

黄霉素对淇河鲫生长性能、体成分和 消化酶活性的影响

高春生^{1,2}, 杨国宇¹, 范光丽², 王艳玲¹

(1 河南农业大学 牧医工程学院, 河南 郑州 450002; 2 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 为了确定淇河鲫饲料中黄霉素的适宜添加量,以不添加黄霉素为对照,研究了饲料中添加 2, 4, 6 和 8 mg/kg 黄霉素对淇河鲫生长性能、体成分和消化酶活性的影响。结果表明,饲料中添加黄霉素组淇河鲫的生物学综合评价高于对照组;添加 4 和 6 mg/kg 黄霉素处理组的饲料系数显著高于对照组($P < 0.05$);全鱼水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量在各处理组和对照组间差异不显著($P > 0.05$);各处理组血清中葡萄糖和甘油三酯含量高于对照组;4, 6 和 8 mg/kg 黄霉素添加组血清游离脂肪酸含量显著高于对照组($P < 0.05$);4 mg/kg 黄霉素添加组胰蛋白酶活性显著高于对照组和 8 mg/kg 黄霉素添加组($P < 0.05$), 4 和 6 mg/kg 黄霉素添加组肠蛋白酶活性显著高于对照组($P < 0.05$);2, 4 和 6 mg/kg 黄霉素添加组胰淀粉酶活性显著高于对照组($P < 0.05$), 4 mg/kg 黄霉素添加组肠淀粉酶活性显著高于对照组($P < 0.05$);各黄霉素添加组胰脂肪酶和肠脂肪酶活性高于对照组,其中 6 mg/kg 添加组与对照组相比差异显著($P < 0.05$)。结果提示,饲料中添加适量黄霉素能促进淇河鲫生长,提高淇河鲫消化酶活性,但不影响鱼体营养成分,其中以添加 4 mg/kg 黄霉素效果最佳。

[关键词] 黄霉素;淇河鲫;生长性能;体成分;消化酶活性

[中图分类号] S965.117.73⁺2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)12-0048-05

Effects of flavomycin on growth performance, whole body composition and activities of digestive enzymes in *Carassius auratus gibelio* var

GAO Chun-sheng^{1,2}, YANG Guo-yu¹, FAN Guang-li², WANG Yan-ling¹

(1 College of Animal Husbandry Veterinary Sciences, He'nan Agricultural University, Zhengzhou, He'nan 450002, China;

2 College of Animal Sciences and Technology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to identify the optimum additive dose of flavomycin in the feed of *Carassius auratus gibelio* var, an experiment was conducted to investigate the effects of flavomycin (diets with the supplement of 2, 4, 6 and 8 mg/kg flavomycin, respectively) on growth performance, body composition and digestive enzymatic activities of *Carassius auratus gibelio* var compared with the group without adding flavomycin. The results showed that the biology synthesis evaluation in the groups fed with flavomycin was superior to that in the control group. Feed coefficients in the groups fed with 4 and 6 mg/kg flavomycin were significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$). No significant differences were observed among the treatments in terms of moisture, crude protein, crude lipid and ash in whole body ($P > 0.05$). The concentrations of serum glucose and triglyceride in the groups fed with flavomycin were higher. The concentra-

* [收稿日期] 2006-10-13

[基金项目] 河南省科技厅资助项目(032409008)

[作者简介] 高春生(1973—),男,河南新县人,讲师,在读博士,主要从事水产养殖研究。

[通讯作者] 王艳玲(1962—),女,河南内黄县人,教授,博士,主要从事动物生理研究。

tions of serum free fatty acid in the groups fed with 4,6 and 8 mg/kg of flayomycin were significantly higher than that in the control group ($P<0.05$). The activities of trypsin in the group fed with 4 mg/kg flayomycin were significantly higher than those in the control group and the group fed with 8 mg/kg flayomycin ($P<0.05$). The activities of intestinal protease in the group fed with 4 and 6 mg/kg flayomycin were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). The amylase activities in hepatopancreas in the groups fed with 2,4 and 6 mg/kg flayomycin were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). The amylase activities in intestine in the group fed with 4 mg/kg flayomycin were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). The lipase activities in hepatopancreas and intestine in the groups fed with flayomycin were higher than those in the control group. The lipase activities in hepatopancreas and intestine in the group fed with 6 mg/kg flayomycin were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). The results suggest that certain levels of dietary flayomycin supplements can increase the growth and the digestive enzymatic activities of *Carassius auratus gibelio* var, decrease feed coefficient and have no reverse effect on nutritional composition of whole fish body. Among these doses, the 4 mg/kg has the best effects.

