

文章编号:1000-0615(2007)03-0343-06

盐度对草鱼生长和肌肉品质的影响

李小勤¹, 李星星¹, 冷向军¹, 刘贤敏¹, 王锡昌², 李家乐¹

(1. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090;

2. 上海水产大学食品学院, 上海 200090)

摘要:为考察盐度对草鱼生长和肌肉品质的影响, 设置盐度为 0(对照组), 5.0、7.5、10.0 的 4 个水平, 饲养平均体重为(725±42) g 的草鱼 30 d, 测定草鱼生长性能、肌肉营养成分和肌肉物理性能指标。结果表明, 在 0、5.0、7.5 盐度中草鱼生长良好, 成活率均为 100%, 增重率为 27.6%、28.3%、26.4%, 但在盐度为 10.0 的水体中, 草鱼成活率和增重率均极显著降低($P < 0.01$), 仅为 60%、4.5%, 而饲料系数显著上升($P < 0.01$); 在肌肉基本营养成分方面, 盐度为 0、5.0、7.5 各组草鱼肌肉水分、粗蛋白、灰分含量无显著差异, 但盐度为 10 的草鱼组肌肉水分含量显著增加, 粗蛋白含量降低。经过不同盐度水体暂养后, 草鱼肌肉中脂肪含量显著减少($P < 0.01$), 胶原蛋白含量增加, 肌纤维耐折力提高, 肌纤维直径减小, 而盐度对肌肉失水率的影响则呈现不同的特点, 其中 5.0、10.0 盐度使肌肉失水率显著上升($P < 0.01$), 而 7.5 盐度则使肌肉失水率显著下降($P < 0.01$)。上述结果表明, 半咸水暂养草鱼可改善其肌肉品质, 适宜的盐度值为 7.5。

关键词:草鱼; 盐度; 生长; 肉质

中图分类号:S 965.12 **文献标识码:**A

Effect of different salinities on growth and flesh quality of *Ctenopharyngodon idellus*

LI Xiao-qin¹, LI Xing-xing¹, LENG Xiang-jun¹, LIU Xian-min¹, WANG Xi-cang², LI Jia-le¹

(1. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. College of Food Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: To investigate the effect of salinity on growth and flesh quality of grass carp, different salinity (0, 5.0, 7.5, 10.0) was made up to raise grass carp with body weight of (725±42) g for 30 days, then growth performance, muscle nutrients composition and physical parameter were determined. Results showed that the growth rate was 27.6%, 28.3%, 26.4%, 6.5%, survival rate was 100%, 100%, 100%, 60% for grass carp of the four groups, and there was no significant difference in growth performance among 0, 5.0, 7.5 salinity groups, but growth rate and survival rate were significantly decreased and FCR increased for grass carp fed in 10.0 salinity water ($P < 0.01$). About muscle chemical composition, there was no difference in muscle

收稿日期: 2006-09-25

资助项目: 上海市重点学科建设项目资助(Y1101); 上海市科委基础重大专项(06DJ14003); 上海市教委曙光计划资助(03-122); 上海水产大学校长基金资助(0321)

作者简介: 李小勤(1973-), 女, 四川大邑人, 讲师, 从事生物技术研究, E-mail: xqli@shfu.edu.cn

通讯作者: 冷向军, E-mail: xjleng@shfu.edu.cn

moisture, crude protein, crude ash among 0.0, 5.0, 7.5 salinity groups, but muscle crude protein content was decreased and moisture increased at 10.0 salinity ($P < 0.01$). Crude fat content, muscle fibre diameter were decreased, and myofibrillae lengths, collagen content increased by feeding in brackish water (5.0, 7.5, 10.0 salinity). Muscle water-loss rate was increased at 5.0, 10.0 salinity, and decreased at 7.5 salinity. Results above showed that the meat quality of the grass carp could be improved by feeding in brackish water with the proper salinity of 7.5 salinity.

