

文章编号: 1004-7271(2008)03-0310-06

## 投饲蚕豆对不同规格草鱼生长、肌肉成分和肠道蛋白酶活性的影响

李宝山, 冷向军, 李小勤, 刘贤敏, 胡斌, 李家乐

(上海水产大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 200090)

**摘要:**分别进行了二个试验以考察饲喂蚕豆对不同规格草鱼生长性能, 肌肉成分和肠道蛋白酶活性的影响。试验 I 以配合饲料, 浸泡蚕豆或发芽蚕豆饲喂平均体重(535 ± 50) g 草鱼 77 d; 试验 II 以配合饲料、发芽蚕豆饲喂平均体重(84.5 ± 3.5) g 草鱼 68 d。结果表明, 在两个试验中, 与摄食配合饲料的草鱼相比, 摄食浸泡蚕豆或发芽蚕豆均极显著降低了草鱼增重率( $P < 0.01$ ), 提高了饲料系数( $P < 0.01$ ); 鱼体肌肉粗脂肪含量极显著降低, 胶原蛋白含量上升( $P < 0.01$ ); 前肠道蛋白酶活力极显著下降( $P < 0.01$ )。研究表明, 投饲蚕豆可改变草鱼肌肉成分, 但对草鱼生长性能和肠道蛋白酶活力有显著抑制作用。

**关键词:**草鱼; 蚕豆; 生长; 肌肉成分; 蛋白酶活性

中图分类号: S 963 文献标识码: A

## Effects of feeding broad bean on growth, muscle composition and intestine protease activity of different sizes of grass carp, *Ctenopharyngodon idella*

LI Bao-shan, LENG Xiang-jun, LI Xiao-qin, LIU Xian-min, HU Bin, LI Jia-le

(Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Fisheries University, Ministry of Education, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** Two experiments were performed to study the effects of feeding broad bean on growth, muscle composition and pre-intestine protease activity of different sizes of grass carp. In Exp. I, grass carp with body weight of (535 ± 50) g was fed with formulated diet, immersed or sprouted broad bean for 77 days. In Exp. II, grass carp with body weight of (84.5 ± 3.5) g was fed with formulated diet or sprouted broad bean for 68 days. In both trials, fish fed with immersed broad bean or sprouted broad bean had lower growth rate, muscular fat content, pre-intestine protease activity ( $P < 0.01$ ) and higher FCR, muscle collagen content ( $P < 0.01$ ) than that of fish fed with formulated diet. Results above showed that flesh quality of grass carp could be changed, but growth performance and intestine protease activity decreased by feeding broad bean.

**Key words:** grass carp; broad bean; growth; muscle composition; intestinal protease activity

草鱼 (*Ctenopharyngodon idella*) 是我国重要的养殖经济鱼类, 在养殖产量不断增加的同时, 却伴随着

收稿日期: 2007-09-06

基金项目: 上海市重点学科建设项目(Y1101); 上海市科委基础重大专项(06DJ14003)

作者简介: 李宝山(1979-), 男, 山东安丘人, 硕士研究生, 专业方向为水产动物营养与饲料学。

通讯作者: 冷向军, E-mail: xjleng@shfu.edu.cn

肉质下降的普遍现象。为改善养殖草鱼的肉质,人们进行了许多有益的探索。其中,以蚕豆饲喂草鱼,脆化其肉质,是改善养殖草鱼肉质的一种独特方式。尽管其作用机理至今尚不知晓,但脆化草鱼的养殖已在南方地区逐渐得到推广<sup>[1-3]</sup>,生产中多采用体重 1~2 kg 的草鱼,以浸泡蚕豆或发芽蚕豆饲喂 3 月,可使其肉质脆而有韧性。那么以蚕豆投饲较小规格的草鱼会有何影响?投饲浸泡蚕豆或发芽蚕豆对鱼体生长性能的影响有何不同?均无相关研究报道。此外,摄食配合饲料与蚕豆的草鱼在生产性能上的差异也无比较研究。因此,本次试验以不同规格(>500 g 和 <100 g)草鱼为研究对象,投饲配合饲料或浸泡蚕豆、发芽蚕豆,考察其对草鱼生长、肌肉成分和肠道蛋白酶活性的影响,为脆化草鱼的养殖提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计与试验饲料

