

饲料中添加食盐对凡纳滨对虾生长及风味的影响

梁萌青¹ 王士稳² 王家林¹ 常青¹

(¹农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(²国家质检总局进出口食品安全局, 北京 100088)

摘要 以初始体重为 5.27 ± 0.20 g 的凡纳滨对虾为研究对象, 分别在饲料中添加 0、0.5%、1.0% 和 2% 的盐, 配制成 4 种实验饲料, 在盐度为 1.5 和 30 的水体中喂养 50d, 探讨饲料中添加盐对凡纳滨对虾生长性能、虾体成分和碱性磷酸酶活性及风味的影响。结果表明, 在盐度为 1.5 时, 饲料中添加盐的各组饲料其特殊增长率 (SGR) 比对照组均有显著提高 ($P < 0.05$); 饲料中添加盐组的饲料系数 (FCR) 均比对照组低 ($P < 0.05$), 饲料中盐的添加量为 2.0% 时, 饲料系数 (FCR) 达到最低 ($P < 0.05$); 饲料中添加盐有助于提高对虾的成活率 ($P < 0.05$); 随着饲料中盐添加量的增加, 对虾体蛋白质含量有增加的趋势, 而虾体脂肪含量和水分有下降的趋势; 随着饲料中盐添加量的增加, 凡纳滨对虾肌肉游离氨基酸中必需氨基酸、非必需氨基酸及游离氨基酸总量有增加趋势, 甘氨酸、丙氨酸和谷氨酸等呈鲜味氨基酸都大幅度增加; 对虾的色泽、嗅觉、味觉及组织等多项指标的感官评价显示, 饲料中添加盐 2.0% 组的综合感官指标优于对照组及其他实验组; 饲料中添加盐可显著提高凡纳滨对虾肝脏碱性磷酸酶活性, 而且随着饲料中盐的添加量的增加, 其酶的活性显著上升 ($P < 0.05$)。当盐度为 30, 饲料中添加盐显著降低特殊增长率 (SGR) ($P < 0.05$), 而且随着盐度的增加, 其影响加重; 饲料中添加盐显著增加对虾的饲料系数 (FCR) ($P < 0.05$)。

关键词 凡纳滨对虾 盐 生长 风味 碱性磷酸酶

中图分类号 TS254.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)03-0117-08

Effects of adding salt in the diet of the shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity and sea water on growth and flavour

LIANG Meng-qing¹ WANG Shi-wen² WANG Jia-lin¹ CHANG Qing¹

(¹Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(²Bureau of Import and Export Food Safety, General Administration of Quality Supervision, Beijing 100088)

ABSTRACT The effects of feeding for 50d on a diet containing different levels of salt (NaCl) were evaluated in low salinity (1.5) and sea water (30) for *L. vannamei*. In low salinity water, the addition of salt to the diet resulted in a significant improvement in the SGR, FCR, survival rate and activity of alkaline phosphatase for *L. vannamei*. In low salinity water, the addition of salt to the diet resulted in an increase in protein and decrease in moisture and lipid of shrimp

国家自然科学基金项目(30471341)和青岛市科技发展项目(02-2-k-hh-65)共同资助

收稿日期:2007-11-15;接受日期:2007-12-03

作者简介:梁萌青(1963-),女,研究员,博士,主要从事水产动物饲料营养与加工研究。E-mail:liangmq@ysfri.ac.cn

body. Moreover, in low salinity water, the addition of salt to the diet resulted in an increase in total free amino acids of shrimp body and significant improvement in flavor characters, especially for the addition of 2.0% salt group. In seawater, the addition of salt to the diet resulted in a significant decrease in the SGR, FCR and survival rate and reduced in activity of alkaline phosphatase for *L. vanamei*.

KEY WORDS *Litopenaeus vannamei* Salt Growth Flavour
Alkaline phosphatase

凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* 是世界主要养殖经济虾类, 由于它对盐度的适应性较强、食性广、经济价值高、抗病能力强、适于高密度养殖及对盐度的适应能力强等特点而被广泛引种。近年来, 凡纳滨对虾在我国开展大规模养殖, 特别是在内陆淡水池塘推广凡纳滨对虾淡水养殖已初具规模。然而, 在低盐条件下养殖的凡纳滨对虾肌肉口感差, 风味有明显下降。品质的降低直接影响了其销售价格及经济效益。