Key words: *Ctenopharyngodon idellus*; salinity; growth; flesh quality

盐度是影响鱼类生存、生长的重要因素。目前有关盐度的研究主要集中于鱼类在不同盐度中的耐受性、驯化、渗透压调节、能量收支平衡、耗氧量、氨 N 排泄、采食、饲料消化利用及成活等方面,所研究的鱼类有暗纹东方鲀^[1]、江黄颡鱼^[2]、赤眼鲮^[3]、鲮鱼^[4]、奥利亚罗非鱼^[5]、佛罗里达红罗非鱼^[6]、台湾红罗非鱼^[7]、狼鲈^[8]、大麻哈鱼和香鱼^[9]、青鱼和团头鲂^[10]、真鲷^[11]、草鱼^[12]等,均未涉及对肌肉品质的影响。草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 是我国重要的养殖经济鱼类,在养殖产量不断增加的同时,却伴随着肌肉品质下降的事实。为改善其肌肉品质,在一些沿海地区和内陆盐碱地区,人们或将其饲养于一定盐度的半咸水中,或在成鱼上市前移入半咸水中暂养一段时间。据反映,这种养殖方式对草鱼的肌肉品质具有一定改变作用,但到目前为止尚未见有关研究报道。

因此,本次试验以草鱼为研究对象,在不同盐度水体中饲养 1 个月,观测对草鱼生长和肌肉品质的影响,为改善养殖淡水鱼的肌肉品质提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 实验设计

设置盐度为 0(对照组)、5.0、7.5、10.0 的 4 个水平,共 4 个处理组,每处理组设 3 个重复。

1.2 实验用鱼

实验用鱼为平均体重(725 ± 42) g 的二龄草鱼,健康无伤,规格整齐。

1.3 试验饲料

根据草鱼成鱼的营养需要,设计了饲料配方,以膨化机制成粒直径为 4 mm 的浮性颗粒饲料。饲料配方组成及主要营养指标见表 1。

1.4 试验过程与饲养管理

养殖试验在上海水产大学南汇水产养殖场进

行。在试验前,将草鱼放入暂养池中驯化 1 周,以适应试验饲料及环境,其后移入试验池(2.0 m × 1.5 m × 1.0 m),每池投放 10 尾,共计 120 尾;按每日增加盐度 2.5 的速度,将水体盐度调至所需水平后再稳定 1 d,然后开始正式试验。

表 1 草鱼饲料配方组成

Tab.1 Diet formulation of *C. idellus*

成分	ingredients	含量(%)	content
鱼粉	fish meal	2.0	
豆粕	soybean meal	21.0	
棉籽粕	cottonseed meal	8.0	
菜籽粕	rapeseed meal	22.0	
小麦麸	wheat bran	21.0	
次粉	wheat meal	22.0	
鱼油	fish oil	0.75	
豆油	soybean oil	0.75	
胆碱	choline	0.5	
维生素预混料	vitamins premix	0.2	
矿物质预混料	mineral premix	0.3	
Ca(H ₂ PO ₄)		1.5	
总计	total	100.00	
营养组成	nutrients composition	含量(%)	content
粗蛋白	crude protein	28.52	
粗脂肪	crude fat	3.65	
粗纤维	crude fibre	6.58	
粗灰分	crude ash	5.08	

每天投饲两次(8:00,16:00),投饲率按鱼体重 2% 计,并根据摄食和天气情况作相应调整;昼夜不间断充氧。试验池水深 0.6 m,水温(27 ± 1) °C,DO ≥ 5.0 mg · L⁻¹。饲养试验时间为 2005 年 8 月 11 日 - 9 月 10 日,共 30 d。

1.5 测定指标与方法

草鱼的生长性能 于养殖试验开始及结束时称量鱼体重量,称量前鱼体饥饿 24 h。

相对增重率(%) = (末重 - 初重)/初重 × 100;

