

# 大蝦 (*Penaeus chinensis*)의 蛋白質要求量과 蛋白質原으로서 大豆粕의 利用\*

金 炫 浚 · 許 聖 範

釜山水產大學校 養殖學科

## Optimum Level of Protein and the Possibility of Replacement of Fish Meal by Soybean Meal in Feeds for Fleshly Shrimp, *Penaeus chinensis*

Hyun Jun KIM and Sung Bum HUR

Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608-737 Korea

### ABSTRACT

In order to substitute soybean meal for fish meal, the protein requirement of fleshy shrimp was examined and then the effect of soybean meal supplemented with cuttlefish oil was studied.

Different contents of protein in prepared diet had significant effects on the survival rate and growth of fleshy shrimp ( $P < 0.05$ ). With regard to protein content ranging from 25% to 50%, 40% protein showed the best survival rate and fastest growth. The percent survival rates of fleshy shrimp fed diets containing protein levels of 25, 30, 35, 40, 45 and 50 (%) were 74.0<sup>d</sup>, 82.0<sup>cd</sup>, 91.0<sup>b</sup>, 97.0<sup>a</sup>, 93.0<sup>ab</sup>, and 88.0<sup>bc</sup>% ( $P < 0.05$ ). The optimum protein requirements for postlarvae (13~84 mg) and juvenile (0.9~8.1 g) were calculated by the broken line method as 40.4% and 39.9%.

When soybean meal was substituted (up to 76%) for fish meal in the prepared diet, the performance gradually suffered with the increase of soybean meal content, but when cuttlefish oil was added to soybean meal, survival rates were improved with 2.5% cuttlefish oil supplement.

### 緒 論

새우류는 양식 대상 품종 중 중요한 위치를 차지하고 있어, 이에 대한 연구가 오래 전부터 범세계적으로 계속되어 왔다. 현재까지 산업적으로 양식되는 甲殼類中에는 새우류가 가장 많으며, 1990년 전 세계 새우류의 총 생산량은 약 599,807 톤으로 세계 총 양식 생산량 15,322,703 톤의 3.9%를

\* 본 연구는 1989년 한국과학재단 학위 논문 연구비 지원에 의해 수행되었음.

차지하고 있다. 새우류의 생산을 地域적으로 볼 때 아시아에서 478,670 톤, 中美에서 87,789 톤, 南美에서 8,121 톤, 北美에서 5,400 톤, 유럽에서 200 톤의 순위로 생산되었고, 아시아는 전체 생산의 82.5%를 차지하고 있다. 특히 중국의 경우, 黃海海域에서 연간 약 196,400 톤 정도의 새우를 생산하고 있고, 이중에서도 大蝦의 생산량은 전체의 약 94.8%를 차지하고 있다 (FAO 1992). 따라서 최근 국내에서도 대하의 자원관리를 위한 대규모 稚蝦放流와 대규모 양식산업이 활발히 시행되고 있어 이 종류에 대한 營養飼料學的 연구가 매우 시급한 실정이다.

새우류의 사료 개발에 대한 연구는 주로 熱帶產 새우인 *Penaeus monodon*과 亞熱帶產 *P. vannamei*에 대하여 주로 보고된 바 있다. *P. monodon*의 단백질 요구량은 Bages and Sloane (1981)은 45%, Alava and Lim (1983) 40%, Bautista (1986) 40~50%, 王·葉 (1987) 44.32%, Piedad-Pascual et al. (1990) 40% 등으로 주로 40~50%가 적합하다고 보고하였다. 또, *P. vannamei*에 대해서는 Smith et al. (1985)은 29.5~36.9%, Lim and Dominy (1990)는 36.5~37.5%가 적절하다고 보고하여 *P. monodon*보다 다소 낮은 단백질 요구량을 보고한 바 있다. 그러나, 黃海에 서식하는 耐寒性새우인 대하의 단백질 요구량에 대한 보고는 Liang and Ji (1986)와 Main and Fulks (1990) 등에 의한 것들이 있으나 아직 충분한 연구 결과가 보고되지는 못한 실정이다.

새우 양식에서 사료 경비는 전체 생산 경비의 약 60~80%나 되며, 특히, 단백질의 비용이 가장 큰 비중을 차지한다. 양어 사료의 단백질원으로는 魚粉이 가장 많이 쓰이고 있으나, 최근에는 어분의 공급 부족과 이에 따른 가격 상승, 그리고, 어분중 骨粉 비율 증가 등의 요인 때문에, 어분을 대체할 수 있는 값 싸면서도 양적으로 풍부한 다른 蛋白質原을 찾는 일은 새우 양식의 경제적, 기술적 측면에서 대단히 중요하다. 이러한 단백질원 중에서 영양 성분의 조성 및 향후 공급 전망 등을 고려할 때 脫脂大豆粕은 매우 유망한 단백질원으로 전망된다.

脫脂大豆粕은 콩으로부터 油脂를 추출하고 남은 副產物로서, 화학적 조성과 아미노산의 구성이 어류 사료로 이용하기에 매우 유리하므로, 동물성 먹이를 섭취하는 대하에 대해서도 大豆粕을 이용하면, 동물성 단백질의 代替效果를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 실험에서는 대하의 효율적인 사육을 위하여 적절한 단백질 함량을 규명하고자 하며 또, 大豆粕을 단백질원으로 활용할 경우의 성장 비교와 오징어유를 첨가함으로써 大豆粕의 代替效率를 향상시킬 수 있는 방법등을 연구하였다.

## 材料 및 方法

평균 체중 13 mg과 0.9 g 전후의 대하 치하에서의 배합 사료에 대한 단백질 요구량 및 단백질원의 大豆粕 대체실험을 실시하였다. 사육 수조는 평균 체중 13.4±0.2 mg인 대하 치하에서는 50 l 사각형 플라스틱 수조, 평균 체중 0.9±0.1 g 대하는 200 l의 사각형 FRP 수조를 이용하였다. 50 l의 수조 (水量: 35 l)인 경우 1일 환수량은 15 l이며, 200 l (水量: 150 l)의 수조의 환수량은 시간 당 80 l를 유수시켰다.

