

斑节对虾的精氨酸、蛋氨酸、 苯丙氨酸、色氨酸的需求量研究

韩阿寿 梁亚全 高淳仁 孙溢

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266003)

摘 要 用额外添加必需氨基酸的实验饲料投喂斑节对虾虾苗, 研究斑节对虾的精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸的需求量。添加精氨酸, 对虾的增重明显, 并且随着添加量的增大, 对虾的增重率也变大, 但不影响成活率。当精氨酸占饲料中蛋白质含量的 10.38% 时, 对虾的增重率、成活率都最高, 这时饲料的必需氨基酸比率(A/E)与对虾肌肉必需氨基酸比率相似。添加蛋氨酸后, 对虾的增重率、成活率明显升高, 烂尾率明显下降至消失, 但三个水平之间差异不显著($P < 0.05$)。蛋氨酸占蛋白质比为 4.24% 时, 能获得最大的增重率并消除烂尾。饲料中添加苯丙氨酸达一定量时(占蛋白质比为 8.30%), 增重率(比不加苯丙氨酸的)差异显著; 但苯丙氨酸加到 10.96% 时, 对虾的生长反而受到影响。饲料中缺乏精氨酸和苯丙氨酸都影响增重, 但不引起死亡和烂尾。饲料中加入色氨酸, 对虾的增重率无甚变化, 含量低时(0.58% 和 0.96%) 烂尾率较高。但当色氨酸含量为 1.35% 时却能获得最大的增长并消除烂尾。

关键词 斑节对虾, 氨基酸, 需求量

前 言

蛋白质是动物所必需的营养物质, 是由氨基酸组成。不同的蛋白质是由不同的氨基酸组成, 其中有十种是动物所必需的氨基酸, 甲壳类和鱼类一样, 也需要这十种必需氨基酸, 但不同种类对必需氨基酸的需求是不同的。不同的饲料中必需氨基酸的含量区别很大, 它们投喂对虾的效果也不一样。为了蛋白质有效的利用, 饲料中的氨基酸比例必须平衡, 也就是说必需氨基酸定要符合对虾的营养需求。

在对虾的营养研究中, 对对虾的必需氨基酸需求种类的研究较多, 多种对虾的必需氨基酸都已确定, 但对对虾的必需氨基酸的需求量的研究较少。Teshima^[4]研究了几种蛋白质添加氨基酸后, 对日本对虾(*Penaeus japonicus*)幼体的营养价。在酪蛋白中加入晶体 L 型精氨酸盐酸盐, 提高了它的营养价, 日本对虾幼体的成活率、生长指数接近于或相同于对照组。

收稿日期: 1994-01-21。

Kanazawa^[5]确定了日本对虾的必需氨基酸。斑节对虾的必需氨基酸同日本对虾的一样,也是十种(Penaeus)^[7]。

本文参照斑节对虾的肌肉必需氨基酸组份,以脱脂大豆饼、酪蛋白和鱼粉为基础饲料,添加晶体氨基酸来补充不足的必需氨基酸,分别制成精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸含量不同的饲料,投喂斑节对虾幼虾。考察斑节对虾的成活率、增重率和尾肢溃烂指标,来确定其对以上四种氨基酸的需求量。

材 料 和 方 法

(一)实验用虾

实验用斑节对虾采用黄海水产研究所人工越冬亲虾产卵孵化后培育的虾苗,体重在0.40—0.60克之间,每一种氨基酸实验所用的虾的体重差别在0.06克之间。

养殖环境,在一个面积为30平方米的大形水泥池中,放置16个木制框架尼龙网箱(20目网眼),网箱体积为80×50×70立方厘米(长×宽×高),在网箱长边的中间用隔网隔开,每一网箱每边放养15尾对虾。每个实验组设两个重复。

水深40厘米,连续充气。每天上午投饲前换水一次,每次换水70%。每7天换池一次,将原池消毒冲洗干净,以备下次使用。实验期间水温为24.5—27℃,pH为7.6—8.2,盐度为28—30‰。

