

饲料蛋白质和维生素 B₆ 对低盐度下凡纳滨对虾生长和转氨酶活力的影响

李二超¹ 曾 嶂² 禹 娜¹ 熊泽泉¹ 王悦如¹ 陈雪芬² 陈立侨^{1*}

(1. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200062; 2. 海南大学海洋学院水产系, 海口 570228)

摘 要: 本文旨在研究低盐度下饲料蛋白质和维生素 B₆ 水平对凡纳滨对虾生长、成活和肌肉中转氨酶活力的影响。根据凡纳滨对虾的营养需求, 以不含维生素的酪蛋白为蛋白质源, 配制成蛋白质水平为 25.5% 和 40.8% 的 2 种等能基础饲料, 在基础饲料中分别添加 0 和 200 mg/kg 的维生素 B₆ 配制成 4 种试验饲料。试验选用 480 尾平均体重为 (0.014 4 ± 0.004 7) g 的凡纳滨对虾, 随机分为 4 组, 每组 3 个重复, 每个重复 40 尾。试验期间盐度为 3‰, 试验期 30 d。结果表明, 饲料中添加 200 mg/kg 的维生素 B₆ 可以显著提高凡纳滨对虾的增重率、成活率、肥满度及谷草转氨酶和谷丙转氨酶活力 ($P < 0.05$); 虽然 25.5% 和 40.8% 的饲料蛋白质水平对凡纳滨对虾增重率、肥满度及谷草转氨酶和谷丙转氨酶活力均无显著影响 ($P > 0.05$), 但 40.8% 蛋白质组对虾的成活率显著高于 25.5% 蛋白质组 ($P < 0.05$)。双因素方差分析结果显示, 饲料中维生素 B₆ 和蛋白质对低盐度下凡纳滨对虾各项测定指标均无显著交互作用 ($P > 0.05$)。结果提示, 配制饲料时应同时满足凡纳滨对虾对蛋白质和维生素 B₆ 的营养需要量, 期望只满足或提高其中的一种而节约另外一种营养素以获得凡纳滨对虾的最佳生长和成活率的方式是不可行的。

关键词: 凡纳滨对虾; 维生素 B₆; 蛋白质; 交互作用; 生长; 转氨酶

中图分类号: S963.73⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2010)03-0634-06

随着养殖技术的发展和提高, 海水养殖、淡水养殖及半咸水养殖均得到了快速的发展。其中海水养殖动物的淡化养殖成为了水产养殖的发展方式之一。该养殖方式一方面缓解和降低了海水养殖对沿岸海洋环境的污染, 另一方面也促进了内陆水产养殖业的发展。近年来, 凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 的淡化养殖已经成为内陆养殖的一个亮点, 目前, 在美国、泰国、厄瓜多尔及我国等国家得到了迅速的发展^[1-2]。然而, 内陆低盐度凡纳滨对虾的养殖存在如下 3 个突出问题: 1) 生长速度慢^[3-4]; 2) 成活率低, 只有 70% 左右^[5]; 3) 抗逆性和免疫力较差^[5-8]。这些问题制约了低盐度养殖的进一步发展。有研究表明, 通过增添营养素以促进水生动物生长的办法是有效的^[9-10], 然而有学者试图通过添加卵磷脂和甜菜碱等营养素, 来提高低盐度养殖条件下凡纳滨对虾的生长速度和成活率, 则均未见有明显的成效^[11-12]。