### 1. 蛋白質要求量

최적의 단백질 함량을 정하기 위하여 첫 실험에서는 단백질 함량이 25, 30, 35, 40, 45, 50% 되게 제조한 moist pellet으로 실시하였으며, 그 조성은 Table 1 과 같다.

체중 0.9 g인 대하 치하의 경우 실험 기간은 1990년 8월 22일부터 1990년 11월 1일까지 66 일간이며, 이 때의 사육 수온은 22.9±2.2 °C, 사육 밀도는 50 마리/수조 이며, 사료 공급은 30 g/일/수

조로 하였다. 빛은 자연광 (L:D=11~12:12~13)을 이용하였다.

체중 13 mg인 경우 실험 기간은 1991년 6월 1일부터 1991년 6월 30일까지 30일간이며, 이 때의 사육 수온은  $20.7 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 이고, 사육 밀도는 500 마리/수조이며, 사료 공급은 5g/일/수조로 하였다. 빛은 自然光 (L:D=15:9)을 이용하였다.

Table 1. The composition of experimental diets for protein requirement of fleshy shrimp (Unit: %)

Ingredient	Diets						
	1	2	3	4	5	6	7*
Fish meal	14.0	24.0	34.0	44.0	54.0	64.0	
Wheat flour	62.0	52.0	42.0	32.0	22.0	12.0	
Soy bean meal	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Whey powder	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Squid by-products	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Corn gluten meal	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Methionine	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Lysine	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Sodium chloride	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Vitamin premix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Mineral premix	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Crude protein	24.7	29.5	34.6	39.8	45.0	50.1	56.8
Crude fat	3.1	4.0	4.9	5.8	6.7	7.6	7.0

\* Commercial feed (Nippai Brand Shrimp feed, Japan); ingredients are unknown

## 2. 大豆粕에 의한 蛋白質原代替

새우류의 배합 사료는 단백질원을 주로 어분으로 사용하고 있으나, 단백질원으로 大豆粕의 활용 가능성을 파악하기 위하여 실험하였다.

1차 실험에 사용된 실험 사료의 제조는 魚粉, 大豆粕 및 밀가루 등에 대한 일반 조성을 미리 조사한 후 大豆粕의 첨가량에 따라서 조단백질 함량이 약 40%가 되도록 사료 혼합비를 조정하였다. 즉, Table 2에서와 같이 실험 사료 1부터 6은 전체 사료 함량에 대한 大豆粕의 비율이 0.0, 16.2, 32.4, 48.6, 64.8, 76.0%이었다.

실험에 사용한 사료는 각 원료를 혼합 후 펠렛 제조기로 성형하여 제조하였다. 사육 기간은 1991년 6월 1일부터 1991년 7월 17일까지 47일간이며, 이 때의 사육 수온은  $20.9 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 이고, 사육 밀도는 수조 당 평균 체중  $15.4 \pm 0.2\text{mg}$ 의 대하 치하 500 마리이며, 사료 공급은 5g/일/수조로 하였다. 빛은 自然光 (L:D=15:9)을 이용하였다.

2차 실험에 사용된 大豆粕은 1차 실험과 같으며, 실험은 단백질 함량을 약 40%로 고정시킨 후, 1차 실험구 중 조단백에 대한 大豆粕의 첨가 비율이 0%인 실험구를 제외한 모든 실험구에 불포화 지방산이 풍부한 오징어유 (二化油脂(株))를 大豆粕 함량의 2.5, 5.0% 첨가한 구로 다시 나누어 총 10개 실험구에서 실시하였다. 사육 기간은 1991년 6월 15일부터 1991년 7월 17일까지 33일간이며, 이 때의 사육 수온은  $21.1 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 이고, 사육 밀도는 수조당 평균 체중  $21.2 \pm 1.4\text{mg}$ 의 대하 치하

500 마리이며, 사료 공급은 7g/일/수조로 하였다. 빛은 自然光 (L:D=14:10)을 이용하였다.

Table 2. The composition of experimental diets for the utilization of soybean meal as a protein source for fleshy shrimp

(Unit: %)

Ingredient	Diets					
	1	2	3	4	5	6
Fish meal	48.0	37.0	27.0	17.0	7.0	0.0
Wheat flour	33.0	27.8	21.6	15.4	9.2	5.0
Soy bean meal	0.0	16.2	32.4	48.6	64.8	76.0
Whey powder	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Squid by-products	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Corn gluten meal	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Methionine	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lysine	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sodium chloride	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vitamin premix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral premix	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Crude protein	40.2	39.8	39.9	40.0	40.2	40.2
Crude fat	6.2	5.2	4.2	3.3	2.4	1.8

### 3. 脂肪酸 및 統計分析

실험 종료시 대하의 體成分中 지방의 분석은 Gas chromatograph (Model 8700, Perkin Elmer LTD)을 이용하였고, 지방의 추출 및 정제는 Folch *et al.*(1957)법으로 시행하였다. 모든 실험은 2 반복구로 실시하였고, 반복구의 평균을 계산하여, 성장에 관한 결과는 one-way analysis of variance (Nie *et al.* 1975), 생존율은 Daniel (1987) 방법으로 95%의 통계적인 有意性檢定을 하였다.

## 結 果

### 1. 大蝦의 蛋白質要求量調査

평균 전장  $13.2 \pm 1.0$  mm, 평균 체중  $13.4 \pm 0.2$  mg의 치하를 대상으로 단백질 요구량을 1차 실험한 결과, 단백질 함량이 40%인 경우, 생존율이 69.6%, 평균 전장이 2.7 cm, 평균 체중이 83.9 mg으로 6 개 실험구중 가장 좋은 결과를 나타내었다. 그 다음이 단백질 함량 35%, 45% 순이었으며, 단백질 함량 25%에서는 생존율이 19.8%, 평균 전장이 2.0 cm, 평균 체중이 38.0 mg으로 가장 저조한 결과를 나타내었다. 이와같은 결과의 경향은 실험 종료시 수조내의 總生體量 결과에서도 동일하여 단백질함량 40% 실험구에서 29.20 g/tank으로 가장 높았다. 단백질 함량이 40%까지는 단백질 함량이 증가할 수록 치하의 생존율과 성장이 유의적인 관계를 보이며, 40% 이상에서는 단백질 함량이 높을 수록 생존율이 감소하는 경향이 뚜렷하였다 (Table 3).

