

266-273

12121(7)

第40卷 第3期
1994年9月动物学报
ACTA ZOOLOGICA SINICAVol. 40 No. 3
Sept., 1994

中国对虾维生素营养的研究: I. 维生素 A 对中国对虾生长及视觉器官的影响

陈四清**

李爱杰

(青岛海洋大学食品工程系, 青岛 266003)

内容提要

S968.22

A

本文研究维生素 A 对中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 生长及视觉器官的影响, 获得如下结果: 1. 体长 4cm、体重 1g 小虾对饲料中 V_A 的最适添加量为 18,000 IU/100g 饲料, 体长 8cm、体重 7g 大虾对饲料中 V_A 的最适添加量为 12,000 IU/100g 饲料, 在 V_A 最适添加量下, 对虾增长、增重最快, 饲料系数最低。2. 中国对虾的视网膜电图在暗适应条件下有 b、c、d 三波, 在白、蓝、黄三种光照刺激下, 只有 A_3 组 (12,000 IU/100g 饲料) 其视网膜电位达最高值, 即 b 波振幅达 2.45mV, d 波振幅达 3.7mV, 表明 V_A 在最适添加量下, 视觉反应灵敏, 视觉功能正常; 3. V_A 最适添加量的 A_3 组对虾眼组织完整、无畸变, 而 V_A 含量过高或不足各组, 其小眼、视网膜、髓体、X-器官等都有不同程度的畸变、不完整、干瘪等现象, 表明 V_A 投喂量不当时, 会引起视觉器官的发育障碍或病变。

关键词: 中国对虾, 视觉器官, 营养, 维生素 A.

~~维生素~~

维生素 A 对视网膜上光敏化合物视紫质的更新是必要的, 对膜间的钙传递、繁殖和卵发育、细胞膜和亚细胞膜的完整起到重要作用 (Waterman, 1961; Kanazawa *et al.*, 1977; Jogannath, 1989; Halver, 1985; 庄健隆, 1987。)Fisher 等 (1954) 发现深水虾的眼部含有比浅水虾更多的维生素 A, 证明维生素 A 在虾类也参与视觉功能; Fisher 等 (1957) 更进一步认为维生素 A 是来自浮游植物中的 β -胡萝卜素。维生素 A 也是对虾生长发育和维持正常生理功能所不可缺少的营养物质。目前, 在中国对虾饲料中添加的维生素 A 数量, 多参照国外虾商品饲料或鱼类的需求标准添加, 而非饲养中国对虾的实验数据。关于中国对虾对维生素 A 的需求量, 国内外皆未见报道。为了确定养成期中国对虾配合饲料中维生素 A 的适宜添加量, 作为研制适合中国对虾特点和需求的全价配合饲料的参数。本研究以对虾的增长率、增重率、饲料系数、视网膜电图的变化以及虾眼的组织结构等生物学指标, 综合评价中国对虾饲料中维生素 A 的适宜添加量, 以及维生素 A 对其视觉器官的影响。

本文于 1992 年 6 月收到, 1994 年 4 月修回。

■ 国家自然科学基金资助项目, 基金批文号 3880641。

** 现在黄海水产研究所工作。

在研究过程中得到了中科院海洋所郝斌、孙海宝, 青岛海洋大学申钧、戴如君、刘竹伞、胡维兴、李兰生等先生的大力协助, 在此一并表示衷心感谢。

材 料 和 方 法

实验材料:中国对虾(*Penaeus chinensis*)。

实验 1:虾尾均体长、体重约为 4cm、1g,购自青岛盐业公司养虾场,实验 2:虾尾均体长、体重约为 8cm、7g,购自女姑口养虾场。

基础饲料:蛋白源以酪蛋白为主加部分明胶、虾糠,为使氨基酸平衡,又加 1% 单体氨基酸;糖源用糊精;脂肪用豆油,通过皂化,乙醚提取,还原成脂肪酸以去除脂溶性维生素,甲壳素来源于虾糠,用索氏提取法去除脂溶性维生素,以保证原料中不含有维生素 A。基础饲料的组成见表 1。

表 1. 基础饲料的组成

(Tab. 1 The composition of the formulated fundamental diet)

