

盐度对乌鳢(*Channa argus*)生长和肌肉品质的影响*

李小勤¹ 刘贤敏¹ 冷向军^{1①} 王锡昌²

(1. 上海海洋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;

2. 上海海洋大学食品学院 上海 200090)

提要 设置盐度为 0(对照组)、5.0、7.5、10.0 的 4 个水体, 饲养平均体重为(402.4 ± 44.6)g 的乌鳢 30 天, 测定乌鳢生长性能、肌肉成分、游离氨基酸和肌肉物理性能指标, 研究盐度对乌鳢生长和肌肉品质的影响。结果表明, 各组乌鳢的增重率分别为 37.7%、33.9%、31.5%、6.3%, 成活率分别为 100%、100%、100%和 63.6%, 表现出随盐度增加而下降的趋势, 但盐度 0、5.0、7.5 各组间无显著差异, 在盐度为 10.0 的水体中, 乌鳢成活率和增重率均显著降低($P < 0.05$), 饲料系数显著增加($P < 0.05$); 随盐度增加, 肌肉水分和肌肉失水率增加, 而脂肪含量减少; 肌肉蛋白含量和胶原蛋白含量在盐度 0、5.0、7.5 各组间无差异, 但在盐度 10 组显著降低; 与对照组相比, 盐度 7.5 组的肌原纤维耐折力增加, 肌纤维直径减小; 随盐度升高, 肌肉质构指标(硬度、弹性、黏性、咀嚼性、凝聚性)均有不同程度改善; 在肌肉游离氨基酸方面, 随盐度增加, 肌肉游离呈味氨基酸和总游离氨基酸含量呈上升趋势, 其中盐度 10.0 组较对照组分别增加 88.2%、42.7%($P < 0.05$)。上述研究表明, 适宜的盐度可改善乌鳢的肌肉品质, 结合鱼体生长性能, 适宜的盐度为 7.5。

关键词 乌鳢, 盐度, 生长, 肉质

中图分类号 S965.12

盐度是影响鱼类生存、生长的重要因素。目前, 有关盐度研究已涉及的鱼类甚多, 包括暗纹东方鲀(*Takifugu fasciatus*) (严美姣等, 2005), 江黄颡(*Pseudobagrus vachelli*) (王武等, 2004), 赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*) (李海燕等, 2004), 鲮鱼(*Mugil cephalus*) (林黑着等, 2001), 奥利亚罗非鱼(*Oreochromis aureus*) (林伟雄等, 1998), 黑棘鲷(*Acanthopagrus butcheri*) (Partridge *et al*, 2002), 台湾红罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) (雷思佳等, 1999), 狼鲈(*Dicentrarchus labrax*) (Alliot *et al*, 1983), 大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)和香鱼(*Plecoglossus altivelis*) (Koshiishi, 1986), 青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)和团头鲂(*Megalobrama amblycephala*) (王根林等, 1993), 真鲷(*Pagrosomus major*) (陈品健等, 1998), 草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*) (Macenina *et al*, 1980)等, 研究内容包括鱼类

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、氮氮排泄、采食、饲料消化利用及成活等方面, 但均未涉及对肌肉品质的影响。而实际上, 盐度是影响鱼类肌肉品质的一个重要因素。在一些沿海地区和内陆盐碱地区, 人们将淡水鱼类如草鱼、鲤鱼等饲养于一定盐度的水体中, 或在成鱼上市前移入一定盐度的水体中暂养一段时间。据反映, 这种养殖方式对淡水鱼类的肌肉品质具有一定改变作用, 但到目前为止, 除本实验室外尚未见有关研究报告。评价鱼类的肌肉品质, 目前尚无统一标准。但某些指标可在一定程度上反映肌肉品质的变化。如肌肉游离氨基酸, 是肌肉呈味物质的重要成分; 肌肉质构参数可模拟牙齿咀嚼食物的过程; 肌原纤维耐折力和肌纤维直径可在一定程度上反映肌肉细嫩程度。本实验室已就盐度对草食性鱼类(草鱼)的生长和肌肉品质的影响开展过研究(李小勤等, 2007), 发现适宜的

