

果寡糖对银鲫非特异性免疫功能的影响

王 艳 吴志新 庞素凤 祝东梅 冯 雪 陈孝煊

(华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

摘要:为研究果寡糖 (Fructooligosaccharides) 对银鲫 (*Carassius auratus*) 非特异性免疫功能的影响, 以 50g 左右的银鲫为实验对象, 在其基础饲料中分别添加浓度为 0.5g/kg (A₁组)、1g/kg (A₂组)、2g/kg (A₃组)、4g/kg (A₄组) 的果寡糖, 另设基础饲料为对照组 (A₀组), 分别于 7d、14d、21d、28d、42d、56d 检测银鲫血液中白细胞吞噬活性、血清溶菌酶活力、血清 SOD 酶活性和补体 C₃ 的含量。结果表明, A₂ 组的白细胞吞噬活性、血清溶菌酶活力、血清 SOD 酶活性和补体 C₃ 的含量显著高于 A₀ 组 ($p < 0.05$), 分别于第 28、第 21、第 14、第 14 天达到最大值; A₃ 组的白细胞吞噬活性、血清溶菌酶活力、血清 SOD 酶活性和补体 C₃ 的含量显著高于 A₀ 组 ($p < 0.05$), 分别于第 14、第 14、第 7、第 14 天达到最大值。A₃ 组的补体 C₃ 的含量显著高于 A₂ 组 ($p < 0.05$), 白细胞吞噬活性、血清溶菌酶活力、血清 SOD 酶活性与 A₂ 组相比差异不显著, 但其活性高于 A₂ 组。A₁ 组、A₄ 组与 A₀ 组之间的白细胞吞噬活性、血清溶菌酶活力、血清 SOD 酶活性和补体 C₃ 的含量在各时间点均无显著差异。

关键词: 银鲫; 果寡糖; 非特异性免疫

中图分类号: S963.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2008)04-0488-05

功能性寡糖 (Functional oligosaccharides) 是目前国内外研究发现的一种新型饲料添加剂, 其常用的主要有果寡糖 (Fructooligosaccharides)、低聚木糖 (Xylooligosaccharides)、甘露寡糖 (Mannooligosaccharides)、寡葡萄糖 (Glucooligosaccharides)、半乳寡糖 (Galactooligosaccharides) 等。果寡糖又称低聚果糖、寡果糖, 是在蔗糖分子之上以 β -1, 2 糖苷键结合 1—3 个 D 果糖所形成的寡糖的总称。它们在自然界以较高浓度存在于大麦、小麦、黑麦、马铃薯、莴苣、香蕉、洋葱、菊苣等植物和酵母中^[1]。

研究表明, 果寡糖可以通过影响动物肠道有益微生物菌群来影响营养物质的吸收代谢及机体免疫应答等生理活动^[2,3]。其在单胃动物 (肉鸡^[4]、仔猪^[5]) 及反刍动物^[6,7] 中都表现了增强免疫力的功能, 但在水产动物方面的研究比较少, 尤其是果寡糖对鱼体非特异性免疫功能的影响还未见报道。本试验测定了添加不同量的果寡糖对银鲫非特异性免疫功能的影响, 旨在探讨果寡糖在银鲫饲料中的最佳添加量, 为果寡糖在饲料中的推广应用提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 供试鱼及试验条件 银鲫购自武汉水生生物研究所良种站。选择体质健壮, 体重在 50g 左右的银鲫。试验鱼饲养于华中农业大学水产养殖基地, 采用流水养殖, pH 值为 6.4—7.0, 全天 24h 充氧。试验鱼用 1% 的食盐水消毒, 驯养 14d 后, 开始正式试验。每天上午 9:00 和下午 4:00 分别按体重的 3%—5% 投喂相应饲料, 整个试验期间水温保持在 22—28℃。

