

魔芋甘露寡糖对黄颡鱼非特异性免疫功能及生长的影响*

于艳梅 吴志新** 陈孝煊 赵杨 张朋
周金敏 岳刚毅 王树云 曲艺

华中农业大学水产学院, 武汉 430070

摘要 以健康黄颡鱼为试验鱼,按投喂饲料的不同分为5组,3个平行。对照组投喂基础饲料,试验组KM_{0.1}、KM_{0.2}、KM_{0.3}、M_{0.3}在基础饲料中分别添加0.1%、0.2%、0.3%的魔芋甘露寡糖及0.3%的酵母甘露寡糖,研究日粮中添加不同含量甘露寡糖对黄颡鱼非特异性免疫功能及生长的影响。结果表明:投喂0.2%魔芋甘露寡糖14~28 d,血液白细胞吞噬活性显著高于对照组,14 d吞噬百分率PP、吞噬指数PI达到最大值,分别为66.00%、5.24。在整个试验过程中,KM_{0.3}、M_{0.3}组与对照组之间PP、PI均无显著性差异。KM_{0.2}组与对照组相比能显著增强血清溶菌酶、超氧化物歧化酶活性,在第35天时溶菌酶活性达到最大值(0.31),第7天时SOD活性达到最大值(136.67)。除第42天外,KM_{0.3}、M_{0.3}组与对照组SOD活性无显著性差异。投喂不同含量魔芋甘露寡糖均能增加黄颡鱼头肾指数、后肾指数、脾体指数,促进生长、降低饵料系数。KM_{0.2}组质量增加率最高(95.68%)、饵料系数最低(1.63)。0.3%酵母甘露寡糖组与对照组相比也能显著促进黄颡鱼的生长,降低饵料系数,其中质量增加率为64.91%、饵料系数为1.84。

关键词 黄颡鱼;甘露寡糖;非特异性免疫功能;生长

中图分类号 Q 959.46 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)03-0351-05

近几年免疫增强剂成为国内外研究热点。甘露寡糖(mannan oligosaccharides, Mos)广泛存在于魔芋粉、瓜儿豆胶、田菁胶和微生物细胞壁中。Mos能促进动物机体肠道中双歧杆菌、乳酸杆菌等有益菌的增殖,抑制大肠杆菌等有害菌的生长,促进机体的生长发育、降低饵料系数,并通过影响血液淋巴细胞数、白细胞吞噬活性、血清SOD、PSH-PX、LZM活性、抗体及白细胞介素等多种因子,提高机体免疫力^[1-2]。张红梅等^[3]研究表明,幼鲤饵料中添加0.3%酵母Mos,可使质量增量提高12.0%,饵料系数降低18.0%。这些报道大多是针对酵母Mos对动物机体的影响,而对魔芋甘露寡糖(konjac mannan oligosaccharides, Kon-Mos)的研究报道还很少见。

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)是一种重要的养殖鱼类,目前对黄颡鱼的营养、应激、遗传等有较多研究^[4-6],笔者以黄颡鱼为研究对象,通过在饲料中添加不同含量Kon-Mos,考察其对黄颡鱼非特

异性免疫功能及生长的影响,以期为Mos在水产养殖业、饲料业中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼及饲养条件

黄颡鱼购于国家淡水渔业工程技术研究中心(武汉市阳逻区),均为当年鱼种。试验鱼用3%食盐消毒后,饲养于华中农业大学水产养殖基地流水养殖系统。每天09:00和16:00分别按鱼体质量的3%~5%投喂饲料。试验期间水温22~28℃,pH值为6.4~7.0,溶氧大于5.0 mg/L。

1.2 试验饲料

魔芋甘露寡糖购于湖北东方天琪生物工程股份有限公司(纯度≥90%),糖分子的聚合度为3~8。酵母甘露寡糖购于安琪酵母股份有限公司(甘露寡糖≥20%、β-葡聚糖≥20%、蛋白质≤35%)。以鱼粉(40%)、豆粕(20%)、面粉(25%)、米糠(10%)为

收稿日期:2009-12-09;修回日期:2010-03-11

* 国家科技支撑计划项目(2007BAD37B02)、湖北省“十一五”科技攻关项目(2006AA203A02、2007AA203A01)资助

** 通讯作者。E-mail: wuzhixin@mail.hzau.edu.cn

于艳梅,女,1984年生,硕士研究生。研究方向:营养与免疫。E-mail: yu_yanmei_20@126.com

主要原料, 搭配复合矿物盐(1.0%)、复合维生素(1.0%)、豆油(2.0%)、粘合剂(0.5%)、腥味饵料(0.5%)配制基础饲料, 用制粒机制粒, 并制成 1.5 mm 的颗粒料, 在室温下风干, 备用。饲料营养成分实测指标: 粗蛋白 36.80%, 粗脂肪 4.01%, 水分 9.87%, 灰分 10.75%。