试验 I 设 3 个处理组,采用平均体重 (535±50) g 的草鱼,分别投喂配合饲料,浸泡蚕豆,发芽蚕豆(简称配合饲料组,浸泡蚕豆组,发芽蚕豆组)。每组 3 重复,每重复 15 尾草鱼。

试验 II 设 2 个处理组,采用平均体重 (84.5±2.5) g 的草鱼,分别投喂配合饲料,发芽蚕豆(简称配合饲料组,发芽蚕豆组)。每组 3 重复,每重复 30 尾草鱼。

试验 I、II 的配合饲料组成及营养成分见表 1。制作饲料时各原料过 40 目,用膨化饲料机加工成粒径 3 mm,长度 4 mm(试验 I)和粒径 1.5 mm,长度 2 mm(试验 II)的浮性颗粒饲料,水分含 10.0%;所用蚕豆为当年蚕豆,水分 12.3%,粗蛋白 27.4%,粗脂肪 1.4%;经 24 h 浸泡(浸泡蚕豆)后,粗蛋白含量 15.6%,水分 50.5%;发芽后(发芽蚕豆)粗蛋白含量为 14.5%,水分 54.1%。配合饲料(试验 I)、蚕豆(干)、浸泡蚕豆、发芽蚕豆折算为干物质后,其粗蛋白含量基本一致,分别为 31.22%、31.24%、31.52% 和 31.59%。

### 1.2 饲养管理

试验 I:试验用鱼饲养于 9 口长方形水泥池(4.0 m×2.0 m×1.2 m),水深 0.7 m,每池放鱼 15 尾,共 135 尾。在正式试验开始前,对试验鱼进行为期一周的适应性驯化,以适应环境和饲料。试验池昼夜充气。蚕豆预先在池水中浸泡 24 h,使其变软(浸泡蚕豆),或进一步于浅水浸泡使其发芽(发芽蚕豆)。投喂时,将蚕豆敲碎带皮投喂,每日投喂两次(8:30、16:30)。日投喂量为鱼体重的 2% 左右(配合饲料和发芽蚕豆、浸泡蚕豆均折算为 90% 干物质基础),并根据摄食情况调整。养殖时间为 2006 年 7 月 28 日-2006 年 10 月 13 日,共 77 d。养殖期间水温 22~28 °C;pH 为 6.9~7.6;DO >5 mg/L。

试验 II:试验用鱼饲养于 6 口长方形水泥池(3.0 m×1.5 m×1.2 m),水深 0.6 m,每池放鱼 30 尾,共 180 尾。每日投喂三次(8:00、12:00、16:00),投饲量为鱼体重的 3%(配合饲料和发芽蚕豆均折算为 90% 干物质基础),并根据摄食情况调整。养殖时间为 2006 年 8 月 12 日-2006 年 10 月 18 日,共 68 d。其他同试验 I。

表 1 配合饲料配方组成及主要营养指标

Tab.1 Composition and nutrient levels of formula diet

成分	试验 I (%)	试验 II (%)
鱼粉	0	6.0
豆粕	22.2	22.0
棉籽粕	8.0	8.0
菜子粕	20.0	20.0
小麦麸	22.0	16.95
次粉	24.0	22.0
鱼油	0.5	0.75
豆油	0.5	1.0
胆碱	0.5	0.5
多维预混料	0.25	0.2
多矿预混料	0.25	0.3
磷酸二氢钙	1.8	2.0
总计	100	100
粗蛋白	28.1	30.74
蛋氨酸	0.4	0.49
赖氨酸	1.3	1.56