原料名称 (Name of Material)	含量(%) (Content)	原料名称 (Name of Material)	含量(%) (Content)
酪蛋白 (Casein)	39	胆固醇 (Cholesterol)	0.2
明胶 (Gelatin)	10	褐藻胶 (Algin)	1.8
糊精 (Dextrin)	18	混合维生素 ⁽¹⁾ (Vitamin mixture)	4
虾糠 (Prawn meal)	4	混合无机盐 ⁽²⁾ (Mineral mixture)	16
豆油 (Soybean oil)	6	混合氨基酸 ⁽³⁾ (Free amino acid mixture)	1

(1)混合维生素(不含 V_A)每百克含量(Vitamin mixture without V_A content): V_D 0.01g, V_E 1.0g, V_K 0.1g, V_1 25g, V_{B1} 0.15g, V_{B2} 0.67g, V_{B3} 1.0g, V_{B5} 2.5g, V_{B6} 0.4g, V_{B7} 0.04g, V_{B11} 0.1g, V_{B12} 0.01g, 氯化胆碱(Choline chloride) 20g, 肌醇(Inositol) 13.3g, 对氨基苯甲酸(P-Amino benzoic acid) 1.3g, 纤维素粉(Cellulose microcrystalline) 34.42g,

(2)混合无机盐每百克含量(Mineral mixture content): $N_4H_4PO_4$ 10g, KH_2PO_4 21.5g, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ 26.5g, $CaCO_3$ 10.5g, KCl 2.8g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 10g, $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 1.2g, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.511g, $MnSO_4 \cdot 4-6H_2O$ 0.143g, KI 0.058g, $CuCl$ 0.051g, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 0.176g, 乳酸钙(Ca-lactate) 16.5g, 柠檬酸铁(Fe-citrate) 0.061g

(3)100 克饲料中添加氨基酸的量为(Free amino acid additional content in 100g diet):

赖氨酸(Lys) 0.12g, 亮氨酸(Leu) 0.03g, 蛋氨酸(Met) 0.03g,
精氨酸(Arg) 0.23g, 苏氨酸(Thr) 0.32g, 甘氨酸(Gly) 0.27g.

实验分组:按每百克饲料中 V_A 的添加量分为四组,分别为 A_2 组 6,000IU, A_3 组 12,000IU, A_4 组 18,000IU, A_5 组 24,000IU,以不含 V_A 者作为对照组(A_1)。

实验方法:饲料制备按分组用量要求,分别将饲料混匀,用绞肉机制成粒径 2mm 颗粒,于 50-60℃ 烘干后,真空封袋包装,低温避光储存。

对虾放于玻璃钢桶(150L)中流水饲养,并备有充气装置。对虾先暂养 1-2 天,使其适应环境。分组时尽量使大小相近,经 F 检验其各组间大小无差异。实验 1,每组放虾 20 尾,自 7 月 1 日至 8 月 4 日,饲养 35 天;实验 2,每组放虾 6 尾,自 8 月 8 日至 9 月 7 日,饲养 30 天。实验 1、2 各设一平行组,其实验条件完全一致。实验期间水桶内的水温为 22-27℃,每日温差变化在 1℃ 以内,pH 值 8.16-8.31, S_{O_2} 30-

32%, $\text{NH}_4\text{-N} < 0.2 \text{mg/L}$, $\text{DO} 6-8 \text{ml/L}$ 。

每日于 8 时、16 时各投喂一次, 每次投喂后 2.5 小时吸出残饵, 用滤纸吸干水分, 称重记录, 乘以干湿饵之比即为残饵量。总投饵量减去残饵量即为总摄食量。

视网膜电图测定, 采用虾眼离体法, 参照杨雄里等(1979)、郑微云等(1985)、张世静等(1988)所用方法进行。

虾眼的组织切片, 参照董晓明(1989)所用方法, 用 Carnoy-Lebrum 氏液固定, 石蜡包埋切片, 而后用苏木精、曙红 Y 染色。

结果与讨论

V_A 对中国对虾生长及摄食的影响, 实验 1 见表 2. 实验 2 见表 3.