(二)实验饲料

1. 饲料组成 以脱脂大豆饼(粗蛋白质含43.8%)、酪蛋白和鱼粉(粗蛋白质含68%)为主要蛋白源,以此为基础饲料(见表1)。

表1 基础饲料组成

Table 1 The composition of basal diet

组 份 Ingredients	含 量(%) In the diet(%)
脱脂豆饼 Soybean meal free oil	43.0
酪蛋白 Casein	10.5
鱼粉 Fish meal	5.2
糊精 Dextrin	19.0
鱼油 Fish oil	3.3
无机盐混合物* Mineral mixture	5.0
维生素混合物** Vitamin mixture	5.0
氨基酸混合物*** Amino acid mixture	7.0
琼脂 Agar	2.0

* 无机盐混合物(克/千克饲料)——Ca(H₂PO₄)₂ 11.0g, CaCO₃ 10.3g, K₂HPO₄ 5.0g, NaH₂PO₄ · H₂O 14.0g, MgSO₄ · 7H₂O

6.37g, CuSO₄ · 5H₂O 0.01g, CoCl₂ · 6H₂O 0.14g, KCl 2.0g, FeSO₄ · 7H₂O 0.5g, AlCl₃ · 6H₂O 0.02g, ZnSO₄ · 7H₂O 0.54g, MnSO₄ · H₂O 0.1g, KI 0.02g.

** 维生素混合物(毫克/千克饲料)——VB₁ 30, VB₂ 80, VB₆ 30, 烟酸 300, 泛酸钙 120, 肌醇 1000, 生物素 3, 叶酸 6, 氯化胆碱 4000, VC1000, VE150, VK₂20, β-胡萝卜素 20, VD₃5, VB₁₂0.2, 微晶纤维素 8.62克。

*** 氨基酸混合物——每种饲料分别添加不同量的精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸和谷氨酸(调节饲料的蛋白质平衡),详细数量参见表2。

对比对虾肌肉的必需氨基酸比例,基础饲料的必需氨基酸中精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸的比例低。参照对虾肌肉的含量,适量添加晶体精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸,用谷氨酸调节饲料的总蛋白质水平,使所有饲料的蛋白质水平都在 35% 左右。只加限制性氨基酸,对超出的必需氨基酸不予考虑。共制成这四种氨基酸实验饲料 13 种,其中每种氨基酸有四个水平(见表 2 和表 3)。

2. 饲料配制 每种实验饲料的干性原料配好以后,在搅拌器内充分混合,然后加入油性原料,再充分混合,最后加入煮化的琼脂(粘合剂),搅拌混合均匀后以绞肉机挤压成型,制成直径 1.5mm,长度 0.5cm 的颗粒。在 56℃ 烘箱中烘干 6 小时,至含水量不超过 10%,冷却,塑料袋包装,置于 -24℃ 冰箱冷藏备用。

表 3 0 号饲料的必需氨基酸的 A/E 同斑节对虾的比较

Table 3 Comparison of essential amino acid (A/E) ratio of the diet 0 and that of *P. monodon*(%)

氨基酸 Amino acid	实验饲料 Test diet	肌肉氨基酸* Adult muscle
精氨酸 Arg	18.22	18.26±1.01
蛋氨酸 Met	7.43	6.46±0.08
苯丙氨酸 Phe	14.59	14.19±1.02
色氨酸 Try	2.38	2.36±0.09
组氨酸 His	6.07	4.21±0.34
异亮氨酸 Ile	8.34	8.57±0.14
亮氨酸 Leu	14.19	14.56±0.07
赖氨酸 Lys	12.20	14.98±0.18
苏氨酸 Thr	7.21	7.12±0.25
缬氨酸 Val	9.36	9.28±0.18

* 见参考文献[7] See reference[7]

(三)投饲方式

每天投喂二次,上午一次,傍晚一次。每天上午吸出残饲及粪便等物后再投喂,投喂量为对虾体重的 5—10%。

(四)测量方法与样品分析

实验 42 天,从八月十日至九月二十一日。每 14 天测量一次对虾体长和体重,共测量 4 次。

饲料制好以后,进行氨基酸含量分析。实验结束后,虾样立即送实验室低温冷冻(-24℃),而后分析肌肉氨基酸和游离氨基酸。氨基酸分析仪使用日立 835—50 氨基酸自动分析仪。

结 果 和 讨 论

精氨酸饲料实验结果(见表 4)表明,添加精氨酸,对虾的增重明显,并且随着精氨酸添加量的增大,增重率也变大,但不影响成活率。当精氨酸占饲料中蛋白质含量的 10.38% 时,对虾的增重率、成活率都最高,分别是 175% 和 93.3%。再添加精氨酸含量到 14.72% 时,对虾的增重率没有增加。