对虾在适应盐度变化的生理反应过程中, 机体会消耗体内的有机物质以满足所需“额外能量”的支出, 且这些物质直接或间接来源于饲料^[13]。饲料蛋白质是对虾氨基酸的主要来源, 且很多氨基酸均被大量用于调节渗透压所需的能量支出^[14]。维生素 B₆ 作为转氨酶的辅酶参与机体蛋白质和氨基酸的代谢, 在转氨、脱羧和脱硫基以及催化氨基的分解与合成过程中发挥重要作用^[15]。Hilton^[16] 的研究证实饲料中缺乏维生素 B₆ 会引起鱼类厌食、生长不良等缺乏症, 并认为水生动物饲料中蛋白质和维生素 B₆ 对养殖动物的影响可能存在一定的交互作用。Baker 等^[17] 报道, 饲料中添加维生素 B₆ 可以提金头鲷 (*Sparus aurata*) 对饲料蛋白质的利用率。对于甲壳动物, 虽然有研究发现饲料中缺乏维生素 B₆ 会可阻碍日本囊对虾 (*Penaeus japonicus*) 氨基酸的正常代谢, 但并没有发现饲料维生素 B₆ 和蛋

收稿日期: 2009-11-23

基金项目: 上海市 2009 自然科学基金项目 (09ZR1409800); 高等学校博士点专项基金项目 (200802690012); 上海市曙光跟踪计划项目 (06GG06); 国家自然科学基金项目 (30771670); 浙江省科技重大项目 (2005C12006-01, 2006C12005)

作者简介: 李二超 (1979-), 男, 河北献县人, 博士, 助理研究员, 主要从事水产动物营养和水产养殖研究。E-mail: eclli@bio.ecnu.edu.cn

* 通讯作者: 陈立侨, 教授, 博士生导师, E-mail: lqchen@bio.ecnu.edu.cn

白质对日本囊对虾存在交互作用^[18]。迄今,关于饲料中维生素 B₆ 和蛋白质是否对甲壳动物存在交互作用的研究还非常有限,有必要进行相应的基础性研究。

本试验在前期确定凡纳滨对虾低盐度下饲料中维生素 B₆ 最适添加量的基础上,进一步探讨了低盐度下饲料中维生素 B₆ 和蛋白质水平对凡纳滨对虾生长、成活和肌肉中转氨酶活力的影响,此研究结果不但可以丰富对虾等甲壳动物营养生理的基础资料,同时也可作为凡纳滨对虾低盐度养殖饲料的配制提供必要的参考。

1 材料和方法

1.1 试验饲料

试验根据凡纳滨对虾的营养需求,以不含维生素的酪蛋白为蛋白质源,配制成 2 种试验用基础饲料,蛋白质水平分别为 25.5% 和 40.8%。在以上 2 种基础饲料中分别添加维生素 B₆ 0 和 200 mg/kg 配制成 4 种不同蛋白质和维生素 B₆ 含量的试验饲料。基础饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (DM basis, %)

项目 Items	蛋白质水平 Protein levels (%)	
	25.5	40.8
原料 Ingredients		
酪蛋白 Casein	30.0	48.0
淀粉 Starch	50.0	25.0
鱼油 Fish oil	4.0	4.0
豆油 Soybean oil	3.5	3.5
混合氨基酸 Amino acid mixture ¹⁾	3.0	3.0
葡萄糖胺 Glucosamine	0.8	0.8
柠檬酸钠 Sodium citrate	0.3	0.3
琥珀酸钠 Sodium succinate	0.3	0.3
胆固醇 Cholesterol	0.5	0.5
维生素预混料 Vitamin premix ²⁾	2.0	2.0
卵磷脂 Lecithin	1.0	1.0
黏合剂 Binder ³⁾	2.0	2.0
矿物质预混料 Mineral premix ⁴⁾	2.0	2.0
α-纤维素 α-cellulose	0.6	7.6
合计 Total	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels ⁵⁾		
粗蛋白质 CP	25.50	40.80
粗脂肪 EE	8.50	8.50
总能 GE (MJ/kg)	17.97	17.30

¹⁾ 每千克混合氨基酸含有 One kg of amino acid mixture contained (g): 甘氨酸 glycine 6; L-丙氨酸 L-alanine 6; L-谷氨酸 L-glutamic acid 6; 甜菜碱 betaine 12。

