

壳聚糖对异育银鲫生长和消化酶的影响

陈勇^{1,2}, 周洪琪², 冷向军², 钟国防²

(1. 南京晓庄学院, 江苏 南京 210017; 2. 上海水产大学 生命科学与技术学院, 上海 200090)

摘要:以基础饲料为对照,以在基础饲料中分别添加0.125%、0.25%、0.5%、0.75%、1%的壳聚糖为实验饲料,饲养异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*) 60 d,与对照组比较生长、成活、饲料系数、蛋白质效率、鱼体营养成分、白肌RNA/DNA比值及肝胰脏、肠道的蛋白酶、淀粉酶活性。结果表明,本次实验所添加壳聚糖对异育银鲫的成活率、鱼体营养成分和白肌的RNA/DNA比值均无显著影响($P>0.05$)。添加0.5%、0.75%和1%壳聚糖可以显著提高异育银鲫的特定生长率和蛋白质效率,显著降低异育银鲫的饲料系数。添加0.5%壳聚糖可以显著提高异育银鲫肠道的淀粉酶活性;添加0.75%和1%壳聚糖可以显著提高肠道和肝胰脏的蛋白酶活性和肠道的淀粉酶活性。[中国水产科学, 2006, 13(3): 440-445]

关键词:异育银鲫;壳聚糖;生长;消化酶;蛋白质效率

中图分类号:S986 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)03-0440-06

壳聚糖(chitosan)是甲壳素(chitin)脱乙酰基后得到的一种带正电荷的高分子碱性多糖。甲壳素广泛存在于低等动物尤其是节肢动物(如虾、蟹和昆虫)外壳中,也存在于真菌、藻类细胞壁中,资源丰富。全世界每年蟹、虾和龙虾等水产品加工后的甲壳废弃物有100多万t,其中含有10%~30%的甲壳素^[1]。因此变废为宝,意义重大。但是甲壳素化学性质不活泼、溶解性差,直接应用非常有限;而对甲壳素进行脱乙酰化处理后所得到的壳聚糖,具有良好的生物相容性和生物可降解性,并且在应用中安全、无毒、高效、无残留,因此已在食品、环保、医药、日用化工、农业等诸多领域表现出了巨大的应用潜力,现已成为甲壳素的主要应用形式之一。

研究显示,壳聚糖已可以通过浸泡和口服的方法应用于水产动物的养殖中,适宜浓度能促进生长、过高浓度下抑制生长的效果^[2-5]。但其对生长影响的机理研究还未见报道。本研究以壳聚糖为饲料添加剂,探讨其对异育银鲫生长的影响及其作用机理。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 二龄异育银鲫 购自上海市孙桥镇孙农水

产养殖场,体质量(30.7 ± 1.3) g,体质健壮,无伤病。壳聚糖由上海水产大学食品学院提供,含壳聚糖41.9%、蛋白质31.2%、粗脂肪1.1%、钙11.6%。

1.1.2 饲料 基础饲料由10%鱼粉、20%豆粕、20%菜籽粕、25%次粉、17.5%玉米粉、5%啤酒酵母、1%植物油、1.5%复合添加剂组成。实验饲料为基础饲料中分别添加0.125%、0.25%、0.5%、0.75%、1%的壳聚糖,共5个实验组,6种饲料的营养组成见表1。

以基础饲料作为对照组饲料,5个实验组与对照组各设3个重复。

1.2 饲养

实验鱼饲养于18个控温自体循环式水族箱($0.7\text{ m} \times 0.6\text{ m} \times 0.5\text{ m}$),每箱随机放鱼15尾,先用基础饲料驯化1周,鱼摄食正常后实验开始,每天按体重的2%分3次投喂(8:30、12:30、16:30),并根据摄食情况适当调整,尽量让投喂的饲料全部吃完不留残饵。每天充气,不定期吸污、换水。饲养实验时间为2004年4月10日至6月10日,实验期间水温(26 ± 2) °C、DO水平高于 $5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 水平低于 $0.5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,各箱水质参数基本一致。