1.2 饲料配方 以鱼粉 (质量分数为 12%, 以下均同)、豆粕 (25%)、菜粕 (30%)、面粉 (27%)、豆油 (2.2%)、磷酸二氢钙 (2%)、羧甲基纤维素 (1%)、多维 (0.1%)、多矿 (0.3%)、食盐 (0.2%)、氯化胆碱 (0.2%) 组成基础日粮, 其粗蛋白、粗脂肪、水分、灰分的含量分别为 33.28%、6.89%、10.59%、7.52%。果寡糖来自于广州微生物研究所, 该产品主要活性成分由果寡三糖、果寡四糖、果寡五糖组成 (主要活性成分含量 $\geq 90\%$, 批号 070131, 室温保存)。

1.3 试验设计 取健康, 规格、重量基本一致的银鲫随机分为 5 组, 每组设 3 个重复。A₀ 组为对照组,

收稿日期: 2007-10-08; 修订日期: 2008-03-16

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划 (2006BAK02A22); 湖北省“十一五”科技攻关计划 (2007AA203A01) 资助

作者简介: 王艳 (1981—), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向为鱼类营养与免疫学。E-mail: xiaoyan8108@163.com

通讯作者: 吴志新, E-mail: wuzhixin@mail.hzau.edu.cn

A₁组、A₂组、A₃组、A₄组为试验组。对照组投喂基础饲料,A₁组、A₂组、A₃组、A₄组分别在基础饲料的基础上添加 0.5g/kg、1g/kg、2g/kg、4g/kg的果寡糖,试验共 56d。

1.4 采血 于试验的第 7、第 14、第 21、第 28、第 42、第 56天,分别从各平行组取 3尾鱼,尾静脉取血,将每尾鱼的血液分成 2份。1份首先在室温下静置 1h待其凝固,置 4℃冰箱 4h,于 4℃条件下 3500r/min离心 10min。收集血清,在 4℃冰箱中保存备用。

1.5 吞噬原的制备 将金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)接种在 FWA 培养基中,37℃下培养 48h后,离心集菌,在菌液中加入浓度为 0.5%的福尔马林,37℃下灭活 24h,用灭菌生理盐水清洗 3次,并将其浓度调整至 1.0×10^8 cells/mL,即为福尔马林灭活的 *S. aureus*菌体 (Fomal killed *S. aureus*, F-SA),用作检测白细胞吞噬活性的吞噬原。

1.6 白细胞吞噬活性的测定 在 0.2mL 抗凝血中加入 0.1mL F-SA,摇匀,在 28℃的恒温水浴锅中孵育 1min,每隔 10min 摇动 1次。用吸管吸取血细胞涂片,每个样品涂 5张,用甲醇固定 10min, Wright-Giemsa 染色液染色 15min,水洗风干后,镜检,并依下列公式计算白细胞吞噬百分比 (Phagocytic percentage, P_p) 和吞噬指数 (Phagocytic index, P_i)

吞噬百分比 (P_p) = (100个吞噬细胞中参与吞噬的细胞数 / 100) $\times 100\%$

吞噬指数 (P_i) = 细胞内总菌体数 / 参与吞噬的细胞数

1.7 血清溶菌酶活性的测定 血清溶菌酶活性的测定参照周显青的方法^[8]。溶菌活力按下式计算:
 $UI = (A_0 - A) / A_0$

1.8 血清超氧化物歧化酶活性的测定 采用 SOD 试剂盒 (南京建成生物技术有限公司)测定,方法参照试剂盒上的说明进行。

1.9 补体 C₃的含量的测定 采用补体 C₃试剂盒 (上海玉兰生物技术有限公司)测定,方法参照试剂盒上的说明进行。

1.10 数据统计与分析 实验数据通过 Statistica 6.0 统计软件进行处理分析,包括对数据进行单因素方差分析和 Duncan's 检验。

2 结 果

2.1 投喂不同添加量的果寡糖对银鲫血液白细胞吞噬活性的影响

投喂果寡糖对银鲫白细胞吞噬活性的影响结果

(图 1、2)。在试验的第 7 天,A₃组白细胞吞噬百分率和吞噬指数显著高于 A₀组 ($p < 0.05$)。在试验 14d,A₂组、A₃组 P_p 和 P_i 值显著高于 A₀组 ($p < 0.05$),A₃组 P_p 和 P_i 值并在第 14 天时达到最大值为 58%和 6.43。在试验的第 28 天,A₂组的 P_p 和 P_i 值达到最大值为 55.33%和 6.31。28—56d 这一阶段 A₂组、A₃组 P_p 和 P_i 值下降,并趋于稳定。在整个试验期间 A₂组、A₃组的 P_p 和 P_i 值显著高于 A₀组 ($p < 0.05$),且 A₃组优于 A₂组。A₀组、A₁组、A₄组之间在各时间点均无显著差异。