1.3 试验设计

试验分 2 个阶段进行, 第 1 阶段研究投喂不同含量 Kon-Mos 对黄颡鱼非特异性免疫功能的影响。黄颡鱼驯养 30 d 后, 随机选取体质健康、规格均匀的个体, 称质量后放入 15 个圆形水族箱中, 每箱 30 尾, 每尾体质量 25 g 左右。试验按投喂饲料的不同分为 5 个组, 对照组投喂基础饲料, 试验组 $KM_{0.1}$ 、 $KM_{0.2}$ 、 $KM_{0.3}$ 在基础饲料中分别添加 0.1%、0.2%、0.3% Kon-Mos, 另设 $M_{0.3}$ 组, 在基础饲料中添加 0.3% 酵母 Mos^[7]。每组设 3 个重复, 试验周期为 49 d。第 2 阶段研究投喂不同含量 Kon-Mos 对黄颡鱼生长性能的影响, 试验分组及饲养同第 1 阶段, 体质量 18 g/尾左右, 每组设 3 个重复, 试验周期为 49 d。

1.4 样品的采集和免疫指标的测定

在 0、7、14、21、28、35、42、49 d 进行取样。分别从各组随机取 6 尾鱼, 经尾静脉采血, 将所得血液分为 2 份, 其中 1 份肝素抗凝, 制备成抗凝血, 用于血液白细胞吞噬活性的测定; 另 1 份血液在 4 °C 条件下以 3 000 r/min 离心 15 min, 收集血清并移入 -20 °C 冰箱中保存, 用于血清溶菌酶、超氧化物歧化酶活性的测定。

血液白细胞吞噬活性测定参照陈超然等^[8]方法并加以改进。将 0.2 mL 抗凝血加入 0.1 mL 福尔马林灭活的金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 悬液 (1.0×10^8 cfu/mL), 充分混匀后放入 28 °C 水浴 45 min, 水浴期间每隔 10 min 摇动 1 次。用吸管吸取混合液涂片, 每个血样涂 5 片, 用甲醇固定 10 min, Giemsa 染色 20 min, 水洗风干后于油镜下观察。按下式计算吞噬百分率 (phagocytic percentage, PP) 和吞噬指数 (phagocytic index, PI):

$$PP/\% = (100 \text{ 个吞噬细胞中参与吞噬的细胞数} / 100) \times 100;$$

$$PI = \text{吞噬细胞内的细菌总数} / \text{参与吞噬的白细胞数};$$

血清溶菌酶 (lysozyme, LZM) 活性参照文献^[9]方法测定。

超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD)

活性测定采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒, 按说明书用全波长分光光度计 (Thermo Biomate 5) 进行。

1.5 生长性能指标的测定

试验开始和结束时, 分别称量鱼体质量, 计算质量增加率; 每次投喂饵料 1 h 后收集残饵, 烘干至恒重, 用饲料溶失率校正摄食量后计算饵料系数。质量增加率 = (试后平均体质量 - 试前平均体质量) / 试前平均体质量; 饵料系数 = 摄入的饲料量 / (试后总质量 - 试前总质量)。

试验结束时各组随机取 9 尾鱼, 分离出脾脏、头肾、后肾后分别进行称量, 计算其脏器指数。头肾指数 = 头肾的质量 / 体质量; 后肾指数 = 后肾的质量 / 体质量; 脾体指数 = 脾脏的质量 / 体质量。

1.6 数据的处理

试验数据用 Statistica 6.0 软件进行分析, 以平均值 ± 标准差表示, 组间差异用 Duncan's 多重比较, 显著水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 甘露寡糖对黄颡鱼血液白细胞吞噬活性的影响