Key words: flayomycin;*Carassius auratus gibelio* var; growth performance; whole body composition; digestive enzymatic activities

黄霉素(Flavomycin)是一种抗生素类动物专用促生长饲料添加剂,也是欧盟批准的1999年后可以继续使用的3种抗生素类促生长剂之一(其他两种为用于猪的盐霉素和用于牛的莫能霉素)。该产品已广泛用于畜禽生产,取得了良好的促生长效果,在水产养殖中的应用也在逐渐扩大,对虹鳟、鲤鱼、欧洲鳗鲡、日本对虾等水产品有较好的促生长作用。淇河鲫(*Carassius auratus gibelio* var)产于河南省淇河,以生长快、味道美和效益高等优点而久负盛名,具有良好的开发前景,但有关黄霉素在淇河鲫饲料中的应用研究尚未见报道。本研究旨在通过生长试验确定淇河鲫饲料中黄霉素的适宜添加量,及添加黄霉素对体成分和消化酶活性的影响,以进一步探讨黄霉素的作用机制,为淇河鲫饲料生产中合理应用黄霉素提供理论依据。

表1 基础饲料的原料组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diet

成分 Ingredients	含量/(g·kg ⁻¹) Content	营养水平 Nutrition levels	含量 Content
玉米 Corn	120	代谢能/(MJ·kg ⁻¹) DE	13.25
次粉 Wheat middlings	110	粗蛋白/(g·kg ⁻¹) CP	302.6
豆粕 Soybean meal	300	粗脂肪/(g·kg ⁻¹) CL	26.8
麸皮 Wheat bran	80	粗纤维/(g·kg ⁻¹) EE	39.5
鱼粉 Fish meal	150	赖氨酸/(g·kg ⁻¹) Lys	15.7
棉粕 Cotton meal	150	蛋氨酸/(g·kg ⁻¹) Met	4.9
粗糠 Paddy bran	50	精氨酸/(g·kg ⁻¹) Arg	21.7
预混剂 Premix feed	40	钙/(g·kg ⁻¹) Ca	9.3
		磷/(g·kg ⁻¹) P	11.7

1.3 淇河鲫的饲养管理与样品采集

将淇河鲫驯养10 d后,选用300尾体重为27.5

1 材料与方法

1.1 试验用鱼及黄霉素

试验用淇河鲫来源于河南省鹤壁市淇县鱼场,体格健壮无病,用氧气袋运回后驯养10 d(饲喂基础饲料);黄霉素购于郑州市桑园兽药市场,为德国赫司特公司产品。

1.2 试验设计

饲养试验于2004-06~2004-08在河南农业大学牧医工程学院畜牧站虾场进行。试验共设5组,对照组(CK)投喂基础饲料,I~IV组分别在基础饲料中再添加2,4,6和8 mg/kg黄霉素。添加时先将黄霉素溶解于水中,然后用喷雾器均匀喷洒在颗粒饲料上,将饲料晾干备用。基础饲料原料组成及营养水平见表1。

g左右的鱼,随机分为5组,每组2个重复,每重复30尾,饲养于2 m×3 m×1.5 m的水池中。饲养期

间,每天分别在 8:30,12:00,15:30 和 19:00 投喂饲料,同时观察鱼的健康状况,记录死亡情况,每周称其体重 1 次,并相应调节投喂量,饲养周期为 49 d。试验期间水温 26~32 ℃,pH7.5, $\text{NH}_4^+ < 0.02 \text{ mg/L}$, $\text{NO}_2^- < 0.1 \text{ mg/L}$, $\text{O}_2 > 4.1 \text{ mg/L}$ 。饲养结束次日清晨,每池随机取 10 尾鱼,打开腹腔,取出肝脏脏和全肠,小心冲洗肠内容物,用滤纸轻轻吸去水分,迅速称其质量后置于液氮中速冻,于-80 ℃冰箱中保存备用。另随机取 10 尾鱼从尾静脉取血,1 500 r/min 离心后取血清置于 4 ℃冰箱保存,并于当天测定血清中葡萄糖、甘油三酯和游离脂肪酸含量。再随机取 5 尾鱼,使其窒息而死,烘至绝干重,测定水分含量,并留样备测其他常规营养成分。

