

# 中国对虾对维生素 B<sub>2</sub>、B<sub>5</sub>、B<sub>6</sub> 营养需要的研究

徐志昌 刘铁斌 李爱杰

(青岛海洋大学, 266003)

**摘要** 研究了三种水溶性维生素 B<sub>2</sub>、B<sub>5</sub> 和 B<sub>6</sub> 在以酪蛋白为蛋白源的饲料中的不同含量对中国对虾的存活率、体重增重率、体长增长率、蛋白质消化率及实验维生素在体内的累积量等方面的影响。结果表明,在每100 g 饲料中维生素 B<sub>2</sub>、B<sub>5</sub> 和 B<sub>6</sub> 的含量分别为10(体重1.53 g)–20 mg(体重6.00 g)、40 mg、14 mg 时,上述指标均达最佳,维生素缺乏或过量都会阻碍对虾生长。在适宜添加量范围内,随着饲料中维生素 B<sub>5</sub> 的增加,对虾肝胰脏中类胰蛋白酶活力也增加,并在 V<sub>B<sub>6</sub></sub> 添加量为0.014%时最高。适量的 V<sub>B<sub>6</sub></sub> 对类胰蛋白酶起着激活作用,从而促进蛋白质的消化吸收,有利于对虾的生长。在实验条件下,C18:2n-6、20:4n-6及20:5n-3的含量皆以添加0.014%V<sub>B<sub>6</sub></sub>时为最高,而18:3n-3和22:6n-3的含量则以添加0.028%V<sub>B<sub>6</sub></sub>时为最高。适量添加维生素 B<sub>6</sub> 可提高组织中高度不饱和脂肪酸的含量。

**关键词** 中国对虾, 维生素 B<sub>2</sub>, 维生素 B<sub>5</sub>, 维生素 B<sub>6</sub>, 营养需要

维生素是生命活动所必需的低分子物质,在体内物质代谢过程中,维生素 B<sub>2</sub> 以磷酸酯形式,作为与递氢有关的黄素酶的辅酶在体内氧化还原反应中起作用。另外, V<sub>B<sub>2</sub></sub> 还作为脂酰基辅酶 A 脱氢酶的成分,在饱和脂肪酸降解中起作用。维生素 B<sub>5</sub> 有两种形式,即烟酸和烟酰胺,烟酸在体内很容易转化为烟酰胺,烟酰胺是递氢辅酶 NAD 和 NADP 的活性基因,而 NAD 和 NADP 主要参与糖类、脂质、蛋白质的代谢,在柠檬酸循环中,对底物的最后氧化降解起着重要作用。维生素 B<sub>6</sub> 与蛋白质和氨基酸的代谢有关,在转氨、脱羧、脱氨和脱硫基,以及催化氨基酸的分解与合成中发挥重要作用,并与糖类、脂肪酸代谢及产生能量的柠檬酸循环关系也很密切。Kanazawa[1985]、Deshimaru 和 Kuroki[1979]对日本对虾对维生素 B<sub>2</sub>、B<sub>5</sub> 和 B<sub>6</sub> 的营养需求作了较多的研究,而关于中国对虾(*Penaeus chinensis*)对维生素 B<sub>2</sub>、B<sub>5</sub> 和 B<sub>6</sub> 的营养需求,除麦康森[1986]的中国对虾饲料中 V<sub>B<sub>6</sub></sub> 对蛋白质、氨基酸消化率的影响、许实荣等[1987]对不同 V<sub>B<sub>6</sub></sub> 含量饲料饲喂的对虾肝胰脏类胰蛋白酶的活性作过研究以外,尚未见系统报道。本研究的目的在于确定中国对虾对这三种维生素的需求量,为中国对虾配合饲料维生素预混料的配制提供理论依据。