Table 3. Growth, survival rates and total biomass of fleshy shrimp fed diets containing various levels of protein under natural light for 30 days (initial total length and body weight,  $13.2 \pm 1.0$  mm,  $13.4 \pm 0.2$  mg)

Diets protein content (%)	Final growth		Survival rate (%)	Total biomass (g/tank)
	Total length mean $\pm$ S. D. (cm)	Body weight mean $\pm$ S. D. (mg)		
25	$2.0 \pm 0.3^d$	$38.0 \pm 1.3^f$	19.8 <sup>d</sup>	3.76 <sup>f</sup>
30	$2.1 \pm 0.3^{cd}$	$51.6 \pm 1.4^e$	40.8 <sup>c</sup>	10.53 <sup>d</sup>
35	$2.6 \pm 0.3^b$	$72.4 \pm 1.5^b$	42.0 <sup>bc</sup>	15.20 <sup>b</sup>
40	$2.7 \pm 0.4^a$	$83.9 \pm 1.6^a$	69.6 <sup>a</sup>	29.20 <sup>a</sup>
45	$2.2 \pm 0.4^c$	$47.0 \pm 1.4^e$	53.4 <sup>b</sup>	12.55 <sup>c</sup>
50	$2.1 \pm 0.3^{cd}$	$48.9 \pm 1.4^d$	31.2 <sup>c</sup>	7.63 <sup>e</sup>

Values not sharing a common superscript letter in vertical columns are significantly, different at  $P < 0.05$ .

한편, 평균 전장 5.7 cm, 평균 체중 0.9 g 내외인 어린 대하를 대상으로 2차 실험을 실시한 결과, 1차 실험 때와 같이 단백질 함량이 40%까지는 단백질 함량이 증가할 수록 생존율과 성장이 증가하여, 단백질 함량이 40%에서, 생존율이 97.0%, 평균 전장이 10.3 cm, 평균 체중이 8.1 g으로 가장 좋았고, 다시 단백질 함량이 45% 이상으로 높아짐에 따라 생존율과 성장은 감소하였다. 단백질 함량이 25%에서 생존율은 74.0%, 성장은 7.7 cm, 5.7 g으로 가장 저조하였다. 또, 실험 종료시 수조내의 總生體量도 같은 경향으로 단백질 함량 40%에서 330 g/tank로 가장 높았으나, 35~50%까지는 차이의 有意性은 없었다. 한편, 양식장에서 주로 이용하는 단백질 함량 57%로 조성된 일본 Nippai 배합 사료를 대조구로 비교한 결과 생존율은 92.0%, 성장은 10.1 cm, 7.5 g으로 본 실험에서 제조한 단백질 함량 40%와 35% 실험구의 결과보다 통계적으로 有意性은 없었으나, 다소 저조한 결과를 보였다 (Table 4).

Table 4. Growth, survival rates and total biomass of fleshy shrimp fed diets containing various levels of protein under natural light for 66 days (initial total length and body weight,  $5.7 \pm 0.5$  cm,  $0.9 \pm 0.1$  g)

Diets protein content (%)	Final growth		Survival rate (%)	Total biomass (g/tank)
	Total length mean $\pm$ S. D. (cm)	Body weight mean $\pm$ S. D. (g)		
25	$7.7 \pm 0.7^c$	$5.7 \pm 1.2^b$	74.0 <sup>d</sup>	180 <sup>b</sup>
30	$8.2 \pm 0.7^b$	$5.9 \pm 1.3^b$	82.0 <sup>cd</sup>	195 <sup>b</sup>
35	$10.1 \pm 0.7^a$	$7.9 \pm 1.5^a$	91.0 <sup>b</sup>	300 <sup>a</sup>
40	$10.3 \pm 0.9^a$	$8.1 \pm 1.5^a$	97.0 <sup>a</sup>	330 <sup>a</sup>
45	$10.3 \pm 0.9^a$	$8.0 \pm 1.6^a$	93.0 <sup>ab</sup>	315 <sup>a</sup>
50	$10.0 \pm 0.8^a$	$7.9 \pm 1.5^a$	88.0 <sup>bc</sup>	285 <sup>a</sup>
57	$10.1 \pm 1.0^a$	$7.5 \pm 1.7^a$	92.0 <sup>ab</sup>	285 <sup>a</sup>

Values not sharing a common superscript letter in vertical columns are significantly, different at  $P < 0.05$ .

단백질 함량에 대한 생존율 변화를 broken line model을 이용하여 분석하면 체중 13~84 mg의 치하에서와 체중 0.9~8.1 g의 어린 대하에서의 최적 단백질 함량은 40.4%와 39.9%로 나타났다 (Fig. 1).