1.4 测定指标与方法

指标测定于 2004-08~2004-09 在河南农业大学中心实验室和牧医工程学院动物基础科学系实验室进行。基础饲料和全鱼体成分中的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、粗纤维、钙和磷含量,根据国标方法测定^[1];代谢能采用半自动氧弹式测热计测定。肠酶液的制备:取出冷冻的鱼肠,按 0.2 g/L 加 4 ℃磷酸缓冲液(pH7.5),在冰浴下匀浆,匀浆液在 12 000 r/min、4 ℃条件下离心 15 min,取上清液等分若干于一20 ℃保存,用于酶活和蛋白含量的测定。肝胰脏消化酶液的制备:其制备保存方法同肠酶液上清液,用于酶活和蛋白含量的测定。酶液蛋白质含量和肠蛋白酶活性测定采用 Folin-酚法^[2];肝胰脏蛋白酶活性测定采用 Worthington 法^[3];淀粉酶活性测定采用碘-淀粉比色法^[4];脂肪酶活性测定采用

滴定法^[5];血清葡萄糖含量测定采用氧化酶法(参照上海荣盛生物技术公司试剂盒使用说明书);血清甘油三酯含量测定采用甘油磷酸氧化酶-过氧化物酶法(参照上海荣盛生物技术有限公司试剂盒说明书);游离脂肪酸含量测定采用一次提取比色法。

增重率(Gain Weight Rate,GWR)/%=(终体重-初体重)/初体重×100%。

生物学综合评价(Biology Synthesis Evaluate,BSE)=(增重率 B/增重率 A+成活率 B/成活率 A+饲料系数 A/饲料系数 B)/3×100%。

式中:标 A 为对照组测定值,标 B 为试验组测定值。

饲料系数(Feed Coefficient,FC)=总摄食量/鱼总净增质量。

1.5 数据统计与分析

采用 SPSS11.0 统计软件,对数据进行单因素方差分析,若组间差异显著,则做 LSD 多重比较。试验数据用“平均数±标准误差”表示。

2 结果与分析

2.1 黄霉素对淇河鲫生长性能的影响

由表 2 可知,与对照组相比,各处理组淇河鲫终体重均增加,其中Ⅱ组和Ⅲ组与对照组差异显著($P < 0.05$);平均日增重也增加,其中Ⅱ组和Ⅲ组与对照组和Ⅰ组相比,差异显著($P < 0.05$);各处理组增重率升高,但与对照组差异不显著,其中以Ⅱ组最高;饲料系数降低,其中Ⅱ组和Ⅲ组与对照组差异显著($P < 0.05$);成活率各组间差异不显著($P > 0.05$);各处理组生物学综合评价高于对照组,其中Ⅱ组最高。

表 2 黄霉素对淇河鲫生长性能的影响

Table 2 Effects of flavomycin on growth performance of *Carassius auratus gibelio* var

组别 Group	初始体重/g Initial weight	终体重/g Final weight	平均日增重/g ADG	增重率/% GWR	饲料系数 FC	成活率/% SR	生物学综合评价/% BSE
CK	27.5±3.2	68.6±6.7 a	0.84a	149.45	2.36 a	93.33	100
I	27.3±3.7	71.3±7.9 ab	0.90 a	161.17	2.06 ab	96.67	109
Ⅱ	27.4±3.6	81.1±8.6 b	1.10 b	195.99	1.84 b	100.00	122
Ⅲ	27.6±4.0	78.5±8.3 b	1.04 b	184.42	1.92 b	100.00	118
Ⅳ	27.5±4.1	75.8±7.4 ab	0.98 ab	175.64	1.99 ab	93.33	112

注:同列数据后标不同字母者差异显著($P < 0.05$)。下表同。
Note; Different letters in the same column mean significant difference ($P < 0.05$). The following tables are the same.