注:维生素预混料和微量元素预混料在每千克饲料添加量为 (mg/kg 饲料):V<sub>A</sub> 6 000 IU/kg, V<sub>D</sub> 2 000 IU/kg, V<sub>E</sub> 50, V<sub>K</sub> 5, V<sub>B1</sub> 15, V<sub>B2</sub> 15, V<sub>B3</sub> 25, V<sub>B5</sub> 30, V<sub>B6</sub> 10, V<sub>B7</sub> 0.2, V<sub>B11</sub> 3, V<sub>B12</sub> 0.03, inositol 100, V<sub>C</sub> 100; Zn 80, Fe 150, Cu 4, Mn 20, I 0.4, Co 0.1, Se 0.1, Mg 100

### 1.3 测定指标及方法

#### 1.3.1 生长指标

试验结束后,饥饿 24 h,称量鱼体重,计算增重率、饲料系数、蛋白质效率、成活率。

增重率(%) = (鱼体末重 - 鱼体初重) / 鱼体初重 × 100;

饲料系数 = 投饲量 / 增重量(发芽蚕豆或浸泡蚕豆均折算为 90% 干物质);

蛋白质效率(%) = 体增重 / 蛋白质摄入量 × 100;

成活率(%) = 成活尾数 / 总尾数 × 100;

#### 1.3.2 草鱼形体及内脏指数

每池随机取 4 尾鱼(每处理组共 12 尾),测定体长、体高、内脏重、肝脏重、脾脏重、肠重,计算体长体高比、肝体比、肠体比、脾体比、肥满度  $K$ 。

体长体高比(%) = 体长(cm) / 体高(cm);

脾体比(%) = 脾脏重(g) / 体重(g) × 100;

肠体比(%) = 肠重(g) / 体重(g) × 100;

肝体比(%) = 肝脏重量(g) / 体重(g) × 100;

脏体比(%) = 内脏总重(g) / 体重(g) × 100;

肥满度  $K$  = 鱼体重(g) / 鱼体长(cm)

#### 1.3.3 肌肉常规营养成分和胶原蛋白的测定

每重复随机取 4 尾鱼,采集背鳍第一鳍条至最后鳍条之间的侧线以上肌肉测定基本成分。粗蛋白测定采用微量凯氏定氮法;粗脂肪测定采用乙醚萃取法;粗灰分测定采用 550 °C 灰化法;水分测定采用 105 °C 烘干法;胶原蛋白测定采用羟脯氨酸法,参照文献[4-5]。

#### 1.3.4 前肠蛋白酶活力的测定

每重复随机取 4 尾鱼,采集第一截点之前的肠道,挤空食糜,迅速放入冰盒中,采用 Folin 酚法测定蛋白酶活力。酶活性单位规定为:每 1 克肠道在 37 °C, pH 7.0 时每秒钟分解酪蛋白生成 1 μg 酪氨酸的量为一个单位(U/g)<sup>[6]</sup>。

### 1.4 数据处理

试验 I 采用 SPSS11.0 进行单因素方差分析和多重比较;试验 II 采用独立样本的  $T$  检验。差异显著水平为  $P < 0.05$ , 差异极显著水平为  $P < 0.01$ 。

## 2 结果

### 2.1 饲喂蚕豆对草鱼生长性能的影响

饲喂蚕豆对草鱼生长性能的影响见表 2。

试验 I: 摄食配合饲料的草鱼增重率为 83.1%, 而摄食浸泡蚕豆、发芽蚕豆的草鱼增重率极显著下降( $P < 0.01$ ), 仅相当于配合饲料组的 66.2%、75.6%, 饲料系数也极显著升高( $P < 0.01$ ); 发芽蚕豆组的草鱼增重率显著高于浸泡蚕豆组草鱼( $P < 0.05$ ), 饲料系数在数值上也有降低。

