

盐度对哈氏仿对虾肌肉一般营养成分和氨基酸组成及含量的影响

施永海 张根玉 刘永士 严银龙 谢永德 陆根海 徐嘉波 刘建忠

上海市水产研究所 上海市水产技术推广站 上海 200433

摘要: 通过调查不同盐度(12~36)环境下养殖的哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)肌肉一般营养成分和氨基酸组成及含量,研究了盐度对该虾肌肉营养品质的影响。结果显示,肌肉的水分随环境盐度升高出现显著的直线下降,而粗蛋白含量随环境盐度升高而直线升高;各盐度组的粗脂肪含量虽然没有明显差异,但其含量随盐度升高有一定的线性下降趋势;36盐度组的粗灰分含量比12、16、20和28盐度组的明显高,32盐度组的灰分含量比20和24盐度组的也明显高;所检测的肌肉干样16种氨基酸中,只有3种氨基酸的含量随盐度升高而升高,而其他13种氨基酸的含量随盐度升高明显降低,其中有10种氨基酸的含量在盐度12~24条件下的比盐度28~36条件下的明显高,而这些氨基酸含量在盐度12~24之间没有明显差异。各盐度组间氨基酸总量和鲜味氨基酸含量均没有明显差异;必需氨基酸和半必需氨基酸含量在盐度12~24条件下的均比盐度28~36条件下的明显高,而在12~24盐度组之间以及28~36盐度组之间均没有明显差异。必需氨基酸/氨基酸总量的比值和必需氨基酸/非必需氨基酸比值随盐度升高均明显线性降低;盐度12~24组的必需氨基酸指数(66.13~67.42)高于盐度28~36组的(62.56~64.46)。综上所述,盐度12~24环境下养殖的哈氏仿对虾肌肉营养价值相对较高,表现为低盐趋向,考虑到肌肉的水分含量和生长性能,哈氏仿对虾在养殖期间选择16~24盐度范围比较合适,同时也说明哈氏仿对虾适合大多数沿海地区环境的盐度条件。

关键词: 哈氏仿对虾;盐度;肌肉;营养成分;氨基酸

中图分类号: Q493 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2013)03-399-08

Effects of Salinity on Nutrient Composition, Amino Acid Composition and Content in the Muscle of *Parapenaeopsis hardwickii*

SHI Yong-Hai ZHANG Gen-Yu LIU Yong-Shi YAN Yin-Long XIE Yong-De
LU Gen-Hai XU Jia-Bo LIU Jian-Zhong

Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, China

Abstract: The effect of salinity on muscle quality of the Sword Prawn (*Parapenaeopsis hardwickii*) was studied through testing the muscle nutrient composition, amino acid composition and content by culturing in different salinities. The results showed that the muscle moisture content significantly decreased, while the muscle protein content significantly increased with an increase in environment salinity from 12 to 36. No significant difference in muscle crude fat content was observed with salinity increase, although there was a slight decrease; The crude

基金项目 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字(2010)第1-4号);

第一作者简介 施永海,男,高级工程师;研究方向:水产养殖、水环境监测及繁殖生物学;E-mail: yonghai@163.com。

收稿日期:2012-09-27,修回日期:2013-01-06

ash content at salinity 36 was significantly higher than that at salinity 12, 16, 20, 24 or 28. Among the 16 amino acids detected in the muscle, the content of 3 kinds significantly increased, while the content of other 13 kinds significantly decreased with an increase in salinity from 12 to 36; the content of 10 amino acids at salinity 12–24 was significantly higher than that at salinity 28–36, while no significant difference was detected from salinity 12 to 24. No significant difference was found in total amino acid content or delicious amino acid content from salinity 12 to 36. Both total essential amino acid content and total half-essential amino acid content at salinity 12–24 were significantly higher than those at salinity 28–36, while there was no significant difference from salinity 12 to 24 or from 28 to 36. Both the ratio of total essential amino acid to total amino acid and the ratio of total essential amino acid to total non-essential amino acid were significantly decreased with an increase in environment salinity from 12 to 36. The essential amino acid indexes (EAAI) at salinity 12–24 (66.13–67.42) were higher than those at salinity 28–36 (62.56–64.46). The results suggest that the optimal salinity range for muscle nutritive value is salinity 12–24, and that the Sword Prawn shows a low salinity trend. Considering the muscle moisture content and shrimp growth performance, the suitable salinity range for culture is salinity 16–24, and thus the Sword Prawn can potentially be cultured in the brackish water (16–24 salinity) existing in majority of the coastal areas.