许多研究表明, 广盐性虾类可以通过血淋巴渗透调节和无机离子调节来适应外界盐度环境的变化。在高盐度时, 虾类将体内多余的盐分排出, 保持体内正常水分; 在较低的盐度条件下, 又需要摄入足够的盐分, 排掉多余的水分。饲料中的盐能满足淡水中的鱼调节渗透压, 从而节约用于渗透压调节的能量, 用于生长。有研究表明, 养殖水环境会影响虹鳟的饲料吸收, 如盐度提高到 28 时, 摄食量增加, 但生长率反而下降, 同时, 饲料转化率也降低。

本试验的目的是探讨饲料中添加盐对凡纳滨对虾生长性能影响及对碱性磷酸酶活性的变化; 并探讨其对凡纳滨对虾风味的影响, 为凡纳滨对虾的养殖效率及品质改善提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 实验对虾来源

实验用凡纳滨对虾取自青岛沙子口南窑养虾场。将虾分为两大组, 并分池暂养 20d, 其间将一组暂养水体(盐度 30)添加曝气的自来水逐渐淡化到盐度为 1.5, 实验设计盐度分别为 1.5 和 30。试验虾初始平均体重为 5.27 ± 0.20 g。

1.2 实验饲料

共设 4 组实验饲料, 以基础饲料为对照, 分别在基础饲料中添加 0.5%、1.0% 和 2% 的食盐, 配制 3 种实验饲料。饲料制作过程如下: 所有原料粉碎后过 80 目筛, 各原料按配比称量后混匀, 加适量 2% 的褐藻胶做黏合剂, 将每组饲料充分混合均匀, 经螺旋挤压机加工成适宜大小的颗粒, 经 60℃ 烘干, 保存于 -18℃ 冰箱中备用。基础饲料配方如表 1。

1.3 饲养方法

试验在中国水产科学研究院黄海水产研究所小

表 1 基础饲料配方及化学组成

Table 1 Formulation and proximate chemical composition of the experimental diets

原料成分 Ingredients	组成 Composition (%)
鱼粉 Fish meal	30
豆粕 Soybean meal	15
花生粕 Peanut meal	15
酵母 Yeast	5
虾糠 Shrimp brain	10
次粉 Wheat meal	16.8
维生素混合物 Vitamin mix ¹	1
无机盐混合物 Mineral mix ²	1
鱼油 Fish oil	4
卵磷脂 Lecithin	1.5
Vc Ascorbic acid	0.2
氯化胆碱 Choline chloride	0.5
合计 Total	100
成分分析 Proximate analysis	
粗蛋白 Crude protein	38.5
粗脂肪 Crude lipid	7.8
灰分 Ash	13.9

¹ 维生素混合物(mg or g/kg 饲料): 硫胺素 25mg; 核黄素 45mg; 盐 酸吡哆醇 20mg; 维生素 B₁₂ 0.1mg; 维生素 K₃ 10mg; 肌醇 800mg; 泛酸 60mg; 烟酸 200mg; 叶酸 20mg; 生物素 1.20mg; 维生素 A32mg; 维生素 D5mg; 维生素 E 120mg; 次粉 18.67g

² 无机盐混合物(mg or g/kg 饲料): 氯化钠 2mg; 碘化钾 0.8mg; 氯化钴 50mg; 硫酸铜 10mg; 硫酸铁 80mg; 硫酸锌 50mg; 硫酸镁 1200mg; 磷酸二氢钙 3000mg; 氯化钠 100mg; 沸石粉 15.51g

青岛渔业科学实验基地进行,共50d。试验期间,水温25~28℃,DO 5.5~6.5 mg/L,试验用玻璃钢桶为200 L,试验在盐度为1.5和30的水体中同时进行,试验共分8组。盐度1.5为低盐系列,分为4组即基础饲料组(对照组)、饲料中添加盐分别为0.5%、1.0%和2.0%;盐度为30的海水系列分为4组即基础饲料组(对照组)、饲料中添加盐分别为0.5%、1.0%和2.0%。试验低盐养殖用水由过滤后的海水与曝气自来水配制而成。每天提供同样盐度的水换水25%。每天8:00、12:00和18:00进行投喂,投饲量根据情况而定,以饱食为准,每天早上吸污,观察对虾的死亡情况并移出死虾和残饵。

1.4 样品收集

50d养殖试验结束后,分别称重,并取海水养殖和低盐养殖对虾腹部肌肉及肝胰脏,保存于-80℃冰箱中用于生化指标分析。

1.5 常规成分测定

常规成分测定采用AOAC(1995)法。水分采用105℃烘干至恒重法;粗蛋白含量采用凯氏定氮法进行测定;粗脂肪采用索氏抽提法,以乙醚为抽提剂测定粗脂肪含量;将样品在电炉上炭化后,在马福炉中灼烧(550℃)8h后测得样品灰分含量(AOAC 1995)。