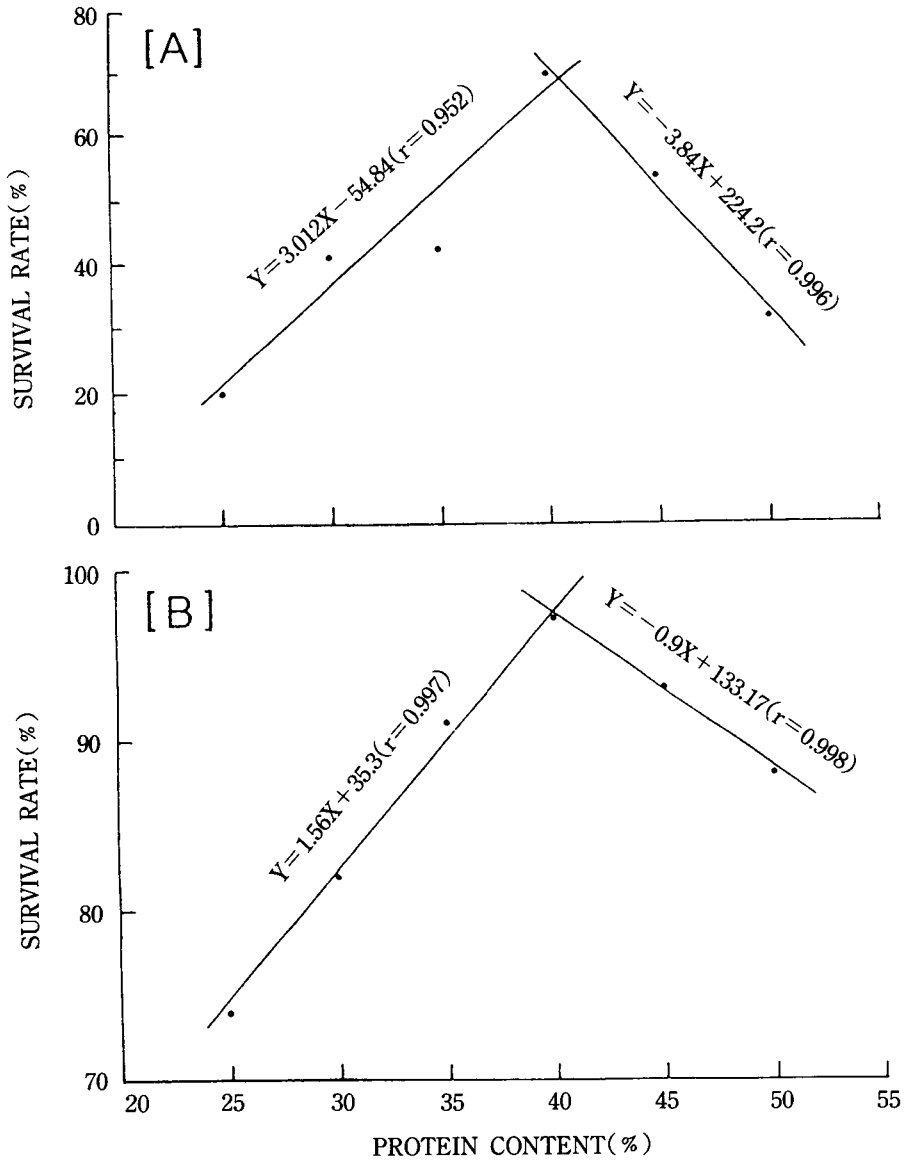


Fig. 1. Brokenline model of survival rates to protein content of the diets in postlarvae (A) and juvenile (B) of fleshy shrimp.

한편, 단백질 함량이 다른 먹이를 공급하였을 때 대하 치하의 체내에 축적된 지방산을 mg/g dry weight로 계산한 결과는 단백질 25% 실험구에서 11.51 mg/g으로 가장 높았고, 35% 실험구에서 5.48 mg/g으로 가장 낮았다. 그러나, polyunsaturates는 단백질 함량 25% 실험구에서 3.42 mg/g으로 가장 높았고, 50% 실험구에서는 1.42 mg/g으로 가장 낮았다. EPA 함량은 25% 실험구에서 0.25 mg/g으로 가장 높았고, 50% 실험구에서 0.09 mg/g으로 가장 낮았다. 이와같이 단백질 함량을 달리 공급한 치하의 지방산 조성은 성장이나 생존율의 결과를 해석할 수 있는 일정한 경향을 보이지는 않았다 (Table 5).

Table 5. Fatty acid composition of fleshy shrimp fed diets containing various levels of protein  
(Unit: mg/g dry weight)

Fatty acid	Protein content (%)					
	25	30	35	40	45	50
14:0	—	0.04	—	0.04	—	0.03
16:0	2.58	1.93	1.29	1.58	1.81	1.47
18:0	1.25	0.83	0.55	0.60	0.77	0.61
20:0	0.10	0.12	0.07	0.05	0.06	0.05
22:0	—	0.04	—	—	—	—
24:0	0.24	—	—	0.08	—	0.09
Saturates	4.17	2.96	1.91	2.35	2.64	2.25
14:1 ω-5	—	—	—	—	—	0.02
16:1 ω-7	0.22	0.16	0.11	0.12	0.14	0.13
18:1 ω-7+ω-9	1.90	1.52	0.97	1.66	1.49	1.14
20:1 ω-9+ω-11	0.29	0.39	0.14	0.19	0.24	0.16
22:1 ω-9+ω-11	1.51	1.34	0.76	0.94	1.18	0.87
24:1 ω-9	—	—	—	0.04	0.10	—
Monounsaturates	3.92	3.41	1.98	2.95	3.15	2.32
18:2 ω-6	1.89	1.78	1.05	2.16	1.49	0.96
18:3 ω-3+ω-6	0.82	0.20	0.11	0.17	0.17	0.11
20:2	0.19	0.29	0.07	0.14	0.11	0.07
20:3 ω-6	—	—	—	—	—	—
20:4 ω-3+ω-6	0.27	0.27	0.13	0.16	0.33	0.16
20:3 ω-6	—	0.05	—	—	0.59	0.03
20:5 ω-3	0.25	0.15	0.23	0.11	0.11	0.09
22:6 ω-3	—	—	—	—	—	—
Polyunsaturates	3.42	2.74	1.59	2.74	2.80	1.42
Total fatty acid	11.51	9.11	5.48	8.04	8.59	5.99
Others	3.09	2.99	1.72	2.16	2.61	2.11

## 2. 大豆粕에 의한 蛋白質原代替

대하는 동물성 먹이를 섭취하므로 단백질원으로 어분을 이용하고 있다. 따라서 값비싼 어분을 대체할 수 있는 大豆粕을 이용하면, 저렴한 사료를 개발할 수 있을 것으로 판단하여 본 실험을 실시하였는데, 그 결과는 Table 6 과 같다.

