在水产养殖中应用的可行性以及对水产动物的防病治病提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼

本试验尼罗罗非鱼来自上海宝山区水产推广站试验场,平均体重 32.65 ± 4.16 g,先暂养在上海渔业机械仪器研究所,2003 年 7 月 30 日运至上海水产大学南汇养殖场。

1.2 实验酶制剂

本试验采用的两种酶制剂是木聚糖酶和复合酶制剂 PS。木聚糖酶是单酶,酶活力为 18000nmol/(s·g),来自河南师范大学;复合酶制剂 PS 主要由 α -淀粉酶 (>200BAU/g)、纤维素分解酶 (>25CMCV/g)、蛋白酶 (>2400HUT/g)三种酶组成,由上海润通生物技术有限公司提供。

1.3 实验设计

本实验采用单因子浓度梯度法,在基础饲料中分别添加 0.05%、0.10%、0.15%的木聚糖酶制成 D、E、F 三种实验饲料;基础饲料中分别添加 0.05%、0.10%、0.15%的复合酶制剂 PS 制成 A、B、C 三种实验饲料;以基础饲料 G 为对照组的饲料,试验组和对照组各设三个平行组。

1.4 试验饲料

按实验设计,在基础饲料中分别添加不同剂量的木聚糖酶和复合酶 PS。用逐级扩大法将酶制剂和各种原料混合,加工成直径为 1.5mm 的颗粒,晒干备用。饲料主要营养成分含量见表 1。

表 1 试验饲料营养物质的含量
Tab 1 Nutritional composition of the experimental diets (%)

饲料 Feed	复合酶 PS Multi-enzyme PS	木聚糖酶 Xylanase	蛋白质 Crude protein	脂肪 Crude fat	水分 Moisture	灰分 Crude ash
A	0.05		36.26	5.89	11.38	8.58
B	0.10		37.48	6.21	10.93	8.62
C	0.15		37.37	6.33	10.92	8.94
D		0.05	37.05	6.30	10.94	8.47
E		0.10	36.56	6.40	11.42	8.59
F		0.15	37.05	6.71	10.95	8.70
G*	0.00	0.00	37.26	6.00	11.35	8.36

注: *为对照组
Note: * the control group

1.5 饲养管理

1.5.1 生长性能试验

将鱼饲养在大小为 4m×2m×1.5m 的网箱内,网箱有效水深为 70cm,每个网箱内放鱼 16ind。实验开始前用基础饲料驯养 10d,8 月 10 日开始投实验饲料,日投喂量为实验鱼体重的 2%~3%,每天定时投饵两次 (9:00、17:00)。根据摄食情况适当调整投饵量。每次投饵后,观察摄食情况,1h 后停气,用小捞网捞取残饵,凉干后称重。饲养期间水温为 23.0~29.7℃。试验时间为 2003 年 8 月 10 日至 2003 年 10 月 9 日。

1.5.2 样本处理

饲养 60d 后, 每组随机取 8 尾鱼, 取出肝胰脏和脾脏, 用 PBS 液 (0.1M, pH6.4) 冲洗后, 称取 0.2g, 用剪刀剪碎组织, 转入匀浆器中再加入 PBS 液在冰浴中匀浆, 把匀浆后的液体移入 1.5ml 离心管中, 4000rpm 离心 1min, 取上清液待测。

1.6 测定

1.6.1 生长试验测定

在试验开始和试验结束 (试验结束的前一天停止投饵, 将鱼饥饿 1d), 用电子天平称鱼体重 (精确到 0.01g), 计算相对增重率、饲料系数、蛋白质效率。

$$\text{相对增重率}(\%) = \frac{\text{试验末鱼体重} - \text{试验初鱼体重}}{\text{试验初鱼体重}} \times 100$$

$$\text{饲料系数} = \frac{\text{投饵量} - \text{残饵量}}{\text{试验末鱼总体重} + \text{试验中死亡鱼体重} - \text{试验初鱼体重}}$$

$$\text{蛋白质效率} = \frac{W_2 - W_1}{P \times F} \times 100$$

$$\text{成活率} = \text{实验后鱼尾数} / \text{实验前鱼尾数}$$

式中 W_2 为试验末鱼总体重 (g), W_1 为试验初鱼总体重 (g), P 为饲料中的蛋白质含量 (%), F 为摄取的饲料总重量 (g)。

1.6.2 溶菌活力测定

溶菌活力测定, 采用 Hultmark 等 (1980) 方法改进。溶壁微球菌 (*Micrococcus lysodeikticus*) 购自中国科学院北京微生物研究所。溶菌活力 U 按下式计算: $U = (A_0 - A) / A$, 式中 A_0 为 37°C 水浴反应前吸光值, A 为 37°C 水浴反应后吸光值。