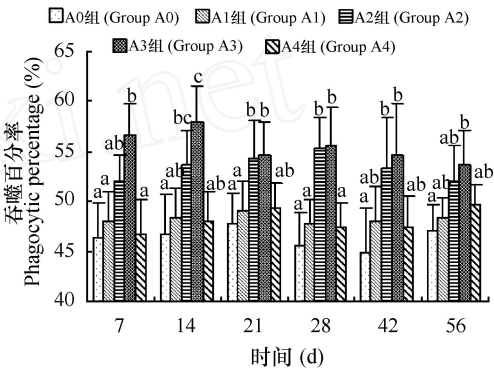


图 1 果寡糖对银鲫白细胞吞噬百分率的影响 (均值 $\pm$ 标准差)
Fig. 1 The effect of Fructooligosaccharides on the leucocyte phagocytic percentage of *Carassius auratus* ($M \pm SD$)
相同时间的不同字母表示组间差异显著 ($p < 0.05$),下同
The different letters within same time indicate significantly different ($p < 0.05$), the same as below

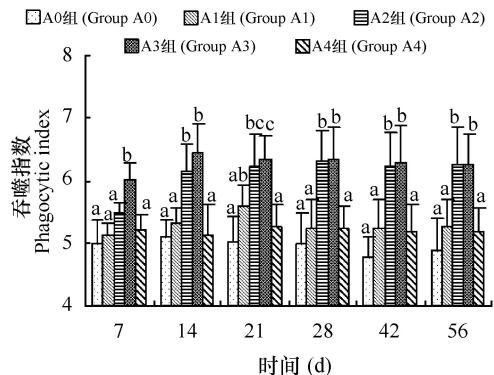


图 2 果寡糖对银鲫白细胞吞噬指数的影响 (均值 $\pm$ 标准差)
Fig. 2 The effect of Fructooligosaccharides on the leucocyte phagocytic index of *Carassius auratus* ($M \pm SD$)

2.2 投喂不同添加量的果寡糖对银鲫血清溶菌酶活性的影响

投喂果寡糖对银鲫血清溶菌酶活性的影响结果 (图 3)。在试验的第 7 天,A₂组、A₃组的血清溶菌酶活性与 A₀组相比差异显著 ($p < 0.05$)。在试验的第 14 天,A₃组血清溶菌酶活性达到最大值为 0.025,在

试验的第 21 天, A₂ 组的血清溶菌酶活性达到最大值为 0.022。21—56d 这一阶段 A₂ 组、A₃ 组血清溶菌酶活性值下降, 并趋于稳定。在整个试验期间 A₂ 组、A₃ 组的血清溶菌酶活性显著高于 A₀ 组 ($p < 0.05$), 且 A₃ 组优于 A₂ 组。而 A₀ 组、A₁ 组、A₄ 组之间在各时间点均无显著差异。

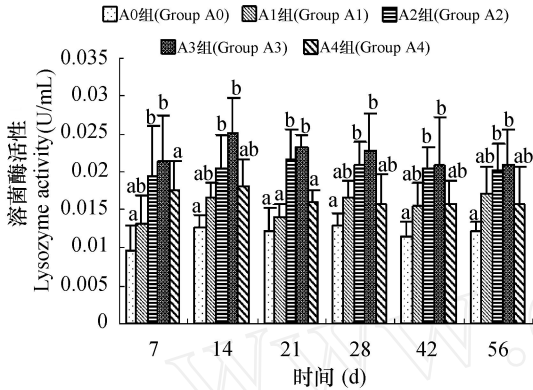


图 3 果寡糖对银鲫血清溶菌酶活性的影响 (均值 ± 标准差)
Fig. 3 The effect of Fructooligosaccharides on lysozyme activity in serum of *Carassius auratus* (M ± SD)