表 2 实验饲料的必需氨基酸添加量及含量
Table 2 The amount of added and contained essential amino acids of the test diets

饲料组别 No. of diet	精氨酸 Arg			蛋氨酸 Met			苯丙氨酸 Phe			色氨酸 Try			谷氨酸 Glu		
	占饲料量(%) Percentage in diet(%)	添加量(克/100克饲料) Amount added (g/100g diet)	占总蛋白质质量(%) Percentage in protein(%)	占饲料量(%) Percentage in diet(%)	添加量(克/100克饲料) Amount added (g/100g diet)	占总蛋白质质量(%) Percentage in protein(%)	占饲料量(%) Percentage in diet(%)	添加量(克/100克饲料) Amount added (g/100g diet)	占总蛋白质质量(%) Percentage in protein(%)	占饲料量(%) Percentage in diet(%)	添加量(克/100克饲料) Amount added (g/100g diet)	占总蛋白质质量(%) Percentage in protein(%)	占饲料量(克/100克饲料) Amount added (g/100g diet)	占总蛋白质质量(%) Percentage in protein(%)	添加量(克/100克饲料) Amount added (g/100g diet)
0	3.55	10.38	3.14	1.45	4.24	1.32	2.84	8.30	1.76	0.46	1.35	0.48	0		0
1	1.81	5.59	0	1.45	4.24	1.32	2.84	8.30	1.76	0.46	1.35	0.48	3.14		3.14
2	2.70	7.89	1.60	1.45	4.24	1.32	2.84	8.30	1.76	0.46	1.35	0.48	1.54		1.54
3	5.20	14.72	6.28	1.45	4.24	1.32	2.84	8.30	1.76	0.46	1.35	0.48	0		0
4	3.55	10.38	3.14	0.72	2.11	0	2.84	8.30	1.76	0.46	1.35	0.48	1.32		1.32
5	3.55	10.38	3.14	1.08	3.16	0.66	2.84	8.30	1.76	0.46	1.35	0.48	0.66		0.66
6	3.55	10.38	3.14	2.14	6.17	2.60	2.84	8.30	1.76	0.46	1.35	0.48	0		0
7	3.55	10.38	3.14	1.45	4.24	1.32	1.87	5.47	0	0.46	1.35	0.48	1.76		1.76
8	3.55	10.38	3.14	1.45	4.24	1.32	2.35	6.90	0.88	0.46	1.35	0.48	0.88		0.88
9	3.55	10.38	3.14	1.45	4.24	1.32	3.82	10.96	3.60	0.46	1.35	0.48	0		0
10	3.55	10.38	3.14	1.45	4.24	1.32	2.84	8.30	1.76	0.20	0.58	0	0.48		0.48
11	3.55	10.38	3.14	1.45	4.24	1.32	2.84	8.30	1.76	0.33	0.96	0.24	0.24		0.24
12	3.55	10.38	3.14	1.45	4.24	1.32	2.84	8.30	1.76	0.73	2.12	0.96	0		0

在蛋氨酸饲料的实验中,不另外加蛋氨酸,增重率最低(70%),烂尾率最高(75%)。添加蛋氨酸后,对虾的增重率、成活率明显升高,烂尾率明显下降或消失,但这三个水平之间差异不显著($P < 0.05$)。蛋氨酸占蛋白质比为 4.24% 时,能获得最大的增重率(120%)并消除烂尾。

苯丙氨酸的实验结果显示,只有苯丙氨酸含 8.30% (占蛋白质量) 时,对虾的增重率(125%) 同不另加苯丙氨酸时(80%) 差异显著;其它的水平都不显著($P < 0.05$)。添加色氨酸的对虾的增重率和成活率变化都不大,但能消除烂尾现象。低含量(0.58% 和 0.96%, 占蛋白质量) 时,对虾烂尾严重。当色氨酸占蛋白质量为 1.35% 时,对虾的增重率和成活率最好,分别是 1.75% 和 93.3%。

实验结束后,分析对虾的肌肉氨基酸和游离氨基酸成分(见表 5 和表 6)。肌肉中只有游离精氨酸和苯丙氨酸的含量同饲料中的含量有相关关系。饲料中精氨酸和苯丙氨酸含量增加,肌肉中的游离氨基酸含量也增加。