甘露寡糖对黄颡鱼 PP、PI 的影响见图 1、图 2。投喂甘露寡糖第 7 天, 各试验组和对照组 PP、PI 均无显著性差异。投喂甘露寡糖 14 d, $KM_{0.1}$ 、 $KM_{0.2}$ 组的 PP、PI 显著高于对照组, $KM_{0.1}$ 、 $KM_{0.2}$ 组在第 14 天时 PP、PI 达到最大值, PP 分别为 65.33%、66.00%, PI 分别为 5.09、5.24, $KM_{0.3}$ 、 $M_{0.3}$ 组与对照组无显著差异。第 21 天, $KM_{0.2}$ 组 PP、PI 显著高于对照组。第 28 天时, $KM_{0.1}$ 、 $KM_{0.2}$ 组的 PP、PI 显著高于对照组。在整个试验过程中, $KM_{0.3}$ 、 $M_{0.3}$ 组与对照组之间的 PP、PI 均无显著性差异。

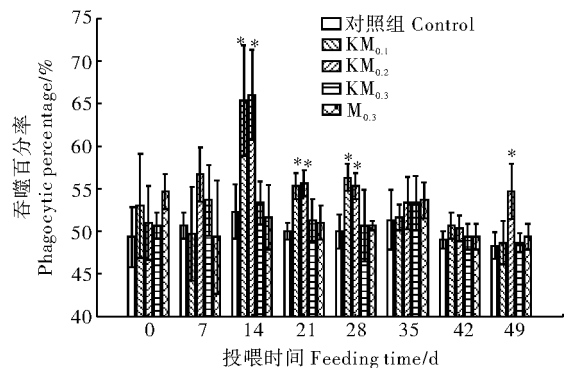


图 1 甘露寡糖对黄颡鱼血液白细胞吞噬百分率的影响
Fig. 1 Effects of dietary mannan oligosaccharides on the phagocytic percentage leukocytes for *Pelteobagrus fulvidraco*

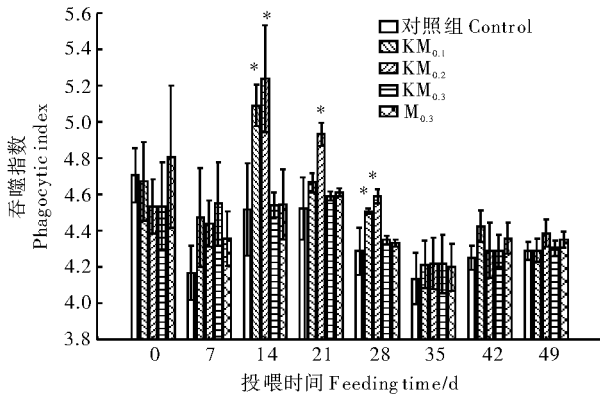


图 2 甘露寡糖对黄颡鱼血清白细胞吞噬指数的影响
Fig.2 Effects of dietary mannan oligosaccharides on the phagocytic index leukocytes for *Pelteobagrus fulvidraco*

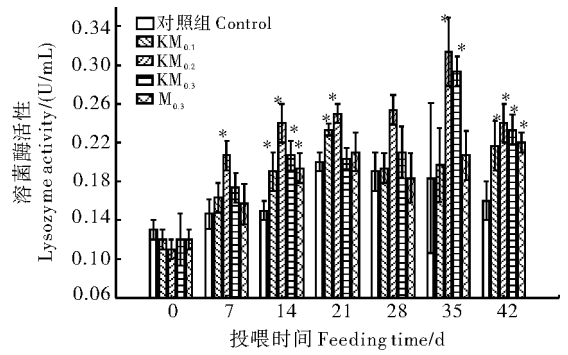


图 3 甘露寡糖对黄颡鱼血清溶菌酶活性的影响
Fig.3 Effects of dietary mannan oligosaccharides on the serum lysozyme activity for *Pelteobagrus fulvidraco*

2.2 甘露寡糖对黄颡鱼 LZM 活性的影响

整个试验过程中, KM_{0.2} 组 LZM 活性显著高于对照组, 第 35 天达到最大值 0.31。第 14~21 天和第 42 天, KM_{0.1} 组显著高于对照组。21~35 d, KM_{0.3}、M_{0.3} 组与对照组无显著性差异。第 42 天, M_{0.3} 组与对照组差异显著, 详见图 3。

2.3 甘露寡糖对黄颡鱼 SOD 活性的影响

在整个试验过程中, KM_{0.2} 组 SOD 活性都显著高于对照组, 第 7 天时达到最大值 (136.67)。KM_{0.1} 组在第 14、21、42 天时 SOD 活性显著高于对照组。除第 42 天外, KM_{0.3}、M_{0.3} 组与对照组无显著性差异。甘露寡糖对黄颡鱼 SOD 活性的影响, 呈现先增加后降低的趋势, 其中各试验组第 7 天 SOD 活性最高, 详见表 1。