1.6.3 超氧化物歧化酶活力测定

超氧化物歧化酶活力采用南京建成生物有限公司的试剂盒直接测定, 蛋白含量采用考马斯亮兰法测定。超氧化物歧化酶活力单位: $U / \text{mg protein}$ 。

1.6.4 组织中抗活性氧单位的测定

抗活性氧单位的定义: 每毫克组织蛋白在 37°C 下反应 1min, 使反应体系中 H_2O_2 的浓度降低 1mmol/L 为一个抗活性氧单位。

组织抗活性氧的测定采用南京建成生物有限公司的活性氧试剂盒测定, 蛋白含量采用考马斯亮兰法。抗活性氧单位为: $U / \text{mg protein}$ 。

1.7 数据处理

数据处理采用 SAS 分析软件进行单因子方差分析 (One-way ANOVA) 和 Duncan's Multiple Range Test。

2 结果

2.1 木聚糖酶对尼罗罗非鱼生长性能的影响

0.10% 木聚糖酶组的增重率比对照组提高了 53.30%, 显著高于对照组 ($P < 0.05$) (表 2); 而 0.05%、0.15% 木聚糖酶组的增重率虽然分别比对照组提高了 30.40%、17.30%, 但与对照组没有显著差异。从饲料利用上来看, 0.05%、0.10%、0.15% 木聚糖酶组的饲料系数分别比对照组下降了 27.49%、31.58%、18.13%, 显著低于对照组 ($P < 0.05$), 大大地提高了饲料的利用率。从蛋白质效率来看, 0.05%、0.10%、0.15% 木聚糖酶组的蛋白质效率比对照组分别提高了 37.40%、47.38% 和 22.30%, 显著高于对照组 ($P < 0.05$)。

表 2 尼罗罗非鱼的生长性能与饲料中木聚糖酶添加量的关系
Tab 2 Growth performance of O reochrom is niloticus fed the diets supplemented with xylanase

组别 Group	木聚糖酶 (%) Xylanase	初始尾重 (g/ind) Initial average weight	试验末尾重 (g/ind) Final average weight	成活率 (%) Survival rate	增重率 (%) Growth rate	饲料系数 Feed conversion rate	蛋白质效率 Protein efficiency
D	0.05	31.66 ±3.65	94.75 ±5.40	100	200.52 ±17.11 ^{ab}	1.24 ±0.05 ^{bc}	2.18 ±0.08 ^a
E	0.10	32.08 ±3.00	107.00 ±1.14	100	235.44 ±31.19 ^a	1.17 ±0.06 ^c	2.33 ±0.11 ^a
F	0.15	37.33 ±2.12	104.60 ±9.79	100	180.34 ±23.37 ^b	1.40 ±0.01 ^b	1.94 ±0.13 ^b
G*	0.00	32.65 ±4.16	82.31 ±7.13	100	153.75 ±25.28 ^b	1.71 ±0.17 ^a	1.58 ±0.16 ^c

注:表中同列小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。*为对照组。
Note: Different letters in the same column are significantly different($P < 0.05$). * the control group.

2.2 复合酶制剂 PS对尼罗罗非鱼生长性能的影响

对照组的相对增重率为 153.75% (表 3), 0.10%、0.15%复合酶 PS 组的增重率比对照组分别提高了 46.78%、54.97% ($P < 0.05$), 而 0.05%复合酶 PS 组的增重率与对照组没有显著差异 ($P > 0.05$)。0.10%、0.15%复合酶 PS 组的饲料系数分别比对照组下降了 30.99%、32.16% ($P < 0.05$), 大大地提高了饲料的利用率。0.05%复合酶 PS 组的饲料系数比对照组下降了 14.62% ($P < 0.05$), 亦提高了饲料的利用率。从蛋白质效率来看, 0.10%、0.15%复合酶 PS 饲料组的蛋白质效率分别比对照组提高了 43.97%、47.79% ($P < 0.05$), 0.05%复合酶 PS 试验组的蛋白质效率比对照组提高了 19.27% ($P < 0.05$)。

表 3 尼罗罗非鱼的生长性能与饲料中复合酶制剂 PS添加量的关系
Tab 3 Growth performance of O reochrom is niloticus fed the diets supplemented with multi-enzyme