饲料系数 = 总投饲量/(末重 - 初重)。若养殖过程中有死鱼,则饲料系数 = 总投饲量/(末重

- 初重 + 死鱼重量);

成活率 = 试验初鱼尾数 / 试验末鱼尾数。

肌肉成分分析 饲养实验结束后,每池取鱼 3 尾,取背部肌肉,测定肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、羟脯氨酸含量。水分采用 105 ℃ 烘干法 (GB 6435 - 86);粗蛋白采用凯氏定氮法 (GB \ T6432 - 94);粗脂肪采用乙醚浸提法 (GB \ T6433 - 94);灰分采用 550 ℃ 灼烧法 (GB \ T6438 - 92)。

羟脯氨酸的测定 参考曾勇庆等^[13]和张志峰等^[14]的方法。取背部肌肉 4 g,加 30 mL 浓硫酸置 105 ℃ 烘箱 16 h,过滤定容至 250 mL,取一定体积于 250 mL 容量瓶中定容。取 4.00 mL 该溶液,加 2.00 mL 氯氨 T,20 min 后加 2.00 mL 显色剂,将试管于 60 ℃ 保温 20 min,自来水下冷却 3 min,置室温下 30 min,于 (558 ± 2) nm 处测量吸光度,从标准曲线中读出羟脯氨酸浓度,并计算含量,再推算出胶原蛋白含量:胶原蛋白含量 = 羟脯氨酸含量 × 100 / 11 × 100% (胶原蛋白中羟脯氨酸含量为 11%)^[15]。

肌肉物理特性 测定了肌纤维直径、肌原纤维耐折力、肌肉失水率。

1) 肌纤维直径测定 参考谭丽勤等^[16]的试验方法。取 20 mm × 10 mm × 1 mm 背部肌肉,以线固定于载玻片上,放入 20% 硝酸液中浸泡 24 h (以保鲜膜封烧杯口),切取约 1 mm × 1 mm × 1 mm 的小块置于载玻片上,滴加甘油,用解剖针将肌纤维分离,在 400 倍显微镜下观察并测定肌纤维直径。

2) 肌原纤维耐折力测定 参考任泽林等^[17]试验方法。取背部肌肉 1 g,加入 200 mL A 液 (14.90 g KCl, 3.44 g EDTA-2Na 和 4.78 g 硼酸,用蒸馏水溶至 2 L, pH 7.0),匀浆 15 s (1 2 000 r · min⁻¹),取样于显微镜下观察并测定肌原纤维

长度 (显微镜放大倍数为 400),根据肌原纤维的长度来判定其耐折断力强弱,肌原纤维越长,其耐折断力越强。

3) 肌肉失水率测定 参考任泽林等^[17]试验方法。取背部肌肉,称重 W_0 ,沸水煮 5 min,捞出冷却,吸去鱼肉表面水分,称重为 W_t ,则失水率 (%) = $(W_0 - W_t) / W_0 \times 100$ 。

1.6 数据分析与处理

试验所得数据采用 SPSS11.5 统计软件进行单因素方差分析,差异显著者进行 LSD 多重比较。

2 结果

2.1 盐度对草鱼生长的影响

经过半咸水暂养 30 d 后,草鱼的生长情况见表 2。从表 2 中可看出,盐度 5.0, 7.5 对草鱼的增重率没有影响,但饲料系数在数值上有所降低,其中盐度 7.5 降低饲料系数 0.23 ($P < 0.10$);在盐度 10.0 时,草鱼的增重率、成活率均极显著下降 ($P < 0.01$),仅相当于对照组的 16.3% 和 60%,而饲料系数则显著上升 ($P < 0.01$)。