* 上海市重点学科建设项目资助(Y1101); 上海市教委曙光计划资助(03-122)。李小勤, 讲师, E-mail: xqli@shou.edu.cn

通讯作者: 冷向军, 博士, 教授, E-mail: xjleng@shou.edu.cn

收稿日期: 2008-05-17, 收修改稿日期: 2008-07-18

盐度可改变鱼类肌肉成分和物理性能,但在肉食性鱼类方面还未见有关报道。因此,本次实验以肉食性的乌鳢(*Channa argus*)为研究对象,在不同盐度水体中饲养1个月,考察对其生长和肌肉常规成分、游离氨基酸、质构参数等的影响,为改善养殖淡水鱼类的肌肉品质和盐碱地区水产养殖的开展提供理论依据。

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。用海水精(广东金创兴生物公司)调配盐度。

1.2 实验用鱼

实验用鱼为平均体重(402.4 ± 34.6)g的二龄乌鳢,体质健壮,规格整齐。每池(每重复)放鱼10尾,共120尾。

1.3 实验饲料

采用市售新鲜杂鱼,其成分为:水分76.3%、粗蛋白16.4%、粗脂肪4.1%、灰分2.3%。

1.4 实验过程与饲养管理

养殖实验在上海水产大学南汇特种水产养殖场进行。在正式实验前,将乌鳢放入暂养池中驯化1周,以适应实验饲料及环境,其后移入实验池(5.0m × 2.0m × 1.2m),每池投放10尾,共12口实验池;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天,然后开始正式实验。每天投饲两次(8:30、16:30),投饲率按鱼体重4%—5%计,并根据摄食和天气情况作相应调整;昼夜充氧。每周吸污两次,补充等量等盐度水体。实验期间水温22—26℃,DO 5.0mg/L。养殖实验时间为2006年9月18日—10月17日,共30天。

1.5 测定指标与方法

1.5.1 生长性能 饲养30天后,鱼体饥饿24h称重,计算增重率、饲料系数和成活率。

增重率=(鱼体末重 - 鱼体初重)/鱼体初重 × 100%; 饲料系数=投喂总饲料量/(鱼体末重 - 鱼体初重); 成活率=成活尾数/总尾数 × 100%

1.5.2 肌肉成分 饲养结束后,每池取鱼3尾,取背部肌肉,测定水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、胶原蛋白含量。水分采用105℃烘干法;粗蛋白采用凯氏定氮法;粗脂肪采用乙醚浸提法;灰分采用550℃灼烧法;胶原蛋白采用羟脯氨酸法(李小勤等,2007)。

1.5.3 肌肉物理特性 肌纤维直径、肌原纤维耐折力及肌肉失水率的测定参考李小勤等(2007)。

1.5.4 质构参数 取1cm³背部肌肉,在TPA模式下,使用QTS-25物性测试仪(CNS Farnell公司,英国)对肌肉质构(硬度、弹性、黏性、咀嚼性、凝聚性)进行测定,圆锥形探头直径5mm,起点感应力50g,测试速度60mm/min,两次压缩间隔时间1s,目标值4mm。质构测定用配套软件Texture Pro v2.0进行分析。

1.5.5 肌肉游离氨基酸 称取5g左右肌肉,加入10ml磺基水杨酸(0.12mol/L),匀浆3min(3000r/min),离心20min(18000r/min),取上清液2ml,加入等量0.02mol/L盐酸,以L-8800型氨基酸自动分析仪测定游离氨基酸含量。

1.6 数据分析与处理

实验所得数据采用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。差异显著水平为P<0.05。

2 结果

2.1 盐度对乌鳢生长的影响

经30天养殖后,各组乌鳢生长性能见表1。随水体盐度升高,乌鳢增重率呈下降趋势,其中盐度10组乌鳢增重率显著低于对照组(P<0.05),且在养殖期间食欲较差,部分鱼体表有溃烂现象,成活率只有63.6%,饲料系数显著升高(P<0.05)。