1.6 对虾肌肉游离氨基酸分析

肌肉样品随机取自每个处理的15尾虾混合,然后加入20ml 6%的三氯乙酸,超声波破碎,使之均质,在1℃,13 000r/min,离心15min,上清液移走,剩余液用三氯乙酸再提取两次。上清液集中,加乙醚30ml,振荡30s,水层用低压旋转蒸发已浓缩为一黏稠液体,用去离子水稀释两倍以日立835-50型氨基酸自动分析仪进行游离氨基酸测定。

1.7 对虾肝胰脏碱性磷酸酶活性的测定

将试验虾肝胰脏匀浆,匀浆液经高速冷冻机在10 000r/min离心30min,沉淀,所得上清液即为碱性磷酸酶测定样品,贮于4℃冰箱中保存,24h内进行测定。

采用南京建成生物工程研究所试剂盒的测定方法进行测定。定义在37℃,1g组织蛋白与基质作用15min产生1mg酚为1个碱性磷酸酶活力单位(U)。

1.8 对虾肌肉感官指标评价

将对虾在沸水中煮3min后进行口感评价。有10位志愿者对各组低盐养殖凡纳滨对虾进行评定和风味品尝,分别对其明度、色调、香味、风味、异味、滋味、味觉属性、组织弹性和嫩度等感官指标进行分析比较、打分,并对对虾的色泽、嗅觉、味觉和触觉等感官特征进行评价(GB 12316-90)。

得分数值大小含义如下:

色泽的明度,是指样品表面有无光泽。以1~8分之间的数值表示,1分表示明度非常差,8分表示明度非常好。

色泽的色调,是指样品颜色的深浅。以1~8分之间数值表示,1分表示色调非常浅,8分表示色调非常深。

嗅觉的香味,是指样品的香气。以1~8分之间数值表示,1分表示香味非常淡,8分表示香味非常浓。

嗅觉的风味,是指样品特有风味,以1~8分之间数值表示,1表示风味非常淡,8表示风味非常浓。

嗅觉的异味,是指非正常气味,以1~8分之间数值表示,1分表示异味非常浓,8分表示异味非常淡。

味觉的滋味,是指样品好吃,以1~8分之间数值表示,1分表示样品非常不好吃,8分表示样品非常好吃。

味觉的属性,是指样品的味觉主要特点。以1~8分之间数值表示,1分:甜,2分:酸,3分:咸,4分:苦,5分:辣,6分:其他。

组织的弹性,以1~8分之间数值表示,1分表示弹性非常差,8分表示非常好。

组织的嫩度,是指样品的嫩与老。以1~8分之间数值表示。1分表示非常嫩,8分表示老。

1.9 计算及统计方法

特定生长率(SGR) = $\{[\ln(W_{终}) - \ln(W_{始})] / \text{试验时间}\} \times 100$

饲料系数(FCR) = 饲料消耗 / 鱼体增重

各组实验数据,采用 SPSS 11.0 数理统计软件进行单因素方差分析,当各水平下总体方差无显著差异时,进行组间 Turkey 检验, $P < 0.05$ 为显著差异,试验数据用(平均数 ± 标准误差)表示。

2 结果

2.1 饲料中添加盐对凡纳滨对虾生长和存活的影响

各组对虾的生长结果如表2。由表2可见,在低盐养殖系列,饲料中添加盐的各组饲料其特殊增长率相对于对照组均有显著提高($P < 0.05$),当饲料中盐的添加量为0~1.0%时,随着盐添加量的增加,凡纳滨对虾的特殊增长率显著增加;当饲料中盐的添加量为1.0%时,对虾的特殊增长率达到最大($P < 0.05$);此后,饲料中盐的添加量增加至2.0%,对虾的特殊增长率虽有增加趋势但与饲料盐1%添加组无显著性差异($P > 0.05$)。对于饲料系数(FCR),饲料中添加盐组的FCR均比对照组低,饲料中盐的添加量为0~0.5%时,随着饲料盐的增加,FCR显著降低($P < 0.05$);饲料中盐的添加量为0.5%~1.0%时,FCR趋于平台;饲料中盐的添加量为1.0%~2.0%时,FCR继续降低($P < 0.05$);饲料中盐的添加量为2.0%时,FCR达到最低($P < 0.05$)。对于海水养殖系列,饲料中添加盐显著降低特殊增长率($P < 0.05$),而且随着盐度的增加,其影响加重。同样饲料中添加盐显著增加对虾的FCR($P < 0.05$)。

表2 饲料中添加盐对海水养殖和低盐养殖的凡纳滨对虾特殊增长率及饲料系数的影响

Table 2 The effects of different levels of dietary salt on SGR and FCR for *L. vannamei* cultured in seawater and low salinity water