²⁾ 每千克维生素预混料含有 One kg of vitamin premix contained (g): VB₁ 0.5; 核黄素 riboflavin 3.0; 泛酸钙 Ca-pantothenate 5.0; 烟酸 nicotinic acid 5.0; 生物素 biotin 0.05; 叶酸 folic acid 0.18; VB₁₂ 0.002; 氯化胆碱 choline chloride 100.0; 肌醇 inositol 5.0; VK 12.0; VA 5.0 (20 000 IU/g); VD₃ 0.002 (400 000 IU/g); VE 8.0 (250 IU/g); α-纤维素 α-cellulose 856.266。

³⁾ 黏合剂为羧甲基纤维素钠 CMC as binder。

⁴⁾ 每千克矿物质预混料含有 One kg of mineral premix contained (g): NaH₂PO₄ 215; Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O 265; CaCO₃ 105; 乳酸钙 Ca-lactate 165; CoCl₂ 0.01; CuSO₄ · 5H₂O 0.625; FeSO₄ 10; MgSO₄ · 7H₂O 70.995; MnSO₄ · H₂O 1.625; KI 0.167; Na₂SeO₃ 0.025; ZnSO₄ · 7H₂O 32.98。

⁵⁾ 总能为计算值,其余为测定值。GE was calculated value, and others were measured values.

1.2 试验设计与饲养管理

试验用幼虾购自海南文昌市会文虾苗场。购苗后,先在实验室暂养1周,暂养条件为水温(28.5±0.5)℃、pH 7.5±0.2,盐度22‰。然后用经充分曝气的自来水调节盐度,对试验虾进行驯化,盐度调节范围为每天2‰。驯化期间投喂粗蛋白质为40.02%、粗脂肪为8.50%、水分为10.20%和灰分为12.00%的商用饲料。待调至目标盐度3‰且稳定后,开始正式试验。试验选用480尾平均体重为(0.014 4±0.004 7)g的凡纳滨对虾,随机分为4组,每组3个重复,每个重复40尾,以重复为单位放养于玻璃缸(60 cm×50 cm×50 cm)内。每组随机饲喂1种试验饲料,每天投喂2次,分别在08:00和20:00采用饱食投喂法,投食量根据对虾的摄食情况进行适当调整,试验期为30 d。

试验期间每天用温度计测定各个试验缸的水温,水体盐度每天用折射计进行测定,并进行调节,每周不定期用溶氧仪和便携式pH测定仪测定水体溶解氧和pH 2~3次,氨氮采用试剂盒快速测定。整个养殖期间,水温为27.0~29.7℃,溶解氧为6.53~7.24 mg/L,总氨氮含量<0.01 mg/L, pH 8.3±0.2。

1.3 取样和样品测定

试验结束后,统计每缸虾存活个体数,测定虾的体长和体重。取肌肉组织称重后,保存于-70℃冰箱备用。生长相关评价指标计算公式为:

增重率(weight gain rate, WGR, %) = 100 × (末重 - 初重) / 初重;

成活率(survival rate, SR, %) = 100 × 试验结

束后虾体个数 / 试验开始时虾体个数;

肥满度(condition factor, CF, %) = 100 × 体重 / 体长³。

谷草转氨酶(glutamic oxaloacetic transferase, GOT)和谷丙转氨酶(glutamic pyruvic transferase, GPT)的活力测定采用南京建成生物工程研究所试剂盒进行测定。2种酶活力均定义为生成产物1 min内使NADH氧化成NAD⁺而引起吸光度每下降0.001为1个活力单位,2种酶比活力单位均用U/mg prot表示。蛋白质含量采用福林酚法进行测定^[19],以小牛血清蛋白为标准蛋白质做标准曲线。

1.4 统计分析

数据以平均值±标准误表示,试验结果用SPSS 14.0软件包进行处理,在双因素方差分析的基础上采用Duncan氏多重比较法检验组间的差异,以P<0.05表示差异显著。