从表 2 可见, 对虾的增长率和增重率皆以 A_4 组为最高, 增重率经方差分析 F 检验值 (7.57) 大于 $F_{0.05}$ (3.52), 说明组间差异显著。饲料系数以 A_4 为最低, 其它为 $A_3 < A_1 < A_5 < A_2$; 存活率以 A_1 最高, 其它为 $A_2 > A_4 > A_3 = A_5$; A_5 组死亡率最高, 说明过量 V_A 对对虾的生长不利。 A_1 组存活率高的原因可能为: (1) 各种外界因素及人为因素引起对虾死亡, 而造成误差。(2) 实验周期较短, 虾体内储存的 V_A 仍在起作用。综合来看, 体长 3-7cm 小虾以 A_4 组饲料 (18,000 IU/100g) 投喂效果最好, 增长、增重最大, 饲料系数最低。

表 2. 实验 1 维生素 A 对中国对虾生长的影响

(Tab. 2 Experiment 1. Effects of vitamin A level in the diet on growth of Shrimp)

组别 (Series)	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
初长 (cm) (Initial length)	3.97	4.02	4.20	4.15	4.13
终长 (cm) (Finishing length)	4.95	4.90	5.12	5.20	5.00
增长率 (%) (Length rate of increase)	24.7 ± 1.1	21.9 ± 6.2	24.1 ± 3.5	25.3 ± 3.0	21.1 ± 1.9
初重 (g) (Initial weight)	0.93	0.97	1.05	1.03	1.02
终重 (g) (Finishing weight)	1.47	1.64	1.05	1.80	1.56
增重率 (%) (Weight rate of increase)	58.1 ± 0.5	69.1 ± 4.5	67.1 ± 1.5	74.8 ± 4.2	52.9 ± 2.9
饵料系数 (Feed conversion rate)	3.47 ± 0.35	5.43 ± 1.61	3.32 ± 0.26	2.93 ± 0.24	4.24 ± 1.06
死亡率 (%) (Death rate)	32.5 ± 2.50	35.0 ± 0.00	50.0 ± 15.0	47.5 ± 12.5	50.0 ± 5.00

注: 表中体长、体重均为二平行组 40 尾虾的平均值 (In the table, lengths and weights of Shrimps are the averages of 40 Shrimps of two parallel groups)

表 3. 实验 2 维生素 A 对中国对虾生长的影响

(Tab. 3 Experiment 2. Effects of vitamin A level in the diet on growth of Shrimp)

组别 (Series)	A'1	A'2	A'3	A'4	A'5
初长 (cm) (Initial length)	8.05	7.86	8.03	7.95	7.68
终长 (cm) (Finishing length)	8.31	8.44	9.50	8.78	8.16
增长率 (%) (Length rate of increase)	3.2±0.4	7.4±2.2	18.3±3.9	10.4±3.9	6.3±1.2
初重 (g) (Initial weight)	6.89	6.65	7.09	6.68	6.27
终重 (g) (Finishing weight)	7.66	7.84	9.66	8.63	7.40
增重率 (%) (Weight rats of increase)	11.2±2.3	17.9±3.2	36.2±1.3	29.2±9.4	18.2±3.6
饵料系数 (Feed conversion rate)	8.12±2.01	6.83±0.44	3.24±0.19	3.50±2.29	6.17±1.35
死亡率 (%) (Death rate)	58.5±8.5	41.5±8.5	41.5±8.5	41.5±8.5	50.0±0.0

注:表中体长、体重均为二平行组 12 尾虾的平均值 (In the table, lengths and weights of Shrimps are the averages of 12 Shrimps of two parallel groups)

从表 3 可见,实验 2 对虾的增长率依次为 $A_3 > A_4 > A_2 > A_5 > A_1$; 增重率为 $A_3 > A_4 > A_5 > A_2 > A_1$, 经方差分析其 F 值为 3.78, 大于 $F_{0.05}$, 组间差异显著, 说明 V_A 对对虾增重率的影响效果显著; 饵料系数为 $A_3 < A_4 < A_5 < A_2 < A_1$; 成活率以 A_2, A_3, A_4 组最高, A_5 次之, A_1 组最低, 表明过高 V_A 含量和缺乏 V_A 的饲料对对虾的存活都不利。综合来看, 7—10cm 大虾以 A_3 组饲料 (12,000IU/100g) 投喂效果最好, 增长、增重最快, 饵料系数最低。