Key words: Sword Prawn *Parapenaeopsis hardwickii*; Salinity; Muscle; Nutrient composition; Amino acid

盐度是海水和半咸水水生生物重要的外部影响因子之一,特别是在河口及近海的生态系统中,盐度随潮汐、径流、季节和雨水等因素的影响而波动变化(Zhang et al. 2010),盐度对水生生物的影响更为明显。目前已证实盐度对水生生物的诸多方面有明显影响:胚胎发育、发育、生长、成活(Zhang et al. 2010)、渗透压、血清离子浓度(Ferraris et al. 1987, Péqueux 1995)、免疫酶和消化酶活力(吕富等 2010)、ATP酶、呼吸和排泄作用、消化吸收、能量收支(周双林等 2001)、RNA、肌肉游离氨基酸含量(陈琴等 2001,黄凯等 2010)和营养成分(李小勤等 2008,林建斌等 2009),等。有关盐度对甲壳类肌肉营养成分的研究主要集中于南美白对虾(*Penaeus vannamei*)(陈琴等 2001,潘英等 2001,黄凯等 2004,文国棵等 2011)和三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)(吕富等 2010)。

哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)俗称条虾、滑皮虾、呛虾,属十足目对虾族仿对虾属。该虾生长快、繁殖期长、适应性强、种群数量大、经济价值高(金忠文等 2002,宋海棠等 2009)、肉质鲜嫩。哈氏仿对虾是一种继中国对虾(*Penaeus chinensis*)、斑节对虾(*P.*

monodon)、南美白对虾后的潜在海水养殖、增殖虾类品种。目前,国内外有关哈氏仿对虾的研究还较少,主要集中于渔业资源(李明云等 2000,宋海棠等 2009)和生物学(Tzeng 2004)调查、人工繁殖(金忠文等 2002,张曹进等 2011)以及与繁殖有关的基础研究(郑忠明等 2002)。虽然国内的宁波水产研究所(金忠文等 2002)、江苏省水产研究所(张曹进等 2011)和上海市水产研究所都攻克了该虾人工繁殖的关键技术,获得了一定数量的虾苗,但到现在为止,人工养殖还没有成功的报道,养殖技术及其基础参数还没有得到破解,严重制约了该虾的产业发展。本文通过调查各盐度条件下养殖的哈氏仿对虾肌肉一般营养成分和氨基酸含量的变化情况,从肌肉营养成分和品质角度探讨该虾养殖的适宜盐度范围,以期为哈氏仿对虾人工养殖提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料 实验用哈氏仿对虾为 2011 年 8 月在浙江省台州市三门县健跳镇近海(28°50′~51′N, 121°46′~47′E;海水盐度 23~26,水温 27~29℃)用海地笼捕捞的活哈氏仿对虾半成虾。经过活水车运输到上海市水产研究所苗

种技术中心基地,在水泥池进行驯化养殖,驯化养殖期间,水温 27 ~ 28℃,盐度 24 ~ 26,每天投喂 2 次,投饵量为虾重的 5% ~ 8%,饵料以新鲜的脊尾白虾 (*Exopalaemon carinicauda*) 虾段为主,每 5 ~ 7 d 换水 2/3,每 2 ~ 3 周清底、倒池 1 次,驯化养殖 2 周后作为盐度实验用虾。实验所用个体体长 (61.42 ± 1.93) mm,体重 (3.44 ± 0.32)g (样本量 $n = 50$)。

实验养殖用水为当地自然海水(盐度为 8 ~ 10)和浓缩海水配制而成,自然海水使用前经过纳水河、池塘、蓄水池沉淀、消毒、曝气、筛绢网过滤(60 目)。淡化用水为当地河水(盐度 2.8),处理方法同上。采用美制 YSI 盐度计(型号:30-10 FT;精度:0.1)测定水体盐度。

实验用容器为玻璃缸材质的养殖池(内径:长 6.72 m、宽 2.35 m、高 0.95 m),水位 500 mm,底层铺 5 ~ 10 cm 粗沙,池上覆以 90% 遮荫膜调光调温,每个养殖池用大网目的网片隔成面积相同的 3 个单元,每单元养殖用水约 2.63 m³。

1.2 实验设计与日常管理 养殖实验设置盐度梯度为 8、12、16、20、24、28、32、36,每个梯度 3 个平行,即为 1 个养殖池中 3 个单元,每个单元放虾 25 尾,在盐度 25 水中稳定 1 d 之后按盐度 5/d 的速度进行盐度的升降,至低盐度、高盐度,实验虾出现不适反应时,降低驯化速度,盐度升降到目标值的过程为 7 d,然后再在各实验设计盐度下养殖 30 d。

实验期间,每天投饵 2 次,时间为 9:00 时和 15:00 时,饵料同驯养期间,每次投饵前清除残饵。实验期间连续充气,换水 1 次,换水 1/2,自然水温 (24.8 ± 2.0)℃ ($n = 74$),自然光周期 12.8 L: 11.2 D, pH 8.15 ~ 8.45,溶解氧 (dissolved oxygen, DO) 6.45 ~ 7.58 mg/L,总氨氮 (total ammonia nitrogen, TAN) 0.04 ~ 0.45 mg/L,亚硝酸氮 (nitrite nitrogen, NO₂-N) 0.03 ~ 0.40 mg/L。

1.3 取样与测量方法 养殖实验结束后,各盐度组的每个单元各取 5 尾养殖虾的肌肉作为 1 个样本(鲜重约为 25 ~ 30 g),盐度为 8 的实验组至实验结束时仅剩 1 尾,故未能采

样。肌肉采样的具步骤:用蒸馏水将样本虾洗净,擦干体表水分,去头剥壳后取肌肉部分,操作在冰浴下进行,样品制备后置于 -20℃ 冰箱保存待测。测量时,将虾肌肉剪碎、捣烂、混匀,然后 60℃ 烘干至恒重,再将样品分为 2 份,一份做一般营养成分测定,另一份做氨基酸组成的测定。