## 1 材料和方法

收稿日期:1994-04-29。

## 1.1 实验用虾

实验用虾取自山东黄岛养殖公司虾场。实验1所用对虾的平均体长为4.9 cm、体重为1.53 g,实验2对虾平均体长为7.8 cm、体重为6.00 g。实验虾健康活跃、无病伤,个体基本一致。

## 1.2 饲料组成与制备

基础饲料的配方主要参照 Dehsimaru 和 Kuroki[1974]对日本对虾的实验配方,并作了修改。基础饲料组成如表1。其中虾糠自制,即虾皮用稀酸浸提、水洗,除去其中水溶性维生素,50℃烘干,粉碎,过40目筛。酪蛋白为美国进口,北京医药公司分装产品。除 V<sub>C</sub> 为美国辉瑞公司产品外,其他维生素均购自齐鲁制药厂。三种实验维生素按表2添加。

表1 实验饲料的基本组成

Table 1 Basic composition of experimental feed

饲料组分	百分含量 (%)	饲料组分	百分含量 (%)
酪蛋白	40	胆固醇	0.5
明胶	10	褐藻胶	1.5
糊精	18	混合无机盐	16
虾糠	4	混合维生素	4
豆油	6		

注:(1)混合无机盐(g/100 g):NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>,10;KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>,21.5;Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O,26.5;乳酸钙(Ca-lactate),16.5;CaCO<sub>3</sub>,10.5;MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,10;KCl,2.8;KI,0.058;AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O,1.2;ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,0.511;MnSO<sub>4</sub>·(4-6)H<sub>2</sub>O,0.143;CuCl<sub>2</sub>,0.051;CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O,0.176;柠檬酸铁(Fe-citrate),0.061。(2)混合维生素(mg/100 g):V<sub>B1</sub>(Thiamine),12;V<sub>B2</sub>(Riboflavin),20;V<sub>B3</sub>(Nicotinamide),80;V<sub>B6</sub>(Pyridoxine),6;V<sub>B12</sub>(Cyanocobalamin),0.04;叶酸(Folic acid),1.5;泛酸钙(Ca-pantothenate),30;生物素(Biotin),0.6;对氨基苯甲酸(p-Aminobenzoic acid),40;β-胡萝卜素(β-Carotene),4;V<sub>D2</sub>(Calciferol),0.6;V<sub>E</sub>(α-Tocopherol),40;V<sub>K3</sub>(Menadione),4;肌醇(Inositol),400;氯化胆碱(Choline chloride),800;V<sub>C</sub>(L-ascorbic acid),400;微晶纤维素(Cellulose microcrystalline),2161.26。(3)V<sub>B2</sub>实验以微晶纤维素粉代替表中量,V<sub>B2</sub>按表2添加。V<sub>B3</sub>及V<sub>B6</sub>组以相同方法处理。

表2 实验维生素在饲料中的添加量(mg/100 g)

Table 2 Levels of the test vitamin in the feed (mg/100 g)

水平	I	II	III	IV
V <sub>B2</sub>	0	10	20	40
V <sub>B3</sub>	0	40	80	160
V <sub>B6</sub>	0	7	14	28

按表1、表2将各原料准确称重并混匀,以微晶纤维素作载体将维生素预混,再与其他干燥组分混匀,加豆油,并以褐藻胶作粘合剂,用小型绞肉机挤压成粒,于50—60℃烘至水分低于10%,包装,低温贮藏备用。

## 1.3 饲喂方法与条件

实验1自1991年7月10日至8月20日,放虾20尾;实验2自同年8月23日至9月29日,放虾10尾。对虾运回后,暂养数日再分组,随机取虾放于∅60 cm×80 cm玻璃钢桶中,试验前各实验组停

饲1天,使其排空胃肠中残存饲料,翌日投喂实验饲料。实验时,每天7:30,16:30换水和投饲,换水量为2/3,换水前吸污,并经常刷洗虾桶和充气管,保持清洁。海水经沉淀、砂滤,泵入桶中。实验水温为20—25℃,pH为8.10—8.30,盐度为31.6—32.8,DO为6.5—8.0 mg/L。