2.3 投喂不同添加量的果寡糖对银鲫血清超氧化物歧化酶活性的影响

投喂果寡糖对银鲫血清超氧化物歧化酶活性的影响结果 (图 4)。在试验的第 7 天, A₂ 组、A₃ 组的血清超氧化物歧化酶活性显著高于 A₀ 组 ($p < 0.05$), 其中 A₃ 组的血清超氧化物歧化酶活性在 7d 达到最大值, 为 415.20。A₂ 组 14d 达到最大值, 为 410.15。14—56d 这一阶段 A₂ 组、A₃ 组血清超氧化物歧化酶活性值下降, 并趋于稳定。在整个试验期间 A₂ 组、A₃ 组血清超氧化物歧化酶活性显著高于 A₀ 组 ($p < 0.05$), 且 A₃ 组优于 A₂ 组。而 A₀ 组、A₁ 组、A₄ 组之间在各时间点均无显著差异。

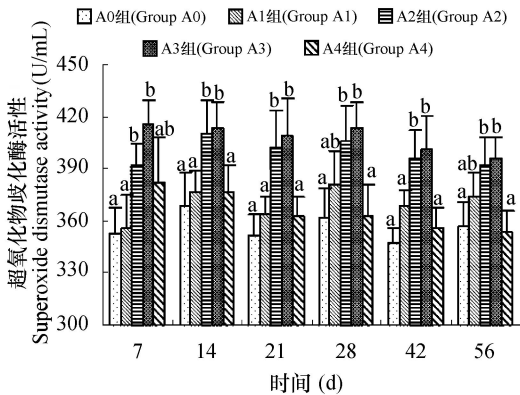


图 4 果寡糖对银鲫血清超氧化物歧化酶活性的影响 (均值 ± 标准差)
Fig. 4 The effect of Fructooligosaccharides on superoxide dismutase activity in serum of *Carassius auratus* (M ± SD)

2.4 投喂不同添加量的果寡糖对银鲫血清补体 C₃ 含量的影响

投喂果寡糖对银鲫补体 C₃ 含量的影响结果 (图 5)。在试验的第 7 天, A₂ 组、A₃ 组的血清补体 C₃ 含量显著高于 A₀ 组 ($p < 0.05$)。在试验的第 14 天, A₂ 组、A₃ 组补体 C₃ 含量达到最大值, 分别为 0.30、0.38, 21—56d 这一期间血清补体 C₃ 含量下降, 并趋于稳定。在整个试验期间 A₂ 组、A₃ 组的血清补体 C₃ 含量显著高于 A₀ 组 ($p < 0.05$), A₃ 组从第 14 天开始显著高于 A₂ 组 ($p < 0.05$)。而 A₀ 组、A₁ 组、A₄ 组之间在各时间点均无显著差异。

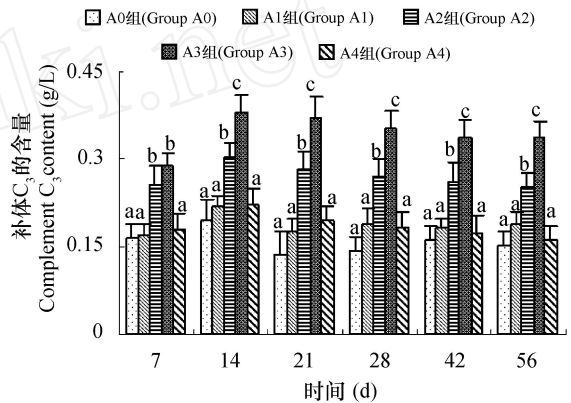


图 5 果寡糖对银鲫血清补体 C₃ 含量的影响 (均值 ± 标准差)
Fig. 5 The effect of Fructooligosaccharides on complement C₃ content in serum of *Carassius auratus* (M ± SD)