按照 GB/T 5009.3-2003 105℃ 烘干法测定水分;按照 GB/T 5009.4-2003 550℃ 灼烧法测定粗灰分的含量;按照 GB/T 6432-1994 凯氏定氮法测定粗蛋白含量;按照氯仿甲醇法测定粗脂肪的含量;按 GB/T 5009.124-2003 盐酸水解法前处理,使用 Biochrom 30 型氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量。考虑到样品量问题,所有测定数据均 1 次完成,为确保测定数据的可靠性,每次正式测定前均经过预备样品的预测定,预备样品测定重复 3 ~ 5 次,待测定出来的数据较稳定后,再进行正式测定实验。

1.4 数据处理和统计 所有数据用 Mean ± SD 表示,用 Excel 和 SPSS 13.0 处理数据,用 One-way ANOVA 对各盐度组数据差异进行方差分析,用 Duncan 法作多重比较,以 $P < 0.05$ 为差异显著。

根据全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸模式(%,干样)进行必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)计算(邴旭文等 2006):

$$EAAI = [(100A/AE) \times (100B/BE) \times (100C/CE) \times \dots \times (100H/HE)]^{1/n}$$

式中, n 为比较的必需氨基酸个数, A 、 B 、 C 、 \dots 、 H 为样品肌肉蛋白质的必需氨基酸含量(%,干样), AE 、 BE 、 CE 、 \dots 、 HE 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(%,干样)。

2 结果与分析

2.1 盐度对肌肉一般营养成分的影响 在盐度 12 ~ 36 范围内,哈氏仿对虾肌肉中水分含量随环境盐度升高而直线下降 ($r^2 = 0.9705$, $P < 0.01$) (表 1, 2), 20 盐度组的水分含量明显低于 12 和 16 盐度组 ($P < 0.05$), 明显高于其他高盐组 (24 ~ 36) ($P < 0.05$); 盐度 36 的水分

表 1 盐度对哈氏仿对虾肌肉一般营养成分的影响 ($n=3$, 鲜重, %)Table 1 Nutrient composition in muscle of the *Parapenaeopsis hardwickii* ($n=3$, flesh weight basis, %)

盐度 Salinity	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash
12	79.43 ± 0.01 ^a	17.82 ± 0.13 ^a	1.13 ± 0.03 ^a	1.36 ± 0.01 ^{ab}
16	79.23 ± 0.58 ^a	17.84 ± 0.85 ^a	1.09 ± 0.14 ^a	1.35 ± 0.06 ^{ab}
20	78.47 ± 0.21 ^b	18.69 ± 0.20 ^b	1.09 ± 0.05 ^a	1.30 ± 0.03 ^a
24	77.86 ± 0.43 ^c	19.27 ± 0.34 ^{bc}	1.12 ± 0.07 ^a	1.33 ± 0.09 ^a
28	77.55 ± 0.42 ^c	19.59 ± 0.42 ^{cd}	1.05 ± 0.07 ^a	1.44 ± 0.06 ^{ab}
32	77.34 ± 0.09 ^c	19.66 ± 0.13 ^{cd}	1.06 ± 0.09 ^a	1.36 ± 0.05 ^{bc}
36	76.35 ± 0.14 ^d	20.27 ± 0.24 ^d	0.99 ± 0.08 ^a	1.52 ± 0.03 ^c

同列中具不同小写字母的值表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Mean values within a column followed by differentsuperscript letters were significantly different ($P < 0.05$).

表 2 盐度 (x) 与哈氏仿对虾肌肉中水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量 (y) 的关系 ($n=7$)Table 2 Relationship between salinity and moisture, crude protein, or crude fat in muscle of the *Parapenaeopsis hardwickii*

成分 Composition	方程式 Equation	r^2	P
水分 Moisture	$y = -0.1245x + 81.0200$	0.9705	<0.01
粗蛋白 Crude protein	$y = 0.1062x + 16.4721$	0.9525	<0.01
粗脂肪 Crude fat	$y = -0.0046x + 1.1871$	0.7116	<0.05

含量均明显低于其他低盐组 (12 ~ 32) ($P < 0.05$); 而 12 和 16 盐度组之间、24、28 和 32 盐度组之间的水分含量均没有明显差异 ($P > 0.05$) (表 1)。粗蛋白含量随环境盐度升高而直线升高 ($r^2 = 0.9525$, $P < 0.01$) (表 1, 2), 盐度 12 和 16 组的粗蛋白含量比其他高盐组 (20 ~ 36) 明显低 ($P < 0.05$), 盐度 20 组的粗蛋白含量比盐度 28 ~ 36 组的明显低 ($P < 0.05$), 盐度 24 的粗蛋白含量比盐度 36 的明显低 ($P < 0.05$), 而盐度 12 和 16 组之间、盐度 20 和 24 组之间、盐度 24 ~ 32 组之间以及盐度 28 ~ 36 组之间的粗蛋白含量均没有差异 ($P > 0.05$) (表 1); 各盐度组的粗脂肪含量虽然没有明显差异 ($P > 0.05$) (表 1), 但其含量随盐度升高有一定的线性下降趋势 ($r^2 = 0.7116$; $P < 0.05$) (表 1, 2); 盐度对肌肉粗灰分的含量有明显的影响: 36 盐度组的粗灰分含量比 12、16、20 和 28 盐度组的明显高 ($P < 0.05$), 32 盐度组的灰分含量比 20 和 24 盐度组的也明显高 ($P < 0.05$) (表 1)。