实验 1, 实验 2 结果表明, 中国对虾对 V_A 是需要, 但饲料中 V_A 含量过高与过低都对对虾生长不利; 其饲料中最适含量在本实验条件下, 小虾以 18,000IU/100g 为宜, 大虾则以 12,000IU/100g 为最好, 小虾饲料 V_A

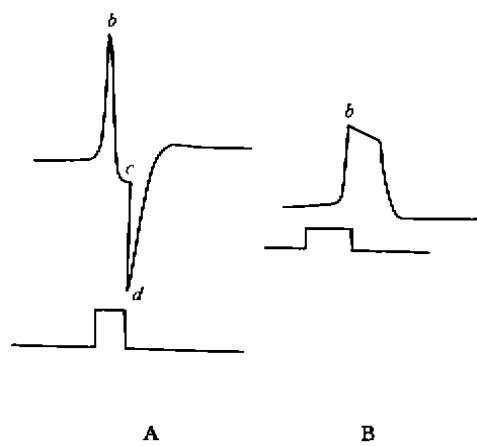


图 1. 中国对虾与长毛对虾视网膜电图的比较

[Fig. 1 The different of ERG between *P. chinensis* and *P. penicillatus*]A: 中国对虾视网膜电图 (The ERG of *Penaeus chinensis*)B: 长毛对虾视网膜电图 (The ERG of *Penaeus penicillatus*)

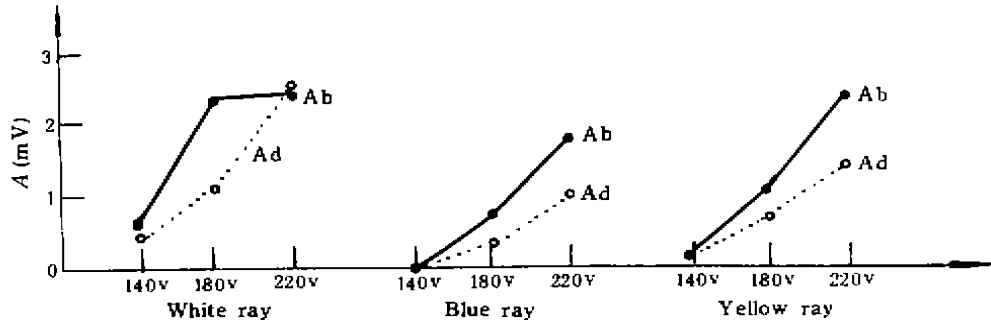


图 2. A1 组虾 ERG 的 b 波、d 波振幅比较

(Fig. 2 Amplitude comparison of wave b and wave d of group A1 prawn's ERG)

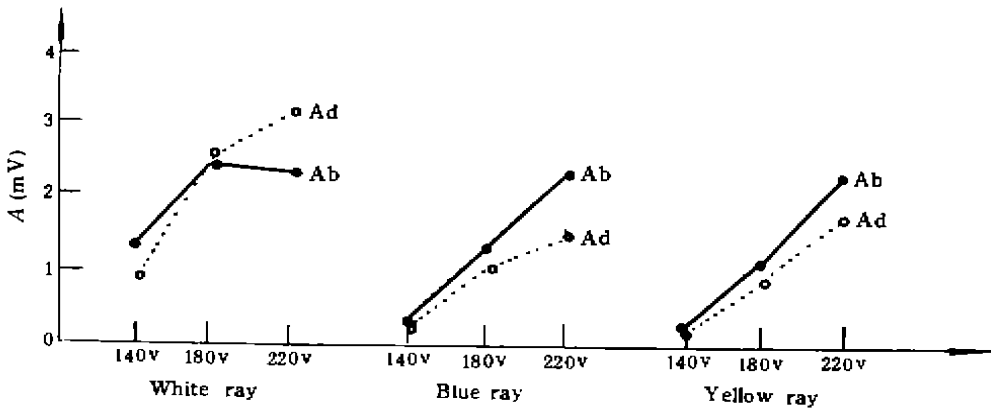


图 3. A2 组虾 ERG 的 b 波、d 波振幅比较

(Fig. 3 Amplitude comparison of wave b and wave d of group A2 prawn's ERG)