组别 Group	低盐 Low salinity water		海水 Sea water	
	SGR/(%/d)	FCR	SGR/(%/d)	FCR
对照 Control	0.87 ± 0.037 ^a	1.62 ± 0.043 ^a	1.20 ± 0.125 ^a	1.27 ± 0.126 ^a
0.5% NaCl	1.02 ± 0.040 ^b	1.40 ± 0.030 ^b	0.99 ± 0.056 ^b	1.42 ± 0.167 ^b
1.0% NaCl	1.12 ± 0.027 ^c	1.41 ± 0.024 ^b	0.92 ± 0.113 ^b	1.60 ± 0.107 ^c
2.0% NaCl	1.15 ± 0.050 ^c	1.37 ± 0.018 ^c	0.89 ± 0.078 ^b	1.62 ± 0.134 ^c

注:表中同一列数据中不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

各组对虾成活率如表3。由表3可见对于低盐养殖系列,饲料中添加盐有助于提高成活率($P < 0.05$),而对于海水养殖系列,饲料中添加盐降低了凡纳滨对虾的成活率($P < 0.05$)。

2.2 低盐养殖凡纳滨对虾饲料中添加盐对虾体成分的影响

饲料中添加盐对低盐养殖系列凡纳滨对虾体成分的影响如表4。由表4可见饲料中添加盐对对虾体蛋白质有增加的趋势,但饲料中添加盐0.5%和1%时,虾体蛋白与对照组相比无显著差异($P > 0.05$)。当饲料中添加2%的盐,虾体蛋白质含量显著增加($P < 0.05$)。饲料中添加盐有降低虾体脂肪的趋势,饲料中添加0.5%的盐,虾体脂肪与对

表3 饲料中添加盐对海水养殖和低盐养殖的凡纳滨对虾成活率的影响

Table 3 The effects of different levels of dietary salt on survival for

L. vannamei cultured in seawater and low salinity water

组别 Group	低盐养殖 Low salinity water	海水养殖 Seawater
	成活率(%) Survival	成活率(%) Survival 对照
对照 Control	76.3 ± 2.2 ^a	85.7 ± 2.4 ^b
0.5% NaCl	82.0 ± 3.7 ^a	77.9 ± 7.8 ^a
1.0% NaCl	85.5 ± 2.3 ^b	74.2 ± 1.2 ^a
2.0% NaCl	84.2 ± 3.1 ^b	75.6 ± 5.5 ^a

注:表中同一列数据中不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

照组无显著差异($P>0.05$),饲料中添加1.0%~2.0%的盐,能显著降低虾体脂肪。饲料中添加盐有降低虾体水分的趋势,饲料中添加0.5%~1.0%的盐,虾体水分与对照组无显著性差异($P>0.05$);饲料中添加2.0%的盐时,虾体水分显著增加($P<0.05$)。

2.3 低盐养殖凡纳滨对虾饲料中添加盐对对虾肌肉游离氨基酸组成的影响

饲料中添加盐对低盐养殖凡纳滨对虾肌肉游离氨基酸含量的影响如表5所示。表5显示随着饲料中盐添加量的增加,凡纳滨对虾肌肉游离氨基酸中必需氨基酸、非必需氨基酸及游离总氨基酸有增加趋势,必需氨基酸中除精氨酸外,其他必需氨基酸的增加幅度不大,非必需氨基酸中甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸等呈鲜味氨基酸的增加幅度较大,特别是饲料中盐的添加量达到2.0%时,甘氨酸、丙氨酸和谷氨酸的含量分别是盐度为0、0.5和1.0时的1.55、2.76和2.23倍。

2.4 饲料中添加盐对凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶的影响

饲料中添加盐对凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶的影响如图1。对于低盐养殖系列,饲料中添加盐可显著提高凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶活性,而且随着饲料中盐的添加量的增加,其酶的活性显著上升($P<0.05$),当饲料中盐的添加量为2.0%时,凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶活性达到321U/g pro。对于海水养殖系列,随着饲料盐的添加量增加,对虾肝胰脏碱性磷酸酶有下降趋势。

饲料中添加盐对凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶的影响如图1。对于低盐养殖系列,饲料中添加盐可显著提高凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶活性,而且随着饲料中盐的添加量的增加,其酶的活性显著上升($P<0.05$),当饲料中盐的添加量为2.0%时,凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶活性达到321U/g pro。对于海水养殖系列,随着饲料盐的添加量增加,对虾肝胰脏碱性磷酸酶有下降趋势。