2.2 盐度对肌肉中各氨基酸含量的影响 盐度对哈氏仿对虾肌肉 (干样) 各氨基酸含量有

明显的影响, 检测的 16 种氨基酸中, 只有 3 种氨基酸的含量 (甘氨酸、蛋氨酸和脯氨酸) 随盐度升高而升高 ($P < 0.05$) (表 3), 而其他 13 种氨基酸含量随盐度升高而明显降低 ($P < 0.05$)。盐度对后 13 种氨基酸含量的影响情况有些相似: 其中有 6 种氨基酸 (天冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸和精氨酸) 的含量在盐度 12 ~ 24 条件下的比盐度 28 ~ 36 条件下的明显高 ($P < 0.05$), 而这些氨基酸含量在盐度 12 ~ 24 之间以及盐度 28 ~ 36 之间没有明显差异 ($P > 0.05$) (表 3); 还有其中 4 种氨基酸 (缬氨酸、异亮氨酸、酪氨酸和赖氨酸) 的含量在盐度 12 ~ 24 条件下的比盐度 28 ~ 36 条件下的明显高 ($P < 0.05$), 同时这 4 种氨基酸含量在盐度 28 条件下的比盐度 36 的明显高 ($P < 0.05$), 而这 4 种氨基酸含量在盐度 12 ~ 24 之间没有明显差异 ($P > 0.05$) (表 3)。总体上来看, 盐度 24 和 28 之间对哈氏仿对虾肌肉 (干样) 各氨基酸含量是一个界线, 大多数种类氨基酸 (10 种) 的含量在盐度 12 ~ 24 范围内差异不明显, 而且均明显比其他高盐度组的高。

表 3 盐度对哈氏仿对虾肌肉氨基酸组成及含量的影响 ($n=3$, 干重, %)Table 3 Amino acid composition and content in muscle of the *Parapenaeopsis hardwickii* ($n=3$, dry weight basis, %)