表1 盐度对乌鳢生长的影响
Tab.1 Effect of salinity on growth performance of the snakehead

指标	盐度			
	0	5.0	7.5	10.0
初重(g)	397.9 ± 9.9	407.9 ± 10.0	408.6 ± 8.3	396.4 ± 20.0
末重(g)	547.9 ± 14.6	546.4 ± 22.0	537.1 ± 20.3	417.1 ± 27.6
增重率(%)	37.7 ± 2.9 ^a	33.9 ± 2.8 ^a	31.5 ± 2.2 ^a	6.3 ± 2.5 ^b
饲料系数 FCR	4.03 ± 0.25 ^a	4.20 ± 0.29 ^a	4.37 ± 0.34 ^a	6.28 ± 1.48 ^b
成活率(%)	100.0 ± 0.0 ^a	100.0 ± 0.0 ^a	100.0 ± 0.0 ^a	63.8 ± 12.4 ^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<0.05),以下各表同

2.2 盐度对乌鳢肌肉成分的影响

对乌鳢的肌肉成分分析见表 2。盐度 5.0, 7.5 对乌鳢肌肉水分、粗蛋白、灰分含量均无影响; 在盐度 10.0 时, 肌肉水分显著增加 ($P<0.05$), 而粗蛋白含量显著下降($P<0.05$); 随盐度升高, 乌鳢脂肪含量呈下降趋势, 其中盐度 10.0 和 7.5 组的脂肪含量显著低于盐度 0.0 和 5.0 组($P<0.05$)。

在肌肉胶原蛋白含量方面, 与盐度 0 组相比, 盐度 7.5 组使胶原蛋白含量显著增加($P<0.05$), 而盐度 10.0 则使之显著下降($P<0.05$)。

2.3 盐度对乌鳢肌肉物理指标的影响

乌鳢肌肉物理性状的测定结果见表 3。从表 3 中可见, 盐 7.5 组肌原纤维耐折力显著高于对照组 ($P<0.05$), 而肌纤维直径显著低于对照组($P<0.05$), 其余各组间无显著差异。在肌肉失水率方面, 盐度 0.0、5.0 和 7.5 组间均无显著差异, 但盐度 10.0 组的肌肉失水率显著升高($P<0.05$)。

2.4 盐度对乌鳢肌肉质构的影响

从表 4 可见, 当盐度从 0 增加到 10.0 时, 咀嚼性、硬度和黏性随着盐度的增加先下降(盐度 5.0), 而后上升的趋势(盐度 7.5、10.0), 盐度 10.0 组的肌肉咀嚼性和硬度显著高于对照($P<0.05$), 盐度 5.0 组的肌肉咀嚼性、硬度和黏性最低。随着盐度的升高, 肌肉弹性不断增加, 盐度 10.0 组显著高于对照组($P<0.05$)。在肌肉凝聚性方面, 盐度 5.0 组最高, 盐度 0.0、7.5、10.0 组间无显著差异($P>0.05$)。

2.5 盐度对乌鳢肌肉游离氨基酸的影响

盐度对乌鳢肌肉游离氨基酸的影响见表 5。从表 5 可见, 肌肉中游离氨基酸总量、游离呈味氨基酸, 游离必需氨基酸均随着盐度的升高而增加, 其中盐度 10.0 组的肌肉游离氨基酸总量、游离呈味氨基酸, 游离必需氨基酸较对照组(盐度 0.0 组)提高了 42.7%、88.2%、35.9% ($P<0.05$); 盐度 7.5 组的肌肉游离氨基酸总量也较对照组显著增加($P<0.05$)。

表 2 盐度对乌鳢对肌肉成分的影响(%鲜重)

Tab.2 Effect of salinity on muscle composition of the snakehead (% fresh weight)