2.2 黄霉素对淇河鲫体成分的影响

由表 3 可知,饲料中添加黄霉素对全鱼水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分的含量均没有显著影响($P > 0.05$)。

2.3 黄霉素对淇河鲫血清葡萄糖、甘油三酯和游离脂肪酸含量的影响

由表 4 可知,各处理组淇河鲫血清中葡萄糖和

甘油三酯含量均高于对照组,但差异不显著($P > 0.05$);处理组淇河鲫血清游离脂肪酸含量也比对照组高,其中Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅳ组与对照组相比,差异显著($P < 0.05$)。

2.4 黄霉素对淇河鲫消化酶活性的影响

由表 5 可知,淇河鲫蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活性随黄霉素添加量增加呈先上升后下降的趋势;与

对照组相比,各处理组消化酶活性均增强。Ⅱ组淇河鲫胰蛋白酶活性与对照组和Ⅳ组相比,差异显著($P<0.05$);Ⅱ组、Ⅲ组肠蛋白酶活性与对照组相比,差异显著($P<0.05$)。Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组胰淀粉酶活性与对照组相比,差异显著($P<0.05$);Ⅱ组肠淀粉酶活性与对照组相比差异显著($P<0.05$)。Ⅲ组胰脂肪酶和肠脂肪酶活性显著高于对照组($P<0.05$)。

表 3 黄霉素对淇河鲫体成分的影响

Table 3 Effects of flavomycin on composition of whole body of <i>Carassius auratus gibelio</i> var g/kg				
组别 Group	水分 Moisture	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	灰分 Ash
CK	754.8±13.3	193.6±7.4	29.5±3.8	11.9±1.1
I	750.7±14.7	192.7±8.3	30.6±4.3	12.3±1.7
Ⅱ	749.6±13.1	195.3±6.7	30.0±5.1	11.8±1.3
Ⅲ	749.1±21.5	197.6±9.4	31.2±3.5	12.1±0.9
Ⅳ	750.9±18.7	196.9±8.2	29.7±4.8	11.9±1.7

表 4 黄霉素对淇河鲫血清葡萄糖、甘油三酯和游离脂肪酸含量的影响

Table 4 Effects of flavomycin on concentration of serum glucose, triglyceride and free fatty acid of <i>Carassius auratus gibelio</i> var			
组别 Group	葡萄糖/(mmol·L ⁻¹) Glucose	甘油三酯/(mg·dL ⁻¹) Triglyceride	游离脂肪酸/(μmol·L ⁻¹) Free fatty acid
CK	6.87±0.39	184.26±13.77	97.48±8.31 a
I	7.02±0.61	194.63±11.70	113.13±7.72 ab
Ⅱ	7.11±0.41	194.50±13.94	126.40±10.65 b
Ⅲ	6.99±0.56	194.70±13.71	131.97±11.42 b
Ⅳ	6.94±0.44	189.85±9.88	122.17±11.59 b

表 5 黄霉素对淇河鲫消化酶活性的影响

Table 5 Effects of flavomycin on digestive enzymatic activities of <i>Carassius auratus gibelio</i> var g/min						
组别 Group	胰蛋白酶 Trypsin	肠蛋白酶 Intestinal protease	胰淀粉酶 Hepatopancreatic amylase	肠淀粉酶 Intestinal amylase	胰脂肪酶 Hepatopancreatic lipase	肠脂肪酶 Intestinal lipase
CK	5.62±0.47 a	14.90±1.48 a	10.53±2.13 a	24.16±3.82 a	149.17±12.34 a	159.23±10.05 a
I 组	6.17±0.36 ab	17.80±1.94 ab	14.81±1.16 b	30.93±2.69 ab	157.61±11.39ab	163.45±9.73 ab
Ⅱ	7.72±0.84 b	19.16±2.08 b	15.98±1.34 b	32.87±3.93 b	157.72±12.14ab	169.73±8.62 ab
Ⅲ	6.95±0.53 ab	18.39±2.15 b	15.04±2.07 b	29.79±2.61 ab	159.83±13.18 b	173.59±13.16 b
Ⅳ	5.64±0.29 a	17.83±1.70 ab	12.10±2.45 ab	25.35±2.76 ab	158.77±9.56 ab	169.36±12.53 ab