氨基酸 Amino acid	盐度 Salinity						
	12	16	20	24	28	32	36
天冬氨酸 Aspartic acid [△]	9.17 ± 0.11 ^a	9.07 ± 0.12 ^a	9.00 ± 0.05 ^a	8.91 ± 0.07 ^a	8.51 ± 0.14 ^b	8.42 ± 0.26 ^b	8.35 ± 0.13 ^b
苏氨酸 Threonine [*]	3.44 ± 0.03 ^a	3.44 ± 0.05 ^a	3.34 ± 0.02 ^b	3.37 ± 0.04 ^{ab}	3.21 ± 0.04 ^b	3.18 ± 0.08 ^b	3.15 ± 0.05 ^b
丝氨酸 Serine	3.33 ± 0.07 ^a	3.24 ± 0.06 ^{ab}	3.14 ± 0.01 ^c	3.22 ± 0.01 ^{bc}	3.01 ± 0.05 ^d	3.00 ± 0.06 ^d	2.98 ± 0.05 ^d
谷氨酸 Glutamic acid [△]	14.38 ± 0.16 ^a	14.51 ± 0.09 ^a	14.32 ± 0.03 ^a	14.33 ± 0.19 ^a	13.83 ± 0.20 ^b	13.77 ± 0.52 ^b	13.59 ± 0.23 ^b
甘氨酸 Glycin [△]	5.76 ± 0.14 ^a	6.47 ± 0.09 ^b	6.75 ± 0.21 ^{bc}	6.86 ± 0.21 ^{bc}	7.16 ± 0.34 ^{cd}	7.42 ± 0.36 ^d	7.61 ± 0.30 ^d
丙氨酸 Alanine [△]	5.20 ± 0.06 ^{ab}	5.28 ± 0.06 ^a	5.21 ± 0.02 ^{ab}	5.24 ± 0.04 ^{ab}	5.02 ± 0.05 ^c	5.11 ± 0.18 ^{bc}	5.09 ± 0.03 ^{bc}
缬氨酸 Valine [*]	3.82 ± 0.05 ^a	3.85 ± 0.02 ^a	3.84 ± 0.03 ^a	3.80 ± 0.07 ^a	3.66 ± 0.07 ^b	3.58 ± 0.14 ^{bc}	3.52 ± 0.03 ^c
蛋氨酸 Methionine [*]	1.82 ± 0.07 ^a	1.79 ± 0.13 ^a	1.91 ± 0.21 ^{ab}	1.78 ± 0.24 ^a	1.87 ± 0.10 ^{ab}	2.16 ± 0.27 ^b	1.90 ± 0.06 ^{ab}
异亮氨酸 Isoleucine [*]	3.79 ± 0.04 ^a	3.77 ± 0.03 ^a	3.81 ± 0.02 ^a	3.72 ± 0.04 ^a	3.57 ± 0.06 ^b	3.50 ± 0.12 ^{bc}	3.44 ± 0.04 ^c
亮氨酸 Leucine [*]	7.03 ± 0.09 ^a	6.96 ± 0.08 ^a	6.93 ± 0.02 ^a	6.87 ± 0.04 ^a	6.55 ± 0.15 ^b	6.48 ± 0.19 ^b	6.40 ± 0.08 ^b
酪氨酸 Tyrosine	3.11 ± 0.06 ^a	3.07 ± 0.00 ^a	3.05 ± 0.04 ^a	3.04 ± 0.05 ^a	2.88 ± 0.05 ^b	2.83 ± 0.07 ^{bc}	2.78 ± 0.02 ^c
苯丙氨酸 Phenylalanine [*]	3.87 ± 0.08 ^a	3.79 ± 0.07 ^a	3.80 ± 0.06 ^a	3.79 ± 0.03 ^a	3.56 ± 0.11 ^b	3.56 ± 0.10 ^b	3.54 ± 0.05 ^b
组氨酸 Histidine ^{**}	2.17 ± 0.04 ^a	2.14 ± 0.04 ^a	2.14 ± 0.01 ^a	2.12 ± 0.03 ^a	2.02 ± 0.05 ^b	1.98 ± 0.07 ^b	1.95 ± 0.03 ^b
赖氨酸 Lysine [*]	7.79 ± 0.09 ^a	7.70 ± 0.11 ^a	7.69 ± 0.05 ^a	7.59 ± 0.05 ^a	7.21 ± 0.12 ^b	7.09 ± 0.21 ^{bc}	6.99 ± 0.09 ^c
精氨酸 Arginine ^{**}	9.19 ± 0.06 ^a	9.13 ± 0.20 ^a	9.14 ± 0.16 ^a	9.12 ± 0.15 ^a	8.78 ± 0.14 ^b	8.67 ± 0.33 ^b	8.67 ± 0.16 ^b
脯氨酸 Proline	3.30 ± 0.11 ^a	3.87 ± 0.27 ^b	4.29 ± 0.14 ^b	5.01 ± 0.21 ^c	5.45 ± 0.18 ^d	6.10 ± 0.20 ^c	7.04 ± 0.47 ^f
氨基酸总量 TAA	87.16 ± 1.01 ^a	88.10 ± 0.46 ^a	88.35 ± 0.84 ^a	88.75 ± 1.13 ^a	86.27 ± 1.68 ^a	86.85 ± 3.04 ^a	86.99 ± 1.23 ^a
必需氨基酸 EAA	31.55 ± 0.44 ^a	31.31 ± 0.28 ^a	31.31 ± 0.36 ^a	30.92 ± 0.40 ^a	29.62 ± 0.61 ^b	29.55 ± 1.08 ^b	28.94 ± 0.37 ^b
半必需氨基酸 HEAA	11.36 ± 0.04 ^a	11.28 ± 0.24 ^a	11.28 ± 0.17 ^a	11.23 ± 0.18 ^a	10.79 ± 0.19 ^b	10.65 ± 0.40 ^b	10.62 ± 0.17 ^b
非必需氨基酸 NEAA	44.24 ± 0.55 ^a	45.51 ± 0.19 ^{ab}	45.76 ± 0.33 ^b	46.60 ± 0.60 ^{bc}	45.85 ± 0.88 ^b	46.65 ± 1.57 ^{bc}	47.44 ± 0.83 ^c
鲜味氨基酸 DAA	34.50 ± 0.43 ^a	35.33 ± 0.12 ^a	35.28 ± 0.25 ^a	35.34 ± 0.35 ^a	34.52 ± 0.72 ^a	34.71 ± 1.27 ^a	34.64 ± 0.64 ^a
EAA/TAA	36.21 ± 0.11 ^a	35.54 ± 0.16 ^b	35.44 ± 0.12 ^b	34.84 ± 0.18 ^c	34.34 ± 0.04 ^d	34.02 ± 0.06 ^c	33.26 ± 0.18 ^f
EAA/NEAA	71.33 ± 0.21 ^a	68.79 ± 0.79 ^b	68.43 ± 0.38 ^b	66.35 ± 0.47 ^c	64.59 ± 0.11 ^d	63.34 ± 0.24 ^c	61.01 ± 0.72 ^f
必需氨基酸指数 EAAI	67.42	66.94	67.26	66.13	63.92	64.46	62.56

TAA 为氨基酸总量; EAA 为必需氨基酸总和; HEAA 为半必需氨基酸总和; NEAA 为非必需氨基酸总和; DAA 为鲜味氨基酸总和; EAAI 为必需氨基酸指数; Δ 为鲜味氨基酸, * 为必需氨基酸, ** 半必需氨基酸; 同行中具不同小写字母的值表示差异显著 ($P < 0.05$)。

TAA indicates total amino acids; EAA indicates total essential amino acids; HEAA indicates total half-essential amino acids; NEAA indicates total non-essential amino acids; DAA indicates total delicious amino acids; EAAI indicates essential amino acid index; Δ indicates delicious amino acid; * indicates essential amino acid; ** indicates half-essential amino acid; Mean values within a line followed by different superscript letters were significantly different ($P < 0.05$).