2.2 盐度对草鱼肌肉成分的影响

对肌肉的常规成分分析见表 3。盐度 5.0, 7.5 对肌肉水分、粗蛋白、灰分含量均无影响,但显著降低了粗脂肪含量 ($P < 0.01$);在盐度 10.0 时,肌肉水分增加 3.7% ($P < 0.01$),粗蛋白含量减少 14.6% ($P < 0.01$),粗脂肪含量也显著降低 ($P < 0.01$)。另在进行肌肉采样时也发现,经盐度 10.0 暂养后的草鱼其肌肉肉色发白,肉眼观察和触摸均可感觉水分含量高于其他各组。

在羟脯氨酸和胶原蛋白含量方面,盐度 7.5 和 10.0 均极显著增加了肌肉羟脯氨酸和胶原蛋白含量 ($P < 0.01$),而盐度 5.0 则无影响。

表 2 盐度对草鱼生长的影响

Tab.2 Effect of salinity on growth performance of *C. idellus*

盐度 salinity	0	5.0	7.5	10.0
初重 (g) initial weight	726.5	730.2	724.7	722.7
末重 (g) final weight	927.0 ± 26.7	936.5 ± 30.0	916.0 ± 28.0	755.1 ± 7.6
增重率 (%) growth rate	27.6 ± 4.7 ^A	28.3 ± 3.6 ^A	26.4 ± 4.3 ^A	4.5 ± 0.7 ^B
饲料系数 FCR	1.96 ± 0.21 ^A	1.80 ± 0.18 ^A	1.73 ± 0.19 ^A	6.33 ± 0.56 ^B
成活率 (%) survival rate	100.0 ± 0.0 ^A	100.0 ± 0.0 ^A	100.0 ± 0.0 ^A	60.0 ± 14.1 ^B

注:同一行的平均值中具不同上标字母者表示差异显著 ($P < 0.01$),以下各表同

Notes: Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.01$), the same as following tables

表 3 盐度对草鱼肌肉成分的影响

Tab.3 Effect of salinity on muscle composition of *C. idellus*

盐度 salinity	0	5.0	7.5	10.0
水分 moisture	77.92 ± 0.35 ^A	78.44 ± 0.37 ^A	78.04 ± 0.46 ^A	80.81 ± 0.55 ^B
粗蛋白 crude protein	18.57 ± 0.25 ^A	18.23 ± 0.27 ^A	18.43 ± 0.27 ^A	15.86 ± 0.83 ^B
脂肪 crude fat	1.25 ± 0.11 ^A	0.47 ± 0.10 ^B	0.47 ± 0.08 ^B	0.43 ± 0.07 ^B
灰分 ash	1.33 ± 0.06	1.24 ± 0.03	1.23 ± 0.03	1.28 ± 0.04
羟脯氨酸(mg·g ⁻¹) hydroxyproline	0.213 ± 0.019 ^B	0.228 ± 0.017 ^B	0.329 ± 0.031 ^A	0.310 ± 0.034 ^A
胶原蛋白(mg·g ⁻¹) collagen	1.936 ± 0.172 ^B	2.073 ± 0.154 ^B	2.997 ± 0.281 ^A	2.815 ± 0.311 ^A

2.3 盐度对草鱼肌肉物理性状指标的影响

草鱼肌肉物理性状的测定结果见表 4。经过不同盐度半咸水暂养后,草鱼肌原纤维长度均较对照组有显著提高($P < 0.01$),肌纤维直径显著减小($P < 0.01$),各盐度组间(5.0、7.5、10.0)在肌原纤维长度方面无显著差异($P > 0.05$),但在肌纤维直

径方面,存在随盐度增加直径减小的趋势。在肌肉失水率方面则呈现出随盐度而波动的特点,即盐度 5.0、10.0 使肌肉失水率显著上升($P < 0.01$),而盐度 7.5 则使肌肉失水率显著下降($P < 0.01$)。