#### 1.4 维生素的分析

采用高效液相色谱法[杨森等,1989]分析对虾肌肉和肝胰脏中 V<sub>B<sub>2</sub></sub>、V<sub>B<sub>12</sub></sub>、V<sub>B<sub>6</sub></sub> 的含量。所用仪器为 Waters 系列高效液相色谱仪。取样品 2.5 g 左右,加 10 ml 0.125 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,过滤,在 121℃、8.5×10<sup>4</sup> Pa 压力下加热 30 分钟以缓冲液调 pH,加 1 ml 木瓜蛋白酶于 40—45℃ 水浴中水解 2 小时,加 3 ml 三氯醋酸,于 50—60℃ 水浴中加热 5 分钟,冷却离心,上清液上机测定。

#### 1.5 蛋白质消化率的测定

采用 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为指示剂的间接测定法[麦康森,1986],其计算公式为:

$$\text{消化率} = 100(1 - X_B Y_A / X_A Y_B) \times (\%)$$

式中 X<sub>A</sub> —— 饲料中蛋白质含量(%); X<sub>B</sub> —— 粪便中蛋白质含量(%); Y<sub>A</sub> —— 饲料中 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量(%); Y<sub>B</sub> —— 粪便中 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量(%). 其中蛋白质的测定用凯氏定氮法, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的测定用二苯酰二肼比色法[无锡轻工业学院、天津轻工业学院,1983]

#### 1.6 类胰蛋白酶活力的测定

取对虾肝胰脏加 5 倍体积的重蒸水匀浆,以高速冷冻离心机离心 30 分钟,上清液稀释后用福林—酚试剂法[中山大学生物系生化微生物教研室,1978]进行分析。在 37℃ 下每分钟水解干酪素产生 1 μg 酪氨酸定为一个活力单位。其计算公式为:

$$\text{样品中蛋白酶活力单位} = A \times F / 15$$

式中:A——由标准曲线查得酪氨酸的 μg 数;15——酶解时间(分钟);F——粒酶液的稀释倍数。

$$\text{比活力} = \text{样品中蛋白酶活力单位} / \text{样品中蛋白质含量}$$

#### 1.7 脂肪酸含量的分析

所用仪器为日本岛津 GC-9A 气相色谱仪。将样品以氯仿和甲醇(2:1)研磨提取后,进行脂肪酸甲酯化,然后进行色谱分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 维生素对中国对虾生长及存活率的影响

#### 2.1.1 V<sub>B<sub>2</sub></sub> 饲喂实验

由表3、表4可见,V<sub>B<sub>2</sub></sub>实验的对虾,平均增长率、增重率及存活率在实验1均以Ⅱ水平(10 mg/100 g)最佳,Ⅲ水平次之,Ⅳ水平较差,Ⅰ水平最差。实验2均以Ⅲ水平(20 mg/100 g)最佳,Ⅰ水平次之,Ⅳ水平较差,Ⅰ水平最差。对实验数据进行方差分析及 F 检验发现,对两项指标,两次实验均为 F > F<sub>0.01</sub>,故组间差异极显著。平均存活率在实验1时 F<sub>0.05</sub> < F < F<sub>0.01</sub>,组间差异显著;在实验2时 F<sub>0.1</sub> < F < F<sub>0.05</sub>,说明 V<sub>B<sub>2</sub></sub> 对存活率有一定影响。由此说明,饲料中添加适量的

$V_{B_2}$ 有助于促进对虾的生长,且随着对虾的生长,对虾对  $V_{B_2}$ 的需求量也增加。如果  $V_{B_2}$ 缺乏或过量对对虾的生长与存活都是不利的。