2 结果

2.1 生长性能

由表2可以看出,饲料中蛋白质水平对低盐度下凡纳滨对虾增重率和肥满度无显著性影响(P>0.05),但40.8%蛋白质组对虾的成活率显著高于25.5%蛋白质组(P<0.05)。与不添加维生素B₆相比,饲料中添加200 mg/kg维生素B₆显著提高了低盐度下凡纳滨对虾的增重率、成活率和肥满度(P<0.05)。但双因素方差分析结果显示,饲料中蛋白质和维生素B₆对低盐度下凡纳滨对虾增重率、成活率和肥满度3项指标均无显著的交互作用(P>0.05)。

表2 低盐度下饲料蛋白质和维生素B₆水平对凡纳滨对虾生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary protein and vitamin B₆ levels on growth performance of *Litopenaeus vannamei* at low salinity (%)

项目 Items	指标 Parameters			
蛋白质 Protein (%)	维生素 B ₆ Vitamin B ₆ (mg/kg)	增重率 WGR	成活率 SR	肥满度 CF
25.5	0	1 240.88 ± 227.66 ^a	50.00 ± 1.44 ^a	0.42 ± 0.01 ^a
	200	4 465.38 ± 849.27 ^b	62.50 ± 2.89 ^b	0.46 ± 0.01 ^b
40.8	0	1 202.57 ± 84.04 ^a	53.75 ± 0.72 ^a	0.41 ± 0.01 ^a
	200	3 977.98 ± 817.24 ^b	71.25 ± 0.72 ^c	0.47 ± 0.01 ^b
双因素方差分析 P 值 P-value of Two-way ANOVA				
蛋白质 Protein		0.669	0.006	0.847
维生素 B ₆ Vitamin B ₆		0.001	0.001	0.001
蛋白质 × 维生素 B ₆ Protein × vitamin B ₆		0.714	0.178	0.376

同列数据肩注不同小写字母表示显著差异(P<0.05)。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts were significantly different (P<0.05). The same as below.

2.2 谷草转氨酶和谷丙转氨酶活力

由表 3 可以看出,40.8% 蛋白质组对虾 GOT 和 GPT 活力比 25.5% 蛋白质组稍低,但两者之间无显著差异($P>0.05$)。与饲料蛋白质不同,与不添加维生素 B₆ 相比,饲料中添加 200 mg/kg 维生

素 B₆ 显著提高了低盐度下凡纳滨对虾肌肉组织中 GOT 和 GPT 活力($P<0.05$)。但双因素方差分析结果显示,饲料中蛋白质和维生素 B₆ 含量对低盐度下凡纳滨对虾上述 2 种转氨酶活力均无显著的交互作用($P>0.05$)。

表 3 低盐度下饲料蛋白质和维生素 B₆ 水平对凡纳滨对虾谷草转氨酶和谷丙转氨酶活力的影响

Table 3 Effects of dietary protein and vitamin B₆ levels on GOT and GPT activities of

Litopenaeus vannamei at low salinity

(U/mg prot)

项目 Items	指标 Parameters		
蛋白质 Protein (%)	维生素 B ₆ Vitamin B ₆ (mg/kg)	谷草转氨酶 GOT	谷丙转氨酶 GPT
25.5	0	13.17 ± 0.62 ^a	14.13 ± 1.53 ^a
	200	32.25 ± 5.05 ^b	29.92 ± 4.00 ^b
40.8	0	12.81 ± 2.47 ^a	10.94 ± 1.08 ^a
	200	30.71 ± 7.76 ^b	20.60 ± 3.98 ^{ab}
双因素方差分析 P 值 P-value of Two-way ANOVA			
蛋白质 Protein		0.849	0.068
维生素 B ₆ Vitamin B ₆		0.005	0.003
蛋白质 × 维生素 B ₆ Protein × vitamin B ₆		0.905	0.332