表 1 甘露寡糖对黄颡鱼血清超氧化物歧化酶活性的影响¹⁾

Table 1 Effects of dietary mannan oligosaccharides on serum superoxide dismutase activity for *Pelteobagrus fulvidraco* U/mL

时间 Time/d	组别 Groups				
	Control	KM _{0.1}	KM _{0.2}	KM _{0.3}	M _{0.3}
0	125.96±7.92 a	124.18±13.92 a	118.02±12.13 a	128.67±2.23 a	115.86±5.99 a
7	117.93±8.41 a	125.44±3.97 a	136.67±8.51 b	123.94±0.91 a	119.92±2.86 a
14	107.29±2.12 a	119.33±0.56 b	121.72±8.67 b	108.19±2.35 a	108.88±3.57 a
21	107.28±2.07 a	115.33±3.11 b	120.08±1.17 c	108.63±1.89 a	108.41±2.61 a
28	109.55±9.76 a	111.82±2.54 a	125.12±3.52 b	110.54±2.44 a	110.40±4.66 a
35	107.61±2.37 a	111.23±1.21 a	121.95±3.19 b	109.28±3.41 a	111.30±3.26 a
42	108.88±2.93 a	111.69±2.72 ab	117.71±6.56 b	112.85±5.16 ab	110.45±0.42 ab
49	107.25±2.94 a	110.14±1.79 a	119.53±6.50 b	109.66±1.02 a	112.41±3.70 a

1) 同行标不同字母表示差异显著 (P<0.05), 下同。Value in the same line with the different superscripts are significantly different (P<0.05), the following is the same.

2.4 甘露寡糖对黄颡鱼生长性能的影响

饲料中添加不同含量甘露寡糖均能显著促进黄颡鱼生长、降低饵料系数。由表 2 可知, 各试验组与对照组相比质量增加率显著升高, KM_{0.2} 组质量增加率最高, 为 95.68%, 显著高于其它 3 个试验组,

KM_{0.3} 与 M_{0.3} 组差异不显著。甘露寡糖能显著降低饵料系数, 其中 KM_{0.2} 组饵料系数最低, 为 1.63。饲料中添加甘露寡糖头肾指数显著升高, KM_{0.1}、KM_{0.2}、M_{0.3} 组差异不显著, KM_{0.3} 组头肾指数最高 (0.29)。各试验组与对照组相比后肾指数显著升

表 2 甘露寡糖对黄颡鱼生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth rate and feed conversion ratio for *Pelteobagrus fulvidraco*

项目 Items	组别 Groups				
	Control	KM _{0.1}	KM _{0.2}	KM _{0.3}	M _{0.3}
质量增加率 Rate of body weight gain/%	53.53±0.73 a	61.56±0.40 c	95.68±0.59 d	65.04±0.34 b	64.91±0.32 b
饲料系数 Feed conversion ratio	1.91±0.01 a	1.86±0.01 b	1.63±0.01 c	1.76±0.01 d	1.84±0.02 b
头肾指数 Head kidney index/%	0.12±0.01 a	0.26±0.02 b	0.25±0.02 b	0.29±0.02 c	0.24±0.02 b
后肾指数 Hind kidney index/%	0.48±0.03 a	0.55±0.03 c	0.65±0.02 b	0.62±0.03 b	0.62±0.03 b
脾体指数 Spleen index/%	0.16±0.02 a	0.27±0.06 b	0.25±0.04 b	0.26±0.01 b	0.23±0.03 b

高,但 $KM_{0.2}$ 、 $KM_{0.3}$ 、 $M_{0.3}$ 组之间差异不显著。甘露寡糖组脾体指数显著高于对照组,但各试验组之间差异不显著。

3 讨论

鱼类白细胞吞噬活性、LZM、SOD 活性等,常被作为评价非特异性免疫功能的主要指标。Mos 由于其特殊结构,不能被胃肠道消化吸收,却能促进肠道内双歧杆菌、乳酸杆菌等有益菌的生长繁殖,进而促进肠道内容物发酵产生醋酸和乳酸,导致肠道 pH 值下降,抑制大肠杆菌等有害菌的生长繁殖,从而提高机体免疫力^[10]。李云兰^[7]报道在幼建鲤日粮中添加 270 mg/kg 酵母 Mos,前、中、后肠双歧杆菌浓度分别比对照组提高 3.23%、2.93% 和 2.27%,添加 180 mg/kg 时,前、中、后肠大肠杆菌极显著降低;杨艳燕等^[11]研究表明,Kon-Mos 使小鼠体内 SOD 活性明显升高,同时降低了过氧化脂质水平。邵良平等^[12]研究表明雏鸡日粮中添加 0.2%、0.4% 的 Mos,血液白细胞吞噬率分别提高了 7.20% 和 16.95%。