表3 实验1饲喂结果

Table 3 Feeding result of trial 1

水平 (mg/100 g)	平均初长 (cm)	平均终长 (cm)	平均增长率 (%)	平均初重 (g)	平均终重 (g)	平均增重率 (%)	平均存活率 (%)
$B_2$	1(0)	4.918±0.088	5.680±0.120	15.50	1.542±0.082	2.374±0.134	42.50
	2(10)	4.873±0.063	6.034±0.067	23.83	1.455±0.060	2.748±0.115	77.50
	3(20)	5.130±0.085	6.009±0.092	17.13	1.598±0.103	2.771±0.204	57.50
	4(40)	4.945±0.065	5.750±0.110	16.27	1.550±0.055	2.609±0.109	55.00
$B_5$	1(0)	4.960±0.015	5.686±0.001	14.64	1.582±0.015	2.365±0.001	45.00
	2(40)	5.050±0.010	6.312±0.062	24.99	1.662±0.011	3.219±0.094	70.00
	3(80)	5.015±0.000	6.082±0.038	21.27	1.638±0.004	2.883±0.053	62.50
	4(160)	4.981±0.011	5.887±0.003	18.19	1.602±0.011	2.623±0.007	60.00
$B_6$	1(0)	5.148±0.038	6.000±0.002	16.57	1.765±0.038	2.771±0.003	52.50
	2(7)	4.913±0.023	5.949±0.032	21.10	1.554±0.004	2.823±0.031	67.50
	3(14)	4.865±0.035	6.210±0.010	27.64	1.495±0.035	3.160±0.020	77.50
	4(28)	4.893±0.043	5.879±0.097	20.16	1.505±0.025	2.612±0.127	57.50

表4 实验2饲喂结果

Table 4 Feeding result of trial 2

水平 (mg/100 g)	平均初长 (cm)	平均终长 (cm)	平均增长率 (%)	平均初重 (g)	平均终重 (g)	平均增重率 (%)	平均存活率 (%)
$B_2$	1(0)	7.685±0.015	8.344±0.041	8.575	5.747±0.034	7.323±0.106	30.00
	2(10)	7.755±0.015	8.551±0.009	10.27	5.905±0.035	7.875±0.025	55.00
	3(20)	7.810±0.010	8.900±0.020	13.96	6.026±0.024	8.856±0.059	65.00
	4(40)	7.830±0.020	8.566±0.044	9.400	6.074±0.044	7.910±0.120	50.00
$B_5$	1(0)	7.695±0.015	8.306±0.014	7.934	5.770±0.030	7.224±0.035	35.00
	2(40)	7.780±0.020	8.880±0.040	14.14	5.957±0.044	8.797±0.117	75.00
	3(80)	7.915±0.015	8.799±0.004	11.17	6.268±0.035	8.560±0.010	60.00
	4(160)	7.905±0.015	8.681±0.019	9.812	6.245±0.035	8.229±0.053	45.00
$B_6$	1(0)	7.970±0.050	8.656±0.035	8.603	6.400±0.120	8.155±0.095	45.00
	2(7)	7.695±0.025	8.590±0.007	11.63	5.769±0.056	7.972±0.012	65.00
	3(14)	7.975±0.035	9.075±0.015	13.80	6.413±0.087	9.377±0.044	75.00
	4(28)	7.920±0.020	8.725±0.011	10.17	6.282±0.049	8.350±0.030	55.00

Kanazawa[1985]对日本对虾幼虾的研究表明:每100 g 饲料中含8 mg 维生素  $B_2$ ,对虾存活率最高;含16 mg 时,与其相差不大;含4 mg 时,存活率远低于含8 mg 组;不加者存活率最低。故日本对虾稚虾对维生素  $B_2$ 的适宜需求量为8 mg/100 g 饲料。在本实验条件下,中国对虾饲料中维生素  $B_2$ 的适宜添加量为10—20 mg/100 g 饲料,高于 Kanazawa[1985]对日本对虾的研究结果。