试验 II: 配合饲料组草鱼增重率为 178.7%, 而发芽蚕豆组的草鱼增重率仅相当于配合饲料组的 31.3%; 发芽蚕豆组的饲料系数(2.53)较配合饲料组(1.19)极显著增加, 蛋白质效率极显著降低( $P < 0.01$ )。

### 2.2 饲喂蚕豆对草鱼形体及内脏指数的影响

蚕豆对草鱼形体及内脏指数的影响见表 3。在两个试验中, 与配合饲料组相比, 投饲浸泡蚕豆或发芽蚕豆均使草鱼体长/体高比极显著增加, 而肝体比, 脏体比与肥满度  $K$  均极显著下降( $P < 0.01$ ); 从外观上看, 摄食蚕豆的草鱼体型也较为细长; 试验 I 中, 投饲浸泡蚕豆或发芽蚕豆均使草鱼的肠体比极显著下降( $P < 0.01$ ), 而在试验 II 中, 投饲发芽蚕豆则使草鱼肠体比显著升高( $P < 0.01$ )。

表 2 饲喂蚕豆对草鱼生长性能的影响

Tab.2 Effect of feeding broad bean on growth performance of grass carp

		配合饲料	浸泡蚕豆	发芽蚕豆
试验 I	初重(g)	537.2	535.0	528.3
	末重(g)	983.4	829.1	860.5
	增重率(%)	83.1 ± 6.4 <sup>A</sup>	55.0 ± 3.3 <sup>B</sup>	62.8 ± 2.7 <sup>B</sup>
	蛋白质效率(%)	175.3 ± 13.2 <sup>A</sup>	138.8 ± 6.7 <sup>B</sup>	144.2 ± 9.1 <sup>B</sup>
	饲料系数	2.03 ± 0.14 <sup>A</sup>	2.54 ± 0.12 <sup>B</sup>	2.44 ± 0.05 <sup>B</sup>
	成活率(%)	100	100	100
试验 II	初重(g)	84.4	-	84.5
	末重(g)	235.5	-	131.7
	增重率(%)	178.7 ± 10.5 <sup>A</sup>	-	55.9 ± 3.4 <sup>B</sup>
	蛋白质效率(%)	273.3 ± 3.2 <sup>A</sup>	-	139.1 ± 6.2 <sup>B</sup>
	饲料系数	1.19 ± 0.06 <sup>A</sup>	-	2.53 ± 0.11 <sup>B</sup>
	成活率(%)	100	-	100

注:同行上标小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ ),大写字母不同表示差异极显著( $P < 0.01$ ),以下各表同

表 3 饲喂蚕豆对草鱼形体及内脏指数的影响

Tab.3 Effect of feeding broad bean on figure and viscous index of grass carp

		配合饲料	浸泡蚕豆	发芽蚕豆
试验 I	体长体高比	4.33 ± 0.09 <sup>A</sup>	4.67 ± 0.11 <sup>B</sup>	4.82 ± 0.07 <sup>B</sup>
	肝体比(%)	2.23 ± 0.16 <sup>A</sup>	1.61 ± 0.22 <sup>B</sup>	1.44 ± 0.15 <sup>B</sup>
	脏体比(%)	8.15 ± 0.25 <sup>A</sup>	6.90 ± 0.56 <sup>B</sup>	6.24 ± 0.60 <sup>B</sup>
	肥满度 K	21.30 ± 0.36 <sup>A</sup>	16.06 ± 0.48 <sup>B</sup>	15.37 ± 0.69 <sup>B</sup>
	脾体比(%)	0.13 ± 0.03 <sup>A</sup>	0.22 ± 0.04 <sup>B</sup>	0.25 ± 0.03 <sup>B</sup>
	肠体比(%)	2.67 ± 0.28 <sup>A</sup>	2.16 ± 0.20 <sup>B</sup>	1.97 ± 0.09 <sup>C</sup>
试验 II	体长体高比	4.58 ± 0.17 <sup>A</sup>	-	4.91 ± 0.11 <sup>B</sup>
	肝体比(%)	2.63 ± 0.25 <sup>A</sup>	-	2.05 ± 0.19 <sup>B</sup>
	脏体比(%)	8.42 ± 0.48 <sup>A</sup>	-	7.27 ± 0.39 <sup>B</sup>
	肥满度 K	10.45 ± 0.75 <sup>A</sup>	-	6.86 ± 0.62 <sup>B</sup>
	肠体比(%)	2.38 ± 0.38 <sup>Aa</sup>	-	2.67 ± 0.33 <sup>Ab</sup>