평균 전장  $13.2 \pm 1.0$  mm (체중  $15.4 \pm 0.2$  mg)의 치하를 47 일간 서로 다른 大豆粕含量的 사료로 사육한 결과 생존율은 30.0%~75.8%로 크게 차이가 있었다. 단백질 함량 중 大豆粕 함량이 많아질 수록 생존율은 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 성장의 경우도 생존율과 같은 경향이였다. 첨가 함량 별로 비교해 보면, 大豆粕이 첨가되지 않은 실험구에서 생존율 75.8%, 평균 전장 3.7 cm, 평균 체중 175.3 mg으로 가장 좋은 결과를 나타냈으며, 그 다음이 전체 사료중 大豆粕 함량이 16.2%를 차지하는 실험구가 생존율 69.8%, 평균 전장 3.2 cm, 평균 체중 121.0 mg으로 나타났다. 大豆粕이 사료의 전체 함량에서 76.0%를 차지하는 실험구가 생존율 30.0%, 평균 전장 2.9 cm, 평균 체중 85.3 mg으로 최저를 나타내었으며, 평균 체중 및 생존율은 大豆粕을 첨가하지 않은 실험구의 50%이하 수준이었다. 실험 종료시 총 생체량을 보면, 대조구인 大豆粕 0% 실험구에서 66.44 g/tank으로 최고였고, 76%의 첨가구에서 12.80 g/tank으로 생존율 및 성장 결과와 동일한 경향이였다. 大豆粕 함량에 따른 생체량을 보면, 모든 실험구마다 5% 수준의 유의적인 차이가 나타났다.

Table 6. Comparison of the dietary values of soybean meal for fleshy shrimp postlarvae under natural light for 47 days (initial total length and body weight,  $13.2 \pm 0.0$  mm,  $15.4 \pm 0.2$  mg)

Soybean meal content (%)	Final growth		Survival rate (%)	Total biomass (g/tank)
	Total length mean $\pm$ S. D. (cm)	Body weight mean $\pm$ S. D. (mg)		
0.0	$3.7 \pm 0.6^a$	$175.3 \pm 11.4^a$	75.8 <sup>a</sup>	66.44 <sup>a</sup>
16.2	$3.2 \pm 0.6^b$	$121.0 \pm 11.4^b$	69.8 <sup>ab</sup>	42.23 <sup>b</sup>
32.4	$3.1 \pm 0.4^b$	$105.4 \pm 12.7^c$	55.8 <sup>bc</sup>	29.41 <sup>c</sup>
48.6	$3.0 \pm 0.5^b$	$95.3 \pm 13.2^d$	47.6 <sup>cd</sup>	22.68 <sup>d</sup>
64.8	$3.1 \pm 0.4^b$	$90.4 \pm 12.2^{de}$	37.0 <sup>de</sup>	16.72 <sup>e</sup>
76.0	$2.9 \pm 0.5^b$	$85.3 \pm 10.3^e$	30.0 <sup>e</sup>	12.80 <sup>f</sup>

Values not sharing a common superscript letter in vertical columns are significantly, different at  $P < 0.05$ .

사료 단백질을 大豆粕으로 전환하였을 때의 대하 體成分中 지방산을 분석한 결과는 Table 7 과 같다. 지방산을 mg/g dry weight로 표시한 결과를 보면, 총 지방산은 최저 8.23 mg/g (大豆粕 함량 64.8%)에서 최고 12.57 mg/g (大豆粕 함량 48.6%)까지였고, polyunsaturates도 3.01~4.99 mg/g으로 총 지방산과 같은 경향이였다. 大豆粕을 가장 많이 함유한 실험구 (76%)는 다른 실험구에 비하여 포화 지방산은 3.52 mg/g으로 가장 높았으나 polyunsaturates는 3.61 mg/g으로 낮았다. 이와같은 지방산 조성의 분석 결과가 대하의 생존이나 성장의 결과와 일치하는 경향을 찾아 볼 수는 없었다.



Table 7. Fatty acid composition of fleshy shrimp fed diets containing various levels of soybean meal as a protein source

Fatty acid	(Unit: mg/g dry weight)					
	Soybean meal content (%)					
	0.0	16.2	32.4	48.6	64.8	76.0
14:0	—	0.06	0.04	0.04	0.03	0.05
16:0	1.97	2.13	1.63	1.99	1.45	2.20
18:0	0.75	0.82	0.63	0.79	0.60	0.92
20:0	0.25	0.09	0.07	0.10	0.06	0.30
22:0	—	0.03	0.03	0.05	0.07	—
24:0	—	0.15	0.09	0.26	0.11	0.05
Saturates	2.97	3.28	2.49	3.23	2.32	3.52
14:1 ω-5	—	0.03	0.02	—	—	—
16:1 ω-7	0.15	0.19	0.14	0.15	0.10	0.19
18:1 ω-7+ω-9	2.15	2.67	2.06	2.04	1.56	1.91
20:1 ω-9+ω-11	0.21	0.23	0.18	0.98	0.25	0.28
22:1 ω-9+ω-11	1.29	0.09	1.21	1.20	0.94	1.26
24:1 ω-9	—	0.05	0.06	—	0.05	0.24
Monounsaturates	3.80	3.26	3.67	4.37	2.90	3.88
18:2 ω-6	3.09	3.92	3.05	3.17	2.22	2.51
18:3 ω-3+ω-6	0.30	0.32	0.25	0.28	0.17	0.24
20:2	0.29	0.25	0.19	0.16	0.13	0.22
20:3 ω-6	—	—	—	—	—	0.42
20:4 ω-3+ω-6	0.24	0.30	0.18	1.20	0.37	—
20:3 ω-6	—	0.04	0.03	0.04	0.02	0.06
20:5 ω-3	—	0.16	0.11	0.12	0.10	0.16
22:6 ω-3	—	—	—	—	—	—
Polyunsaturates	3.92	4.99	3.81	4.97	3.01	3.61
Total fatty acid	10.69	11.53	9.97	12.57	8.23	11.01
Others	2.01	4.77	2.63	2.93	1.97	3.29

1 차 실험의 결과 大豆粕을 단백질원으로 대체할 경우, 大豆粕含量 16.2% 정도면 대하의 생존에는 대조구와 비교하여 차이가 없었으나, 大豆粕含量 16.2%는 매우 적은 양이고, 성장도 대조구보다 저조하였다. 따라서 2 차 실험에서는 大豆粕의 代替效果를 향상 시키기 위하여 오징어유를 각 大豆粕

함량의 2.5%와 5.0%를 첨가하여 조사하였다. 그 결과는 Table 8 과 같다.