表 4 不同饲料投喂斑节对虾的实验结果

Table 4 Experiment results of *Penaeus Monodon fedon* different diets

实 验 饲 料 Test diet	平均始重(克) Initial mean weight	增重率(%) Percentage of weight gain	烂尾率(%) Percentage of eroded telson	成活率(%) Survial
1 基础饲料(精氨酸含 1.81%) Basal diet (Arg 1.81%)	0.42	100c	0	86.7
2 基础饲料+精氨酸(含 2.70%) Basal diet+Arg (2.70%)	0.42	150b	0	80.0
0 基础饲料+精氨酸(含 3.55%) Basal diet+Arg (3.55%)	0.42	175a	0	93.3
3 基础饲料+精氨酸(含 5.20%) Basal diet+Arg (5.20%)	0.42	175a	0	86.7
4 基础饲料(蛋氨酸含 0.72%) Basal diet(Met 0.72%)	0.54	70b	75	60.0b
5 基础饲料+蛋氨酸(含 1.08%) Basal diet+Met (1.08%)	0.54	120a	14	80.0a
0 基础饲料+蛋氨酸(含 1.45%) Basal diet+Met (1.45%)	0.54	120a	0	93.3a
6 基础饲料+蛋氨酸(含 2.14%) Basal diet+Met (2.14%)	0.60	110a	0	90.0a
7 基础饲料(苯丙氨酸含 1.87%) Basal diet (Phe 1.87%)	0.58	80b	0	86.7
8 基础饲料+苯丙氨酸(含 2.36%) Basal diet+Phe (2.36%)	0.57	100b	0	100
0 基础饲料+苯丙氨酸(含 2.84%) Basal diet+Phe (2.84%)	0.57	125a	0	93.3
9 基础饲料+苯丙氨酸(含 3.82%) Basal diet+Phe (3.82%)	0.56	110ab	0	86.7
10 基础饲料(色氨酸含 0.20%) Basal diet (Try 0.20%)	0.44	160a	40	86.7
11 基础饲料+色氨酸(含 0.33%) Basal diet+Try (0.33%)	0.45	175a	18	90.0
0 基础饲料+色氨酸(含 0.46%) Basal diet+Try (0.46%)	0.43	175a	0	93.3
12 基础饲料+色氨酸(含 0.73%) Basal diet+Try (0.73%)	0.45	165a	0	86.7

a, b, c 表示差异性显著($P < 0.05$)

a, b, c Means in rows with same superscript are not significantly different ($P < 0.05$)

从以上结果可以明显看出, 饲料中必需氨基酸不足时, 会影响对虾的正常生长; 添加一定量的必需氨基酸后, 能明显提高对虾生长速度和成活率。当精氨酸缺乏时, 斑节对虾的生长受到影响, 但不影响对虾的成活, 不引起烂尾。在其它动物的研究中, 也有相同的结果。

表 5 实验结束后斑节对虾的肌肉氨基酸含量(克/100 克鲜虾肉)

Table 5 Essential amino acid profile in muscle of *P. monodon* after experiment
(g/100g fresh muscle of shrimp)

组别 No. of diet	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	蛋氨酸 Met	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg	色氨酸 Try
0	0.56	0.62	0.21	0.44	1.07	0.52	1.13	0.17	1.34	0.18
1	0.53	0.64	0.22	0.45	1.06	0.55	1.16	0.18	1.32	0.15
2	0.49	0.61	0.22	0.42	1.08	0.57	1.15	0.19	1.38	0.17
3	0.51	0.63	0.23	0.44	1.06	0.56	1.18	0.17	1.35	0.17
4	0.50	0.60	0.21	0.49	1.06	0.55	1.19	0.18	1.34	0.18
5	0.53	0.66	0.22	0.48	1.08	0.57	1.20	0.19	1.34	0.18
6	0.54	0.65	0.24	0.50	1.13	0.58	1.21	0.21	1.36	0.21
7	0.51	0.67	0.21	0.52	1.12	0.57	1.22	0.24	1.28	0.17
8	0.57	0.66	0.22	0.53	1.15	0.61	1.21	0.24	1.28	0.17
9	0.53	0.69	0.25	0.49	1.06	0.58	1.20	0.17	1.37	0.20
10	0.55	0.73	0.26	0.52	1.12	0.60	1.22	0.19	1.38	0.21
11	0.54	0.72	0.24	0.48	1.09	0.61	1.19	0.21	1.38	0.20
12	0.57	0.68	0.26	0.51	1.13	0.62	1.18	0.17	1.39	0.20