收稿日期:2005-03-29; 修订日期:2005-08-24。

基金项目:上海市科委重点攻关项目(013212101)。

作者简介:陈勇(1964-),男,副教授,博士生,研究方向:水产动物营养与饲料科学。E-mail: Chenyong186@scau.com

通讯作者:周洪琪。Tel: 021-65710017。E-mail: hqzhou@shfu.edu.cn

表1 饲料营养成分组成
Tab.1 Proximate composition of diets

壳聚糖水平 Chitosan level	蛋白质 Protein	脂肪 Lipid	灰分 ash	水分 Moisture
0(对照 Control)	31.14	6.52	8.52	10.20
0.125%	31.20	6.51	8.53	10.32
0.25%	31.24	6.54	8.57	10.28
0.5%	31.40	6.55	8.60	10.22
0.75%	31.48	6.54	8.60	10.34
1%	31.55	6.55	8.62	10.24

1.3 测定方法

1.3.1 特定生长率、饲料系数、蛋白质效率及成活率 饲养实验进行 60 d, 实验结束每个饲料组取鱼的白肌、肌肉、肠道及肝脏待测。在实验正式开始及结束前实验鱼饥饿 1 d, 每箱鱼称重、计数。按下列公式计算特定生长率、饲料系数及蛋白质效率。

$$\text{SGR} = (\ln W_F - \ln W_I) / 60 \times 100\%$$

$$\text{FC} = \text{TF} / (W_F - W_I)$$

$$\text{PER} = (W_F - W_I) / (\text{TF} \cdot \text{PP}) \times 100\%$$

式中, W_F —实验终末鱼的体质量; W_I —实验初始鱼的体质量; TF—每箱总投饲量; PP—饲料蛋白含量; SGR、FC、PER 分别为特定生长率、饲料系数及蛋白质效率。

1.3.2 鱼肌肉常规营养成分 每个饲料组取 5 尾鱼的肌肉测定水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分。水分测定用常压干燥法, 粗蛋白测定采用凯氏定氮法, 粗脂肪测定采用索氏抽提法, 粗灰分测定采用马福炉灰化(550℃)法。

1.3.3 白肌的 RNA 与 DNA 含量之比(RNA/DNA 比值) 每个饲料组取 5 尾鱼, 每尾鱼背鳍基部的白肌 0.5~1 g 作为一个样品, 参考司亚东^[6]方法测定白肌的 RNA 与 DNA 含量, 计算 RNA 与 DNA 含量的比值。

1.3.4 肝脏和肠道的蛋白酶、淀粉酶活性 每个饲料组分别取 5 尾鱼的肠道和肝脏 0.5 g 左右, 在冰浴中用 10 倍体积冰冷的去离子水匀浆, 在 4℃ 冰箱中静置 2 h 后, 2 000 r/min 离心 10 min, 取上清液作为粗酶液待测。采用福林-酚试剂法测定蛋白酶活性^[7]。蛋白酶活力单位定义为 pH 8.0、底物酪蛋白浓度为 20 mg·mL⁻¹、37℃ 条件下保温 10 min, 每克组织每分钟产生 1 μg 酪氨酸的酶量为一个活力单位。采用淀粉-碘显色法测定淀粉酶活性^[8]。淀粉酶活力单位定义为 pH 7.0、底物可溶性淀粉浓

度为 0.2%, 37℃ 条件下保温 30 min, 组织中的淀粉酶能完全水解 10 mg/g 淀粉时的酶量为 1 个活性单位。

1.4 统计方法

所有数据用 ANOVA 进行方差分析, Duncan's 进行多重比较。

2 结果

2.1 壳聚糖对异育银鲫特定生长率、饲料系数、蛋白质效率及成活率的影响

60 d 饲养实验的结果表明, 各组成活率均为 100%。异育银鲫的生长情况因壳聚糖添加水平而异, 当添加量达到 0.5% 时才具有显著的促生长效果($P < 0.05$), 然而添加量超过 0.75%, 这种促生长作用有减缓趋势(表 2)。

壳聚糖对异育银鲫的饲料系数和蛋白质效率具有显著影响(表 2)。与对照组相比, 0.5% 壳聚糖组、0.75% 壳聚糖组及 1% 壳聚糖组的饲料系数分别降低了 0.21、0.33 和 0.28 ($P < 0.05$); 蛋白质效率分别提高了 20.37%、35.15% 和 29.38% ($P < 0.05$), 这 3 个实验组之间无显著差异($P > 0.05$)。