2.3 盐度对肌肉中氨基酸总量、必需氨基酸、半必需氨基酸、鲜味氨基酸含量的影响 盐度 12~36 范围内,各盐度处理组间哈氏仿对虾肌肉氨基酸总量 (total amino acids, TAA) (86.27% ~ 88.75%) 和鲜味氨基酸 (delicious amino acid, DAA) 含量 (34.50% ~ 35.34%) 均没有明显差异 ($P > 0.05$) (表 3); 盐度对哈氏仿对虾肌肉中必需氨基酸 (total essential amino acids, EAA) 和半必需氨基酸 (total half-essential amino acids, HEAA) 含量有明显影响,而且情况

相似:必需氨基酸和半必需氨基酸含量在盐度 12~24 条件下的均比盐度 28~36 条件下的明显高 ($P < 0.05$), 而必需氨基酸和半必需氨基酸含量在 12~24 盐度组之间以及 28~36 盐度组之间均没有明显差异 ($P > 0.05$) (表 3)。

2.4 盐度对各种肌肉品质评价指标的影响

盐度对 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 的影响十分相似, EAA/TAA 和 EAA/NEAA 随盐度升高均明显降低, EAA/TAA 和 EAA/NEAA, 除了 16 和 20 盐度组之间没有明显差异外 ($P > 0.05$),

其他盐度组之间均有明显差异 ($P < 0.05$) (表 3), 盐度 (x) 与 EAA/TAA (y_1) 和 EAA/NEAA (y_2) 的关系式可以用直线方程来拟合, 方程式分别为 $y_1 = -0.4079x + 67.051$, $r^2 = 0.9853$, $P < 0.01$; $y_2 = -0.1158x + 37.585$, $r^2 = 0.9818$, $P < 0.01$ 。

在 12 ~ 36 盐度范围内, 必需氨基酸指数 (EAAI) 在盐度 12 组的较高, 盐度 36 的较低, 同时, 盐度 12 ~ 24 范围内 EAAI 值较接近 (66.13 ~ 67.42), 且明显高于盐度 28 ~ 36 组的 (62.56 ~ 64.46) (表 3)。

2.5 盐度对肌肉中牛磺酸含量的影响 在盐度 12、16、20、24、28、32 和 36 条件下, 哈氏仿对虾肌肉中牛磺酸含量分别为: $1.77\% \pm 0.05\%$ 、 $1.72\% \pm 0.07\%$ 、 $1.65\% \pm 0.09\%$ 、 $1.51\% \pm 0.05\%$ 、 $1.43\% \pm 0.08\%$ 、 $1.51 \pm 0.06\%$ 和 $1.67\% \pm 0.04\%$; 盐度 24、28 和 32 组的牛磺酸含量比其他盐度组 (12、16、20 和 36) 明显低 ($P < 0.05$), 而盐度 24、28 和 32 组之间以及盐度 12、16、20 和 36 组之间的牛磺酸含量均没有差异 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 盐度对哈氏仿对虾肌肉一般营养成分的影响 水生动物肌肉的一般营养成分会随其生活环境的盐度变化而受明显影响 (吕富等 2010), 有关盐度对南美白对虾肌肉一般营养成分影响的研究证实: 随环境盐度的升高, 虾机体出现失水表现, 其肌肉水分和粗脂肪含量往往下降, 而粗蛋白含量上升 (陈琴等 2001, 潘英等 2001, 黄凯等 2004, 文国棵等 2011)。本研究中, 哈氏仿对虾也出现与南美白对虾相似的情况, 肌肉水分含量直线下降, 粗蛋白含量直线上升, 而且两直线方程拟合程度都十分好; 各盐度组的粗脂肪含量虽然没有明显差异, 但其含量随盐度升高有一定的线性下降趋势。导致肌肉水分含量随外界盐度升高而下降的可能原因是虾机体在高盐的环境下需要失去一部分机体的水分来维持体内的渗透压平衡, 相反在低盐的环境下, 机体就要多吸收水分维持 (黄凯等

2004)。但需要说明的是, 盐度对水生动物肌肉水分、粗蛋白和粗脂肪含量的影响是因种而异的: 有些种类随环境盐度升高, 其肌肉水分含量降低, 粗蛋白含量升高, 粗脂肪含量降低, 如前面提到的南美白对虾 (陈琴等 2001, 潘英等 2001, 黄凯等 2004, 文国棵等 2011); 有些种类随环境盐度升高, 其肌肉水分升高, 而粗蛋白和粗脂肪含量降低, 如草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) (李小勤等 2007) 和乌鳢 (*Channa argus*) (李小勤等 2008); 也有些种类肌肉水分、粗蛋白受外部环境盐度的影响不明显, 而粗脂肪含量随环境盐度升高而升高, 如三疣梭子蟹 (吕富等 2010); 也有个别种类肌肉水分、粗蛋白和粗脂肪含量受外部环境盐度的影响均不明显, 如点带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) (林建斌等 2009)。因此, 虽然目前已研究的 2 种虾类 (哈氏仿对虾和南美白对虾) 随外界盐度升高, 肌肉水分和粗脂肪含量降低, 粗蛋白含量上升, 但这并不代表其他虾类也一定会出现类似的情况。