表 4 饲料中添加盐对低盐养殖凡纳滨对虾虾体蛋白质、水分和脂肪的影响

Table 4 The effects of different levels of dietary salt on body composition for *L. vannamei* cultured in seawater and low salinity water

虾体成分 Body composition	对照组 Control	0.5% NaCl	1.0% NaCl	2.0% NaCl
蛋白质(%) Crude protein	22.46±0.42 ^a	22.98±0.46 ^a	23.26±1.54 ^a	24.82±0.95 ^b
脂肪(%) Crude lipid	0.69±0.17 ^c	0.61±0.05 ^c	0.55±0.18 ^b	0.44±0.02 ^a
水分(%) Moisture	83.32±1.12 ^b	82.89±0.78 ^b	81.94±1.52 ^b	80.48±1.38 ^a

注:表中同一行数据中不同字母表示差异显著($P<0.05$)

表 5 饲料中添加盐对低盐养殖凡纳滨对虾肌肉游离氨基酸含量的影响

Table 5 The effects of different levels of dietary salt on free amino acid of muscle for *L. vannamei* cultured in seawater and low salinity water

组别 Group	对照组 Control	0.5%NaCl	1.0%NaCl	2.0%NaCl
亮氨酸 Leu	1.67	1.79	1.78	1.85
缬氨酸 Val	1.01	1.13	1.16	1.24
苏氨酸 Thr	0.65	0.68	0.74	0.77
苯丙氨酸 Phe	0.78	0.80	0.83	0.83
赖氨酸 Lys	1.23	1.35	1.34	1.37
蛋氨酸 Met	0.62	0.69	0.70	0.76
异亮氨酸 Ile	0.91	0.94	0.95	1.01
精氨酸 Arg	2.04	2.15	2.21	4.01
组氨酸 His	0.40	0.38	0.40	0.43
必需氨基酸总量 Total EAA	9.31	9.91	10.11	12.27
甘氨酸 Gly	1.92	2.21	2.29	2.98
丙氨酸 Ala	1.14	1.32	1.40	3.15
谷氨酸 Glu	2.89	3.01	3.45	6.45
天门冬氨酸 Asp	1.78	1.81	2.04	3.02
脯氨酸 Pro	0.62	0.65	0.69	0.79
酪氨酸 Tyr	0.60	0.61	0.65	0.71
非必需氨基酸总量 Total NEAA	8.95	9.61	10.52	17.10
氨基酸总量 TAA	18.26	19.52	20.63	29.37

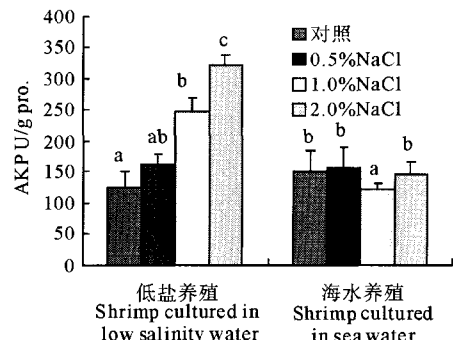


图 1 饲料中添加盐对凡纳滨对虾肝胰脏碱性磷酸酶活性的影响

Fig.1 The effects of different levels of dietary salt on activity AKP of hepatopancreas for *L. vannamei* cultured in seawater and low salinity water

2.5 饲料中添加盐对对虾凡纳滨对虾风味的影响

低盐养殖凡纳滨对虾饲料中添加盐对虾风味的感官分

析如表6。从对虾的色泽、嗅觉、味觉及组织等多项指标来看,饲料中添加盐2%组的综合感官指标优于对照组及其他实验组。各个试验志愿者按照样品的综合感官指标进行描述说明。综合各实验结果,在总体感官分析打分排序中,饲料中添加盐2%组被认为是最好的。在此基础上进行了投票,C组得5票;B组得3票;D组和A组各得1票。

表6 低盐养殖凡纳滨对虾饲料中添加盐凡纳滨对虾的感官分析结果
Table 6 Results of sensory analysis of *L. vannamei* fed on diets containing different levels of dietary salt