指标	盐度			
	0	5.0	7.5	10.0
水分(%鲜重)	76.90 ± 0.31 ^a	77.03 ± 0.35 ^a	77.07 ± 0.38 ^a	78.04 ± 0.35 ^b
粗蛋白(%鲜重)	20.34 ± 0.25 ^a	20.50 ± 0.27 ^a	20.68 ± 0.24 ^a	18.98 ± 0.43 ^b
脂肪(%鲜重)	1.89 ± 0.11 ^a	1.67 ± 0.10 ^a	1.44 ± 0.08 ^b	1.42 ± 0.07 ^b
灰分(%鲜重)	1.37 ± 0.06	1.33 ± 0.10	1.34 ± 0.03	1.27 ± 0.05
胶原蛋白(mg/g)	13.66 ± 1.36 ^b	15.28 ± 1.28 ^{ab}	17.75 ± 1.59 ^a	9.39 ± 0.93 ^c

表 3 盐度对乌鳢肌肉物理性状指标的影响

Tab.3 Effects of salinity on physical index of muscle of the snakehead

指标	盐度			
	0	5.0	7.5	10.0
肌原纤维长度(μm)	220.2 ± 21.3 ^a	246.3 ± 20.2 ^{ab}	255.5 ± 12.6 ^b	231.5 ± 18.6 ^{ab}
肌纤维直径(μm)	205.7 ± 5.6 ^a	198.7 ± 15.5 ^{ab}	179.6 ± 6.4 ^b	208.0 ± 12.0 ^a
失水率(%)	16.16 ± 1.57 ^a	16.79 ± 1.67 ^a	17.27 ± 1.35 ^a	20.58 ± 1.07 ^b

表 4 盐度对乌鳢肌肉质构的影响

Tab.4 Effects of salinity on meat texture parameters of the snakehead

指标	盐度			
	0	5.0	7.5	10.0
咀嚼性(gmm) × 10 ⁴	95.38 ± 13.45 ^{ab}	79.86 ± 4.32 ^a	84.61 ± 14.11 ^a	138.01 ± 10.93 ^b
硬度(g) × 10 ³	172.20 ± 18.83 ^b	149.70 ± 10.78 ^a	159.34 ± 16.93 ^{ab}	225.69 ± 20.22 ^c
黏性(g) × 10 ³	129.06 ± 18.85 ^{bc}	72.27 ± 5.99 ^a	114.62 ± 13.67 ^b	152.11 ± 11.43 ^c
弹性(mm)	0.83 ± 0.04 ^a	0.87 ± 0.02 ^{ab}	0.89 ± 0.03 ^{ab}	0.92 ± 0.03 ^b
凝聚性	0.66 ± 0.04 ^a	0.75 ± 0.02 ^b	0.70 ± 0.02 ^{ab}	0.68 ± 0.05 ^{ab}

表 5 盐度对乌鳢肌肉氨基酸含量的影响(mg/kg)
Tab.5 Effect of salinity on free amino acid contents in muscle of the snakehead (mg/kg)