3.2 盐度对哈氏仿对虾肌肉氨基酸组成及含量的影响 肌肉的营养价值主要取决于其氨基酸组成及含量, 对于人类来说, 肌肉中含有人体所需要的氨基酸种类越多且含量越高, 其营养价值就相对较高 (高露姣等 2011)。本实验中, 盐度 12 ~ 36 范围内, 虽然哈氏仿对虾肌肉中的氨基酸总量 (TAA) 和鲜味氨基酸 (DAA) 含量变化不明显, 但是大多数种类的氨基酸含量 (有 10 种) 以及必需氨基酸和半必需氨基酸含量在盐度 12 ~ 24 条件下的均比盐度 28 ~ 36 条件下的明显高, 而在 12 ~ 24 盐度组之间没有明显差异, 也可以说哈氏仿对虾肌肉中这些物质含量在水环境盐度变化后的响应存在 1 个突变区 (盐度 24 ~ 28 范围) 和 2 个相对平稳区 (盐度范围分别为 12 ~ 24 和 28 ~ 36), 盐度 24 和 28 之间是哈氏仿对虾肌肉 (干样) 氨基酸组成和含量的分水岭带。另外, 哈氏仿对虾 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 指标随盐度升高均明显降低, 也说明哈氏仿对虾肌肉营养价值随其生活环境盐度的升高而降低。必需氨基酸的组成及

含量是决定蛋白质营养价值的重要指标(邴旭文等 2006)。因此,盐度 12~24 环境下养殖的哈氏仿对虾肌肉营养价值相对于 28~36 盐度下的较高。这研究结果与南美白对虾有些不同,目前一般认为南美白对虾在海水或者半咸水环境下养殖的要比淡水养殖的味道鲜美,特别是鲜味氨基酸含量较高(陈琴等 2001,潘英等 2001,文国棵等 2011),而且随盐度升高有增加趋势(黄凯等 2004),而造成不同虾类肌肉氨基酸含量对环境盐度变化的响应不同的原因可能与其遗传物质有关。

必需氨基酸指数(EAAI)以全鸡蛋蛋白质必需氨基酸的含量为参照标准,是目前评价食物营养品质的常用指标之一(许星鸿等 2011)。本实验中,哈氏仿对虾必需氨基酸指数(EAAI)在盐度 12~24 范围内较接近(66.13~67.42),且明显高于盐度 28~36 范围内的(62.56~64.46)。从 EAAI 来看,也再次证实了前面论述的结果:在盐度 12~24 范围内养殖的哈氏仿对虾肌肉营养品质高于 28~36 盐度条件下养殖的。环境盐度能影响养殖水产品肌肉品质的说法已经在一些鱼虾种类上得到证实,如乌鳢(李小勤等 2008)和南美白对虾(潘英等 2001,黄凯等 2004),这可能与机体渗透压调节和生理机能的改变有关,但其具体原因有待进一步研究。另外,盐度会影响甲壳动物肌肉的游离氨基酸组成,而游离氨基酸组成和含量也是影响甲壳动物风味的主要因素之一(黄凯等 2004),本研究只是用酸水解测定哈氏仿对虾肌肉中的氨基酸,数据还比较单一、不够全面,在各盐度条件下该虾的血清渗透压和肌肉游离氨基酸组成及含量还需要进一步测定和研究。

3.3 哈氏仿对虾适宜养殖盐度范围的探讨

从营养品质来看,盐度 12~24 环境下养殖的哈氏仿对虾肌肉营养价值相对较高,盐度 12~24 环境比较适宜哈氏仿对虾的养殖。但是,本研究所讨论的样品是肌肉干样,因为在低盐度条件下,哈氏仿对虾肌肉的水分含量相对较高,如果从鲜样来计算分析的话,可能低盐条件下的各种品质指标会有所下降。另外更重要的是养

殖实验结束时发现盐度 12 条件下养殖的虾生长缓慢。综上所述,哈氏仿对虾倾向于低盐环境,养殖期间,选择 16~24 盐度范围比较合适,这盐度也符合沿海地区水域环境的盐度范围。

致谢 实验过程中得到上海海洋大学学生税春等同学的大力协助,在此一并致谢!