3 讨论

动物体缺乏维生素 B₆ 会出现相应的营养缺乏症,主要有厌食、贫血症、体色暗淡、平衡性失调、生长受阻和死亡率提高等,且已有研究证实饲料中添加维生素 B₆ 可明显改善这些不良症状^[20]。本研究也发现,饲料中若不添加维生素 B₆,无论饲料蛋白质水平高低,凡纳滨对虾生长速度均颇为缓慢、成活率偏低,且对虾的肥满度显著低于投喂添加 200 mg/kg 维生素 B₆ 的饲料,证明了维生素 B₆ 在对虾机体蛋白质代谢中发挥着重要的作用^[15]。本研究还发现,饲料中不添加维生素 B₆,对虾肌肉中谷草转氨酶和谷丙转氨酶活力显著降低,说明维生素 B₆ 作为辅酶磷酸吡哆醛的前体物质,可直接影响机体在转氨过程中的关键酶的活力,从而影响机体对蛋白质和氨基酸的利用和吸收^[15]。结合本研究有关凡纳滨对虾的生长相关数据,可以初步推断若饲料中维生素 B₆ 含量不足,可导致机体转氨酶活力降低,从而降低机体氨基酸的吸收速度和吸收率,阻碍机体蛋白质正常的代谢和沉淀,最终使凡纳滨对虾表现为肥满度和增重率的降低。若机体长期处于这种代谢紊乱的状态下,必然导致机体免疫力和抗逆性降低,而使对虾成活率降低。但迄今为止,关于维生素 B₆ 与甲壳动物免疫力或抗逆性关系的研究尚未见报道,尚需进一步研究。

本研究还发现,添加 200 mg/kg 维生素 B₆ 后,25.5% 和 40.8% 2 个蛋白质组的凡纳滨对虾的增重率无显著性差异,但 40.8% 蛋白质组对虾的成活率却显著高于 25.5% 蛋白质组。目前为止,关于凡纳滨对虾蛋白质适宜需求量的研究认为,当盐度高于 15‰ 时,其饲料蛋白质营养需求介于 30.0% ~ 36.0% 为宜^[21-24]。黄凯等^[25] 研究认为盐度为 2‰ 时,对虾的最适需求量为 26.7%,而盐度为 28‰ 时,对虾的最适需要量为 33.0%。而刘栋辉等^[26] 却认为极低盐度下(1‰ ~ 3‰) 凡纳滨对虾的适宜饲料蛋白质水平为 40%,低于 30% 时会引起对虾一定的生理病变。因此可以推测,与 25.5% 蛋白质水平相比,虽然饲料中蛋白质水平高达 40.8% 时对虾生长性能上并无显著差异,但是 40.8% 的蛋白质水平可以充分满足低盐度下凡纳滨对虾生长和维持机体的正常生理状态的营养需求,所以对虾的成活率显著高于 25.5% 蛋白质组。虽然 25.5% 蛋白质组的对虾同样可以获得较好的生长速度,但这样的蛋白质水平不能满足凡纳滨对虾正常蛋白质营养需要,长期处于偏低营养状况下,机体的生理状态必然会受到一定的影响,可能导致机体免疫力或者抗逆能力降低,最终影响对虾的成活率^[27]。

虽然饲料中维生素 B₆ 可以明显改善低盐度下凡纳滨对虾的生长和存活,有利于对蛋白质的吸收利用,提高饲料蛋白质也可以提高凡纳滨对虾的存

活率,但是低盐度下饲料中维生素 B₆ 和蛋白质水平对凡纳滨对虾各测定指标无显著的交互作用。在鱼类的研究中, Baker 等^[17] 发现饲料中维生素 B₆ 可以提高金头鲷对饲料蛋白质的利用率,一定程度上证实了 Hilton^[16] 提出的关于饲料维生素 B₆ 和蛋白质对鱼类存在交互影响的假说。但有关甲壳动物的相关研究, 仅见 Giri 等^[19] 对日本囊对虾的研究, 结果并没有发现两者之间存在交互作用, 这与本研究的结果相一致。产生这一差异的原因可能是鱼类和甲壳动物不同的营养生理特性, 但是关于这一方面的研究尚很薄弱, 尚需进一步的研究。