组别 Group	复合酶 (%) Multi-enzyme	初始尾重 (g/ind) Initial average weight	试验末尾重 (g/ind) Final average weight	成活率 (%) Survival rate	增重率 (%) Growth rate	饲料系数 Feed conversion rate	蛋白质效率 Protein efficiency
A	0.05	29.89 ±3.61	90.00 ±8.66	100	201.61 ±6.95 ^{ab}	1.46 ±0.06 ^b	1.89 ±0.10 ^b
B	0.10	32.75 ±3.48	105.85 ±11.10	100	225.68 ±47.59 ^a	1.18 ±0.09 ^c	2.28 ±0.16 ^a
C	0.15	31.96 ±5.51	106.85 ±10.98	100	238.27 ±41.56 ^a	1.16 ±0.08 ^c	2.31 ±0.15 ^a
G*	0.00	32.65 ±4.16	82.31 ±7.13	100	153.75 ±25.28 ^b	1.71 ±0.17 ^a	1.58 ±0.16 ^c

注:表中同列小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。*为对照组。
Note: Different letters in the same column are significantly different($P < 0.05$). * the control group.

2.3 酶制剂对尼罗罗非鱼肝胰脏和脾脏非特异性免疫能力的影响

2.3.1 木聚糖酶对尼罗罗非鱼肝胰脏和脾脏的超氧化物歧化酶活力、溶菌酶活力和抗活性氧能力的影响 (表 4)

表 4 超氧化物歧化酶、溶菌酶和活性氧与不同酶制剂及其添加量的关系
Tab 4 Superoxide dismutase, lysozyme and active oxygen of O reochrom is niloticus fed on different dietary enzyme

组别 Group	肝胰脏 hepatopancrea			脾脏 spleen		
	超氧化物歧化酶 Superoxide dismutase	溶菌酶 Lysozyme	活性氧 Active oxygen	超氧化物歧化酶 Superoxide dismutase	溶菌酶 Lysozyme	活性氧 Active oxygen
A	114.17 ±6.93 ^{Cc}	0.201 ±0.01 ^{Aa}	54.40 ±1.55 ^{Bc}	80.81 ±9.85 ^{ABb}	0.207 ±0.02 ^{Aa}	21.25 ±1.23 ^{Bb}
B	125.52 ±12.18 ^{Bb}	0.133 ±0.01 ^{Bb}	67.86 ±5.32 ^{Aa}	92.09 ±10.69 ^{Aa}	0.186 ±0.02 ^{ABb}	33.10 ±4.90 ^{Aa}
C	150.50 ±5.56 ^{Aa}	0.113 ±0.01 ^{Bc}	63.41 ±4.25 ^{Ab}	77.35 ±11.78 ^{Bb}	0.175 ±0.01 ^{Bb}	13.76 ±2.00 ^{Cc}
D	110.13 ±8.66 ^{BbCc}	0.133 ±0.01 ^{Bb}	59.22 ±3.97 ^{Bb}	73.02 ±4.96 ^{ABb}	0.191 ±0.02 ^{Aa}	11.81 ±1.19 ^{Cc}
E	117.20 ±11.86 ^{Bb}	0.144 ±0.01 ^{Bb}	60.21 ±2.78 ^{Bb}	85.23 ±11.18 ^{Aa}	0.202 ±0.03 ^{Aa}	21.51 ±1.23 ^{Bb}
F	139.15 ±10.18 ^{Aa}	0.175 ±0.01 ^{Aa}	70.55 ±3.81 ^{Aa}	66.96 ±10.46 ^{BbC}	0.204 ±0.02 ^{Aa}	27.25 ±2.23 ^{Aa}
G*	103.23 ±5.59 ^{Cc}	0.079 ±0.01 ^{Cc}	46.64 ±3.46 ^{Cc}	56.91 ±7.25 ^{Cc}	0.125 ±0.01 ^{Bb}	6.781 ±0.99 ^{Dd}

注:表中大写字母不同表示差异极其显著 ($P < 0.01$), 小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。*为对照组。
Note: Different capital letters indicate great significantly different ($P < 0.01$), and different small letters indicate significantly different ($P < 0.05$). * the control group.