氨基酸	盐度			
	0	5.0	7.5	10.0
天门冬氨酸(Asp)	1.60 ± 0.35 ^a	1.06 ± 0.22 ^a	2.69 ± 0.45 ^b	8.76 ± 1.32 ^c
苏氨酸(Thr)	79.38 ± 17.69 ^a	78.80 ± 13.04 ^a	87.36 ± 18.81 ^a	68.04 ± 12.78 ^a
丝氨酸(Ser)	14.27 ± 1.24 ^b	8.32 ± 0.56 ^c	21.26 ± 1.27 ^a	22.01 ± 3.86 ^a
谷氨酸(Glu)	36.64 ± 8.78 ^a	53.14 ± 9.08 ^b	34.14 ± 8.31 ^a	34.37 ± 6.74 ^a
甘氨酸(Gly)	180.09 ± 24.35 ^a	150.18 ± 23.20 ^a	203.44 ± 26.6 ^a	345.98 ± 35.92 ^b
丙氨酸(Ala)	27.87 ± 4.30 ^a	29.80 ± 4.79 ^a	28.05 ± 5.10 ^a	111.59 ± 10.69 ^b
胱氨酸(Cys)	2.12 ± 0.12 ^a	11.09 ± 1.42 ^c	8.61 ± 2.55 ^c	4.14 ± 0.85 ^b
缬氨酸(Val)	4.00 ± 0.76 ^b	2.16 ± 0.17 ^a	5.01 ± 1.00 ^b	17.62 ± 2.08 ^c
甲硫氨酸(Met)	3.77 ± 0.28 ^a	3.28 ± 0.32 ^a	3.46 ± 0.44 ^a	5.58 ± 0.58 ^b
异亮氨酸(Ile)	3.44 ± 0.63 ^a	2.80 ± 0.54 ^a	2.86 ± 0.56 ^a	15.47 ± 2.23 ^b
亮氨酸(Leu)	6.75 ± 1.12 ^a	4.84 ± 0.92 ^a	5.91 ± 1.07 ^a	26.16 ± 4.39 ^b
酪氨酸(Tyr)	6.30 ± 0.74 ^a	6.15 ± 0.17 ^a	5.36 ± 0.41 ^a	11.36 ± 1.60 ^b
苯丙氨酸(Phe)	2.97 ± 0.60 ^a	1.78 ± 0.58 ^a	2.54 ± 0.68 ^a	8.49 ± 0.16 ^b
赖氨酸(Lys)	16.86 ± 2.63 ^{ab}	20.23 ± 2.47 ^a	15.27 ± 2.45 ^{ab}	13.91 ± 1.68 ^b
组氨酸(His)	100.01 ± 5.03 ^a	105.63 ± 2.29 ^a	103.58 ± 3.76 ^a	21.27 ± 2.22 ^b
精氨酸(Arg)	6.85 ± 0.97 ^c	19.03 ± 2.86 ^a	10.57 ± 2.13 ^b	4.15 ± 0.64 ^d
脯氨酸(Pro)	25.96 ± 4.62 ^{bc}	33.34 ± 4.20 ^{ab}	37.32 ± 5.38 ^a	20.16 ± 3.35 ^c
呈味氨基酸(FAA)	264.74 ± 20.73 ^a	278.24 ± 22.40 ^a	284.97 ± 22.95 ^a	503.02 ± 25.46 ^b
必需氨基酸(EAA)	125.60 ± 15.46 ^a	131.13 ± 17.42 ^a	136.38 ± 16.73 ^a	170.79 ± 20.02 ^b
总游离氨基酸(TFAA)	518.97 ± 22.10 ^a	531.64 ± 24.46 ^a	567.45 ± 23.87 ^b	739.40 ± 29.31 ^c

注：呈味氨基酸包括天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸；必需氨基酸包括苏氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、精氨酸、组氨酸

在各组肌肉游离氨基酸中，含量最高的氨基酸均为甘氨酸，分别占到盐度 0.0、5.0、7.5、10.0 组肌肉游离氨基酸总量的 34.7%、28.3%、35.9%、46.8%，占呈味氨基酸的比例则高达 64.5%、52.4%、66.4%、65.9%。含量较高的游离氨基酸还包括苏氨酸、谷氨酸、丙氨酸、组氨酸、脯氨酸等。

3 讨论

3.1 盐度对乌鳢生长的影响

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(林伟雄等, 1998; 李学军等, 2005; Likongwe, 1990)，在淡水鱼类方面的研究较少，在乌鳢方面则无报道。适宜的盐度对罗非鱼生长具有促进作用，如尼罗罗非鱼的生长和饲料转化效率在盐度 8 时最高，在盐度 16 时则显著降低(Likongwe, 1990)；淡水鱼类对盐度的耐受性则较低，如团头鲂鱼种适宜生长的盐度范围为 0—8.5，当盐度升至 8.5 以上，增重率降低；升至 10.5，增重率为负值；升至 12.5，则出现死亡(王根林等, 1993)；草鱼鱼