3 讨 论

3.1 黄霉素对淇河鲫生长性能的影响

任泽林等^[6]比较了黄霉素和喹乙醇对鲤鱼生产性能的影响,结果表明,与对照组相比,二者具有明显的增重效果,且黄霉素优于喹乙醇,同时确定了黄霉素在鲤鱼饲料中的最佳用量为 2~4 mg/kg。周小秋等^[7]对不同生长阶段的鲤鱼进行药物促生长比较,结果表明,在 100~200 和 200~500 g 阶段,与对照组相比,3 mg/kg 黄霉素组生长速度分别提高 46.30%和 6.98%。陈成勋等^[8]选择了佩兰、丹皮、刘寄奴、灵芝等一系列中草药和黄霉素,研究其对鲤鱼生长速度的影响,结果表明刘寄奴、黄霉素的促生长效果最显著($P<0.05$)。张满隆等^[9]在草鱼配合饲料中添加 3 mg/kg 黄霉素,结果黄霉素添加组的平均增重率比对照组提高了 18%,饲料系数降低了 0.16,且鱼体蛋白略高,粗脂肪略低,饲料成本降低

9.1%。冷向军等^[10]研究了黄霉素对异育银鲫生长性能的影响,表明在饲料中添加 4 和 8 mg/kg 黄霉素,均可显著提高异育银鲫的生长性能。以上结果为黄霉素作为有效、安全的添加剂在鱼饵料中使用提供了科学的理论依据。本试验结果表明,在饲料中添加 2,4,6 和 8 mg/kg 黄霉素,可以提高淇河鲫的生长速度、成活率,降低饲料系数,与其他学者研究结果基本一致;其中生物学综合评价结果表明,以添加 4 mg/kg 黄霉素组最好。

3.2 黄霉素对淇河鲫体成分的影响

蔡雪峰等^[11]和胡先勤等^[12]研究了不同促生长剂对鲤鱼和鲫鱼体成分的影响,结果表明,黄霉素对鲤鱼和鲫鱼体成分没有显著影响。本试验结果表明,黄霉素对淇河鲫体成分的影响与对照组相比,差异不显著($P>0.05$)。这进一步证实,在饲料中添加黄霉素不会影响鱼类的品质。

3.3 黄霉素对淇河鲫血清葡萄糖、甘油三酯和游离脂肪酸含量的影响

血糖和血脂水平是反映动物体内碳水化合物和脂肪代谢水平的重要生理指标。本试验结果表明,在饲料中添加黄霉素,淇河鲫血清中葡萄糖和甘油三酯升高,但与对照组相比差异不显著($P>0.05$),这表明黄霉素可能使淇河鲫具有较强的能源物质供给能力,维持较高的代谢水平。

血清中游离脂肪酸主要来源于脂肪组织,是脂肪细胞内三酰甘油降解后释放入血液中的非酯化脂肪酸部分,其含量的高低在某种程度上表明动物脂解作用的强度^[13]。本试验中 4,6 和 8 mg/kg 黄霉素添加组淇河鲫血清游离脂肪酸含量显著升高($P<0.05$),表明脂肪组织的脂解作用增强。黄霉素使脂肪酶活性显著升高($P<0.05$),亦表明黄霉素可能会促进脂肪分解。但黄霉素对血清甘油三酯含量无显著影响($P>0.05$),这可能与机体对糖、氨基酸、脂肪酸平衡的调控机制有关,脂肪组织降解过程可能起着维持血清甘油三酯浓度的作用。

3.4 黄霉素对淇河鲫消化酶活性的影响

黄霉素对动物消化酶活性的影响目前尚未见报道,本试验结果表明,饲料中添加黄霉素后,淇河鲫肠道和肝胰脏的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活性都有明显升高。

