

低聚木糖对凡纳滨对虾生长及消化道 主要消化酶活性的影响

黄燕华^{1,2}, 王国霞^{1,2}, 刘襄河¹, 周 晔¹, 黄文庆^{1,2}

(1 珠海市农业科学研究中心, 广东 珠海 519070; 2 广东省农业科学院 畜牧研究所, 广东 广州 510640)

摘要:采用单因子试验设计在凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* 基础日粮中按照质量比添加低聚木糖, 添加量分别为 0、0.01%、0.03% 和 0.05%, 共 4 个处理, 每个处理 3 个重复, 每重复凡纳滨对虾 40 尾, 饲养 56 d, 研究了低聚木糖对凡纳滨对虾生长性能和消化道主要消化酶活性的影响. 结果表明: 低聚木糖对对虾增质量率和特定生长率均无显著影响 ($P > 0.05$), 但试验组对虾末质量、增质量率和特定生长率均高于对照组, 且增质量率分别提高了 9.41%、8.41% 和 11.93%, 特定生长率分别提高了 2.06%、2.06% 和 2.65%; 试验组饵料系数较对照组均下降, 降低了 1.83%~5.51%, 其中 0.03% 组饵料系数显著低于对照组 ($P < 0.05$), 试验组饲料效率较对照组提高了 4.88%~11.90%, 其中 0.03% 组饲料效率显著高于对照组 ($P < 0.05$). 添加低聚木糖后能够一定程度地增加凡纳滨对虾消化道中的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活性, 但效果不明显 ($P > 0.05$), 而且消化酶活性也不随低聚木糖在基础日粮中的比例的递增而增加; 除 0.03% 低聚木糖组的肠道淀粉酶外, 肝胰脏和肠道的消化酶活性都高于对照组的 ($P > 0.05$). 在凡纳滨对虾基础日粮中添加低聚木糖可以促进生长、降低饵料系数和提高饲料效率, 对消化道主要消化酶活性没有显著影响, 但有增加其消化酶活性的趋势.

关键词:低聚木糖; 凡纳滨对虾; 生长性能; 消化酶活性

中图分类号: S963.73

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)03-0061-04

Effects of Xylooligosaccharide on Growth and Activity of Digestive Enzyme in *Litopenaeus vannamei*

HUANG Yan-hua^{1,2}, WANG Guo-xia^{1,2}, LIU Xiang-he¹, ZHOU Ye¹, HUANG Wen-qing^{1,2}

(1 Zhuhai Agriculture Research Center, Zhuhai 519070, China;

2 Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: An experiment was conducted to investigate the effect of adding xylooligosaccharide (XOS) on growth performance and activity of main digestive enzymes in *Litopenaeus vannamei*. Four hundred and eighty fingerlings of *Litopenaeus vannamei* (initial mass at 0.05 g) were allotted randomly to four treatments, each with three replicates. Four diets were 0, 0.01%, 0.03% and 0.05% XOS, respectively. Diets were fed to satiety to shrimp for 56 days. The results showed that although adding XOS had no significant effect on final mass, mass gain ratio (MGR) and special growth ratio (SGR), those of test groups were higher than the control group. MGR increased by 9.41%, 8.41%, 11.93%; SGR by 2.06%, 2.06%, 2.65% in comparison with control, respectively. Feed conversion ratio was reduced by 1.83%–5.51% and that of the group fed the diet with 0.03% XOS had significantly lower than the control ($P < 0.05$). Feed efficiency of test groups increased by 4.88%–11.90% and that of group fed the diet with 0.03% XOS had significantly higher than the control ($P < 0.05$). Adding XOS had no significant effect on the activity of protease, amylase and lipase in digestive intestine, but could increase their activities. When the content of adding XOS was increasing, the digestive activity did not increase. Activities of three kinds of enzymes in the shrimp of test groups were higher than that of the control, except the activity of amylase in

收稿日期: 2009-10-10

作者简介: 黄燕华 (1969—), 女, 研究员, 博士, E-mail: huangyh111@126.com

基金项目: 广东省科技计划项目 (2007B020803002); 珠海市攻关项目 (PC20071058); 广东省自然科学基金 (8151907001000001)

the intestine of shrimp fed the diet with 0.03% XOS. It is recommended that dietary XOS can promote growth, reduce feed conversion rate, and enhance feed efficiency. The activity of digestive enzyme in the shrimp had a ascending trend.