### 2.1.2 $V_{B_5}$ 饲喂实验

由表3、表4可见,对虾的平均增长率,增重率及存活率两次实验均以Ⅱ水平(40 mg/100 g)最佳,Ⅲ水平次之,Ⅰ水平最差。经方差分析及F检验,两次实验的前两项指标  $F > F_{0.01}$ ,组间差异极显著,平均存活率  $F_{0.05} < F < F_{0.01}$ ,组间差异显著。通过数据还可以看出,两次饲喂实验

结果是一致的,说明饲料中适量的 V<sub>B5</sub>有助于促进对虾的生长发育与存活,V<sub>B5</sub>缺乏或过量都会使对虾的生长与存活受到抑制。

Kanazawa[1985]研究表明,日本对虾对维生素 B<sub>5</sub>的需求量以40 mg/100 g 饲料为宜,存活率最高,其次为20 mg 组,10 mg 组,以不添加者为最低。在本实验条件下,中国对虾饲料中 V<sub>B5</sub>的适宜添加量为40 mg/100 g 饲料,与 Kanazawa[1985]对日本对虾的研究结果一致。

### 2.1.3 V<sub>B6</sub> 饲喂实验

由表3、表4可知,对虾的平均增长率、增重率及存活率两次实验都以Ⅲ水平(14 mg/100 g)最佳,Ⅱ水平次之,Ⅰ水平最差。方差分析及 F 检验,两次实验的前两项指标  $F > F_{0.01}$ ,组间差异极显著,平均存活率  $F_{0.1} < F < F_{0.05}$ ,说明 V<sub>B6</sub>对对虾的存活率有一定影响。由此可见,三项指标在两次实验中都有类似变化,均以Ⅲ水平最佳,说明饲料中添加适量的 V<sub>B6</sub>有利于对虾的生长与存活。若 V<sub>B6</sub>缺乏或过量,则对虾生长迟缓,存活率也相对下降。在本实验条件下,中国对虾饲料中 V<sub>B6</sub>的适宜添加量为14 mg/100 g 饲料。

Deshimaru 等[1979]对日本对虾幼虾的研究发现,饲料缺乏 V<sub>B6</sub>时,在饲养4周后,对虾生长缓慢,死亡率很高,V<sub>B6</sub>的适宜添加量为12 mg/100 g 饲料;Kanazawa[1985]研究认为,随着饲料中 V<sub>B6</sub>含量的增加,对虾存活率也相对提高,以12 mg/100 g 饲料和24 mg/100 g 饲料为最好,缺少 V<sub>B6</sub>组存活率最低。我们的实验结果和 Deshimaru 等[1979]及 Kanazawa[1985]对日本对虾的研究结果基本一致,其规律完全相同。

## 2.2 对蛋白质消化率的影响

实验2饲喂期间,各组饲料的蛋白质消化率列于表5。由表5可见,V<sub>B2</sub>组的消化率以Ⅲ水平最高,Ⅱ、Ⅳ水平次之,Ⅰ水平最差,与实验2的饲喂结果一致,说明 V<sub>B2</sub>对饲料的蛋白质消化率是有影响的,这种影响与 V<sub>B2</sub>在体内参与物质代谢与呼吸链有关。V<sub>B5</sub>组消化率以Ⅱ水平最高,Ⅲ水平次之,Ⅳ水平更低些,Ⅰ水平最低,与对虾生长的变化是一致的。可见,V<sub>B5</sub>对蛋白质消化率也有一定影响。V<sub>B6</sub>对消化率的影响表现为:Ⅲ水平最高,Ⅱ水平次之,Ⅳ水平更低,Ⅰ水平最低,且Ⅲ水平及Ⅱ水平显著高于Ⅰ水平,相对分别提高消化率16%及11%,说明 V<sub>B6</sub>的添加与否对蛋白质的消化率有很大影响,并与其对生长的影响一致。

表5 各组饲料的蛋白质消化率(%)

Table 5 Digestibility of protein in different feed(%)