### 2.3 饲喂蚕豆对草鱼肌肉成分的影响

试验 I 和 II 中,投饲发芽蚕豆或浸泡蚕豆均使鱼体肌肉胶原蛋白含量极显著增加( $P < 0.01$ ),而粗脂肪含量极显著下降( $P < 0.01$ );在肌肉粗蛋白含量和粗灰分含量方面,投饲发芽蚕豆或浸泡蚕豆对大规格草鱼没有显著影响(试验 I),而投饲发芽蚕豆则使小规格草鱼肌肉粗蛋白、水分含量极显著增加,粗灰分含量极显著下降( $P < 0.01$ )(表 4)。

表 4 投饲蚕豆对草鱼肌肉成分的影响

Tab.4 Effect of feeding broad bean on muscle composition of grass carp

		配合饲料	浸泡蚕豆	发芽蚕豆
试验 I	粗蛋白(%)	17.97 ± 0.68	18.13 ± 0.89	17.39 ± 0.73
	粗脂肪(%)	2.40 ± 0.16 <sup>A</sup>	1.25 ± 0.19 <sup>C</sup>	1.86 ± 0.10 <sup>B</sup>
	粗灰分(%)	1.65 ± 0.08	1.85 ± 0.09	1.69 ± 0.11
	水分(%)	77.87 ± 0.28 <sup>A</sup>	77.70 ± 0.78 <sup>A</sup>	79.44 ± 0.76 <sup>B</sup>
	羟脯氨酸(mg/kg)	0.87 ± 0.05 <sup>A</sup>	0.99 ± 0.04 <sup>B</sup>	1.06 ± 0.04 <sup>B</sup>
	胶原蛋白(mg/kg)	7.91 ± 0.44 <sup>A</sup>	9.06 ± 0.32 <sup>B</sup>	9.64 ± 0.28 <sup>B</sup>
试验 II	粗蛋白%	17.65 ± 0.22 <sup>A</sup>	-	18.56 ± 0.41 <sup>B</sup>
	粗脂肪(%)	1.23 ± 0.14 <sup>A</sup>	-	0.59 ± 0.06 <sup>B</sup>
	粗灰分(%)	2.23 ± 0.07 <sup>A</sup>	-	1.64 ± 0.07 <sup>B</sup>
	水分(%)	77.68 ± 0.61 <sup>A</sup>	-	79.12 ± 0.45 <sup>B</sup>
	羟脯氨酸(mg/kg)	0.59 ± 0.11 <sup>A</sup>	-	0.91 ± 0.09 <sup>B</sup>
	胶原蛋白(mg/kg)	5.41 ± 1.15 <sup>A</sup>	-	8.22 ± 1.03 <sup>B</sup>

## 2.4 饲喂蚕豆对草鱼前肠蛋白酶活性的影响

饲喂蚕豆对草鱼前肠蛋白酶活性的影响见表5。试验 I 中,投饲浸泡蚕豆或发芽蚕豆均使草鱼前肠蛋白酶活性极显著下降( $P < 0.01$ ),其中浸泡蚕豆组的前肠蛋白酶活性较发芽蚕豆组下降更为显著( $P < 0.01$ );试验 II 中,投饲发芽蚕豆也使草鱼前肠蛋白酶活性极显著下降( $P < 0.01$ )。