4 结 论

① 饲料中维生素 B₆ 含量不足, 可导致机体转氨酶活力降低, 从而降低机体氨基酸的吸收速度和吸收率, 阻碍机体蛋白质正常的代谢和沉淀, 最终降低凡纳滨对虾的生长性能。在饲料中添加 200 mg/kg 的维生素 B₆ 可以明显改善这一现象。

② 饲料中维生素 B₆ 和蛋白质对凡纳滨对虾生长无显著的交互作用, 在饲料的实际配制过程中, 必须同时达到凡纳滨对虾对维生素 B₆ 和蛋白质的营养需要, 不能试图通过满足或者提高其中一种而节约另外一种营养素。

参考文献:

- [1] McGraw W J, Davis D A, Teichert-Coddington D, et al. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: influence of age, salinity, endpoint and rate of salinity reduction[J]. Journal of World Aquaculture Society, 2002, 33: 78-84.
- [2] Saoud I P, Davis D A, Rouse D B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture[J]. Aquaculture, 2003, 217: 373-383.
- [3] Bray W A, Lawrence A L, Leung-Trujillo J R. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHVN virus and salinity[J]. Aquaculture, 1994, 122: 133-146.
- [4] Ponce-Palafox J, Martinez-Palacios C A, Ross L G. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei* [J]. Aquaculture, 1997, 157: 107-115.
- [5] Li E C, Chen L Q, Zeng C, et al. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities[J]. Aquaculture, 2007, 265: 385-390.
- [6] Lin Y C, Chen J C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2001, 259(1): 109-119.
- [7] Lin Y C, Chen J C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels[J]. Aquaculture, 2003, 224(2): 193-201.
- [8] 朱宏友, 邓岳松. 盐度变化对凡纳滨对虾一氧化氮合酶水平及对病原敏感性的影响[J]. 内陆水产, 2005, 10: 41-42.
- [9] Grisdale-Helland B, Helland S J, Gatlin III D M. The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2008, 147: 235-248.
- [10] Tapia-Salazar M, Smith T K, Harris A, et al. Effect of dietary histamine supplementation on growth and tissue amine concentrations in blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* [J]. Aquaculture, 2001, 193: 281-289.
- [11] Roy L A, Davis D A, Saoud I P. Effects of lecithin and cholesterol supplementation to practical diets for *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity waters [J]. Aquaculture, 2006, 257: 446-452.
- [12] Saoud I P, Davis D A. Effects of betaine supplementation to feeds of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared at extreme salinities [J]. North American Journal of Aquaculture, 2005, 67(4): 351-353.
- [13] Cuzon G, Lawrence A, Gaxiola G, et al. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds [J]. Aquaculture, 2004, 235: 513-551.
- [14] Marangos C, Brogren C H, Alliot E. The influence of water salinity on the free amino acid concentration in muscle and hepatopancreas of adult shrimps, *Penaeus japonicus* [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 1989, 17: 589-594.
- [15] Deshimaru O, Kuroki K. Requirement of prawn for dietary thiamine, pyridoxine, and choline chloride [J]. Bulletin of Japanese Society of Fisheries Science, 1979, 45: 363-367.
- [16] Hilton J W. The interaction of vitamins, minerals and diet composition in the diet of fish [J]. Aquaculture, 1989, 79: 223-244.
- [17] Baker R T M, Davis S J. The effect of pyridoxine supplementation on dietary protein utilization in gilthead sea bream fry [J]. Animal Science, 1995,