种在盐度 3.0—9.0 时的生长率较淡水中低，饲料转化效率下降(Kilambi, 1980)；在鲤鱼也有类似报道(Wang *et al*, 1997)。本实验室在草鱼成鱼的研究表明，盐度 5.0、7.5 对草鱼增重率没有影响，在盐度 10.0 时，草鱼增重率、成活率均显著下降，饲料系数显著上升(李小勤等, 2007)；本实验中，随水体盐度升高，乌鳢增重率呈下降趋势，至盐度 10 时，增重率仅相当于盐度 0.0 组的 16.7%，饲料系数显著升高，且在养殖期间食欲较差，部分鱼体表有溃烂现象，成活率仅 63.6%。可见，盐度 10 已超出了乌鳢的耐受范围。乌鳢对盐度的耐受性应与草鱼、团头鲂类似。可以认为，一定盐度范围内(7.5)，盐度对乌鳢的生长没有显著影响，这为半咸水养殖改善乌鳢肉质的同时又不降低其生长性能提供了依据。

3.2 盐度对乌鳢肌肉品质的影响

关于盐度对鱼类肌肉成分影响的研究甚少。李小勤等(2007)在不同盐度水体中养殖草鱼 30 天，发现盐度 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 使肌肉粗蛋白含量减少，肌肉水分增

加; 盐度 5.0—10.0 均使肌肉脂肪含量显著降低; 本次研究结果与上述报道一致。盐度 10.0 可能已经超出了乌鳢、草鱼渗透压调节的正常范围, 在此盐度条件下, 乌鳢食欲和采食量下降, 渗透压调节耗能增加和生理机能的改变, 使得生长性能严重降低, 机体免疫与抗病功能下降(实验中观察到鱼体表有溃烂现象), 机体蛋白质和脂肪被更多消耗, 从而导致肌肉组成的显著改变, 其具体原因有待进一步研究。

胶原蛋白是肌肉组织中的重要成分, 对肌肉结构、强度和品质及鱼类运动等起着重要作用(Sato *et al.*, 1986)。在狼鲈(Periago *et al.*, 2005)、中国对虾(任泽林等, 1998)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; 在盐度对草鱼肌肉成分影响的实验中, 饲养于盐度 7.5, 10.0 水体中的草鱼肌肉胶原蛋白含量较对照组(盐度 0.0)显著提高(李小勤等, 2007)。本次实验中, 盐度 7.5 时的乌鳢肌肉胶原蛋白含量也较对照组(盐度 0.0)显著提高, 与在草鱼的研究一致, 但盐度 10.0 则含量显著下降, 与在草鱼的研究相反。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测定后作出解释。

对于鱼类肌肉品质的评价, 目前尚无统一标准。本次实验采用肌原纤维耐折力、肌纤维直径及质构指标, 可在一定程度上反映肌肉品质(口感方面)。肌原纤维在外力作用下被折断, 可根据其被折断后的长度判别耐折力大小, 长度越大, 耐折断力越强; 肌纤维直径与嫩度有关, 肌纤维直径小, 则口感细嫩。在草鱼, 随着盐度增加(0.0—10.0), 肌原纤维耐折力提高, 肌纤维直径减小(李小勤等, 2007); 本次实验中, 在盐度小于 7.5 时, 随盐度增加, 肌原纤维耐折力呈增加趋势, 肌纤维直径呈降低趋势, 但在盐度 10.0 时, 肌原纤维耐折力降低, 而肌纤维直径增加, 这与在草鱼的研究不完全一致, 可能与鱼品种的不同有关。

肌肉质构的测定是模拟牙齿咀嚼食物的机械过程, 测定探头对试样的压力及其他相关参数。本次实验中, 当盐度从 0 增加到 10.0 时, 肌肉弹性不断增加, 咀嚼性、硬度和黏性则随着盐度增加呈现先下降后上升的趋势, 与本实验室在罗非鱼的研究基本一致(李星星, 2006)¹⁾。可见, 水体盐度具有改善鱼类肌肉质构和口感的作用, 这可能与细胞膜通透性的改变和渗透调节功能有关。