表5 饲喂蚕豆对草鱼前肠蛋白酶活力的影响

Tab.5 Effect of feeding broad bean on pre-intestine protease activity of grass carp

	配合饲料	浸泡蚕豆	发芽蚕豆
试验 I 蛋白酶活力(U/g)	127.50 ± 6.52 <sup>A</sup>	39.63 ± 4.96 <sup>C</sup>	72.60 ± 2.99 <sup>B</sup>
试验 II 蛋白酶活力(U/g)	133.46 ± 9.28 <sup>A</sup>	-	70.51 ± 2.09 <sup>B</sup>

## 3 讨论

### 3.1 饲喂蚕豆对草鱼生长的影响

本次试验中,尽管同规格草鱼摄食的干物质量基本相等,但试验 I 中摄食浸泡蚕豆、发芽蚕豆的草鱼增重率仅相当配合饲料组草鱼的 66.2%、75.6%,试验 II 中发芽蚕豆组草鱼的增重率仅相当于配合饲料组草鱼的 31.3%;两个试验中,摄食蚕豆草鱼的饲料系数均极显著增加,而蛋白质效率极显著下降。可见投饲蚕豆显著降低了草鱼生长性能。这与本实验室在罗非鱼<sup>[4]</sup>、鲫<sup>[6]</sup>的研究结果一致。投饲蚕豆降低鱼体生长性能,其原因可能与蚕豆本身氨基酸不平衡和含有较多的抗营养因子有关。蚕豆作为单一饲料源,某些必需氨基酸缺乏,比例不平衡,如赖氨酸和蛋氨酸含量分别为 1.66%、0.16%,而配合饲料(试验 I)中分别为 1.30%、0.40%,蚕豆中蛋氨酸含量明显低于配合饲料,使之成为生长的重要限制因子。同时,蚕豆中含有较多抗营养因子,如缩合单宁 0.3%~0.5%,植酸 70 mg/100 g 及蛋白酶抑制剂等<sup>[7-8]</sup>,这些抗营养因子与肠道消化酶结合,降低其活力。本次试验中,投饲蚕豆使草鱼前肠道蛋白酶活力极显著下降(表5),蛋白酶活力的下降,降低了鱼体对蚕豆的消化利用率,从而降低了生长性能。蚕豆对小规格草鱼生长性能的抑制更为显著。试验 I 中发芽蚕豆组草鱼(平均体重 535 g)增重率较配合饲料组下降 24.4%,试验 II 中发芽蚕豆组的草鱼(平均体重 84.5 g)增重率则下降达 68.7%,蛋白质效率下降 49.2%,饲料系数则提高 112.6%。相对于大规格草鱼而言,小规格草鱼消化机能不完善,对营养成分的需求高,对抗营养因子的反应敏感,因而对蚕豆的利用率更低,生长所需营养被满足的程度更低,生长缓慢。这也是生产中采用 1~2 kg 草鱼,而不是小规格草鱼进行脆化养殖的重要原因。

投饲发芽蚕豆或浸泡蚕豆,是生产中脆化草鱼养殖的两种方式。本次试验表明,摄食发芽蚕豆的草鱼,较摄食浸泡蚕豆的草鱼具有更高增重率和蛋白质效率。这可能是蚕豆在发芽过程中,一部分抗营养因子被降解,同时发芽也会使蚕豆中一些酶含量增加,为鱼体摄食后增强了消化道功能。试验 I 的结果表明了这一点,即摄食发芽蚕豆的草鱼较摄食浸泡蚕豆的草鱼具有更高的肠道消化酶活性。可见,就对生长的影响而言,投饲发芽蚕豆优于浸泡蚕豆。

投饲蚕豆不仅对草鱼的生长有显著影响,对其形体指标也产生了一定的影响。从外观上看,摄食蚕豆的草鱼较瘦,体型较为细长,表现为体长-体高比增加,而肥满度下降(表3),这可能是鱼体生长受到抑制后产生的现象;脾体比的增加,可能是蚕豆中的抗营养因子使草鱼脾脏肿大的结果;肠体比在大规格草鱼和小规格草鱼的变化趋势不一致,表明蚕豆对不同生长阶段草鱼肠道具有不同的影响。