- 60: 157-162.
- [18] Giri I N A, Teshima S, Kanazawa A, et al. Effects of dietary pyridoxine and protein levels on growth, vitamin B₆ content, and free amino acid profile of juvenile *Penaeus japonicus* [J]. *Aquaculture*, 1997, 157: 263-275.
- [19] Lowry O H, Rosenbrough N J, Farr A L, et al. Protein measurement with the Folin reagent [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1951, 193: 265-275.
- [20] Kissil G W, Cowey C B, Adron J W, et al. Pyridoxine requirements of the gilthead bream, *Sparus aurata* [J]. *Aquaculture*, 1981, 23: 243-255.
- [21] Colvin L V, Brand C W. The protein requirement of penaeid shrimp at various life cycle stages in controlled environment system [J]. *Proceed of World Mariculture Society*, 1977, 8: 821-840.
- [22] Smith L L, Lee P G, Lawrence A L. Growth and digestibility of three sizes of *Penaeus vannamei* Boone: effects of dietary protein level and protein source [J]. *Aquaculture*, 1985, 46: 85-96.
- [23] Kureshy N, Davis D A. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. *Aquaculture*, 2002, 204: 125-143.
- [24] 刘立鹤, 郑石轩, 郑献昌, 等. 南美白对虾最适蛋白需要量及饲料蛋白水平对体组分的影响 [J]. *水利渔业*, 2003, 23(2): 11-13.
- [25] 黄凯, 王武, 卢洁, 等. 盐度对南美白对虾的生长及生化成分的影响 [J]. *海洋科学*, 2004, 28(9): 20-25.
- [26] 刘栋辉, 何建国, 刘永坚, 等. 极低盐度下饲料蛋白质量分数对凡纳对虾生长表现和免疫状况的影响 [J]. *中山大学学报*, 2005, 44(增刊 2): 217-223.
- [27] 李二超, 陈立侨, 曾 嵘, 等. 不同盐度下饵料蛋白质含量对凡纳滨对虾生长、体成份和肝胰腺组织结构的影响 [J]. *水产学报*, 2008, 32(3): 425-433.

Effects of Dietary Protein and Vitamin B₆ Levels on Growth and Aminotransferase Activities of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at Low Salinity

LI Erchao¹ ZENG Ceng² YU Na¹ XIONG Zequan¹ WANG Yueru¹
CHEN Xuefen² CHEN Liqiao^{1*}

(1. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. Marine Science College, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: A feeding trial was conducted to investigate the effects of dietary protein and vitamin B₆ levels on growth and amino transferase activities of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, *L. vannamei*). Purified basal diets were formulated using vitamin-free casein as the protein source. Two levels (0 and 200 mg/kg diet) of vitamin B₆ were added to the 2 basal diets which contained 25.5% and 40.8% dietary protein, respectively. Four hundred and eighty shrimp with an average body weight of (0.014 4 ± 0.004 7) g were randomly allotted to 4 groups with 3 replicates of 40 shrimp. The trial lasted for 30 d and the salinity was 3‰. Results showed that supplementation of vitamin B₆ 200 mg/kg in diet could significantly increase the weight gain ratio (WGR), survival rate (SR), condition factor (CF) and activities of glutamic oxaloacetic transferase (GOT) and glutamic pyruvic transferase (GPT) of *L. vannamei* ($P < 0.05$); the WGR, CF and activities of GOT and GPT of *L. vannamei* fed diets containing 25.5% and 40.8% protein had no significant differences ($P > 0.05$), but SR in 40.8% protein group was significantly higher than that in 25.5% protein group. The Two-way ANOVA results showed that there was no significant interaction between dietary protein and vitamin B₆ in all parameters of *L. vannamei* at low salinity ($P > 0.05$). All results in this study indicated that dietary vitamin B₆ and protein had different nutritional effects on *L. vannamei*, and when preparing diets for *L. vannamei* cultured at low salinity, dietary vitamin B₆ and protein must meet the requirement of *L. vannamei* at the same time. It was infeasible to try to meet or increase one of those 2 nutrients to get the maximum growth and survival rate of *L. vannamei* with the aim to spare the other nutrient. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, 22(3): 634-639]

Key words: *Litopenaeus vannamei*; Vitamin B₆; Protein; Interaction; Growth; Amino transferase