Key words: xylooligosaccharide; *Litopenaeus vannamei*; growth performance; digestive enzyme

低聚木糖作为一种新型的绿色添加剂,具有稳定性好、用量小及来源丰富等特点,其对双歧杆菌等益生菌有高选择性增殖、提高机体免疫力及促生长等作用倍受关注.低聚木糖又称木寡糖,是由2~7个木糖分子以 $\beta(1-4)$ 糖苷键结合而成的功能性聚合糖,以二糖和三糖为主^[1].目前,低聚木糖应用于畜禽养殖^[2-7]和鱼类^[8-11]已有部分研究.资料表明,低聚木糖具有提高动物生产性能^[2-7],提高饲料转化率^[4-5],促进有益菌、抑制有害菌^[6],提高动物免疫力^[3]和肉类品质^[7]等功效.本试验拟通过研究低聚木糖对凡纳滨对虾生长及其消化道主要消化酶活性的影响,为功能性寡糖——低聚木糖在对虾配合饲料及其健康养殖的应用中提供试验数据和理论依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* 虾苗由珠海市世海饲料有限公司下属苗场提供,低聚木糖由江苏康维生物有限公司提供,有效成分质量分数为35%.

1.2 日粮制备及试验设计

试验基础日粮组成和营养水平见表1.采用单因子试验设计,各试验组是在基础饲料中按照质量比分别添加0、0.01%、0.03%、0.05%的低聚木糖,饲料原料经80目粉碎,混合均匀后用MM12型绞肉机挤压制粒,粒径为1.5 mm,于室内阴干后装入密封袋中置-20℃冰箱保存备用.

表1 饲料原料组成及营养成分
Tab.1 Ingredient and nutritional composition of basal diet

组成	比例/%	营养成分 ²⁾	w/%
鱼粉	30.0	水分	11.70
面粉	21.0	蛋白	36.15
豆粕	18.0	粗脂肪	11.91
花生麸	15.0	灰分	13.12
鲑鱼内脏粉	6.0	钙	2.29
虾壳粉	6.0	总磷	1.67
棉籽油	1.5		
鱼油	1.0		
其他 ¹⁾	1.5		

1)其他为多维、多矿和磷酸二氢钙;2)营养成分指实测值.

1.3 试验条件与饲养管理

养殖试验在珠海市农业科学研究中心的室内循环水养殖系统进行.试验选用体质健康,个体大小均

一(0.05 g左右)的凡纳滨对虾480尾,随机分为4个处理组,每个处理组3个重复,每个重复40尾虾,饲养56 d.循环流水过滤玻璃纤维桶(桶内呈灰白色)容积为350 L(直径80 cm×高70 cm,水体体积300 L),进水速率为1.6 L/min.试验期间盐度为5.0‰~6.4‰、温度为21.5~28.5℃、pH7.7~8.0、溶氧>5 mg/L、氨氮≤0.02 mg/L和亚硝酸盐≤0.2 mg/L.每天投料4次,投料时间为7:00、11:30、16:30和21:00,早晚的投喂量占60%,同时根据摄食情况及时调整投饲量,每周排污1次.

1.4 样品收集

试验结束后(饲养56 d后)禁食24 h,称取每个重复组的总质量和记录尾数,将采血后的对虾置于冰盘内玻璃平面皿上解剖,取出虾的胃、肠道和肝胰脏,然后剪开胃、肠道和肝胰脏,再用预冷超纯水(4℃,pH7.0)清洗胃、肠道内容物,滤纸吸干表面水分后分别称质量.将胃、肝胰脏、肠道样本,按其质量分别加入10倍体积(即按1 g组织加10 mL预冷超纯水的比例)预冷超纯水(4℃,pH7.0),用玻璃匀浆器在冰浴中匀浆,取部分匀浆液直接用于测定脂肪酶活力,其余部分以5 000 r/min、4℃离心10 min,然后取上清液(即粗酶提取液),立即置于-70℃冰箱中备用.生长性能指标及计算公式如下:

增质量率 = (末均质量 - 初均质量) / 初均质量 × 100%,
特定生长率 = [ln(末均质量) - ln(初均质量)] / 饲养时间 × 100%,
饵料系数 = 摄食量 / (虾末质量 + 试验中死亡虾质量 - 虾初质量),
饲料效率 = 增质量 / 投饲量 × 100%.