表 4 盐度对草鱼肌肉物理性状指标的影响

Tab.4 Effect of salinity on muscle physical index of *C. idellus*

盐度 salinity	0	5.0	7.5	10.0
肌原纤维长度(μm) myofibril length	61.37 ± 3.78 ^A	83.81 ± 3.17 ^B	88.18 ± 3.42 ^B	89.66 ± 4.80 ^B
肌纤维直径(μm) muscle fiber diameter	66.59 ± 1.62 ^A	60.09 ± 0.95 ^B	52.38 ± 1.21 ^C	51.86 ± 1.65 ^C
失水率(%) water loss rate	18.15 ± 0.31 ^B	20.91 ± 0.52 ^A	16.09 ± 0.50 ^C	20.59 ± 0.18 ^A

3 讨论

3.1 盐度对草鱼生长影响

目前,有关盐度对鱼类生长影响的研究,主要集中在一些广盐性鱼类,如罗非鱼^[5-6],而在淡水的草鱼方面研究甚少。Kilambi^[18]的研究结果表明,在 18.5 °C 下,草鱼在盐度为 3、5、7 时的摄食量均高于淡水,而盐度为 9 时摄食量则低于淡水,但草鱼在上述盐度下的生长率均较淡水中低,且饲料转化效率下降,尤以盐度 9 时为甚。对与草鱼生活习性类似的团头鲂鱼种的研究发现,96 h 时的盐度 LD₅₀ 为 11.9,适宜生长的盐度范围为 0 ~ 8.5,当盐度升至 8.5 以上时,增重率降低;升至 10.5 以上时,增重率为负值;升至 12.5 以上时,则出现死亡^[10]。草鱼与团头鲂具有类似的生活习性,应具有与之类似的盐度反应。养殖生产中的一些实践也证实,在盐度 6.0 ~ 7.0 时,草鱼生长与摄食均正常,而盐度高于 8.0 后,草鱼生长与摄食开始受到影响^[19]。在本次研究中,盐度 5.0、7.5 时对草鱼的增重率没有影响,在盐度 10.0 时,草鱼的增重率、成活率均显著下降,而饲料系数显

著上升,这与 Kilambi^[18]的报道不完全一致,而与海滩半咸水养殖草鱼^[19],以及具类似生活习性的团头鲂^[10]相符。可以认为,一定盐度范围内(≤ 7.5),盐度对草鱼成鱼的生长没有不利影响,这为半咸水养殖改善草鱼肉质的同时又不降低其生长性能提供了依据。

3.2 盐度对草鱼肌肉成分和物理性状指标的影响

目前,有关盐度对鱼类生理生化的影响,主要集中在渗透压调节(包括有关组织学变化)^[20-21]、能量收支平衡^[7]、耗氧率^[22]、氨排泄^[23]等方面,而对肌肉品质的影响,目前尚未见有关报道。本次试验通过测定常规营养组成和肌肉物理性状指标,研究了盐度对肌肉品质的影响。

对肌肉的常规成分分析表明,盐度 5.0、7.5 对肌肉水分、粗蛋白、灰分含量均无影响,但盐度 10.0 使粗蛋白含量减少 14.6% ($P < 0.01$),肌肉水分增加 3.7% ($P < 0.01$),在进行肌肉采样时也发现,经盐度 10.0 暂养后的草鱼其肌肉肉色发白,肉眼观察和触摸均可感觉水分含量高于其他各组。可见,盐度 10.0 已经超出了草鱼的渗透压调节的正常能力范围,而导致肌肉组成的显著改

变,其原因有待进一步研究。

胶原蛋白是肌肉组织中的一种重要蛋白质成份,Sato等^[24]在研究鲤胶原蛋白时指出,胶原蛋白对肌原纤维耐折力、肌肉结构、强度和品质及鱼类运动等方面均起着重要作用。对狼鲈^[25]、中国对虾^[17]的研究表明,野生个体与养殖个体在肌肉组成上的一个显著差别是前者较后者具有更高胶原蛋白含量,从而对肌肉品质产生显著影响。本次试验中,盐度升高可增加肌肉羟脯氨酸、胶原蛋白含量,其中在盐度7.5,10.0时,肌肉羟脯氨酸、胶原蛋白含量与对照组(盐度为0.0)有了显著提高。其原因尚不清楚,有待对与羟脯氨酸、胶原蛋白代谢相关生化指标进行测定后作出解释。