游离氨基酸可参与机体渗透压调节。甘氨酸和丙氨酸已被证明是甲壳动物进行渗透压调节的重要因子(Bisshop *et al.*, 1993; McCoid *et al.*, 1984); 随盐度从 0 增加到 20, 日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)肌肉游离氨基酸呈线性增加(Wang *et al.*, 2004); 这种肌肉游离氨基酸增加随盐度升高的现象在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)上也有报道(Gomez-Jimenez *et al.*, 2004)。本次实验中, 盐度 10.0 组的肌肉游离氨基酸总量和游离呈味氨基酸较盐度 0.0 组增加了 42.7%、88.2%, 在游离氨基酸中, 甘氨酸和丙氨酸含量占了游离氨基酸总量的 61.9%和游离呈味氨基酸总量的 87.2%, 这也是盐度 10 时增加量最大的两种氨基酸; 但在盐度 5.0、7.5 时, 甘氨酸、丙氨酸则无显著增加。据此, 作者认为, 当水体盐度在鱼体渗透压调节能力之内时, 甘氨酸和丙氨酸不是重要的渗透压调节因子; 但当水体盐度过高, 鱼体处于渗透压调节能力的边缘时, 甘氨酸和丙氨酸则成为非常重要的渗透压调节因子, 这有待于对其他渗透压调节因子的变化进行研究后予以证实。从另一方面来看, 肌肉游离呈味氨基酸, 包括甘氨酸、丙氨酸等的增加, 也增加了肌肉风味, 这在人们对其肌肉的品尝中已得到证实。

4 小结

本次研究表明, 提高水体盐度可改善乌鳢肌肉品质, 但也会对生长产生一定程度的不利影响, 综合考虑生长性能和肌肉品质, 适宜的盐度值建议为 7.5。

参 考 文 献

- 王 武, 甘 炼, 张东升等, 2004. 盐度对江黄颡鱼生存和生长的影响. 水产科技情报, 31(3): 121—124
- 王根林, 石文雷, 黄凤钦等, 1993. 盐度对青鱼、团头鲂鱼种生存、生长的影响. 淡水渔业, 23(6): 8—11
- 任泽林, 李爱杰, 1998. 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. 中国水产科学, 5(2): 40—44
- 严美姣, 李钟杰, 熊邦喜, 2005. 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. 水生生物学报, 29(2): 142—145
- 李小勤, 李星星, 冷向军等, 2007. 盐度对草鱼生长和肌肉品质的影响. 水产学报, 31(3): 341—348
- 李学军, 李思发, 么宗利等, 2005. 不同盐度下尼罗罗非鱼、萨罗罗非鱼和以色列红罗非鱼幼鱼生长、成活率及肥满系数的差异. 中国水产科学, 12(3): 245—251
- 李海燕, 李桂峰, 唐玉福等, 2004. 赤眼鲟对海水盐度的适应