3 讨论

白细胞的吞噬功能是动物非特异性免疫的重要组成部分, 因此, 通过测定血液中白细胞的吞噬功能, 可以反映机体的非特异性细胞免疫状态^[9]。水产动物体内的溶菌酶是一种重要的非特异性防御因子, 特别是鱼生理防御水平的一个重要标志, 也可以体现病原菌及其他环境因素对鱼体健康的影响^[10]。溶菌酶活性提高, 表明吞噬细胞活性增加, 鱼类的非特异性免疫功能增强^[11], 动物血清中的溶菌酶的活性可以因机体接触抗原性物质或者免疫刺激剂而上升^[12]。已有研究发现, SOD 活性与生物的免疫水平密切相关, 因此, SOD 可作为机体非特异性免疫指标, 来评判免疫刺激剂对机体非特异性免疫力的影响^[13]。补体是抵抗微生物感染的重要成分, 具有独特的理化性质, 激活后具有细胞溶解、细胞粘附、调理、免疫调节、介导炎症反应、中和毒素、免疫复合物溶解和清除等重要的生物学效应, 而 C₃ 则是补体系统的主要成分^[14]。因此本试验选择这几个指标的高低作为分析鱼类非特异性免疫的指标。

果寡糖由 β -1,2糖苷键组成,不能被肠道内的消化酶分解代谢,但可被双歧杆菌、乳酸杆菌等代谢,而梭状芽孢杆菌、大肠杆菌等细菌对其代谢利用率很低,从而促进动物肠道理想微生态形成^[15]。Xu, *et al.*^[16]在生长猪的日粮中添加果寡糖,能降低猪肠道内容物中大肠杆菌的数量,增加双歧杆菌的数量。Howard, *et al.*^[17]在初生仔猪日粮中添加果寡糖发现,可提高粪便中的双歧杆菌的浓度。双歧杆菌具有较强的免疫活性,可提高机体的免疫力,有益菌的增殖可促进吞噬细胞的吞噬活性,从而增强机体的免疫机能。双歧杆菌发酵果寡糖,产生短链脂肪酸和一些抗菌物质,可抑制外源病原菌和肠内固有腐败菌的生长,从而提高机体的免疫力^[18]。冯自科^[19]在1日龄的江村黄鸡中添加0.3%—0.5%果寡糖,研究发现果寡糖能显著增加血液白细胞吞噬活性。季高华^[20]在中华鳖幼鳖的饲料中添加0.25%低聚果糖,其血清SOD酶活性和对照组相比提高了31.3%。张红梅^[21]在鲤鱼的饲料中添加甘露寡糖,随着添加比例的增加,鲤鱼血液SOD活性增加,血清溶菌酶活性也增加,其中0.3%的甘露寡糖的添加量效果最好。本试验的研究结果显示:当银鲫饲料中果寡糖的添加量为1g/kg、2g/kg饲料时,其血清溶菌酶的活性、血清SOD酶的活性、血清补体C₃的含量均从第7天起显著高于对照组,并在7—21d这一阶段达到最大值。其中果寡糖的添加量为1g/kg时,血液白细胞的吞噬活性从第14天才开始显著高于对照组,于28d达到最大值。添加量为2g/kg组的血清补体C₃的含量从14天开始显著高于1g/kg组,血液白细胞的吞噬活性、血清溶菌酶的活性、血清SOD酶的活性组间差异不显著,但2g/kg组其活性高于1g/kg组。然而当果寡糖的添加量4g/kg饲料时,其活性逐渐下降,和对照组差异不显著。原因可能是过量的果寡糖,限制了肠道部分有益菌的增殖,进而影响到机体的免疫机能。当果寡糖的添加量0.5g/kg时,其血液白细胞的吞噬活性、血清溶菌酶的活性、血清SOD酶的活性、血清补体C₃的含量和对照组差异不显著。其原因可能是当果寡糖添加量不足时,不能起到增加有益菌的作用,进而影响到机体的免疫机能。研究表明,果寡糖只有在适宜的用量范围内,才能产生正面效应,并且肠道微生态平衡在正常情况下具有一定的自我调节适应能力。添加量不足对动物肠道微生态调节起不到明显的正面效果,而添加量过度,不但增加饲养成本,且起不到促进有益菌增殖的效果。Bailey, *et*

al.^[22]在雏鸡的饲料中添加果寡糖,当果寡糖的添加量为0.375%时,对沙门氏菌定植几乎没有影响;当添加量为0.75%时,沙门氏菌定植数较对照组下降12%。本试验的果寡糖的最佳添加量为2g/kg。