添加量为 0.05%、0.10%、0.15% 的实验组,肝胰脏的超氧化物歧化酶活力分别为 110.1、117.2、139.2,比对照组的 103.2 分别提高了 6.7%、13.5%、34.8%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$);脾脏的超氧化物歧化酶活力分别为 73.0、85.2、67.0,比对照组的 56.9 分别提高了 28.3%、49.8%、17.7%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。

添加量为 0.05%、0.10%、0.15% 的实验组,肝胰脏的溶菌酶活力分别为 0.13、0.14、0.18,比对照组的 0.08 分别提高了 62.5%、75.0%、125.0%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$);脾脏的溶菌酶活力分别为 0.19、0.20、0.20,比对照组的 0.12 分别提高了 58.3%、66.7%、66.7%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。

添加量为 0.05%、0.10%、0.15% 的实验组,肝胰脏的抗活性氧能力分别为 59.23、60.22、70.56,比对照组的 46.64 分别提高了 27.0%、29.1%、51.3%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$);脾脏的抗活性氧能力分别为 11.81、21.52、27.25,比对照组的 6.78 分别提高了 74.2%、217.4%、301.9%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。

2.3.2 复合酶制剂 PS 对尼罗罗非鱼肝胰脏和脾脏的超氧化物歧化酶活力、溶菌酶活力和抗活性氧能力的影响 (表 4)

添加量为 0.05%、0.10%、0.15% 的实验组,肝胰脏的超氧化物歧化酶活力分别为 114.2、125.5、150.5,比对照组的 103.2 分别提高了 10.6%、21.6%、45.8%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$);脾脏的超氧化物歧化酶活力分别为 80.8、92.1、77.3,比对照组的 57.0 分别提高了 41.8%、61.6%、35.6%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。

添加量为 0.05%、0.10%、0.15% 的实验组,肝胰脏的溶菌酶活力分别为 0.20、0.13、0.11,比对照组的 0.08 分别提高了 150.0%、62.5%、37.5%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$);脾脏的溶菌酶活力分别为 0.21、0.19、0.18,比对照组的 0.12 分别提高了 75.0%、58.3%、50.0%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。

添加量为 0.05%、0.10%、0.15% 的实验组,肝胰脏的抗活性氧能力分别为 54.41、67.86、63.41,比对照组的 46.64 分别提高了 16.7%、45.5%、36.0%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$);脾脏的抗活性氧能力分别为 21.25、33.11、13.76,比对照组的 6.78 分别提高了 213.4%、388.2%、102.9%,极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。

3 讨论

3.1 酶制剂对尼罗罗非鱼生长性能的影响

木聚糖酶类是专一降解木聚糖的一种复合酶,在畜禽中的研究表明,木聚糖酶能够降低肠道内容物的粘度,发挥促生长作用和提高饲料转化效率的作用^[5,6]。木聚糖酶在水产养殖中的应用还未见有报道,本实验采用的木聚糖酶是属于黑曲霉产木聚糖酶,酶活力为 18000 nmol/(s·g)。本实验的基础饲料中豆粕、次粉含量较多,含有非淀粉多糖,而鱼类的消化道不能分泌木聚糖酶,所以补充外源木聚糖酶能有效降解木聚糖,降低碳水化合物的粘稠度、降低食糜的胶化作用,从而降低肠道内容物的粘度,增加营养物质的消化吸收率,改善饲料的能值和适口性,提高增重率和饲料利用率,这与 Daskiran 等 (2004)^[3]、Leslie 等 (2005)^[11]、Wu 等 (2005)^[4] 报道的葡萄糖酶和 β -甘露糖酶能提高单胃动物的饲料转化率相似。

复合酶制剂是一种含有生物活性的酶,能全面促进饲料中营养成分的消化分解,解除日粮中的多种抗营养因子,补充内源性酶的不足,提高动物对营养成分的消化吸收,提高饲料效率^[7,8]。本试验复合酶 PS 主要含有淀粉酶、纤维素酶和蛋白酶,在尼罗罗非鱼的饲料中适量添加,能有效降解饲料原料中的纤维素、半纤维素、果胶、芥子苷等抗营养物质和难以消化的物质,使之转化为消化道能吸收的营养物质,提高饲料效率和有助于改善其他主要营养物质的消化吸收,起到了间接营养的作用。

0.10% 木聚糖酶或复合酶制剂 PS 是尼罗罗非鱼饲料的适宜添加量。在一定的范围内,随酶制剂添加量的增加试验鱼的生长加快,但过量添加后生长速度不能够进一步增加。酶制剂的最佳添加水平因

鱼的种类和酶制剂的种类而异。异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*)的酶制剂适宜添加量为 0.75g/kg^[8],彭泽鲫 (*Carassius auratus*)的酶制剂适宜添加量为 0.2%^[7],鲤鱼 (*Cyprinus carpio*)的酶制剂适宜添加量为 550g/t^[9],与本试验的结果适宜添加量 0.10%有一定差异,这除了各自试验所用的酶不同而造成的差异外,同时也说明不同鱼种对外源性酶的需求量是不一样的。