1.5 检测指标

1.5.1 蛋白酶活力 按Folin-酚法^[12].在一定温度和pH条件下,底物酪蛋白质量浓度为5 mg/mL,1 g消化器官鲜活组织内蛋白酶1 min水解酪蛋白产生1 μg酪氨酸的酶量为1个蛋白酶活力单位(U).
1.5.2 淀粉酶活力 按3,5-二硝基水杨酸显色法(DNS法)^[13].在一定温度和pH条件下,以可溶性淀粉为底物,1 g鲜活组织内淀粉酶1 min水解淀粉产生1 mg麦芽糖的酶量为1个淀粉酶活力单位(U).
1.5.3 脂肪酶活力 按聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法^[14].在一定温度和pH条件下,以聚乙烯醇橄榄

油为底物,1 g 鲜活组织内脂肪酶 1 min 水解脂肪产生 1 μmol 脂肪酸的酶量为 1 个脂肪酶活力单位(U).

1.5.4 酶液、血清蛋白浓度的测定 蛋白量测定以牛血清白蛋白作标准曲线,用考马斯亮蓝 G-250 法测定^[15]. 酶的活性以比活力表示,即:比活力(U/mg) = 酶活力/蛋白质含量.

1.6 数据分析

试验数据采用平均值 ± 标准差表示,采用 SPSS 11.5 软件进行数据分析和统计,先对数据作单因素方差分析(ANOVA),若处理间差异显著,再用 Duncan's 多重比较.

2 结果

2.1 低聚木糖对凡纳滨对虾生长的影响

从表 2 可知,对虾末均体质量分别为 4.04、4.42、4.38 和 4.52 g,与对照组比较,试验组增质量率分别提高了 9.41%、8.41% 和 11.93%,特定生长率分别提高了 2.06%、2.06% 和 2.65%,饵料系数降低了 1.83% ~ 5.51%,其中 0.03% 组饵料系数显著低于对照组($P < 0.05$),饲料效率提高了 4.88% ~ 11.90%,其中 0.03% 组饲料效率显著高于对照组($P < 0.05$).

表 2 低聚木糖对凡纳滨对虾生长性能的影响¹⁾

Tab. 2 Effects of xylooligosaccharide on the growth performance of *Litopenaeus vannamei*

低聚木糖添加比例/%	末均质量/g	增质量率/%	特定生长率/%	饵料系数	饲料效率/%
0	4.04 ± 0.50a	7 983.77 ± 1 000.01a	3.40 ± 0.10a	1.15 ± 0.05b	87.32 ± 3.80a
0.01	4.42 ± 0.22a	8 734.67 ± 438.16a	3.47 ± 0.04a	1.09 ± 0.05ab	91.58 ± 4.03ab
0.03	4.38 ± 0.46a	8 655.05 ± 921.07a	3.47 ± 0.08a	1.03 ± 0.07a	97.71 ± 6.64b
0.05	4.52 ± 0.77a	8 936.39 ± 1 533.85a	3.49 ± 0.14a	1.07 ± 0.05ab	93.57 ± 4.06ab

1)表中数据为平均值 ± 标准差,同列数据后,凡有一个相同字母者表示差异不显著($P > 0.05$,Duncan's 法).

2.2 消化酶活力结果

从表 3 可知,低聚木糖对消化酶活力的影响从不同种类消化酶活性的统计结果看,对蛋白酶的影响最大,其次是脂肪酶,淀粉酶的影响最小;从不同器官的消化酶活性统计结果看,对肠道消化酶酶活性的影响最大,其次是肝胰脏的,对胃中的消化酶酶活的影响最小. 即添加低聚木糖后能够一定程度地增加凡纳滨对虾消化道中的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活性,但效果不明显($P > 0.05$),也不存在明显的剂量效应,也就是消化酶活性没有随着低聚木糖

添加比例的递增而增加. 除肠道 0.03% 组淀粉酶外,试验组肝胰脏和肠道中各种酶的活性都高于对照组的($P > 0.05$).

3 讨论

熊沈学等^[8]在日粮中按比例分别添加 0、0.005%、0.01% 和 0.02% 的低聚木糖,研究其对异育银鲫 *Hybridized prussian* 生长和肠道消化酶活性的影响,饲养 45 d 后,发现添加 0.01% 时异育银鲫增质量效果最佳,其增质量率为 30.24%,较对照组的 15.09% 显著提高($P < 0.05$),添加 0.02% 时,生长出现下降;中后肠蛋白酶和对照组比较没有显著性差异,但有先增加后减少的趋势,淀粉酶活性增加,且添加 0.01% ~ 0.02% 时与对照组差异显著($P < 0.05$). 王优军等^[9]研究表明,在大菱鲆 *Scophthalmus maximus* 饲料中添加 0.04% 的低聚木糖,饲养 72 d 后显著提高了大菱鲆的生长性能($P < 0.05$). 褚武英等^[10]在草鱼 *Ctenopharyngodon idella* 鱼种料中按比例分别添加 0.1%、0.2%、0.3%、0.4% 和 0.6% 的低聚木糖饲养 56 d,结果发现添加 0.1% ~ 0.4% 低聚木糖组草鱼增质量率较对照组显著提高($P < 0.05$),0.6% 时反而较对照组显著下降($P < 0.05$),0.4% 组显著高于其他试验组($P < 0.05$). 本试验结果表明:饲料中添加低聚木糖对凡纳滨对虾的增质量率和特定生长率没有显著影响($P > 0.05$),但有促生长、提高饲料效率和降低饵料系数的表现,而且 0.03% 低聚木糖组饲料效率显著高于对照组($P < 0.05$),饵料系数显著