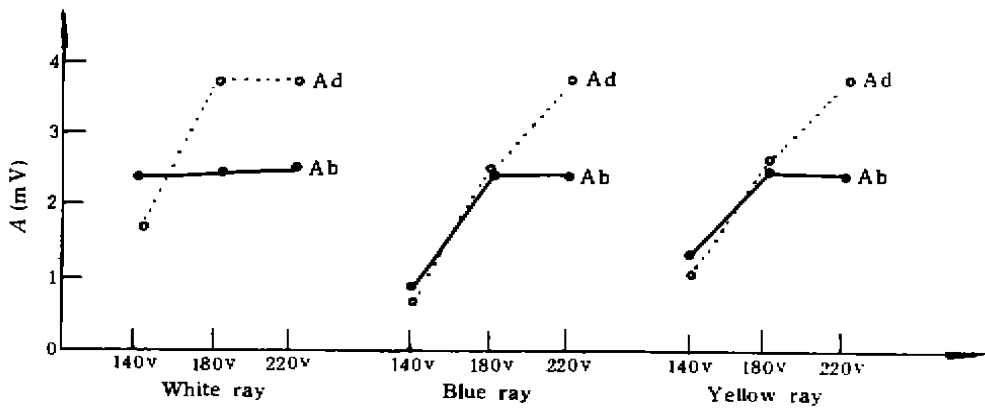


图 4. A3 组虾 ERG 的 b 波、d 波振幅比较

(Fig. 4 Amplitude comparison of wave b and wave d of group A3 prawn's ERG)

的含量应高于大虾。

维生素 A 对中国对虾视网膜电图(ERG)的影响

取实验 2 体长 8cm 对虾测其视网膜电图,结果见图 1。长毛对虾的 ERG 只有一个简单的 b 波,而中国对虾的 ERG 有 b、c、d 三个波,表明中国对虾的视觉系统较为复杂。测定

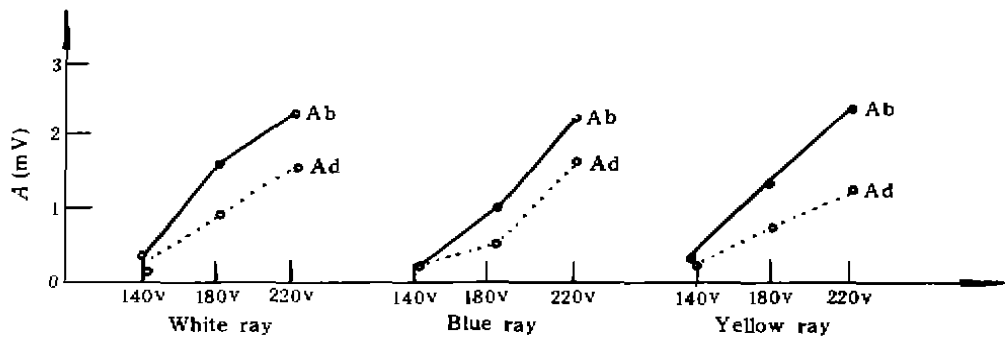


图 5. A4 组虾 ERG 的 b 波、d 波振幅比较

(Fig. 5 Amplitude comparison of wave b and wave d of group A4 prawn's ERG)