本试验在黄颡鱼饲料中添加不同含量 Kon-Mos, $KM_{0.1}$ 、 $KM_{0.2}$ 组血液 PP、PI 在 14~28 d 显著高于对照组。在整个试验过程中, $KM_{0.2}$ 组 LZM、SOD 活性显著高于对照组。 $KM_{0.3}$ 组与对照组相比 PP、PI 差异不显著,而 LZM 活性在第 14 天、42 天差异显著,SOD 活性第 42 天与对照组差异显著。0.3% 酵母 Mos 对血液 PP、PI 无显著性的影响,而在试验第 14 天、42 天血清 LZM 活性显著高于对照组,第 42 天时 SOD 活性显著高于对照组。综合以上各项指标说明,Kon-Mos 能促进黄颡鱼非特异性免疫功能提高,并在一定程度上优于酵母 Mos,其中 0.2% Kon-Mos 作用效果较好。

动物机体免疫器官的正常生长发育与免疫功能密切相关。王吉潭等^[13]研究发现,在肉鸡日粮中添加半乳 Mos 与添加抗生素相比,胸腺、脾脏和法氏囊相对质量差异不显著,但脾脏和法氏囊的相对质量有提高的趋势。李广等^[14]研究表明, α -Mos 对雏鸡具有明显增加免疫器官质量的作用,同时质量增加效果显著,但高剂量的 Mos 对免疫器官和生长速度没有明显的累加效应。陈永军等^[15]研究表明 Mos 对鸡胸腺及盲肠扁桃体具有极显著的促生长作用。本试验结果表明,饲料中添加不同浓度的魔芋甘露寡糖对黄颡鱼肾脏、脾脏都有明显的促进作

用。

近年来有关酵母 Mos 对陆生动物生长影响的研究较多。Dildey 等^[16]报道,在初生犊牛的饮用奶中添加甘露寡糖,与对照组相比生长速度提高 8%,同时采食量提高约 10%。Barbara 等^[17]、Bielecka 等^[18]研究表明,饲喂寡糖可以促进肠道内有益菌的生长、抑制有害菌的繁殖,改善肠道微生态系统、提高非特异性免疫、最终达到促进生长的目的。经过 49 d 的生长试验,本研究结果表明饲料中添加不同含量 Kon-Mos 提高了黄颡鱼的质量增加率,0.2% Kon-Mos 组试验鱼质量增加率最高为 95.68%。而 0.3% 酵母 Mos 组质量增加率为 64.91%。4 个试验组的饵料系数显著低于对照组,0.2% Kon-Mos 组饵料系数最低(1.63),这与 Kumprecht 等^[19]研究结果类似。推测魔芋甘露寡糖对黄颡鱼幼鱼的促生长作用可能和其提高幼鱼的免疫机能、增加免疫器官指数、改善肠道微生态系统相关。

参 考 文 献

- [1] PRYOR G S, ROYES J B, CHAPMAN F A. Mannan oligosaccharides in fish nutrition: effects of dietary supplementation on growth and gastrointestinal villi structure in gulf of Mexico sturgeon[J]. *Nor Am J Aquaculture*, 2003(65): 106-111.
- [2] BUDDINGTON R K, KELLY-QUAGLIANNA K, BUDDINGTON K K, et al. Non-digestible oligosaccharides and defense functions: lessons learned from animal models[J]. *Br J Nutrition*, 2002, 87(Suppl. 2): 231-239.
- [3] 张红梅, 姜会民. 甘露寡糖对鲤鱼生长性能的影响[J]. *饲料研究*, 2004(9): 38-40.
- [4] 杨瑞斌, 谢从新, 魏开建, 等. 不同投喂频率下黄颡鱼幼鱼的摄食节律研究[J]. *华中农业大学学报*, 2006, 25(3): 274-276.
- [5] 刘小玲, 葛海燕, 田珍, 等. 皮质醇对黄颡鱼头肾巨噬细胞呼吸爆发活动的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2008, 27(6): 749-754.
- [6] 宋立民, 袁立来, 刘肖莲, 等. 2 种鉴定黄颡鱼三倍体个体方法的比较[J]. *华中农业大学学报*, 2009, 28(2): 207-209.
- [7] 李云兰. 甘露寡糖对幼建鲤(*Cyprinus carpio* var. Jian)肠道菌群和免疫功能的影响[D]. 雅安: 四川农业大学动物营养研究所, 2004.
- [8] 陈超然, 陈萱, 陈昌福, 等. 酵母 β -葡聚糖对受免疫育银鲫免疫应答的增强作用[J]. *华中农业大学学报*, 2003, 22(4): 380-384.
- [9] 林清华. 免疫学实验[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1999: 64-66.
- [10] 唐凌, 邝声耀, 冯琳, 等. 甘露寡糖对水生动物肠道菌群和免疫功能的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2008, 35(6): 21-25.
- [11] 杨艳燕, 李小明, 李顺意, 等. 魔芋低聚糖对小鼠血糖含量和抗