参考文献:

- [1] Sheng D F, Wang Z Y. Research advances and application of fructooligosaccharides in animal feeding [J]. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 2005, 17: 7—12 [盛东风, 王志跃. 果寡糖在动物营养中的研究与应用. *动物营养学报*, 2005, 17: 7—12]
- [2] Cross M L, Gill H S. Can immunoregulatory lactic acid bacteria be used as dietary supplements to limit allergies [J]. *International Archives of Allergy and Immunology*, 2001, 125: 112—119
- [3] Buddington K K, Donahoo J B, Buddington R K, *et al*. Dietary oligofructose and inulin protect mice from enteric systemic pathogens and tumor inducers [J]. *Journal Nutrition*, 2002, 132: 472—477
- [4] Savage T F, Zakrzewska E I, Andreasin J R. Effect of MOS added to poultry starter on poultry starter on performance and health [J]. *Poultry Science*, 1996, 70 (suppl): 139
- [5] Spring P, Privulescu M. Mannan-oligosaccharide its logical role as a natural feed additive for piglets biotechnology in the feed industry: proceedings of A ltechs 14th annual symposium [M]. United Kingdom: Nottingham University Press 1998, 553—562
- [6] Newman K, Jacquea K, Buede R. Effect of Mannanoligosaccharid Supplementation on performance and fecal bacteria of Holstein calves [J]. *Journal of Animal Science*, 1993, 71 (suppl, 1): 271
- [7] Dilley D, Selars K. Effect of Mannanoligosaccharide supplementation on performance and health of Holstein calves [J]. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80 (supple, 1): 9
- [8] Zhou X Q, Niu C J, Sun R Y. Effects of the combination of vitamin C and E on non-specific immune function in juvenile soft-shelled turtles [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, 28 (4): 356—360 [周显青, 牛翠娟, 孙儒泳. 维生素 C 和 E 合用对中华鳖幼鳖非特异性免疫功能的影响. *水生生物学报*, 2004, 28 (4): 356—360]
- [9] Chen D, Ainsworth A J. Glucan administration potentiates immune defence mechanisms of channel catfish, *Ictalurus punctatus* rafinesque [J]. *Journal of Fish Diseases*, 1992, 15 (3): 295—304
- [10] Dunier M, Siwichi A K. Effects of organophosphorus insecticides: Effects of trichlorfon and dichlorvos on the immune response of carp. III *In vitro* effects on lymphocyte proliferation and phagocytosis and *in vivo* effects on humoral response [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1991, 22: 79—87
- [11] Cronin M A, Culberty S C, Mulcahy M F. Lysozyme activity and protein concentration in the haemolymph of the flat oyster *Ostrea edulis* [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2001, 11: 611—622
- [12] KawaKami H, Shinohara N, Sakai M. The nonspecific immunostimulation and adjuvant effects of *Vibrio anguillarum* bacterin, β -glucan, chitin and Freund's complete adjuvant against *Pasteurella piscicida* infection in yellowtail [J]. *Fish Pathology*, 1998, 33 (3): 287—292