2.2 壳聚糖对异育银鲫白肌 RNA/DNA 比值的影响

对照组异育银鲫的 RNA/DNA 比值为 2.15。饲料中添加壳聚糖对异育银鲫 RNA/DNA 比值虽无显著影响($P > 0.05$), 但 RNA/DNA 比值随壳聚糖添加量的增加呈递增趋势($P < 0.1$), 0.5% 壳聚糖组和 0.75% 壳聚糖组的 RNA/DNA 比值相对较高(表 2)。

2.3 壳聚糖对异育银鲫肌肉成分的影响

对照组异育银鲫肌肉水分含量为 79.33%, 肌肉的蛋白质、脂肪、灰分含量分别为干物质的 88.44%、5.06%、5.64% (表 3)。统计结果表明, 添加壳聚糖对鱼肌肉常规营养成分无显著性影响($P > 0.05$)。

表2 壳聚糖对异育银鲫特定生长率、饲料系数、蛋白质效率及白肌 RNA/DNA 比值的影响

Tab.2 Effects of chitosan on specific growth ratio in wet weight, feed coefficient and protein efficiency ratio of allogynogenetic silver crucian carp and RNA/DNA in white muscle

壳聚糖水平 Chitosan level	特定生长率/(%·d ⁻¹) SGR (n=3)	饲料系数 Feed coefficient (n=3)	蛋白质效率/% PER (n=3)	RNA/DNA 比值 RNA/DNA ratio (n=5)
0(对照 Control)	0.88±0.04 ^a	1.91±0.09 ^a	168.65±8.42 ^a	2.15±0.50 ^a
0.125%	0.86±0.04 ^c	1.94±0.11 ^a	166.36±9.14 ^c	2.51±0.60 ^a
0.25%	0.91±0.02 ^{bc}	1.80±0.06 ^{ab}	178.66±5.74 ^{bc}	2.52±0.36 ^a
0.5%	0.95±0.01 ^{ab}	1.70±0.02 ^{bc}	189.02±2.68 ^{ab}	2.98±0.38 ^a
0.75%	1.00±0.05 ^a	1.58±0.11 ^c	203.80±13.47 ^a	3.12±0.71 ^a
1%	0.98±0.05 ^a	1.63±0.11 ^c	198.03±13.29 ^a	2.21±0.41 ^a

注:同列不同的上标字母表示差异显著(P<0.05),相同的上标字母表示差异不显著(P>0.05)。

Note: The value with different superscripts in the same column indicated significant difference at P<0.05, and the same ones indicated no significant difference at P>0.05.

表3 壳聚糖对异育银鲫肌肉营养成分的影响

Tab.3 Effects of chitosan on nutrient ingredients in muscle of allogynogenetic silver crucian carp

n=5; $\bar{X} \pm SD$; DW

壳聚糖水平/Chitosan level	水分/% Moisture	蛋白质/% (DW) Protein	脂肪/% (DW) Lipid	灰分/% (DW) Ash
0(对照 Control)	79.33±0.26 ^a	88.44±4.73 ^a	5.06±0.88 ^a	5.64±0.05 ^a
0.125%	78.51±1.08 ^a	88.66±2.94 ^a	5.26±1.03 ^a	6.25±0.37 ^a
0.25%	78.83±0.70 ^a	89.53±0.40 ^a	6.70±1.07 ^a	5.53±0.12 ^a
0.5%	78.11±0.80 ^a	89.70±2.43 ^a	6.16±1.64 ^a	5.30±0.61 ^a
0.75%	79.03±1.08 ^a	88.17±2.40 ^a	5.00±0.23 ^a	6.05±0.38 ^a
1%	78.27±0.99 ^a	88.46±2.45 ^a	4.95±1.31 ^a	6.34±0.29 ^a

注:同列相同的上标字母表示差异不显著(P>0.05)。

Note: The value with the same superscript in the same column indicated no significant difference at P>0.05.