水 平	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
B <sub>2</sub>	73.42	74.67	77.16	74.00
B <sub>5</sub>	74.58	78.29	76.51	75.01
B <sub>6</sub>	71.23	79.17	82.72	75.57

V<sub>B6</sub>对蛋白质消化率的影响远大于 V<sub>B2</sub>和 V<sub>B5</sub>,这和 V<sub>B6</sub>在机体内的功能,即 V<sub>B6</sub>主要参与蛋白质和氨基酸的代谢有关。麦康森[1986]对中国对虾饲料中 V<sub>B6</sub>对消化率的影响研究表明,饲料中添加 V<sub>B6</sub>后蛋白质消化率从91.9%上升到93.6%,并可使亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸及精氨酸等必需氨基酸的消化吸收率有显著的提高。在饲料中添加 V<sub>B6</sub>可较大幅度地提高对虾对蛋白质的消化吸收率,这又一次从我们的实验中得到了证实。

### 2.3 对组织中维生素含量的影响

投饲38天后,取实验2对虾肌肉和肝胰脏,分析维生素 B<sub>2</sub>、B<sub>5</sub>和 B<sub>6</sub>的含量(表6)。

表6 实验2对虾组织中维生素含量(μg/g)  
Table 6 Contents of vitamin in the shrimp of trial 2 (μg/g)

水平		I	II	III	IV
B <sub>2</sub>	肌肉	0.7398	0.6032	0.9526	0.6017
	肝胰脏	1.485	1.389	2.070	1.855
B <sub>5</sub>	肌肉	0.0439	0.1289	0.0803	0.0715
	肝胰脏	0.0459	0.1644	0.1182	0.1031
B <sub>6</sub>	肌肉	0.7059	0.5042	0.9446	0.8100
	肝胰脏	1.164	1.706	2.321	1.688

由表6可见,三种实验维生素在肝胰脏中的含量均大于肌肉中的含量,说明肝胰脏较肌肉更具贮藏维生素的功能。V<sub>B2</sub>在组织内的积累并不呈现规律性变化,但仍以生长情况最好的 III 水平为最高;V<sub>B5</sub>在组织内的积累则与对虾生长的变化及蛋白质消化率的变化具有一定的协调性,即 II 水平最高, III 水平次之, I 水平最低;V<sub>B6</sub>在肝胰脏中的积累呈规律性变化,并与生长及蛋白质消化率的变化规律一致,以 III 水平最高,肌肉中的积累无规律性变化,但仍以 III 水平最高。由此可见,三种实验维生素在饲料中的适宜添加促进它们在体内的积累,进而发挥其生理、生化功能。积累以备不时之需,这对维持对虾的正常生命活动是很重要的。

### 2.4 维生素 B<sub>6</sub>对类胰蛋白酶活力的影响

实验2的维生素 B<sub>6</sub>组对虾,在饲喂实验结束后,测定了肝胰脏类胰蛋白酶活性(表7)。

表7 V<sub>B6</sub>对对虾肝胰脏类胰蛋白酶比活力的影响  
Table 7 Effect of pyridoxine levels on the specific activities of  
trypsin in hepatopancreas of the shrimp

水平 (mg/100 g)	维生素 B <sub>6</sub>			
	I (0)	II (7)	III (14)	IV (28)
蛋白质(μg/ml)	169	179	176	179
活力单位	327.5	649.8	892.5	448.9
比活力	1.95	3.63	5.07	2.51

由表7可见,类胰蛋白酶比活力的变化与该组对虾生长情况、蛋白质消化率及 V<sub>B6</sub>体累积量的变化存在一致性, III 水平最大, II 水平次之, IV 水平更次之, I 水平最低。该结果和许实荣等[1987]的研究结果一致,在适宜添加范围内,随着饲料中 V<sub>B6</sub>添加量的增加,类胰蛋白酶的活性也随之增加,酶活性大的,对虾生长好,蛋白质消化率高,肝胰脏中 V<sub>B6</sub>积累也高,反之亦然。这表明,适量的 V<sub>B6</sub>对类胰蛋白酶起激活作用,进而促进蛋白质的消化吸收,促进对虾的生长发育。若 V<sub>B6</sub>缺乏或过量,则酶活性受抑制,从而阻碍对虾生长。