肌原纤维在外力作用下被折断,通常其耐折力越强,则在一定条件的外力作用后,肌原纤维的长度也越大,故根据肌原纤维的长度来判定其耐折力强弱。这是因为胶原蛋白分布于形成肌原纤维被膜的结缔组织中,胶原蛋白含量越高,肌原纤维被膜韧性越强,从而肌原纤维耐折力越强。任泽林等^[17]在研究中国对虾时发现,肌原纤维耐折力与肌肉内胶原蛋白含量呈线性关系。本试验中,肌原纤维耐折力与肌肉内胶原蛋白含量也存在线性关系,其回归方程是: $y = 19.862 + 3.78x$ ($R^2 = 0.929$),与以上研究结果一致。

失水率是度量肌肉系水力的一个物理指标。中国对虾的研究表明,失水率与胶原蛋白含量呈显著负相关性,即胶原蛋白含量越高,失水率越小^[17]。本试验中,肌肉失水率呈现出随盐度波动的特点,即5.0、10.0盐度使肌肉失水率上升,而7.5盐度则使肌肉失水率下降,与胶原蛋白的含量并未表现出显著负相关性。对于这种现象,目前还无法解释,表明可能还存在一些其他更为重要的决定失水率的因素;如果本试验中的设置的盐度水平适当再增加一些,则有可能发现其中的一些规律性。

本次试验中,肌纤维直径随盐度增加而减小。在同样肌肉横截面上,较小直径的肌纤维,相对于大直径肌纤维而言,具有较大的体表-体积比,而包围肌纤维的结缔组织及其中的胶原蛋白则具有较高含量。Periago等^[25]比较了野生狼鲈与养殖个体的差异,发现野生个体具有较细肌纤维直径和较高肌纤维密度及胶原蛋白含量。Hatae等^[26-27]、Hurling等^[28]指出,煮后肌肉具有较细肌

纤维直径者通常具有较高坚实度(firmness)。这些研究有助于解释具较细肌纤维肌肉的高结缔组织、高胶原蛋白含量以及对口感、品质的影响。在今后盐度对肉质影响的研究中,应考虑测定肌纤维的密度、数量,以煮后肌肉的特性。

参考文献:

- [1] 严美姣,李钟杰,熊邦喜.不同盐度预处理后一龄暗纹东方鲀的摄食、生长和饲料利用[J].水生生物学报,2005,29(2):142-145.
- [2] 王武,甘炼,张东升,等.盐度对江黄颡鱼生存和生长的影响[J].水产科技情报,2004,31(3):121-124.
- [3] 李海燕,李桂峰,唐玉福,等.赤眼鲟对海水盐度的适应性试验研究[J].广州大学学报(自然科学版),2004,3(4):306-308.
- [4] 林黑着,江琦,石红,等.盐度对鲮鱼表观消化率的影响[J].浙江海洋学院学报,2001,20(增刊):80-82.
- [5] 林伟雄,蔡发盛.澳大利亚罗非鱼的盐度驯化研究[J].汕头大学学报(自然科学版),1998,13(2):67-70.
- [6] Watanabe W O, Ernst D H, Chasar M P, et al. The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculating system[J]. Aquaculture, 1993, 112, 309-320.
- [7] 雷思佳,叶世洲,李德尚,等.盐度对台湾红罗非鱼能量收支的影响[J].华中农业大学学报,1999,18(3):256-259.
- [8] Alliot E, Pastoureaud A, Thebault H. Influence of temperature and salinity on growth and body composition of sea bass fingerlings, *Dicentrarchus labrax* [J]. Aquaculture, 1983, 31(2-4):181-194.
- [9] Koshiishi Y. Effect of salinity on food intake, growth and feed efficiency of chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum), and ayu, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel[J]. Bull Japan Sea Reg Fish Res, 1986, 36:1-14.
- [10] 王根林,石文雷,黄凤钦,等.盐度对青鱼、团头鲂鱼种生存、生长的影响[J].淡水渔业,1993,23(6):8-11.
- [11] 陈品健,王重刚,郑森林.盐度影响真鲷幼鱼消化酶活性的研究[J].厦门大学学报(自然科学版),1998,37(5):754-756.
- [12] Macenina M J, Nordlie F G, Shireman J V. The influence of salinity on oxygen consumption and plasma electrolytes