表 6 实验结束后斑节对虾的游离氨基酸含量(克/100 克鲜虾肉)

Table 6 Free essential amino acid profile in body of *P. monodon* after experiment
(g/100g fresh body of shrimp)

组别 No. of diet	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	蛋氨酸 Met	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg
0	0.078	0.020	0.144	0.062	0.064	0.082	0.239	0.031	0.627
1	0.078	0.142	0.059	0.062	0.144	0.079	0.251	0.027	0.606
2	0.114	0.136	0.066	0.065	0.150	0.078	0.248	0.032	0.635
3	0.102	0.129	0.078	0.066	0.129	0.084	0.271	0.035	0.621
4	0.098	0.144	0.080	0.062	0.137	0.079	0.252	0.033	0.672
5	0.099	0.143	0.068	0.059	0.138	0.091	0.232	0.029	0.664
6	0.062	0.137	0.077	0.072	0.131	0.081	0.261	0.031	0.601
7	0.098	0.141	0.059	0.068	0.142	0.077	0.244	0.036	0.686
8	0.104	0.138	0.066	0.066	0.134	0.089	0.236	0.036	0.672
9	0.101	0.144	0.068	0.077	0.146	0.079	0.259	0.040	0.698
10	0.106	0.124	0.055	0.068	0.131	0.088	0.245	0.021	0.578
11	0.120	0.153	0.092	0.083	0.151	0.112	0.269	0.039	0.706
12	0.121	0.151	0.091	0.080	0.147	0.108	0.268	0.039	0.698

Ketola^[8]研究了虹鳟对赖氨酸和精氨酸的需求量时, 发现当精氨酸缺乏时, 只影响虹鳟 (*Salmo gairdneri*) 的生长, 不影响成活率, 不引起烂尾; 而赖氨酸缺乏时不但影响虹鳟的生

长,而且降低成活率,引起严重烂尾。Teshima 研究日本对虾幼体对几种饲料的营养价时,用酪蛋白、卵蛋白、明胶、氨基酸混合、白鱼粉、酪蛋白+精氨酸(晶体)和活饲料(微藻和卤虫做对照)分别投喂幼体,结果只有酪蛋白+精氨酸组的成活率和增重率接近或相同于对照组。究其原因,是酪蛋白+精氨酸的必需氨基酸含量同对照组的活饲料的必需氨基酸含量相似,而活饲料的必需氨基酸同对虾幼体的必需氨基酸含量相似,其它饲料的某些必需氨基酸皆低于日本对虾的必需氨基酸含量比例。Teshima 按照日本对虾幼虾自然界最好的饲料——菲律宾蛤(*Venerupis philippinarum*)的氨基酸组成模式配制成氨基酸饲料,研究其生长,发现效果良好。

本实验的基础饲料中缺乏精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸,添加晶体精氨酸、蛋氨酸和苯丙氨酸都能明显提高对虾的生长,只有色氨酸对对虾的增重变化不明显,但缺乏时会引起尾肢和尾扇溃烂;加入后能消除此现象。最有意义的是,饲料中每种必需氨基酸的比率(即某种必需氨基酸/总必需氨基酸+胱氨酸和酪氨酸之总和 $\times 100$,英文简写 A/E)恰好同对虾肌肉必需氨基酸的比率(A/E)相似(见表 3),对虾的生长情况最好。这一点在其它动物的必需氨基酸研究中也述及。Halver 等人^[1]把色氨酸作为 1.0,将多种鱼类鱼体或肌肉蛋白质的必需氨基酸比率与已确定的大鳞大马哈鱼的各种必需氨基酸的比率进行了比较,发现比率非常相似。采用(A/E)指标旨在衡量某种必需氨基酸在总必需氨基酸中所占的比率,这同 Halver 用色氨酸作指标,比较必需氨基酸比率的方法的效果是一样的,都是强调必需氨基酸之间的比率关系。体蛋白质的必需氨基酸组成,对于判断必需氨基酸的需要量有很大的作用。Mitchell^[1]认为,构成动物体蛋白质的必需氨基酸组成,表示动物所要求的必需氨基酸种类和比率。