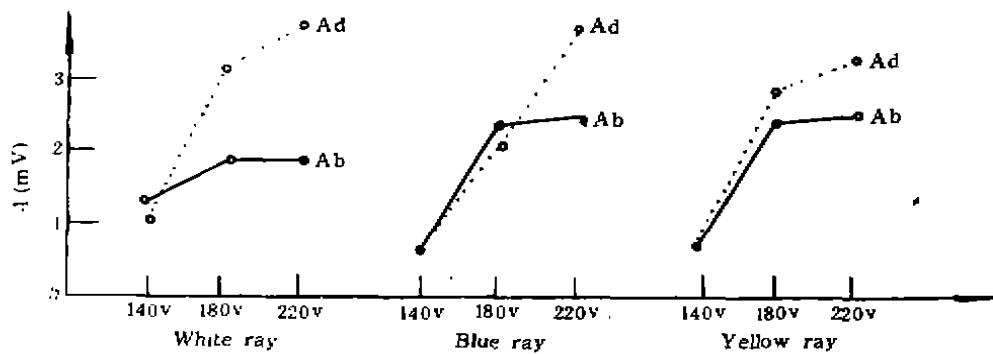


图 6. A5 组虾 ERG 的 b 波、d 波振幅比较

(Fig. 6 Amplitude comparison of wave b and wave d of group A5 prawn's ERG)

发现中国对虾也有对蓝光(480nm)和黄光(580nm)敏感的两组感受系统,这与长毛对虾的测定结果(郑徽云,1985)一致。

各组对虾视网膜电位如图 2-6 所示,经方差分析,各组电位值的 F 检验值远大于 $F_{0.01}(11, 4)$,说明 V_A 对对虾视网膜电位的影响极显著;经比较可以看出只有 A_3 组在三种光照刺激下,其视网膜电位触达最高值,即 b 波振幅达 2.45mV, d 波振幅达 3.7mV,且随光强增大时趋于稳定;而其它各组在同样条件刺激下,其视网膜电位达不到这一峰值,这说明只有 A_3 组即 V_A 为最适添加量时,对虾视觉反应灵敏,视觉功能正常, V_A 过多或不足都会引起对虾视觉的不正常反应。

维生素 A 对中国对虾视觉器官组织学的影响

将实验 2 各组对虾的复眼进行组织切片观察(见图版 I),各眼直径(约 0.5cm)大小一致,切面位置基本相同,从其横切面和纵切面可明显看出,复眼的完整状况以 A_3 组为最好。饲料中 V_A 含量小于或大于 12,000IU/100g,其复眼组织都有不同程度的缩瘪或残缺现象,尤以缺乏 V_A 的对虾复眼角膜软化水肿,晶体变形,组织间空隙大、空洞多,折皱凹陷多,髓体干瘪瘦小,组织溃烂多;X-器官也不明显,经对 A_1 组多只虾眼重复切片,皆呈

现上述组织变化,说明复眼的组织结构变化是缺乏 V_A 的普遍现象。但是, V_A 过量时也会使小眼产生病变。 V_A 对中国对对虾视觉器官的影响,其规律性与前述各项实验结果是一致的,这从另一方面说明饲料中适宜 V_A 添加量有助于对虾生长。 V_A 的存在对对虾复眼的正常发育是必要的,缺乏 V_A 则会引起对虾视觉器官的发育障碍,过量 V_A 也会使其产生病变。对虾的烂眼病可以设想为缺乏 V_A 而产生病变,而后为细菌侵袭。因此,防治对虾烂眼病,除用药物外,还应强化 V_A 的营养。虾眼中的 X-器官对对虾的性腺发育有调节作用,近年来有剪去对虾眼柄来促进亲虾的性腺发育进行育苗生产的,但剪去虾眼会使虾体受伤,感染病菌而致死亡。设想利用 V_A 对眼的营养作用,在亲虾培养阶段,使其缺乏 V_A 来阻碍视觉器官的正常生长,对育苗或许更为有效,有待于进一步研究。