淇河鲫在摄食添加黄霉素的饲料后,蛋白酶活性最高的是 4 mg/kg 黄霉素添加组,肠道蛋白酶活性比对照组提高 28.59%,肝胰脏蛋白酶活性比对照提高 37.37%,表明黄霉素对淇河鲫肝胰脏蛋白酶活性的影响比肠道大。淀粉酶活性的变化与蛋白酶活性的变化是一致的,淀粉酶活性最高的也是 4 mg/kg 黄霉素添加组,肠道淀粉酶活性比对照组提高 36.05%,肝胰脏淀粉酶活性比对照组提高 51.76%。而脂肪酶活性的变化与蛋白酶和淀粉酶活性的变化不太一致,脂肪酶活性最高的是 6 mg/kg 黄霉素添加组,肠道脂肪酶活性比对照组提高 9.02%,肝胰脏脂肪酶活性比对照组提高 7.15%。比较蛋白酶活性、淀粉酶活性和脂肪酶活性,无论是肠道还是肝胰脏,添加黄霉素后蛋白酶和淀粉酶活性的提高幅度均比脂肪酶大,表明黄霉素主要影响蛋白酶和淀粉酶的活性。此结果与潘康成等^[14]在鲤鱼饲料中添加微生物制剂的结果和叶元土等^[15]在鲤鱼饲料中添加酶制剂或微生物制剂(米曲霉菌)的结果基本一致,而与邱小琮等^[16]在异育银鲫饲料中添加中草药的结果不一致,其可能是由于黄霉素

的作用机制与中草药的作用机制不同所致。

本试验结果表明,由黄霉素制成的添加剂进入鱼体后,可促进消化酶的分泌和提高消化酶的活性,特别是对蛋白酶和淀粉酶的影响较大。要促进鱼类的快速生长,首先要保证鱼类对饲料的消化吸收,消化酶活性的提高能够加速鱼类对饲料营养物质的消化吸收。潘康成等^[14]和黄永春等^[17]在微生物制剂对鲤鱼的生长和消化酶活性的影响研究中证实,消化酶活性的提高可以促进鲤鱼对饲料营养物质的消化吸收,进而促进鲤鱼的生长。因此笔者认为,黄霉素促进鱼体生长是通过提高消化酶的活性、增强鱼体对饲料营养物质的消化吸收来实现的。

[参考文献]

- [1] 崔淑文,陈必芳. 饲料标准资料汇编[S]. 北京:中国标准出版社,1991:254-280.
- [2] 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,1980:151-154.
- [3] 施特马赫·B. 酶的测定方法[M]. 北京:中国轻工业出版社,1992:262-265.
- [4] 朱忠勇,马立人,王艾丽,等. 实用医学检验学[M]. 北京:人民军医出版社,1992:381-383.
- [5] 中山大学生物系. 生化技术导论[M]. 北京:科学出版社,1979:57-62.
- [6] 任泽林,曾虹. 黄霉素对鲤鱼生产性能的影响[J]. 中国饲料,1997(7):18-19.
- [7] 周小秋,唐凌. 黄霉素与喹乙醇组合对鲤鱼生长性能和耐运输能力的影响[J]. 饲料工业,2001,22(2):33-35.
- [8] 陈成勋,邢克智. 不同药物对鲤鱼生长速度的影响[J]. 天津农学院学报,2002,9(2):9-16.
- [9] 张满隆,何小慧. 草鱼饲料中添加黄霉素的应用试验[J]. 饲料世界,2003(4):53-54.
- [10] 冷向军,李小勤. 黄霉素对异育银鲫生长和粗蛋白质消化率的影响[J]. 中国饲料,2005(8):35-36.
- [11] 蔡雪峰,罗琳. 添加不同的促生长剂对鲤鱼生长和鱼体成分的影响[J]. 中国畜牧兽医,2003(6):27-29.
- [12] 胡先勤,侯永清. 几种促生长剂在鲫鱼饲料中的应用[J]. 粮食与饲料工业,2004(2):36-37.
- [13] Frobish L T. Effect of fat source and level of utilization of fat by young pigs[J]. J Anim Sci,1970,30:197-202.
- [14] 潘康成,何明清. 微生物添加剂对鲤鱼生长和消化酶活性的影响研究[J]. 饲料工业,1997,18(9):41-42.
- [15] 叶元土,张勇. 酶制剂 EA-II 和生物制剂 BA-I 对鲤鱼肠道、肝胰脏的蛋白酶和淀粉酶活力的影响[J]. 大连水产学院学报,1993,8(1):79-82.
- [16] 邱小琮,周洪琪. 中草药添加剂对异育银鲫蛋白酶和淀粉酶活性的影响[J]. 饲料研究,2003(3):43-45.
- [17] 黄永春,王盛伦. 有效微生物制剂(EM)对建鲤肠道菌群及其蛋白酶和肝胰脏蛋白酶活性的影响[J]. 福建水产,1999(1):24-29.