1) 李星星, 2006. 半咸水暂养罗非鱼、草鱼改善其肉质的研究. 上海水产大学硕士学位论文

- 性实验研究. 广州大学学报(自然科学版), 3(4): 306—308
- 陈品健, 王重刚, 郑森林, 1998. 盐度影响真鲷幼鱼消化酶活性的研究. 厦门大学学报(自然科学版), 37(5): 754—756
- 林伟雄, 蔡发盛, 1998. 奥利亚罗非鱼的盐度驯化研究. 汕头大学学报(自然科学版), 13(2): 67—70
- 林黑着, 江琦, 石红等, 2001. 盐度对鲮鱼表观消化率的影响. 浙江海洋学院学报, 20(增刊): 80—82
- 雷思佳, 叶世洲, 李德尚等, 1999. 盐度对台湾红罗非鱼能量收支的影响. 华中农业大学学报, 18(3): 256—259
- Alliot E, Pastoureaud A, Thebault H, 1983. Influence of temperature and salinity on growth and body composition of sea bass fingerlings, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 31(2—4): 181—194
- Bisshop J S, Burton R S, 1993. Amino acid synthesis during hyperosmotic stress in *Penaues aztecus* postlarvae. Comp Biochem Physiol, 106(A): 49—56
- Gomez-Jimenez S, Urias-Reyes A A, Vazquez-Ortiz F *et al*, 2004. Ammonia efflux rates and free amino acid levels in *Litopenaeus vannamei* postlarvae during sudden salinity changes. Aquaculture, 233: 58—73
- Kilambi R V, 1980. Food consumption, growth and survival of grass carp, *Ctenopharynodon idellus* at four salinities. Journal of Fish Biology, 17: 613—618
- Koshiishi Y, 1986. Effect of salinity on food intake, growth and feed efficiency of chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum), and ayu, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel. Bull Japan Sea Reg Fish Res, 36: 1—14
- Likongwe J S, 1990. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia (*Ooecochromis niloticus*). Aquaculture, 146: 37—46
- Macenina M J, Nordlie F G, Shireman J V, 1980. The influence of salinity on oxygen consumption and plasma electrolytes in grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. Journal of Fish Biology, 16: 613—619
- McCoid V, Miget R, Finne G, 1984. Effect of environmental salinity on the free amino acid composition and concentration in penacid shrimp. J Food Sci, 49: 327—330, 339
- Partridge G J, Jenkins G I, 2002. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). Aquaculture, 210: 219—230
- Periago M J, Ayala M D, Lopez-Albors *et al*, 2005. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L.. Aquaculture, 249(1—4): 175—188
- Sato K, Yoshinska R, Sato M *et al*, 1986. Collagen content in the muscle of fishes with their swimming movement and meat texture. Nippon Suisan Gakkaishi, 52: 1595—1600
- Wang J Q, Lui H L, Po H Y *et al*, 1997. Influence of salinity on food consumption, growth and energy conversion efficiency of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. Aquaculture, 148: 115—124
- Wang W N, Wang A L, Bao L *et al*, 2004. Changes of protein-bound and free amino acids in the muscle of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense* in different salinities. Aquaculture, 233: 561—571

EFFECT OF SALINITY ON GROWTH AND FLESH QUALITY OF SNAKEHEAD *CHANNA ARGUS*

LI Xiao-Qin¹, LIU Xian-Min¹, LENG Xiang-Jun¹, WANG Xi-Chang²

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai, 200090; 2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai, 200090)

Abstract The effect of salinity on growth and flesh quality of *Channa argus* (snakehead) was studied. The fish with body weight of (402.4 ± 44.6) g were raised at four salinity levels [0 (control), 5.0, 7.5, 10.0] for 30 days, after which the growth performance, composition of free amino acids in muscles, and physical parameter was measured. Results showed that the growth rate of the four levels was 37.7%, 33.9%, 31.5%, and 6.3%; survival rate 100%, 100%, 100%, and 63.6%, respectively. No significant difference in growth performance was observed among 0, 5.0, 7.5 salinity groups; however, the growth rate and survival rate were significantly decreased and *FCR* increased in 10.0 salinity group compared to those fed in control group ($P < 0.05$). The muscle moisture and water loss rate tended to increase and muscle fat to decrease with increasing water salinity. The muscle protein and muscle collagen content showed no difference among 0, 5.0, and 7.5 salinity groups, but significantly lower in 10.0 salinity group than that in the control. Fishes cultured in the 7.5 salinity group had thinner muscle fibre and longer myofibrillae than those of the control. With increase in salinity, textural parameters, including chewiness, hardness, gumminess, and adhesiveness were improved, and the contents of free flavour amino acids, total free amino acids increased. The muscle free flavour amino acids and total free amino acids in the fish of 10 salinity group increased by 88.2% and 42.7% ($P < 0.05$), respectively. Therefore, feeding in brackish water can enhance the flesh quality of the fish, and the proper salinity is 7.5 in terms of growth performance and flesh quality.

Key words *Channa argus*, Salinity, Growth, Flesh quality