Table 8. Comparison of the dietary values of various levels of soybean meal supplemented with cuttlefish oil for fleshy shrimp under natural light for 33 days (initial total length and body weight, 2.0± 0.1 cm, 21.2± 1.4 mg)

Cuttlefish oil content (%)	Soybean meal content (%)	Final growth		Survival rate (%)	Total biomass (g/tank)
		Total length mean± S. D. (cm)	Body weight mean± S. D. (mg)		
2.5	16.2	3.6± 0.6 <sup>a</sup>	185.4± 14.9 <sup>a</sup>	87.0 <sup>a</sup>	80.5 <sup>a</sup>
	32.4	3.6± 0.5 <sup>ab</sup>	155.3± 12.2 <sup>c</sup>	86.8 <sup>a</sup>	66.5 <sup>a</sup>
	48.6	3.4± 0.3 <sup>abcde</sup>	130.9± 13.1 <sup>e</sup>	80.2 <sup>ab</sup>	52.5 <sup>b</sup>
	64.8	3.2± 0.3 <sup>cdefg</sup>	120.3± 11.2 <sup>f</sup>	78.7 <sup>ab</sup>	49.0 <sup>b</sup>
	76.0	3.2± 0.4 <sup>cdefg</sup>	120.1± 11.2 <sup>f</sup>	78.5 <sup>ab</sup>	45.5 <sup>b</sup>
5.0	16.2	3.5± 0.4 <sup>abcd</sup>	165.3± 10.3 <sup>b</sup>	81.3 <sup>ab</sup>	66.5 <sup>a</sup>
	32.4	3.5± 0.3 <sup>abc</sup>	155.5± 11.9 <sup>c</sup>	78.3 <sup>ab</sup>	59.5 <sup>a</sup>
	48.6	3.3± 0.2 <sup>cdef</sup>	140.1± 12.3 <sup>d</sup>	77.8 <sup>b</sup>	56.0 <sup>ab</sup>
	64.8	3.3± 0.4 <sup>cdefg</sup>	125.4± 11.9 <sup>ef</sup>	72.7 <sup>b</sup>	45.5 <sup>b</sup>
	76.0	3.0± 0.3 <sup>c</sup>	110.3± 13.9 <sup>g</sup>	71.5 <sup>b</sup>	38.5 <sup>b</sup>

Values not sharing a common superscript letter in vertical columns are significantly, different at P<0.05.

앞 실험에서의 大豆粕含量에 오징어유를 2.5% 첨가한 실험구가 5.0% 첨가구보다 생존율과 성장 모두에서 다소 높은 경향을 나타내었다. 2.5%의 오징어유를 첨가했을 때 각 실험구의 결과는 大豆粕의 함량이 많을 수록 생존율이나 성장이 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나, 생존율만 보면, 전 실험구가 78.5~87.0%로 상당히 높고, 大豆粕 함량별 차이는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또, 5.0%의 오징어유 첨가구에서도 大豆粕의 함량이 많으면 많을 수록 생존율과 성장이 저하되는 경향을 나타냈지만, 그 차이는 크지 않았고, 특히, 생존율에서는 유의적인 차이가 없었다. 또, 大豆粕 함량을 증가시킬수록 생체량이 감소하는 경향은 생존율의 경우와 동일하였다. 그러나, 2.5% 첨가의 경우 16.2~32.4% 실험구의 생체량 결과는 48.6~76.0%의 결과보다 높았고, 그 차이는 통계적인 유의성이 있었다.

오징어유를 첨가하지 않고 사육한 실험 결과 (Table 6)에서는 大豆粕 함량이 높을 수록 생존율과 성장은 유의적인 수준으로 급격히 감소하였다. 오징어유를 첨가하여 실험한 결과 (Table 8)에서는 大豆粕 함량이 76.0%인 경우에도 생존율이 78.5% (2.5% 오징어유 첨가), 71.5% (5.0% 오징어유 첨가)로 16.2%의 大豆粕을 첨가한 실험구의 87.0% (2.5% 오징어유 첨가), 81.3% (5.0% 오징어유 첨가)와 큰 차이는 없었다.

한편, 오징어유를 첨가한 大豆粕 사료를 공급하여 사육한 대하의 실험 종료후 지방산 분석 결과는 Table 9 와 같다.

Table 9. Fatty acid composition of fleshy shrimp fed diets containing soybean meal supplemented with cuttlefish oil

(Unit: mg/g dry weight)

Fatty acid	Soybean meal content (%)									
	16.2	32.4	48.6	64.8	76.0	16.2	32.4	48.6	64.8	76.0
						cuttlefish oil				
	2.5%					5.0%				
14:0	0.08	0.07	0.04	—	0.03	—	—	0.05	0.04	—
16:0	3.39	3.05	1.67	1.87	0.75	1.40	1.09	2.07	1.68	1.69
18:0	1.39	1.19	0.55	0.09	0.29	0.58	0.39	0.80	0.69	0.63
20:0	0.39	0.16	0.07	—	—	0.07	0.05	0.06	0.04	—
22:0	0.15	—	—	0.11	—	0.12	0.06	0.05	0.12	—
24:0	0.15	—	0.28	1.30	—	0.23	—	—	—	—
Saturates	5.55	4.47	2.61	3.37	1.07	2.40	1.59	3.03	2.57	2.32
14:1 ω-5	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—	—
16:1 ω-7	0.26	0.25	0.13	0.17	0.07	0.11	0.13	0.23	0.18	0.15
18:1 ω-7+ω-9	3.08	3.07	1.89	0.76	0.76	1.70	1.65	1.86	1.52	1.73
20:1 ω-9+ω-11	0.33	0.38	0.16	0.08	0.07	0.13	0.25	0.18	0.08	0.17
22:1 ω-9+ω-11	1.89	2.02	1.01	0.06	0.42	0.80	0.68	0.92	0.95	0.79
24:1 ω-9	—	—	0.16	3.06	—	—	—	—	0.15	—
Monounsaturates	5.56	5.72	3.35	4.18	1.32	2.74	2.71	3.19	2.88	2.84
18:2 ω-6	4.25	4.47	2.86	0.50	1.17	1.89	1.94	2.84	2.13	2.62
18:3 ω-3+ω-6	0.39	0.43	0.27	0.21	0.11	0.16	0.16	0.27	0.19	0.36
20:2	0.17	0.21	0.13	0.12	0.05	0.08	0.09	0.14	0.14	—
20:3 ω-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20:4 ω-3+ω-6	0.32	0.33	0.22	0.19	0.06	0.15	0.20	0.48	0.23	0.20
20:5 ω-6	—	—	—	0.53	—	0.27	—	—	0.10	0.37
20:5 ω-3	0.27	0.21	0.09	0.03	—	0.08	0.08	0.09	0.09	0.13
22:6 ω-3	—	—	—	1.07	—	0.47	—	—	—	—
Polyunsaturates	5.40	5.65	3.57	2.65	1.39	3.10	2.47	3.82	2.88	3.68
Total fatty acid	16.51	15.84	9.53	10.20	3.78	8.24	6.77	10.04	8.33	8.84
Others	7.49	5.86	2.37	8.50	0.62	1.16	0.83	2.16	1.67	1.76