组别 Group	色泽 Color		嗅觉 Sense			味觉 Taste		组织 Texture	
	明度 Brightness	色调 Hue	香味 Fragrance	风味 Flavor	异味 Off-flavor	滋味 Savor	属性 Taste	弹性 Elasticity	嫩度 Tenderness
A 0.5%NaCl	5.7±0.8 ^a	5.5±0.4 ^a	3.5±0.2 ^a	4.5±0.4 ^a	7.0±0.9 ^b	4.7±0.8 ^a	6.0±0.4 ^a	5.5±0.5 ^a	6.6±0.5 ^a
B 1.0%NaCl	5.8±0.3 ^a	5.6±0.3 ^a	4.0±0.5 ^b	4.8±0.5 ^a	7.2±1.2 ^b	5.2±0.5 ^b	6.0±0.5 ^a	5.9±0.6 ^a	6.9±0.7 ^a
C 2.0%NaCl	5.9±0.4 ^a	5.6±0.2 ^a	4.1±0.5 ^b	6.2±0.6 ^b	7.1±0.5 ^b	7.2±0.6 ^c	6.0±0.5 ^a	6.9±0.3 ^b	7.3±0.2 ^b
D 对照 Control	5.7±0.2 ^a	5.5±0.1 ^a	3.4±0.2 ^a	4.0±0.2 ^a	3.9±1.5 ^a	4.5±0.2 ^a	6.0±0.6 ^a	5.5±0.7 ^a	6.8±0.3 ^a

注:同一列数据中字母不同的上标表示差异显著($P<0.05$)

3 讨论

Zaugg等(1969)报道饲料中添加盐有几个优点:(1)增加适口性;(2)通过减少水的活性作为致湿物质。有些研究显示饲料中添加盐对生长有促进作用。有一些研究发现饲料中添加盐没有任何优点(Gatlin *et al.* 1992;Fontainhas-Fernandes *et al.* 2000;Nandeesh *et al.* 2000;Eroldogan 2003),其他一些报道则认为能阻碍鱼的生长。Zaugg等(1969)就发现银鲑鱼幼鱼饲料中添加1.5%的盐可造成体重增重率减轻7%。Nandeesh等(2000)在淡水鲤鱼中添加1.5%的盐,明显改善试验鱼的生长,这一结果已在印度广泛推广。Smith等(1989)报道生长于淡水的鲑鱼从冬天到夏天的过渡中饲料钠的吸收增加了8倍,这与投喂有关,几乎所有的钠都来自饲料中的盐。因此,淡水鱼可以利用盐作为提供离子的来源,以防止来自环境的低渗。对于在淡水中养殖的美国红鱼幼鱼饲料中添加2%的盐获得与本试验相似结果,与基础饲料相比增重率和饲料效率均有提高(Gatlin *et al.* 1992)。同一个试验中,在盐度为5咸水中养殖,饲喂盐强化的饲料也能提高美国红鱼幼鱼的饲料效率和增重率,但是,如果这个试验在海水中进行,在饲料中添加2%的盐,则不能提高增重率和饲料效率。

盐度对凡纳滨对虾生长的影响已有报道(黄凯等 2004;朱春华 2002;王兴强等 2005),这主要与渗透压的调节有关。环境与体液的渗透压差异造成凡纳滨对虾生长变化,因为在非等渗环境下,对虾必须对环境盐度作出反应,按照渗透压调节原理,对虾渗透压在等渗点时,因盐度差而额外付出的代谢能最少,生长和其他生理过程的转换率最高。Dalla(1986)及臧维玲等(2002)指出生活在低盐度水域的虾消耗能量高,耗氧速率相应增加,生长也逐渐缓慢。生长效率是指摄食能分配给生长的比例,其中包括总转换效率和净转换效率;其值越大,表示同化为生长的能量比例越高。本试验在凡纳滨对虾饲料中添加盐,能不同程度提高低盐养殖对虾的特殊增长率及降低饲料系数,而且成活率也比对照组显著提高;而对于海水养殖的凡纳滨对虾,饲料中添加盐反而对对虾的特定增长率、饲料转化率和成活率有副作用。这可能是在低盐度情况下对虾通过摄取饲料中的盐,减少了用于渗透压调节而额外付出的能量,用于生长的能量增多了,从而使凡纳滨对虾的生长性能得以改善。

汤鸿等(1995)对锯缘青蟹幼体的消化酶进行研究,淀粉酶和 α -淀粉酶的活性均以盐度为31最高,脂肪酶活性以盐度为28最高,推测盐度是通过影响动物的生理状态,如渗透压来影响其消化酶的活性。在没有盐加入的情况下,测定锯缘青蟹幼体的淀粉酶活性只有加入15%的盐(周绪霞等 2004)。许多无机离子是酶的激活剂或抑制剂,不同的浓度,离子的影响程度也不同。本试验测得低盐养殖系列,饲料中添加不同比例的盐,凡纳滨对虾肝脏碱性磷酸酶活性均比对照组提高(图1, $P<0.05$);对于海水养殖系列,添加盐却降低了碱性磷酸酶的活性(图1, $P<0.05$)。可能是由于盐的添加,影响了凡纳滨对虾的生理状态,最终影响了碱性磷酸酶