2.4 壳聚糖对异育银鲫肠道和肝胰脏的蛋白酶活性和淀粉酶活性的影响

对照组异育银鲫肠道和肝胰脏的蛋白酶活性分别为 643.97 U 和 103.55 U, 淀粉酶活性分别为 156.59 U 和 122.51 U。壳聚糖对异育银鲫肠道和肝胰脏的蛋白酶活性和肠道淀粉酶活性有显著影响(P<0.05), 饲料中添加 0.75% 壳聚糖可以显著提高肠道和肝胰脏的蛋白酶活性和肠道的淀粉酶活性, 分别比对照组高 37.81%、71.24% 和 43.01%; 添加 1% 壳聚糖也可以显著提高肠道和肝胰脏的蛋白酶活性和肠道的淀粉酶活性, 分别比对照组高 36.43%、58.33% 和 32.31%; 而添加 0.5% 壳聚糖只能够显著提高肠道的淀粉酶活性, 比对照组高 41.66%(表4)。

3 讨论

3.1 适量添加壳聚糖能促进异育银鲫的生长

本研究结果表明, 饲料中添加适量的壳聚糖对异育银鲫的生长具有促进作用, 但这种促进生长的作用并不随着壳聚糖添加量的增加而不断增强。于东祥等^[4]对真鲷(*Pagrosomus major*)的研究有类似报道, 饲料中添加 0.5% 和 1.0% 的甲壳胺可以提高真鲷的相对增重率, 并且 0.5% 的添加效果要比 1.0% 的效果更好。已有研究证实, 添加 10% 的壳聚糖对真鲷、日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)和五条鲷(*Seriola quinqueradiata*)的生长有抑制作用^[5]。罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)的增重率随壳聚糖添加量(2%、5%、10%)的增加而降

表4 壳聚糖对异育银鲫肠道和肝胰腺的蛋白酶活性和淀粉酶活性的影响
Tab.4 Effects of chitosan on protease activity, amylase activity in intestine and hepatopancreas
of allogynogenetic silver crucian carp $n=5; \bar{X} \pm SD$

壳聚糖水平 Chitosan level	蛋白酶活力/U Protease activity		淀粉酶活力/U Amylase activity	
	肠道 Intestine	肝胰腺 Hepatopancreas	肠道 Intestine	肝胰腺 Hepatopancreas
0(对照 Control)	643.97 ± 171.51 ^{bc}	103.55 ± 16.69 ^b	156.59 ± 17.39 ^c	122.51 ± 47.87 ^a
0.125%	602.84 ± 56.01 ^c	95.29 ± 22.29 ^b	172.29 ± 42.86 ^{bc}	127.93 ± 36.45 ^a
0.25%	675.52 ± 155.00 ^{bc}	115.65 ± 11.08 ^b	160.26 ± 40.15 ^c	135.47 ± 27.24 ^a
0.5%	829.24 ± 167.92 ^{ab}	122.34 ± 37.78 ^b	221.82 ± 23.82 ^a	85.59 ± 36.06 ^a
0.75%	887.44 ± 110.83 ^a	177.32 ± 66.11 ^a	223.94 ± 18.45 ^a	83.47 ± 25.90 ^a
1%	878.57 ± 115.07 ^a	163.95 ± 45.06 ^a	207.19 ± 18.13 ^{ab}	111.18 ± 64.59 ^a

注:同列不同的上标字母表示差异显著($P < 0.05$);相同的上标字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

Note: The value with different superscripts in the same column indicated significant difference at $P < 0.05$, and the same ones indicated no significant difference at $P > 0.05$.

低,10%的壳聚糖会抑制罗非鱼的生长和饲料转化率^[9],可见,过量添加壳聚糖对鱼的生长会有抑制作用。本实验条件下异育银鲫饲料的壳聚糖适宜添加量为0.75%。

3.2 异育银鲫白肌 RNA/DNA 比值与生长

鱼类的生长是通过蛋白质生物合成实现的,合成的蛋白质除了修补和更新组织之外,还不断生长新的组织,表现为细胞数量的增多,组织体积的增大以及物质和能量的积累。外观上表现为体长和体质量的增加。Bullow 等^[10]曾提出鱼组织细胞中 DNA 的含量相对稳定、对环境条件的改变并不敏感,是体现细胞数目的指标;而当鱼体蛋白质合成速度加快时,鱼体组织中的 RNA 含量就会增加, RNA 作为体现细胞蛋白质合成的指标与蛋白质合成的速度极其相关。为排除细胞数目、大小的影响, RNA/DNA 比值能够反映蛋白质的合成能力,可以作为衡量鱼类生长速率的指标。此后,许多学者对 RNA/DNA 比值与鱼类生长的关系进行了研究,司亚东等^[6]对鲤鱼、Gwak 等^[11]对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)、Malloy 等^[12]对石斑(*Kareius bicoloratus*)、Malloy 和 Targett^[13]对比目鱼(*Paralichthys dentatus*)的研究结果表明,白肌或肝脏的 RNA/DNA 比值与鱼类生长率呈正相关。除此之外,仔鱼和稚鱼整鱼^[14-15]以及鳞片提取物^[16]的 RNA/DNA 比值与生长也极其相关。所以 RNA/DNA 比值能精确、灵敏地反映鱼体的蛋白质合成水平和鱼体的生长速