实验结果还显示,当这几种氨基酸添加过量时,并没有继续对对虾的生长产生好的影响,却反映出增重率和成活率都有不同程度地降低,但变化不显著($P < 0.05$)。过高的必需氨基酸也破坏了饲料中的必需氨基酸平衡。这一点在蛋氨酸和苯丙氨酸中较为明显,这里可能另有原因。胱氨酸可由蛋氨酸合成,酪氨酸可由苯丙氨酸合成,这在鱼类营养研究中已有报道。饲料中的胱氨酸、酪氨酸存在时,能分别降低蛋氨酸和苯丙氨酸的需求量。在本实验中,当蛋氨酸含量只有 1.08% 时,对虾的生长可达到同蛋氨酸含量为 1.45% (A/E 同对虾肌肉中蛋氨酸的比率相似)一样的水平,这可能其中一部分蛋氨酸的需求量被胱氨酸所取代了。

综上所述,饲料中精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸的含量同对虾肌肉中的含量比例相同时,饲料的蛋白质营养最高,对虾的生长最好。斑节对虾对这四种氨基酸的需求量分别是 3.55%、1.45%、2.84% 和 0.46% (当饲料中蛋白质含 35% 左右时)。

参 考 文 献

- [1] 桥本芳郎编,蔡完其译,1980. 养鱼饲料学,89—120. 农业出版社。
- [2] Dall, W. 等著,陈楠生等译,1991. 对虾生物学,175—186. 青岛海洋大学出版社。
- [3] Michael B. New 著,1991. 鱼虾饲料与投饵——水产业鱼虾配合饲料加工和使用手册,12—27. 联合国粮农组织(中文版)。
- [4] Teshima, S. I., et al., 1986. Dietary value of several proteins and supplemental amino acids for larvae of the prawn *penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 51: 225—235.
- [5] Kanazawa, A., et al., 1981. Essential amino acids of the prawns. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 47(10): 1375—

1377.

- [6] Shewbart, K. L., et al. 1972. Identification and quantitative analysis of the amino acids present in protein of the shrimp, *penaeus aztecus*. Marine Biology, 16 : 64—67.
- [7] Penafiora, V. D., 1989. An evaluation of indigenous protein sources as potential component in the diet formulation for tiger prawn, *penaeus monodon*, using essential amino acid index (EAAD). Aquaculture, 83 : 319—330.
- [8] Ketola, H. G., 1983. Requirement for dietary lysine and arginine by fry of Rainbow Trout. J. Animal Science, 56 : 101—107.

REQUIREMENT FOR DIETARY ARGININE, METHIONINE, PHENYLALANINE AND TRYPTOPHAN BY JUVENILE OF THE SHRIMP *PENAEUS MONODON*

Han Ashou Liang Yaquan Gao Chunren Sun Mi

(Yellow Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266003)

ABSTRACT Juveniles of Shrimp *Penaeus monodon* (mean body weight 0.5g) were fed basal diets with three levels of Arginine, Methionine, Phenylalanine and Tryptophan. The study was conducted on the requirements of shrimp for the above essential amino acids. The addition of Arginine improved body weight significantly but had no effect on survival rate. The weight gain and the addition of Arginine are in direct proportion. When the protein in the diet added with Arginine was 10.38%, the weight gain and survival rate reached a maximum. The essential amino acid ratio (A/E) was similar to the ratio of meal to the essential amino acids with the addition of Methionine, the weight gain and survival rate increased and the rate of caudal fin erosion decreased significantly or even disappeared. There was no significant difference in weight gain and survival rate among the three levels ($P < 0.05$) when the protein in the diet added with Methionine was 4.24%, the weight gain reached a maximum and the rate of caudal fin erosion disappeared. When a certain amount of Phenylalanine (8.30% of protein) was added in the diet, there was a significant difference in weight gain compared with the diet without Phenylalanine; but with the addition of Phenylalanine (10.96%), shrimp growth was affected thus the weight gain decreasing. Deficiency of Arginine and Phenylalanine reduced the weight gain ($P < 0.05$), without any effect on mortality or caudal fin erosion. The addition of tryptophan had no significant effect on weight gain ($P < 0.05$), but the low contents of tryptophan (0.58% and 0.96%) resulted in caudal fin erosion. When the Tryptophan content was 1.35%, the weight gain reached a maximum and caudal fin erosion disappeared.

KEYWORDS *Penaeus monodon*, Amino acid, Quantitative requirement