的活性。

本试验结果表明,在低盐养殖系列饲料中,随着盐添加比例升高,凡纳滨对虾虾体水分、脂肪有逐渐降低的趋势,当饲料中盐的添加量为2.0%时,虾体水分显著低于其他组($P<0.05$)。这可能是添加盐2.0%时,虾体摄入盐分比其他组多,从而导致虾体排掉一部分水分。同样,养殖水体中盐度高,对虾就需要失去一部分水分来保证体内渗透压的平衡,因而其体内的水分含量就低;相反,在低盐环境中,对虾也必须吸收较多的水分来适应外界的水体环境,维持体内的稳定状态。本试验在低盐养殖系列中,饲料中添加盐的比例越高,凡纳滨对虾虾体蛋白质有增加的趋势,特别是饲料中当饲料中盐的添加量为2.0%时,虾体蛋白质显著高于其他组($P<0.05$)。这可能是随着饲料中盐添加量的增加,对虾用于调节渗透压的游离氨基酸减少,虾体的氨基酸总量增加有关(表5)。

黄凯等(2004)等分析了不同盐度凡纳滨对虾体内氨基酸含量,发现氨基酸总量随盐度上升呈增加趋势,其中甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸、脯氨酸和丝氨酸随盐度上升而显著增加。本试验结果表明,随着饲料中盐添加量的增加,凡纳滨对虾肌肉游离氨基酸中必需氨基酸、非必需氨基酸及游离总氨基酸有增加趋势,必需氨基酸中精氨酸变化幅度较大,非必需氨基酸中甘氨酸、丙氨酸和谷氨酸等呈鲜味氨基酸的增加幅度较大,特别是饲料中盐添加量为2.0%时,甘氨酸、丙氨酸和谷氨酸等呈鲜味氨基酸数倍增加,感官评价分析时发现此组对虾无论从色泽、嗅觉、味觉及组织优于其他组。这可能是对虾从饲料中摄入相对多的盐,广盐性虾类可以通过血淋巴渗透调节和无机离子调节来适应外界盐度环境的变化,当饲料中盐的添加量为2.0%时,对虾可从饲料中摄入相对足量的盐来调节渗透压,而无需动用较多的有机物如甘氨酸、丙氨酸和谷氨酸等来调节渗透压,从而使对虾体的甘氨酸、丙氨酸和谷氨酸等大幅度增加,由于这些氨基酸的变化,导致低盐养殖系列对虾的风味得以改善。

根据本试验的结果,随着盐添加量的增加,低盐养殖凡纳滨对虾的特殊增长率提高、饲料系数降低,肌肉中氨基酸总量及呈味氨基酸也大幅度提高,进而风味也有所改善。继续增加饲料中盐的添加量是否能进一步提高生长性能和改善风味,还有待进一步深入研究。

参 考 文 献

- 王兴强,马 甡,董双林. 2005. 盐度和蛋白质水平对凡纳滨对虾存活、生长和能量转换的影响. 中国海洋大学学报,35:33~37
- 朱春华. 2002. 盐度对南美白对虾生长性能的影响. 水产养殖,3:25~27
- 汤 鸿,李少菁,王桂忠,林琼武. 1995. 锯缘青蟹幼体消化酶活力. 厦门大学学报(自然科学版),34:88~93
- 周绪霞,李卫芬,徐梓荣. 2004. 盐度对于虾生长形状的影响. 中国饲料,2,30~33
- 臧维玲,戴习林,江 敏,姚庆祯,林 晓,徐桂荣,丁福江. 2002. 盐度对日本对虾幼虾生长与瞬时耗氧速率的影响. 上海水产大学学报, 11:114~117
- 黄 凯,王 武,卢 洁,代小伟,周家能. 2004. 盐度对南美白对虾的生长及生化成分的影响. 海洋科学,28:20~25
- GB 12316-12316-90. 感官分析方法总论. 北京:标准出版社
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official method of analysis of official analytical chemists international, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA
- Bandu, P. R., and Diwan, A. D. 2002. Effect of acute salinity stress on oxygen consumption and ammonia excretion rate of the marine shrimp *Metapenaeus monoceros*. Journal of Crustacean Biology, 22(1):45~52
- Basulto, S. 1976. Induced saltwater tolerance in connection with inorganic salts in the feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 8, 45~55
- Brett, J. R. 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W. S., Randal, D. J., Brett, J. R. (Eds.), Fish Physiology, vol. VIII. Academic Press, NY, 599~675
- Dalla Via, G. J. 1986. Salinity responses of juvenile P. Shrimp *P. japonicus*. Aquaculture, 55,297~306
- Dalla Via, G. J. 1986. Salinity responses of juvenile penaeid shrimp *Penaeus japonicus*. II. Free amino acids. Aquaculture, 55,307~316
- Eroldogan, O. T. 2003. Acclimation of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) to freshwater and determination of its optimal feeding rates in freshwater. Ph. D. thesis, University of Cukurova, Adana, Turkey
- Fontainhas-Fernandes, A., Russell-Pinto, F., Gome, E., ReisHenriques, M. A., and Coimbra, J. 2001. The effect of dietary sodium chloride on