参 考 文 献

- 庄健隆 1987 水产动物之饲料及营养性疾病。P. 42. 台湾养猪科学研究所出版。
- 张世静、黄道生 1988 蛙视网膜电图的简易记录法, 生物学杂志 23(1):33-35。
- 杨雄里、刘育民 1979 明视光谱亮度函数的测定, 生理学报 31(2):105-106。
- 郑微云、张岚 1985 长毛对对虾复眼的感受系统及其适应特性, 厦门大学学报自然科学版 24(2):256-262。
- 董晓明 1989 制作眼球切片标本方法的改进, 生物学通报(4):33。
- Fisher, L. R., S. K. Kon and S. Y. Thompson 1954 Vitamin A and caro tenoids in certan invertebrates. II. Studies of seasonal variations in some marine crustacea. *J. Marine Biol. Assoc. U. K.* 33:589-612.
- Fisher, L. R., S. K. Kon and S. Y. Thompson 1957 Vitamin A and carotenoids in certain invertebrate VI Crustacea penaeidae. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 36:501-507.
- Halver, J. E. 1985 Recent advances in vitamin nutrition and metabolism in fish. *Animal Nutrition* 415-428.
- Jogannath Garguly and PH. D. D. Sc. F. N. A. 1989 Biochemistry of vitamin A. Boca Rator, Fla., CRC Pr. Inc. p. 145-159.
- Kanazawa, A., S. Teshima and S. Tokiwa 1977 Nutritional requirement of prawn-VII. Effect of dietary lipid on growth. *Bull. Japa. Soc. Sci. Fish.* 43(7):849-856.
- Waterman, Talbot H. ed. 1960 The physiology of crustacea. Volume II. Sense organ. intergration and behavior. p. 44 New York, Academic Pr.

外 文 摘 要 (Abstract)

INVESTIGATION ON NUTRITION OF VITAMIN A FOR SHRIMP *PENAEUS CHINENSIS*; I. EFFECTS OF VITAMIN A ON SHRIMP'S * GROWTH AND VISUAL ORGAN

CHEN SI-QING** LI AI-JIE

(Department of Food Engineering, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003)

This paper presents the result of the effect of vitamin A on Shrimp's growth and visual organ as follows;

- * This experiment is one part of the aid item of the Fund of National Nature Science. The Serial Number is 3880641.
- ** At present, CHEN Si-Qing is working in Yellow Sea Fisheries Research Institute (CAPS).

(1) The optimal additional content of VA in diet for the shrimp with 4cm length and 1g weight was 18,000 IU/100g, while the optimal additional content of VA for the shrimp with 8cm length and 7g weight was 12,000 IU/100g. The additional content of VA for small shrimp was more than that of the bigger one. In these conditions, the increase of shrimp's length and weight is highest and the feed conversion rate is lowest.

(2) There were three waves in the electroretinogram (ERG) of *Penaeus chinensis* in dark adaptation, they were wave b, wave c and wave d. When shrimps' compound eyes were stimulated by white, blue and yellow rays, we found that only the RRG's potential of shrimp in group A3 (12,000 IU/100g) reached the highest value, it meant that the amplitude value of wave b reached 2.45 mV and the amplitude value of wave d reached 3.7mV. All these showed that when shrimps were fed with the optimal additional content of VA diet the visual reaction of these shrimp's eyes were sensitive and the visual function were normal.

(3) The tissue of shrimp's compound eyes with optimal additional content of VA in group A3 was integrity without malformation, but in those group that the content of VA were over or lack, the shrimp's ocelli, retina, pith and X-organ had been damaged in varying degrees, such as deformity, unintegrity and wither in some tissues. All these showed that the shrimp fed with unfit content of VA could cause pathological changes of its tissue and the hinder of its development.

Key words: *Penaeus chinensis*, Visual organ, Nutrition, Vitamin A (VA).

图 版 说 明

图版 I (Plate I)

1. A3 组对虾复眼横切面切片 (Cross section of the Shrimp's compound eye of A3 group) (40×1) (1); 角膜 (Cornea) (2); 晶锥细胞 (Crystalline cone cell) (3); 晶体 (Crystalline) (4); 晶锥柄 (Rhabdome) 2. A1 组对虾复眼横切面切片 (Cross section of the shrimp's compound eye of A1 group) (40×1) (1); 角膜 (Cornea) (2); 晶锥细胞 (Crystalline cone cell) (3); 晶体 (Crystalline) (4); 晶锥柄 (Rhabdome) 3. A3 组对虾复眼纵切面切片 (Vertical section of the shrimp's compound eye of A3 group) (40×1) (6); 单眼 (Ocelli) (7); 视网膜 (Retina) (8); 髓体 (Pith body) (9); X-器官 (X-organ). 4. A1 组对虾复眼纵切面切片 (Vertical section of the shrimp's compound eye of A1 group) (40×1) (5); 角膜 (Cornea) (6); 单眼 (Ocelli) (7); 视网膜 (Retina) (8); 髓体 (Pith body) (9); X-器官 (X-organ)