### 2.5 V<sub>B6</sub>对对虾体内脂肪酸含量的影响

维生素 B<sub>6</sub>不仅与蛋白质和氨基酸的代谢有关,而且与脂肪酸代谢也有关[Kirschman 和

Coniglio, 1961; Medes 等, 1947; Sherman, 1950; Witten 和 Holman, 1952]。Cunnane 等[1985]用含不同 V<sub>B6</sub>剂量的饲料喂养老鼠, 认为 V<sub>B6</sub>的缺乏可导致组织中高度不饱和必需脂肪酸的减少, 适宜含量的 V<sub>B6</sub>可提高组织中高度不饱和必需脂肪酸的含量。在本实验2中测定了摄食不同的 V<sub>B6</sub>含量饲料的对虾组织中必需脂肪酸的含量, 结果如表8。

表8 V<sub>B6</sub>对对虾体内不饱和脂肪酸含量的影响(%总脂肪酸)

Table 8 Effect of pyridoxine levels on the content of UFA in the shrimp(% Total fatty acid)

水 平 (mg/100 g)	维生素 B <sub>6</sub>			
	I (0)	II (7)	III (14)	IV (28)
18:2n-6	28.2	29.5	32.3	31.0
18:3n-3	2.9	3.1	3.0	3.2
20:4n-6	1.9	1.4	2.6	1.4
20:5n-3	7.8	7.2	8.3	6.0
22:6n-3	4.5	4.5	3.4	6.5

由表8可见, 实验对虾体内18:2n-6含量比较高, 并以 III 水平最高。18:3n-3和22:6n-3的含量以 IV 水平最高, 20:4n-6和20:5n-3的含量以 III 水平最高。18:2n-6的变化规律与生长情况类似, 其组间差异不大; 其余则不呈现明显的规律性变化。但总的趋势是随着 V<sub>B6</sub>添加量的增加而不饱和脂肪酸的含量增加, V<sub>B6</sub>添加过量时, 不饱和脂肪酸如18:2n-6, 20:4n-6及20:5n-3的含量又趋下降。养殖对虾与海捕对虾风味化学成分的重要区别之一是养殖对虾的20:5n-3及22:6n-3的含量比海捕对虾低, 这是因为养殖对虾饲料中这两种高度不饱和脂肪酸含量低的缘故; 另外, 在对虾体内虽然有把18:2n-6及18:3n-3的碳链延长转变为20:5n-3及22:6n-3的能力, 但这种能力比较微弱, 而且是在含有必需脂肪酸和 n-3系列不饱和脂肪酸的条件下才能充分发挥这一作用[Kanazawa 等, 1979]。为了使养殖对虾体内20:5n-3和22:6n-3的含量提高到接近海捕对虾的水平, 除在饲料中增加这两种高度不饱和脂肪酸的含量以外, 还必须添加适量的 V<sub>B6</sub>。这不仅会增加养殖对虾的营养价值, 也使养殖对虾的风味更相似于海洋捕捞的对虾。