- some osmoregulatory parameters of the teleost, *Oreochromis niloticus* after transfer from fresh water to seawater. *Fish Physiol. Biochem.* 23: 307~316
- Fontainhas-Fermandes, A., Monterio, M., Gome, E., ReisHenriques, M. A., Coimbra, J. 2000. Effect of dietary sodium chloride acclimation on growth and plasma thyroid hormones in tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in relation to sex. *Aquac. Res.* 31: 507~517
- Gatlin III, D. M., MacKenzie, D. S., CRAIG, S. R., and Neill, W. H. 1992. Effectsof dietary sodium chloride on red drum juveniles in waters of various salinities. *Pro. Fish-Cult.* 54:220~227
- Jurss, K., Bittorf, T. H., and Vokler, T. H. 1985. Influence of salinity and ratio of lipid to protein in diets on certain enzyme activities in rainbow trout(*Salmo gairdneri* Richardson). *Comp. Biochem. Physiol.* 81B, 73~79
- MacLeod, M. G. 1977. Effects of salinity on food intake, absorption and conversion in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Mar. Biol.* 43:93~102
- McCoid, V., Miget, R., and Finne, G. 1984. Effect of environmental salinity of the free amino acid composition and concentration in penaeid shrimp. *J. Food Sci.* 49:327~330
- MacLeod, M. G. 1978. Relationships between dietary sodium chloride, food conversion in the rainbow trout. *J. Fish. Biol.* 13:73~78
- Murray, M. W., and Andrews, J. W. 1979. Channel catfish; the absence of an effect of dietary salt on growth. *Prog. Fish-Cult.* 41:155~156
- Nandeesh, M. C., Gangadhar, B., Keshavanath, P., and Varghese, T. J. 2000. Effect of dietary sodium chloride supplementation on growth, biochemical composition and digestive enzyme activity of young *Cyprinus carpio* (Linn) and *Cirrhinus mriala* (Ham). *J. Aquac. Trop.* 15:135~144
- Panikkar, N. K. 1968. Osmotic behavior of shrimps and prawns in relation to their biology and culture. *FAO Fish. Rep.* 57: 527~538
- Pelletier, D., and Besner, M. 1992. The effects of salty diets and gradual transfer to sea water on osmotic adaptation, gill $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPase activation, and survival of brood charr *Salvelinus fontinalis* Mitchell. *J. Fish Biol.* 41:791~803
- Potts, W. T. W., Foster, M. A., and Stather, J. W. 1970. Salt and water balance in salmon smolts. *J. Exp. Biol.* 52:533~564
- Salman, N. A., and Eddy, F. B. 1990. Increased sea-water adaptability of non-smolting rainbow trout by salt feeding. *Aquaculture*, 86:259~270
- Shaw, H. M., Saunders, R. L., Hall, H. C., and Henderson, E. B. 1975. Effect of dietary sodium chloride on growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Fish. Res. Board Can.* 32:1 813~1 819
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. Water and osmotic regulation. In: Schmidt-Nielsen, K. (Ed.), *Animal Physiology Adaptation and Environment*, fifth edition, Cambridge University Press, 301~354
- Shehadeh, Z. H., and Gordon, M. S. 1969. The role of the intestine in salinity adaptation of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.* 30:397~418
- Shewbart, K. L., Mies, W. L., and Ludwig, P. D. 1972. Identification and quantitative analysis of the amino acids present in protein of the brown shrimp *Penaeus aztecus*. *Mar. Biol.* 16:64~67
- Smith, N. F., Talbot, C., and Eddy, F. B. 1989. Dietary salt intake and its relevance to ionic regulation in freshwater salmonids. *J. Fish Biol.* 35: 749~418
- Zaugg, W. S., Roley, D. D., Prentice, E. F., Gores, K. X., and Waknitz, F. W. 1983. Increased seawater survival and contribution to the fishery of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) by supplemented dietary salt. *Aquaculture*, 32:183~188
- Zaugg, W. S., and McLain, L. R. 1969. Inorganic salt effects on growth, salt water adaption and gill ATPase of Pacific salmon. In: Halver, J. E., Neuhaus, O. W. (Eds), *Fish in Research*. Academic Press, New York, NY, 293~306