- in grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *Journal of Fish Biology*, 1980, 16: 613 – 619.
- [13] 曾勇庆, 王 慧. 猪肉中羟脯氨酸的分光光度法测定 [J]. *山东农业大学学报*, 2000, 31(1): 79 – 81.
- [14] 张志峰, 赵俊杰, 王振林. 肉及肝脏组织中羟脯氨酸测定法的改进 [J]. *营养学报*, 1996, 18(3): 361 – 363.
- [15] GB9695.23 – 1990. 肉与肉制品 L(一)-羟脯氨酸含量测定方法 [S]. 国家技术监督局, 1990.
- [16] 谭丽勤, 欧茶海. 60 ~ 90 日龄腾冲雪鸡肌纤维特性研究 [J]. *云南农业大学学报*, 2000, 15(4): 345 – 348.
- [17] 任泽林, 李爱杰. 饲料组成对中国对虾肌肉组织中胶原蛋白、肌原纤维和失水率的影响 [J]. *中国水产科学*, 1998, 5(2): 40 – 44.
- [18] Kilambi R V. Food consumption, growth and survival of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* at four salinities [J]. *Journal of Fish Biology*, 1980, 17: 613 – 618.
- [19] 马 骞, 田秀环. 海滩半咸水养殖淡水鱼几点经验 [J]. *科学养鱼*, 1998, (9): 33.
- [20] Galat D L, Post G, Keefe T J. Historical changes in the gill, kidney and liver of Labbontan cutthroat trout, (*Salmo clarki henshawi*), living in lakes of different salinity-alkalinity [J]. *Journal of Fish Biology*, 1998, 27: 533 – 552.
- [21] Allan G L, Maguire G B. Effects of pH and salinity on survival, growth and osmoregulation in *Penaeus monodon* Fabricius [J]. *Aquaculture*, 1992, 107: 33 – 47.
- [22] 雷思佳. 盐度与体重对台湾红罗非鱼耗氧率的影响 [J]. *应用生态学报*, 2002, 13(6): 739 – 742.
- [23] Chen J C, Nan F H. Oxygen consumption and ammonia-N excretion of juvenile *Penaeus chinensis* at different salinity levels [J]. *Journal of Crustacean Biology*, 1995, 68(6): 712 – 719.
- [24] Sato K, Yoshinska R, Sato M, *et al.* Collagen content in the muscle of fishes with their swimming movement and meat texture [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1986, 52: 1595 – 1600.
- [25] Periago M J, Ayala M D, Lopez-Albors, *et al.* Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Daicentrarchus labrax* L [J]. *Aquaculture*, 2005, 249(1 – 4): 175 – 188.
- [26] Hatae K, Yoshimatsu F, Matsumoto J J. Discriminative characterization of different texture profiles of various cooked fish muscle [J]. *J Food Sci*, 1984, 49: 721 – 726.
- [27] Hatae K, Yoshimatsu F, Matsumoto J J. Role of muscle fibres in contributing firmness of cooked fish [J]. *J Food Sci*, 1990, 55: 693 – 696.
- [28] Hurling R, Rodell J B, Hunt H D. Fibre diameter and fish textural [J]. *J Texture Stud*, 1996, 27: 679 – 685.