3.2 酶制剂对尼罗罗非鱼非特异性免疫能力的影响

本实验的结果表明,在饲料中添加复合酶制剂后,尼罗罗非鱼的超氧化物歧化酶活力、溶菌酶活力和抗活性氧能力都有极显著提高 ($P < 0.01$)。在动物体内超氧化物歧化酶的活性因组织而不同,以肝脏的活性最高,超氧化物歧化酶活性与生物的免疫水平密切相关^[10]。鱼类的特异性免疫系统不完善^[11,12],溶菌酶作为鱼类非特异性免疫就更为重要,有研究发现,暴发鱼病后幸存的鱼其血清中的溶菌酶活力显著提高^[13]。曹丹等(2002)研究表明,0.3%的硒酵母和 100×10^{-6} 大蒜素可极显著地增加暗纹东方鲀 (*Fugu obscurus*)脾脏的溶菌酶活力^[14]。本实验结果表明,酶制剂可以极大地提高尼罗罗非鱼肝胰脏和脾脏的溶菌酶活力。活性氧是需氧生物把氧分子还原成水时产生的一些有毒性的中间产物、以及脂质过氧化链式反应的中间产物等较 O_2 活泼的自由基或非自由基的统称。活性氧自由基的一些反应被认为与许多疾病的成因直接相关^[15]。从本试验结果可知,用添加了酶制剂的饲料饲养尼罗罗非鱼,其肝脏和脾脏组织的抗活性氧能力都比对照组有显著提高。

添加酶制剂能显著提高尼罗罗非鱼肝脏和脾脏中超氧化物歧化酶的活性、溶菌酶活性和抗活性氧能力。这主要是养分利用率对免疫应答有间接作用。其作用机制是添加酶制剂后,提高了尼罗罗非鱼的消化吸收能力,特别是提高了鱼体对蛋白质及其它营养成分的利用率,从而也促进了相关免疫因子的合成,加强了鱼体的代谢水平,产生了更多的 O_2^- 等自由基,相应地也提高了超氧化物歧化酶的活性和抗氧化能力。

参考文献:

[1] Leslie M A, Moran E T, Bedford M R. The effect of phytase and glucanase supplementation to com soy diets on AME[J]. Journal of Poultry Science, 2005, 84 (Supplement): 106.

[2] Ponte P IP, Ferreira L M A, Soares M A C, et al Use of cellulases and xylanases to supplement diets containing alfalfa for broiler chicks: effects on bird performance and skin color[J]. Journal of Applied Poultry Research, 2004, 13: 412 - 420.

[3] Daskiran M, Teeter R G, Fodge D, et al An evaluation of endo - β - D - mannanase (Hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets varying in β - mannan content[J]. Journal of Poultry Science, 2004, 83: 662 - 668.

[4] Wu G, Bryant M M, Voitle R A, et al Effects of β - mannanase in com - soy diets on commercial leghoms in second - cycle hens[J]. Journal of Poultry Science, 2005, 84: 894 - 897.

[5] 王海英, 冯于明, 袁建敏. 小麦日粮中添加木聚糖酶对肉仔鸡生产性能的影响[J]. 饲料研究, 2003, 12: 1 - 5.

[6] Inborr J. Practical application of feed enzyme[J]. Feed compounder, 1993, (10): 41 - 49.

[7] 陈应华. 复合酶制剂对彭泽鲫生长性能的影响试验[J]. 饲料工业, 2001, 22 (3): 27 - 28.

[8] 刘文斌, 周岩民. 饲料中添加酶制剂对异育银鲫消化和增重的影响[J]. 南京农业大学学报, 1999, 22 (3): 57 - 60.

[9] 周小秋, 王若军. 复合酶制剂在鲤鱼饲料中适宜添加量研究[J]. 饲料广角, 2001, 12: 24 - 25.

[10] 林林, 丁美丽, 孙舰军, 等. 有机污染提高对虾病原菌敏感性实验[J]. 海洋学报, 1998, 20 (1): 90 - 93.

[11] Grinde B, Lie Φ , Poppe T, et al Species and individual variation in lysogyme activity in fish of interest in aquaculture[J]. Aquaculture, 1988, 168 (4): 299 - 304.

[12] Lindsay G J H. The significance of chitinolytic engymes and lysogyme in rainbow trout defence[J]. Aquaculture, 1986, 151: 169 - 173.

[13] McPynner, R Φ ed 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.

[14] 曹丹, 周洪琪. 不同添加剂对暗纹东方鲀生长和脾脏溶菌酶活力的影响[J]. 水产科技, 2002, (3): 17 - 19.

[15] Marx J L. Oxygen free radical linked to many diseases[J]. Science, 1987, 235: 529.