氧化能力的影响[J]. 中草药, 2001(2):142-144.

- [12] 邵良平, 周伦江, 李国平, 等. 不同剂量甘露寡糖对鸡细胞免疫和肠道微生物的影响[J]. 福建农业大学学报, 1999, 28(1): 86-89.
- [13] 王吉潭, 李德发, 龚利敏, 等. 半乳甘露寡糖对肉鸡生产性能和免疫机能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2003, 39(5): 5-7.
- [14] 李广, 付明哲, 刘璐, 等. α -甘露低聚糖对雏鸡免疫器官发育的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2001, 36(4): 383-387.
- [15] 陈永军, 王权, 钱应娟, 等. 甘露寡糖(MOS)对肉鸡和蛋鸡免疫力和生长性能的影响[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2004(5): 24.
- [16] DILDEY D, SELARS S. Effect of mannan-oligosaccharide supplementation on performance and health of *Holstein calves*[J]. J Dairy Sci, 1997, 80 (Suppl. 1): 9.
- [17] BARBARA G H, STALE J H, DELBERT M G. The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2008, 283: 163-167.
- [18] BIELECKA M, BIEDRZCKA E, MJKAOWSKA A, et al. Effect of non-digestible oligosaccharides on gut microecosystem in rats[J]. Food Res Int, 2002, 35: 139-144.
- [19] KUMPRECHT I, ZOBAC P, SISKE V, et al. Effect of dietary mannan oligosaccharides level on live weight and efficiency of broilers[J]. Poultry Sci, 1997, 76: 132.

Effect of Konjac Mannan Oligosaccharides on Non-Specific Immune Function and Growth of *Pelteobagrus fulvidraco*

YU Yan-mei WU Zhi-xin CHEN Xiao-xuan ZHAO Yang ZHANG Peng
ZHOU Jin-min YUE Gang-yi WANG Shu-yun QU Yi

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

Abstract This experiment was conducted on healthy *Pelteobagrus fulvidraco* to study the effects of mannan oligosaccharides on non-specific immune function and the growth. The experimental fishes were divided into five groups. There are three replicates for each group. The control group(C) contained no mannan oligosaccharides, the treatment groups ($KM_{0.1}$, $KM_{0.2}$, $KM_{0.3}$, $M_{0.3}$) were contained 0.1%, 0.2%, 0.3% of konjac mannan oligosaccharides(Kon-Mos) and 0.3% of yeast cell wall mannan oligosaccharides, respectively. The results showed that: between 14 and 28 day, the phagocytic activity of leukocytes in group $KM_{0.2}$ were significantly higher than the control group ($P < 0.05$), phagocytic percentage and phagocytic index reached to the top level on the 14 d, 66.00%, 5.24, respectively. The phagocytic activity of leukocytes in group $KM_{0.3}$, $M_{0.3}$ were not significantly higher than the control group ($P > 0.05$). The lysozyme activity, blood serum superoxide dismutase activity in group $KM_{0.2}$ were significantly higher than the control group ($P < 0.05$), LSZ reached to the top level on the 35th day, SOD reached to the top level on the 7th day, 0.31, 136.67, respectively. The blood serum superoxide dismutase activity in group $KM_{0.3}$, $M_{0.3}$ were not significantly higher than the control group. Fish fed diets with Kon-Mos supplementation had significantly higher viscera index, growth rate and lower feed conversion ratio. The growth rate of group $KM_{0.2}$ was the highest (95.68%), and feed conversion ratio was the lowest (1.63). The group $M_{0.3}$ had significantly higher growth rate and lower feed conversion ratio than the control group, 64.91%, 1.84, respectively.

Key words *Pelteobagrus fulvidraco*; mannan oligosaccharides; non-specific immune function; growth