本研究系国家自然科学基金资助项目, 批文号3880641

### 参 考 文 献

- [1] 中山大学生物系生化微生物教研室, 1978. 生化技术导论, 53. 人民教育出版社(京)。
- [2] 无锡轻工业学院, 天津轻工业学院, 1983. 食品分析, 303-308. 轻工业出版社(京)。
- [3] 许实荣等, 1987. 中国对虾营养研究, B族维生素(B<sub>1</sub>、B<sub>6</sub>)对对虾蛋白酶和淀粉酶活力的影响, 海洋科学, (4):33-37。
- [4] 麦康森, 1986. 对虾对饵料蛋白质及氨基酸的消化吸收率, 山东海洋学院学报, 16(4):45-51。
- [5] 杨 森等, 1989. 食用维生素基础知识与定量方法, 83-98, 102-113, 153-163. 中国环境科学出版社(京)。
- [6] Cunnane, S. C. *et al.*, 1985. Effect of vitamin B-6 deficiency on essential fatty acid metabolism. *Vitamin B-6: Its role in health and disease*. pp. 447-451, Alan R. Liss, Inc., Kentville, Nova Scotia, Canada.
- [7] Deshimaru, O. and K. Kuroki, 1974. Studies on a purified diet for prawn-I: Basal composition of diet. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 40:413-419.
- [8] ———, 1979. Requirement of prawn for dietary thiamine, pyridoxine and choline chloride. *Ibid.*, 45:363-367.
- [9] Kanazawa, A. *et al.*, 1979. Essential fatty acids in diet of prawn-II, Effect of docosahexenoic acid on growth. *Ibid.*, 45:1151-1153.

- [10] Kanazawa, A., 1985. Nutrition of penaeid prawns and shrimps. *Proceedings of the first international conference on the culture of penaeid prawns/shrimps*, Iloilo City, Philippines, 1984. pp. 123-130. SEAFDEC, Iloilo City, Philippines, Aquaculture Department.
- [11] Kirschman, J. C. and J. G. Coniglio, 1961. The role of pyridoxine in the metabolism of polyunsaturate fatty acids in rats. *J. Biol. Chem.*, **236**:2200-2204.
- [12] Medes, G. *et al.*, 1947. Essential fatty acid content of rats on fat-free and pyridoxine-free diets. *Arch. Biochem.* **15**:19-29.
- [13] Sherman, H., 1950. Pyridoxine and fat metabolism. *Vit. Horm.*, **8**:55-68.
- [14] Witten. P. W. and R. T. Holman, 1952. Polyethonoid fatty acid metabolism IV, Effects of pyridoxine on essential fatty acid conversions. *Arch. Biochem. Biophys.*, **41**:266-273.

## STUDIES ON THE REQUIREMENT FOR RIBOFLAVIN, NICOTINAMIDE AND PYRIDOXINE IN THE PRAWN *PENAEUS CHINENSIS*

Xu Zhichang, Liu Tiebin and Li Aijie

(Ocean University of Qingdao, 266003)

**ABSTRACT** A feeding trial for two times with purified diet was conducted to study the influences of different levels of three kinds of water-soluble vitamins (riboflavin, nicotinamide and pyridoxine) on survival, weight, gaining rate, digestibility and bodily contents of the test vitamins of the prawn *Penaeus Chinensis*. The results indicated that each of the above biological index reached a highest value when the prawns were fed on the diet containing 0.01 (body weight 1.53 g)—0.02 (body weight 6.00 g) of riboflavin, 0.04% of nicotinamide and 0.014% of pyridoxine. Either deficit or excess of the vitamin in the diet would reduce the rate of growth and survival of the prawn.

The specific activities of tryptase in the hepatopancreas of the prawn increased when the pyridoxine level ranging from 0 to 0.014%, became higher and reached the highest value when the pyridoxine level in the diet was 0.014%. optimal pyridoxine level played an activating role to tryptase, promoted the digestion and absorption of dietary protein and the growth of the prawn.

Under the conditions of the present trial, the contents of C18:2n-6, 20:4n-6 and 20:5n-3 in the prawn became highest when the pyridoxine level in the diet was 0.014%. While the contents of 18:3n-3 and 22:6n-3 in the prawn became highest when the pyridoxine level in the diet was 0.028%, optimal dietary pyridoxine level would raise the contents of HUFA in the prawn.

**KEYWORDS** *Penaeus chinensis*, riboflavin, nicotinamide, pyridoxine, nutritional requirement