지방산을 mg/g dry weight로 계산한 결과를 보면, 2.5% 오징어유를 첨가한 경우, 총 지질은 3.78 (大豆粕 76.0%)~16.51 (大豆粕 16.2%) mg/g, polyunsaturates는 1.39 (大豆粕 76.0%)~5.65 (大豆粕 32.4%) mg/g까지 였고, 5.0% 오징어유를 첨가한 경우는 총 지질 6.77 (大豆粕 32.4%)~10.04 (大豆粕 48.6%) mg/g, polyunsaturates는 2.47 (大豆粕 32.4%)~3.10 (大豆粕 16.2%) mg/g으로 변화하였다. 전체적으로 2.5%의 오징어유를 첨가한 것이 5.0% 오징어유를 첨가한 것보다 총 지방산 및 polyunsaturates의 함량이 높았다. 그러나, 大豆粕 함량에 따른 오징어유 첨가에 따른 지방산 조성의 일정한 경향은 나타나지 않았다.

## 考 察

*Penaeus* 새우류의 단백질 요구량에 대한 연구중 대하의 경우를 보면, Liang and Ji (1986)는 체중 0.14~0.9 g인 대하는 단백질 함량 40.4~42.8%인 사료, 체중 0.89~2.86 g인 대하는 단백질 함량 48.5%, 체중 1.7~10.85 g인 대하는 단백질 함량 42.8%인 사료에서 성장이 가장 좋았다고 보고하였다. 또, 중국에서는 약 40~45%, 한국은 약 45~48%의 단백질 요구량을 보고한바 있어 대하의 단백질 요구량은 보리새우에서 한국의 경우 55, 일본의 경우 62 보다 낮다고 하였다 (Main and Fulks 1990).

본 연구에서는 1, 2 차 실험 결과 育成用 대하의 사료는 단백질 함량이 35~45%인 경우, 좋은 성장과 생존을 기대할 수 있을 것으로 판단되지만, 단백질 함량이 40%인 경우, 最適의 성장과 생존을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 치하의 成長段階에 따라 13~84 mg에서는 40.4%, 0.9~8.1 g에서는 39.9%가 최적이었던 결과를 볼 때 성장 단계에 따라 단백질 요구량은 다를 수 있고, 치하 단계가 다소 높은 단백질 함량을 요구하는 것으로 판단된다.

또한, Nippai社의 배합 사료는 단백질 함량이 57%였는데 이는 보리새우를 대상으로 한 것이므로 대하의 사육에는 필요 이상의 단백질 함량으로 비경제적인 사료로 판단된다. 또, 대하 사료를 보다 잘 개발할 경우, 단백질 함량은 더 낮을 수 있을 것으로 기대된다.

배합 사료내의 단백질원을 魚粉에서 大豆粕粉으로 대체하였을 때의 대하 성장의 차이를 알아보고자 일차적으로 사료중 大豆粕의 함량을 0~76.0%까지 구분하여 대하 치하(13.2 mm, 15.4 mg)에 공급한 결과 大豆粕의 함량을 높일수록 성장이 감소하였으나, 생존율에서는 16.2% 정도의 大豆粕을 사용하여도 대조구에 비하여 큰 차이가 없었다.

한편, 오징어유를 첨가하지 않은 大豆粕 함량에 따른 치하의 생존율과 총 생체량의 변화 (Table 6)를 직선식으로 계산하면, 생존율 (Y)와 大豆粕 함량 (X)의 관계는  $Y = -0.619X + 77.220$  ( $r = 0.997$ ), 또, 총 생체량 (Y)와 大豆粕 함량 (X)과의 관계는  $Y = -18.684X + 1647.182$  ( $r = 0.952$ )로 나타났다. 또, 동일한 大豆粕 함량에 오징어유를 2.5%와 5.0%를 첨가할 때 (Table 8) 大豆粕含量에 따른 생존율의 관계는 각각  $Y = -0.167X + 90.198$  ( $r = 0.935$ )와  $Y = -0.166X + 84.200$  ( $r = 0.972$ )였고, 생체량의 경우도  $Y = -0.017X + 2.47$  ( $r = 0.966$ )와  $Y = -0.013X + 2.142$  ( $r = 0.985$ )로 나타났다. 이들의 상관 관계는 매우 높았다.

Table 6의 실험에서 2.5%의 오징어유를 첨가하였다고 가정하면  $Y = -0.167X + 90.198$ 의 직선식을 기준으로 각 大豆粕함량 (X)을 대입하면 大豆粕함량 0, 16.2, 32.4, 48.6, 64.8, 76.0%에서의 생존율은 각각 90.2, 87.5, 84.8, 82.1, 79.4, 77.5%로 추정될 수 있다. 그러나, Table 6의 실제의 생존율은 大豆粕含量 0%에서 75.8%로 나타난바 있어 직선식으로부터 추정된 이론적인 결과 (90.2%)와는 크게 다르다. 따라서 Table 6의 생존율과 생체량의 결과를 2.5%의 오징어유를 첨가하였다고 가정할 경우의 생존율 결과를 기준으로 보정하였다. 즉, 大豆粕함량 0%일 경우는 실제의 생존율인 75.8%, 大豆粕함량 16.2%일 경우는 大豆粕함량 0%와 16.2%의 이론치 생존율의 비율 0.970 (87.5/90.2)을 실제의 값 75.8%에 적용할 때 大豆粕함량 16.2%에서의 생존율은 73.5%로 보정될 수 있다. 이와같은 방법으로 대하 크기 13.2 mm (15.4 mg)의 경우 大豆粕 사료에 2.5%의 오징어유를 첨가하였을 경우 생존율과 생체량은 Table 10과 같이 계산될 수 있다.