- [13] Li G F, Qian P F, Sun J J. Effects of vitamin C on enzymes activities related to immunity in *claris batrachus* serum [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2004, **19** (4): 301—305 [李桂峰, 钱沛锋, 孙际佳. 维生素 C 对胡子鲶血清免疫相关酶活性的影响. 大连水产学院学报, 2004, **19** (4): 301—305]
- [14] Nie F, Shi X T, Li D P, *et al* The effect of crowding stress on plasma lysozyme activity and complement levels of juveniles *amur sturgeon* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, **31** (4): 581—584 [聂芬, 石小涛, 李大鹏, 等. 拥挤胁迫对史氏鲟稚鱼血浆溶菌酶活性和补体水平的影响. 水生生物学报, 2007, **31** (4): 581—584]
- [15] Roberfroid M B, Vanbo J A E, Gibson G R. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products [J]. *Journal of Nutrition*, 1998, **128**: 11—19
- [16] Vanhoof K, Xu Z R, Zou X T, *et al* Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of growing pigs [J]. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 2002, **15** (12): 1784—1789
- [17] Howard M D, Gordon D T, Garleb K A, *et al* Dietary fructooligosaccharide, xylooligosaccharides and gum arabic have variable effects on cecal and colonic microbiota and epithelial cell proliferation in mice and rats [J]. *Journal of Nutrition*, 1995, **125**: 2604—2609
- [18] Xiong S X. Effects of Xylo-Oligosaccharides in diets on the weight gain ratio, digestive enzyme activity and immune performance of *Allogynogenetic crucian carp* [D]. Thesis for Master of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 2005 [熊沈学. 饲料中添加低聚木糖对异育银鲫增重率、消化酶活性及免疫功能的影响. 硕士学位论文, 南京农业大学, 南京. 2005]
- [19] Feng Z K. Study on functions of Fructooligosaccharides in Jiangcun-yellow broilers [D]. Thesis for Master of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 2003 [冯自科. 果寡糖对江村黄鸡作用机理的研究. 硕士学位论文, 东北农业大学, 哈尔滨. 2003]
- [20] Ji G H, Liu Z Z, Leng X J. Effects of dietary betaglucan and fructooligosaccharides on the growth and activities of superoxide dismutase and lysozyme of *Trionyx sinensis* [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2004, **3** (1): 36—41 [季高华, 刘至治, 冷向军. 饲料中添加 β 葡聚糖和低聚果糖对中华鳖幼鳖生长和血清 SOD、溶菌酶活力的影响. 上海水产大学学报, 2004, **3** (1): 36—41]
- [21] Zhang H M. Effect of Mannan-oligosaccharide on the Production Performance and Biological Indicator of *carps* [D]. Thesis for Master of Agriculture, Hebei Agricultural University, Baoding 2003 [张红梅. 甘露寡聚糖对鲤鱼生产性能及对鲤鱼各项生化指标的影响. 硕士学位论文, 河北农业大学, 保定. 2003]
- [22] Bailey J S, Blankenship L C, Cox N A. Effect of fructooligosaccharide on *Salmonella* colonization of the chicken intestine [J]. *Poultry Science*, 1991, **70**: 2433—2438

EFFECT OF FRUCTOOLIGOSACCHARIDES ON NON-SPECIFIC IMMUNE FUNCTION IN *CARASSIUS AURATUS*

WANG Yan, WU Zhi-Xin, PANG Su-Feng, ZHU Dong-Mei, FENG Xue and CHEN Xiao-Xuan

(Fishery College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract: To study effect of fructooligosaccharides on the ability of Non-specific immune function in *Carassius auratus* (initial body weight 50g), four experimental diets A_1 , A_2 , A_3 and A_4 were formulated to contain 0.5g/kg, 1g/kg, 2g/kg and 4g/kg fructooligosaccharides respectively, and the control (A_0) contained no fructooligosaccharides. The influence of fructooligosaccharides was determined by examining their phagocytic activity of leukocytes, lysozyme activity, blood serum superoxide dismutase activity and the content of serum complement C_3 in 7d, 14d, 21d, 28d, 42d and 56d, respectively. The results showed that the phagocytic activity of leukocytes, lysozyme activity, blood serum superoxide dismutase activity and the content of serum complement C_3 in group A_2 were significantly higher than the control group ($p < 0.05$), which reached to the top level on the 28d, 21d, 14d, 14d, respectively. The phagocytic activity of leukocytes, lysozyme activity, blood serum superoxide dismutase activity and the content of serum complement C_3 in group A_3 were significantly higher than the control group ($p < 0.05$), which reached to the top level on the 14d, 14d, 7d, 14d, respectively. The content of serum complement C_3 in group A_3 was significantly higher than group A_2 ($p < 0.05$), there were no significant difference between group A_3 and group A_2 on the phagocytic activity of leukocytes, lysozyme activity, blood serum superoxide dismutase activity, but group A_3 was higher than group A_2 . There were no significant difference between group A_1 , A_4 and A_0 on the phagocytic activity of leukocytes, lysozyme activity, blood serum superoxide dismutase activity, the content of serum complement C_3 at other sampling time.

Key words: *Carassius auratus*; Fructooligosaccharides; Non-specific Immune Function