表 3 低聚木糖对凡纳滨对虾消化酶活力的影响¹⁾

Tab. 3 Effects of xylooligosaccharide on digestive enzymes activity of *Litopenaeus vannamei*

器官	低聚木糖添加比例/%	酶活性/(U · mg ⁻¹)		
		脂肪酶	蛋白酶	淀粉酶
胃	0	36.86 ± 10.83a	1.67 ± 0.19a	2.74 ± 1.09a
	0.01	35.16 ± 7.28a	1.82 ± 0.29a	3.11 ± 1.33a
	0.03	42.15 ± 6.44a	1.82 ± 0.41a	2.99 ± 1.66a
	0.05	44.88 ± 6.12a	1.70 ± 0.13a	1.82 ± 0.25a
肝胰脏	0	88.13 ± 29.67a	3.08 ± 0.56a	3.83 ± 2.06a
	0.01	92.34 ± 21.09a	4.00 ± 0.85a	5.65 ± 4.00a
	0.03	109.09 ± 23.40a	3.68 ± 0.18a	7.65 ± 3.88a
	0.05	122.12 ± 19.27a	3.98 ± 2.33a	4.07 ± 1.59a
肠道	0	40.34 ± 11.33a	1.56 ± 0.31a	8.16 ± 6.10a
	0.01	65.17 ± 20.92a	1.80 ± 0.33a	21.83 ± 13.09a
	0.03	86.93 ± 36.26a	1.24 ± 0.75a	11.62 ± 7.67a
	0.05	77.96 ± 14.97a	1.65 ± 0.48a	11.94 ± 3.90a

1)表中数据为平均值 ± 标准差,相同器官,同列数据后,凡有一个相同字母者表示差异不显著($P > 0.05$,Duncan's 法).

低于对照组 ($P < 0.05$); 从增质量率和特定生长率看, 添加 0.05% 组效果最好, 但从饵料系数和饲料效率看, 0.03% 组最佳, 0.05% 组反而降低, 与上述报道不完全相同, 尤其是最佳添加剂量的差异, 这可能与所用的试验动物种类、饲养条件和饲养周期等不同有关. 另外本试验所用的低聚木糖来源与熊沈学等^[8]、王优军等^[9]所用的相同, 而不同于褚武英等^[10]的, 且所用材料低聚木糖的有效成分含量前者都高于后者, 这也许是导致褚武英等^[10]报道草鱼中添加 0.4% 的低聚木糖为最佳, 明显高于 0.01% ~ 0.05% 的添加剂量的原因. 李兆勇等^[16]报道在日粮中添加低聚木糖 200 g/t 不影响仔猪的增质量 ($P > 0.05$), 但能显著提高仔猪饲料转化效率 ($P < 0.05$) 及仔猪十二指肠和空肠的胰蛋白酶、胃蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶的活力 ($P < 0.05$). Chung 等^[17]研究在 65 岁的老年人中补充低聚木糖, 可以显著增加双歧杆菌的数量和降低粪便 pH ($P < 0.05$), 但不影响饮水量、胃肠道功能和血液参数指标 ($P > 0.05$). 本试验结果表明, 添加低聚木糖后能够一定程度地增加凡纳滨对虾消化道中的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活性, 但效果不明显 ($P > 0.05$), 而且消化酶活性也没有随低聚木糖添加比例的递增而增加, 与上述报道不太一致, 可能是不同动物的消化生理不同或由其导致的所需的最佳剂量不同, 具体的有待更多的研究来证实. 肉食鱼虾个体生长过程就是物质 (主要是蛋白质) 在体内存留的过程, 蛋白质消化需要酶的参与, 消化酶活力是影响蛋白质消化率和消化量的主要因素. 本试验中, 低聚木糖比例高时, 蛋白酶活力相对要高, 跟生长性能的结果较一致.