Table 10. Comparison of survival rates and total biomass of fleshy shrimp postlarvae fed on different contents of soybean meal (initial total length and body weight,  $13.2 \pm 1.0$  mm,  $15.4 \pm 0.2$  mg)

Soybean meal content (%)	Survival rate (%)			Total biomass (g/tank)		
	1	2	3	1	2	3
0.0	75.8 <sup>a</sup>	90.2	75.8	66.44 <sup>a</sup>	86.52	66.44
16.2	69.8 <sup>ab</sup>	87.5	73.5	42.23 <sup>b</sup>	76.88	59.03
32.4	55.8 <sup>bc</sup>	84.8	71.3	29.41 <sup>c</sup>	67.24	51.64
48.6	47.6 <sup>cd</sup>	82.1	69.0	22.68 <sup>d</sup>	57.60	44.23
64.8	37.0 <sup>de</sup>	79.4	66.7	16.72 <sup>e</sup>	47.96	36.83
76.0	30.0 <sup>e</sup>	77.5	65.1	12.80 <sup>f</sup>	41.30	31.71

1: real culture data without cuttlefish oil

2: estimated data using the equation  $Y = -0.167X + 90.198$

3: recalculated data with the ratio of the estimated data between the successive soybean meal contents

Different superscripts indicate significance ( $P < 0.05$ ).

이러한 분석 결과를 종합적으로 볼 때, 오징어유의 첨가 효과는 대하 성장 단계에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. 대하의 크기가 작은 경우는 큰 경우보다도 오징어유의 첨가 효과가 다소 떨어진다고 볼 수 있으나, 오징어유를 첨가하므로써 첨가시키지 않은 경우보다 생존율 및 성장을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 판단된다.

한편, 본 실험의 결과에서 오징어유의 첨가에 따른 사료의 지방산 조성과 이들 먹이로 사육한 대하 치하의 생존율 및 성장의 결과가 일정한 경향을 보이지 않았던 점은 앞으로 다시 구체적으로 조사하여야 할 것이다. 또, 5.0%의 오징어유를 첨가한 것이 2.5%를 첨가한 것보다 치하의 생존율이나 성장이 낮았던 점은 대하의 성장에 따른 지방의 신진 대사와 관련하여 보다 충분한 실험으로 규명되어야 할 것으로 판단된다. 본 실험의 결과에서는 대하 사료 중 大豆粕含量을 32.4%, 오징어유를 大豆粕含量의 2.5% 첨가할 경우 大豆粕에 의한 단백질 대체는 약 40%까지 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

## 要 約

大蝦의 蛋白質要求量과 배합 사료에 魚粉 대신 大豆粕으로 대체하고 여기에 오징어유를 첨가한 먹이에 대한 성장 결과는 다음과 같다.

배합 사료를 먹이로 공급할 때 단백질 함량을 25~50%로 실험한 결과, 단백질 함량 40%에서 가장 높은 생존율과 빠른 성장을 보였고, 단백질 함량 25, 30, 35, 40, 45, 50%인 배합 사료를 대하에 공급하였을 때 생존율은 각각 74.0, 82.0, 91.0, 97.0, 93.0, 88.0% 이었다. 最適의 飼料內 단백질 함량은 13~84 mg인 대하 치하는 40.4%, 0.9~8.1 g인 대하는 39.9%로 계산되었다.

사료중 단백질원을 어분 대신 大豆粕으로 대체할 때에는 大豆粕 함량을 0.0~76.0%로 실험한 결과, 大豆粕함량이 많아질 수록 생존율과 성장이 둔화되는 경향을 보였지만, 오징어유를 大豆粕 함량의 2.5% 첨가하였을때 생존율은 향상되었다.

### 參 考 文 獻

- Alava, V. R. and C. Lim. 1983. The quantitative dietary protein requirements of *Penaeus monodon* juveniles in a controlled environment. *Aquaculture* 30:53~61.
- Bages, M. and L. Sloane. 1981. Effects of dietary protein and starch levels on growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) post-larvae. *Aquaculture* 25:117~128.
- Bautista, M. N. 1986. The response of *Penaeus monodon* juveniles to varying protein/energy ratios in test diets. *Aquaculture* 53:229~242.
- Daniel, W. 1987. Biostatistics. A foundation for analysis in the health sciences. 4th ed. Singapore. 734pp.
- FAO. 1992. FAO Fisheries Circular, 4th ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 206pp.
- Folch, J., M. Lee and G.H.Sloane Stanly. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226:497~501.
- Liang, Y. and W. Ji. 1986. Protein requirement in formulated diets for penaeid shrimp (*Penaeus orientalis*) in different growth stage. *Mar. Fish. Res.* 7:79~87 (in Chinese).
- Lim, C. and W. Dominy. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 87:53~63.
- Main, K. L. and W. Fulks. 1990. The culture of cold-tolerant shrimp. 215 pp. In K.L.Main and W.Fulks, *The Culture of Cold-Tolerant Shrimp: Proceedings of an Asian-U.S. Workshop on Shrimp Culture*. The Oceanic Institute, Hawaii, U.S.A.
- Nie, N. H., C. H. Hull, J. G. Jenkins, K. Steinbrenner and D. H. Bent. 1975. SPSS:Statistical Package for the Social Sciences, 2nd ed. McGraw Hill, New York, NY, U.S.A. 675pp.
- Piedad-Pascual, F., E. M. Cruz and A. Sumalangcay. 1990. Supplemental feeding of *Penaeus monodon* juveniles with diets containing various of defatted soybean meal. *Aquaculture* 89:183~191.
- Smith, L. L., P. G. Lee, A. L. Lawrence and K. Strawn. 1985. Growth and digestibility by three sizes of *Penaeus vannamei* Boone: effects of dietary protein level and protein source. *Aquaculture* 46:85~96.
- 王文政,葉蕙玲. 1987. 草蝦對脂肪要求之探討. 台灣水產學會刊 43:39~51.