率,可以作为评定鱼类近期及长期生长速度和营养状况的指标。白肌是表达鱼体生长最有代表性的组织^[17],因此,本研究测定白肌的 RNA 和 DNA 含量,以 RNA/DNA 比值来评价异育银鲫的蛋白质合成能力及生长。本实验各组之间 RNA/DNA 比值虽然无显著差异,但异育银鲫 RNA/DNA 比值与生长、蛋白质效率还是有相似的趋势:0.5%壳聚糖组和0.75%壳聚糖组 RNA/DNA 比值相对较高,特定生长率和蛋白质效率也较高;而当添加量大于0.75%时, RNA/DNA 比值、特定生长率、蛋白质效率均呈下降趋势,饲料系数呈上升趋势。说明适量添加壳聚糖可能通过提高蛋白质合成促进鱼的生长。

3.3 异育银鲫肠道和肝胰腺的蛋白酶活性和淀粉酶活性与生长

与畜禽相比,鱼类特别是鲤科鱼类的机械消化能力很差^[18],消化功能的强弱很大程度上取决于消化酶活性。提高鱼体的消化酶活性就能提高鱼体的消化功能,鱼体对营养物质的吸收也会增加。许多研究表明,饲料成分的变化能影响鱼的消化酶活性^[19-21]。本研究结果证明,壳聚糖进入鱼体后,能提高消化酶、特别是蛋白酶的活性;并且消化酶活性的变化趋势与生长、饲料系数、蛋白质效率的趋势相吻合,即当添加量小于0.75%时,随着壳聚糖添加量的增加,消化酶活性、特定生长率、蛋白质效率均呈增加趋势,饲料系数呈下降趋势;由此看来,壳

聚糖是通过提高鱼体的消化酶活性来提高对营养物质的消化吸收能力,从而提高了蛋白质等营养物质的利用率,降低了饲料系数、提高了蛋白质效率、促进了鱼的生长。

参考文献:

- [1] 黄崇元. 甲壳素资源的综合利用与发展[J]. 凝法冶金, 1995, 55(3): 4-18.
- [2] 庄承纪, 刘劲科, 杨清友, 等. 壳多糖对罗氏沼虾、斑节对虾虾苗生长和抗菌防病作用的研究[J]. 浙江海洋大学学报, 1998, 18(3): 29-34.
- [3] 胡品虎. 稀土甲壳素在河蟹养殖中的应用[J]. 水产养殖, 1999, 5: 13-14.
- [4] 于东祥, 柳学周, 雷麒麟. 甲壳素制剂对真鲷幼鱼的促生长作用研究[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(3): 62-66.
- [5] Kono M, Matsui T, Shimizu C. Effect of chitin, chitosan and cellulose as diet supplements on the growth of cultured fish[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1987, 53(1): 125-129.
- [6] 司亚东, 金有坤, 周洪琪, 等. 鲤鱼白肌 RNA/DNA 值与其生长的关系[J]. 上海水产大学学报, 1992, 12: 159-167.
- [7] 中山大学生物系生化微生物教研室编. 生化技术导论[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [8] 上海市医学化验所等编. 临床生化检验(上册)[M]. 上海: 上海科技出版社, 1979.
- [9] Shiao S Y, Yu Y P. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* O. aureus[J]. Aquaculture, 1999, (179): 439-446.
- [10] Bullock F J, Coburn C B. Comparisons of two bluegill population by means of RNA-DNA ratio and liver-somatic index[J]. Trans Am Fish Soc, 1978, 107(6): 799-803.
- [11] Gwak, W S, Tsunaki T, Tanaka M. Nutritional condition, as evaluated by RNA/DNA ratios, of hatchery-reared Japanese flounder from hatch to release[J]. Aquaculture, 2003, 219(1-4): 503-514.
- [12] Malloy K D, Yamanishi Y, Yamada H, et al. Spatial and temporal patterns of juvenile stone flounder *Kareius hiematus* growth rates during and after settlement[J]. Mar Biol Prog Ser, 1996, 231: 49-59.
- [13] Malloy K D, Targett T E. The use of RNA/DNA ratio predict growth limitation of juvenile summer flounder (*Paralichthys dentatus*) from Delaware and North Carolina estuaries[J]. Mar Biol, 1994, 118: 367-376.
- [14] Clemmesen C. The effect of food availability, age or size on the RNA/DNA ratios of individually measured herring larvae: laboratory calibration[J]. Mar Biol, 1994, 118: 377-382.
- [15] Rooker J R, Holt G J, Holt S A. Condition of larval and juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) [J]. Mar Freshw Res, 1996, 47: 283-290.
- [16] Hoxdham D F, Hall S J, Gray C, et al. Growth rate and protein turnover in Atlantic cod, *Gadus morhua*[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1988, 45: 951-964.
- [17] Smith T R, Buckley L J. RNA-DNA ratios in scales from juveniles cod provides a nonlethal measure of feeding condition[J]. Trans Am Fish Soc, 2003, 132(1): 9-17.
- [18] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 5-6.
- [19] 杨代勤, 严安生, 陈芳, 等. 不同饲料对黄鳝消化酶活性的影响[J]. 水产学报, 2003, 27(6): 558-563.
- [20] 黄峰, 严安生, 张桂香, 等. 不同蛋白含量饲料对南方鳊胃蛋白酶和淀粉酶活性的影响[J]. 水生生物学报, 2003, 27(5): 451-456.
- [21] 刘小刚, 周洪琪, 华雪娟, 等. 微生态制剂对异育银鲫消化酶活性的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(5): 448-452.

Effects of chitosan on growth and digestive enzyme in allogynogenetic silver crucian carp

CHEN Yong^{1,2}, ZHOU Hong-qi², LENG Xing-jun², ZHONG Guo-fang²

(1. Department of Life Science, Nanjing Xiaohu College, Nanjing 210017, China; 2. College of Aquaculture Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Chitosan is rich in natural resource, but it is often thrown away as waste. The latest studies show that chitosan could affect the growth of aquatic animals. Allogynogenetic silver crucian carp were fed with control diet and test diets which were control diet containing chitosan at contents of 0.125%, 0.25%, 0.5%, 0.75% and 1%, respectively. Specific growth ratio in wet weight, feed coefficient and protein efficiency ratio, nutrient ingredients in the muscle, RNA/DNA ratio in white muscle, protease activity, amylase activity in intestine and hepatopancreas were determined after 60 days feeding period. The results show that the supplement of chitosan at 0.5%, 0.75% and 1% could significantly improve specific growth rate (SGR) and protein efficiency ratio (PER), and significantly decrease feed coefficient (FC) of the fish. Their SGR were $0.07\% \cdot d^{-1}$, $0.12\% \cdot d^{-1}$ and $0.1\% \cdot d^{-1}$ more than those of control respectively. Their PER were 20.37%, 35.15% and 29.38% more than that of the control respectively. Their FC were 0.21, 0.33 and 0.28 less than that of the control respectively. The supplement of 0.5% chitosan could significantly enhance amylase activity in intestine. The supplement of chitosan at the content of 0.75% and 1.0% could significantly advance protease activity in intestine and hepatopancreas, amylase activity in intestine of the fish. The supplement of chitosan in the test had no significant effect on survival ratio, nutrient ingredients in the muscle and RNA/DNA ratio in white muscle of the fish. The result showed that 0.75% of chitosan is optimum additive dose in the fish diet for growth. Suitable additive dose of chitosan could not only improve growth of the fish but also make RNA/DNA ratio the same tendency with growth. The mechanism that chitosan could improve growth of the fish may be that chitosan could advance protease activity in intestine and hepatopancreas, amylase activity in intestine of the fish and abilities of protein synthesis in the fish. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(3): 440 - 445]

Key words: allogynogenetic silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio*); chitosan; growth; digestive enzyme; protein efficiency ratio

Corresponding author: ZHOU Hong-qi. E-mail: hqzhou@shfu.edu.cn