### 3.2 饲喂蚕豆对草鱼肌肉成分的影响

目前,对于草鱼肉质脆化的机理尚不清楚,已有一些研究比较了脆化草鱼与普通草鱼在常规肌肉成分和肌肉组织结构上的差异<sup>[9-12]</sup>。本实验室的前期研究表明,脆化草鱼(取自广东中山)的肌肉脂肪

含量较普通草鱼降低,而胶原蛋白含量显著增加;肌纤维增粗,肌肉硬度增加<sup>[6]</sup>。试验 I 中,摄食配合饲料的草鱼肌肉胶原蛋白含量为 7.91 mg/kg,摄食浸泡蚕豆或发芽蚕豆后,肌肉胶原蛋白含量分别提高到 9.06、9.64 mg/kg,肌肉脂肪含量也显著降低;试验 II 中摄食发芽蚕豆的小规格草鱼也具有类似变化趋势,与上述研究一致。根据这些研究结果,我们初步认为,摄食蚕豆对大规格、小规格草鱼的肌肉成分均有显著改变作用,草鱼肉质脆化的重要生化基础可能是胶原蛋白含量的增加,肌肉脂肪含量的减少和水分的增加也有一定的贡献,但是究竟是蚕豆中的何种成分使之发生变化,尚有待于进一步研究。

## 4 结论

本次试验表明,与投喂配合饲料相比,投饲蚕豆可显著降低草鱼生长性能和前肠蛋白酶活性,使肌肉胶原蛋白含量增加而脂肪含量降低;发芽蚕豆对小规格草鱼生长性能的抑制作用较浸泡蚕豆小;投饲蚕豆对小规格草鱼生长性能的抑制作用较大规格草鱼显著。

### 参考文献:

- [1] 罗章寿. 脆肉鲩池塘养殖技术[J]. 广西水产科技, 2004, 3: 46 - 48.
- [2] 唐卫红, 龙建军, 彭继清. 脆肉鲩网箱养殖技术研究[J]. 内陆水产, 2001, 9: 31 - 32.
- [3] DB/T442000 006 - 1999. 脆肉鲩鱼养殖技术规范[S]. 广东省中山市质量技术监督局.
- [4] 伦 峰, 冷向军, 孟晓林, 等. 蚕豆对罗非鱼肉质影响的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(1): 83 - 86.
- [5] ISO3496. Meat and meat products—Determination of hydroxyproline content[S]. 1994, 3 - 6.
- [6] 李宝山. 蚕豆脆化草鱼, 鲫鱼肉质的研究[D]. 上海: 上海水产大学硕士论文, 2007: 1 - 73.
- [7] 焦凌梅, 袁 唯. 蚕豆抗营养因子的研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2004, (2): 49 - 51.
- [8] 李雪琴, 裘爱泳. 蚕豆生理活性物质研究进展[J]. 粮食与油脂, 2002, 7: 34 - 35.
- [9] 邝雪梅, 张 环, 陈 斌, 等. 草鱼脆化前后肌肉营养成分及其红细胞中葡萄糖-6-磷酸脱氢酶含量的比较[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2004, 22(3): 258 - 261.
- [10] 唐湘北, 肖调义, 彭正宇. 脆肉鲩血常规及血清游离氨基酸分析[J]. 内陆水产, 2004, 26(5): 54 - 55.
- [11] 肖调义, 刘建波, 陈清华. 脆肉鲩肌肉营养特性分析[J]. 淡水渔业, 2004, 34(3): 28 - 30.
- [12] 刘建波, 陈开健, 余曙明, 等. 脆肉鲩肌肉超微结构分析[J]. 水利渔业, 2005, 25(3): 65 - 67.