低聚木糖是新型的寡糖类添加剂, 在动物体内不能被消化酶所消化, 但可以通过在体内发酵后, 被几类双歧杆菌和乳酸菌利用^[18-19], 促进双歧杆菌的增殖和抑制有害菌^[6,20], 而双歧杆菌等有益菌可以刺激胃肠道上皮细胞增生, 提高消化酶的活力^[21], 从而促进营养物质的吸收利用进而提高增质量率和降低饵料系数. 综合上述报道知, 低聚木糖添加过量反而引起生长性能下降, 同时也提高了饲养成本; 添加量不足, 则效果不明显, 低聚木糖在凡纳滨对虾饲料中的最适添加量还有待进一步的研究.

参考文献:

- [1] 石波, 李特. 功能性饲料添加剂木寡糖的制备研究[J]. 国外畜牧科技, 2000(6): 14-17.
- [2] 安淑芝, 胡玉海. 日粮中添加低聚木糖对断奶仔猪生产性能的影响[J]. 当代畜牧, 2005(8): 24.
- [3] 王继成, 潘灵辉, 李淑云, 等. 低聚木糖对断奶仔猪生产性能、肠道菌群及免疫水平影响的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2006, 33(5): 3-7.
- [4] 吴媛媛, 闵于明, 王忠, 等. 木寡糖对肉仔鸡生长性能、肠道生理学和形态学指标的影响[J]. 中国农业大学学报, 2006, 11(4): 42-46.
- [5] 徐勇, 顾阳, 陈牧, 等. 低聚木糖对蛋鸡的促生长作用及促生长机理研究[J]. 饲料工业, 2005, 26(22): 56-59.
- [6] 周俊, 王蓉, 朱汉静. 低聚木糖对肉鸭空肠菌群的影响[J]. 饲料研究, 2007(6): 59-61.
- [7] 吴红翔, 欧阳捡云, 刘三凤, 等. 木寡糖益生菌和益生菌对广东麻鸡屠宰性能及肌肉品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(6): 809-812.
- [8] 熊沈学, 刘文斌, 方星星. 低聚木糖梯度添加对异育银鲫生长及肠道消化酶活性的影响[J]. 畜牧与兽医, 2005, 27(10): 23-24.
- [9] 王优军, 李勇. 低聚木糖等三种新型添加剂对大菱鲆的促生长作用[C]//谷继承, 沙玉圣. 饲料添加剂研究与应用进展: 第十届全国饲料添加剂大会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008: 233-237.
- [10] 褚武英, 吴信, 成嘉, 等. 低聚木糖对草鱼生长性能及血液生化指标的影响[J]. 饲料研究, 2008(6): 60-61.
- [11] 明建华, 刘波, 周群兰, 等. 功能性寡糖在水产动物饲料中的应用[J]. 水产科学, 2008, 27(9): 490-492.
- [12] 北京大学生物系生物化学教研室. 生物化学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1979: 73-74.
- [13] 潘鲁青, 王克行. 中国对虾幼体消化酶活力的试验研究[J]. 水产学报, 1997, 21(1): 26-31.
- [14] 朱俭, 曹凯鸣, 周润琦, 等. 生物化学试验[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 190-193.
- [15] 扬安刚, 毛积芳, 药立波. 生物化学与分子生物学试验技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 247-248.
- [16] 李兆勇, 杨在宾, 杨维仁, 等. 益生菌和低聚木糖对仔猪生长和养分消化性能的影响[J]. 西北农林科技大学: 自然科学版, 2008, 36(1): 59-65.
- [17] CHUNG Y C, HSU C K, KO C Y, et al. Dietary intake of xylooligosaccharides improves the intestinal microbiota, fecal moisture, and pH value in the elderly[J]. 2007, 27(12): 756-761.
- [18] 李德发, 尹靖东, 谯仕彦, 等. 猪的营养[M]. 2版. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003: 22-42.
- [19] HSU C K, LIAO J W, CHUNG Y C, et al. Xylooligosaccharides and fructooligosaccharides affect the intestinal microbiota and precancerous colonic development in rats[J]. J Nutr, 2004, 134: 1523-1528.
- [20] 雷浪伟, 李培荣, 李志霞, 等. 低聚木糖对模拟失重大鼠肠道微生态的影响[J]. 中国微生态学杂志, 2005, 17(4): 244-246.
- [21] HOWARD M D, GORDON D T, GARLEB K A, et al. Dietary fructooligosaccharide, xylooligosaccharide and gum Arabic have variable effects on cecal and colonic microbiota and epithelial cell proliferation in mice and rats[J]. J Nutr, 1995, 125: 2604-2609.