参 考 文 献

- Ferraris R P, Parado-Esteba E D, de Jesus E G, et al. 1987. Osmotic and chloride regulation in the hemolymph of the tiger prawn *Penaeus monodon* during molting in various salinities. *Marine Biology*, 95(3): 377-385.
- Péqueux A. 1995. Osmotic regulation in crustaceans. *Journal of Crustacean Biology*, 15(1): 1-60.
- Tzeng T D. 2004. Stock identification of sword prawn *Parapenaeopsis hardwickii* in the East China Sea and Taiwan Strait inferred by morphometric variation. *Fisheries Science*, 70(5): 758-764.
- Zhang G Y, Shi Y H, Zhu Y Z, et al. 2010. Effects of salinity on embryos and larvae of tawny puffer *Takifugu flavidus*. *Aquaculture*, 302(1/2): 71-75.
- 邴旭文,王进波. 2006. 池养南美蓝对虾与南美白对虾肌肉营养品质的比较. *水生生物学报*, 30(4): 453-458.
- 陈琴,陈晓汉,谢达祥,等. 2001. 不同盐度养殖的南美白对虾含肉率及其肌肉营养成分. *海洋科学*, 25(8): 16-18.
- 高露姣,黄艳青,夏连军,等. 2011. 不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较. *水产学报*, 35(11): 1668-1676.
- 黄凯,蒋焕超,吴宏玉,等. 2010. 盐度对凡纳滨对虾肌肉中游离氨基酸含量的影响. *海洋渔业*, 32(4): 422-426.
- 黄凯,王武,卢洁,等. 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(9): 20-25.
- 金忠文,汪忠强,尤尔茂. 2002. 哈氏仿对虾人工繁殖技术研究. *海洋科学*, 26(5): 18-20.
- 李祥云,倪海儿,竺俊全,等. 2000. 东海北部哈氏仿对虾的种群动态及其最高持续渔获量. *水产学报*, 24(4): 364-369.
- 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): 343-348.
- 李小勤,刘贤敏,冷向军,等. 2008. 盐度对乌鳢(*Channa argus*)生长和肌肉品质的影响. *海洋与湖沼*, 39(5): 505-510.
- 林建斌,李金秋,朱庆国,等. 2009. 盐度对点带石斑鱼生长、肌肉成分和消化率的影响. *海洋科学*, 33(3): 31-35.
- 吕富,黄金田,於叶兵,等. 2010. 盐度对三疣梭子蟹生长、肌肉组成及蛋白酶活性的影响. *海洋湖沼通报*, (4): 137-142.

- 潘英,王如才,罗永巨,等. 2001. 海水和淡水养殖南美白对虾肌肉营养成分的分析比较. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 31(6): 828-834.
- 宋海棠,俞存根,薛利建. 2009. 东海哈氏仿对虾的数量分布和生长特性研究. 水生生物学报, 33(1): 1-21.
- 文国樑,李卓佳,林黑着,等. 2011. 规格与盐度对凡纳滨对虾肌肉营养成分的影响. 南方水产, 3(3): 31-34.
- 许星鸿,刘翔,阎斌伦,等. 2011. 日本对虾肌肉营养成分析与品质评价. 食品科学, 32(13): 297-301.
- 张曹进,姚国兴,吴国钧,等. 2011. 哈氏仿对虾人工育苗技术研究. 水产科技情报, 38(6): 281-283.
- 郑忠明,李多云. 2002. 哈氏仿对虾卵巢发育的形态学与组织学观察. 水产学报, 26(2): 105-110.
- 周双林,姜乃澄,卢建平,等. 2001. 甲壳动物渗透压调节的研究进展 I. 鳃的结构与功能及其影响因子. 东海海洋, 19(1): 44-50.

云南发现高原山鹑和白鹤

2010年10月至2012年11月作者在云南省香格里拉县和会泽县等地进行鸟类调查时,先后观察记录到高原山鹑(*Perdix hodgsoniae*)和白鹤(*Grus leucogeranus*),经查阅相关文献(杨岚等1995,2005,杨晓君2009,郑光美2011),确认这两种鸟为云南省鸟类新纪录,现报道如下。

1 高原山鹑

2011年10月17日上午在香格里拉县格咱至普朗铜矿公路40 km处观察到高原山鹑5只。观察点坐标为N28°02'28.14",E99°57'21.12",海拔3560 m,生境为高山暗针叶林、灌丛和草甸镶嵌分布。当天上午在该区域进行鸟类路线调查时,再次在林缘草甸观察到6只高原山鹑。

文献记载(郑作新1976,郑光美2011)高原山鹑在中国有3个亚种,*P. h. sifanica*的外形特征是上体较暗,较多黑斑,下体横斑较宽,一般超过5 mm,分布于甘肃南部、西藏东部、青海和四川西部;*P. h. hodgsoniae*腹部横斑扩大,几乎相并成块斑状,分布于西藏东南部;而*P. h. caraganae*的特征是上体较苍淡,较少黑斑,下体黑色横斑较窄,一般不超过5 mm,分布于新疆西南部和西藏西南部。因无标本进行比对,香格里拉的高原山鹑属于哪个亚种尚不能确定。

2 白鹤

2012年11月14日上午8时,在会泽县大桥国家级黑颈鹤自然保护区杨梅山村小团山,拍摄到一只大型白色水鸟,经核对确认为白鹤,拍摄地点坐标为N26°41'22",E103°18'01",海拔2816 m。

白鹤为鹤形目鹤科的大型涉禽,主要在西伯利亚地区繁殖,在江西鄱阳湖越冬,全球种群数量约为3500~4000只,被中国野生动物保护法列入国家I级重点保护野生动物。在大桥自然保护区发现这只白鹤是云南省的第一次记录。该鸟刚抵达大桥时经常与10余只黑颈鹤(*G. nigricollis*)在一片山坡耕地里混群觅食。其后这只白鹤常与灰鹤或黑颈鹤混群在山坡耕地觅食活动,在大桥地区栖息至2013年4月初离去。

致谢 该工作为“生物多样性保护专项”的部分工作,依托西南林业大学动物学重点学科建设研究团队实施。

韩联宪^① 韩奔^① 王高祥^② 邓章文^① 程闯^① 岩道^①

^① 西南林业大学生命科学学院 昆明 650224;

^② 云南会泽县大桥乡人民政府 云南 会泽 654203