

사료 단백질원으로 어분과 대두박 첨가에 따른 어린 흰다리새우 (*Litopenaeus vannamei*)의 성장 및 체성분 변화

김은지 · 박명애¹ · 서형철 · 장인권 · 김수경*

국립수산과학원 서해수산연구소 해역산업과, ¹국립수산과학원 전략양식연구소 병리연구과

Changes in the Growth and Body Composition of Juvenile White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Fed diets Containing Fish Meal and Soybean Meal as Protein Sources

Eun Ji Kim, Myoung Ae Park¹, Hyung-Chel Seo, In-Kwon Jang and Su-Kyoung Kim*

Department of Aquaculture, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea

¹Pathology Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

A 4-week feeding experiment was conducted with juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* to compare the growth of shrimp fed different protein sources: fish meal (FM) and soybean meal (SM). By the end of the experiment, the shrimp grew to 4.50±0.82 g (FM) and 4.73±0.95 g (SM). The food and protein conversion rates were significant ($P<0.05$), while other factors did not differ significantly. The survival rate of shrimp fed FM and SM was 96.44±2.04% and 97.33±1.89%, respectively. The proximate compositions of the entire body and edible part of the shrimp were similar between FM and SM, except for crude protein. The total amino acid levels were slightly lower in SM than FM, but the difference was not significant. During the experiment, the total ammonia, nitrate, and nitrite concentrations increased continuously in both groups and were slightly higher in SM than FM. In conclusion, soybean meal as a substitute for fish meal results in satisfactory growth and survival of white shrimp.

Key words: White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Soybean meal, Growth, Body composition

서 론

흰다리새우(*Litopenaeus vannamei*)는 보리새우과(*Penaeidae*)에 속하는 대형 식용새우로 연중 수온이 20 °C 이상인 중남미 연안해역에 분포하고 있다(Holthuis, 1980). 최근 몇 년간 흰다리새우 양식이 전 세계적으로 증가하면서 양성, 사료, 질병 등 여러 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다. 흰다리새우는 세계적으로 2000년에 14.5만톤이 양식을 통해 생산되었으며, 2009년에는 16배인 233만톤이 생산되었다. 2009년 전체 새우 생산량(350만톤)과 비교할 때 흰다리새우 단일종이 차지하는 비율이 66%로써 새우류 양식에 있어서 그 중요성이 매우

높다(FAO, 2011). 우리나라에서 또한 세계추이와 동일한 양식 증가 현상을 보여 국내 고유종인 대하가 2004년에 2,426톤이 었지만 바이러스 감염에 의한 대량폐사로 인하여 2011년에는 16톤으로 감소한 반면, 흰다리새우는 고밀도 양식의 개발과 무병종묘의 입식 등으로 양식이 시작된 2006년의 생산량은 661톤에 불과하던 것이, 2011년에는 2,844톤이 생산되는 등 급격한 양식 확대가 이루어지고 있다(KOSTAT, 2012).

자연에서 서식할 때와는 달리 양식생물은 환경으로부터 자연적으로 얻을 수 있는 영양분이 부족하기 때문에(Maguire and Leedow, 1983) 사료를 통해 섭취하여야 한다(Wyban et al., 1989). 공급된 사료 중 일부는 먹지 않아 사육수와 함께 버려

Article history;

Received 13 August 2012; Revised 7 November 2012; Accepted 6 December 2012

*Corresponding author: Tel: +82. 41. 675. 3773 Fax: +82. 41. 675. 7077

E-mail address: agemang@naver.com

Kor J Fish Aquat Sci 45(6) 659-665, December 2012

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0659>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fishereis and Aquatic Science. All rights reserved

지게 되며 이것은 부영양화의 원인으로 연안 수질환경에 악영향을 미치게 된다(Persson, 1991; Cho and Bureau, 2001; Jackson et al., 2003). 그러므로 효과적인 먹이관리를 위해서는 각 종마다 최적의 영양소 요구량을 규명해야 한다(Xia et al., 2010; Tacon and Akiyama, 1997).

일반적으로 새우 사료는 대부분 어분을 단백질원으로 사용하는데 어분에는 새우의 성장에 필요한 필수 아미노산이 포함되어 있다(Cavalli et al., 2004; Davis et al., 2004). 그러나 최근 어분의 주요 생산국인 칠레의 생산량이 급감하여 2001년 481 USD/MT 이던 가격이 2010년 1,961 USD/MT 로 급등하였다(<http://www.indexmundi.com/commodities/?Commodity=fish-meal&months=60>). 따라서 양식단가의 절감을 위하여 어분을 대체할 만한 식물성 단백질원에 관한 연구가 중요시 되었으며 그 중 대두박을 원료로 하는 연구가 현재까지 가장 많이 수행되고 있다(Amaya et al., 2007; Lim and Dominy, 1990; Piedad-Pascual et al., 1990; Samocha et al., 2004; Tidwell et al., 1993; Sudaryono et al., 1995).

본 연구에서는 어분 대체 단백질원으로 식물성 단백질원으로 대두박의 활용 가능성을 확인하고자 흰다리새우 초기 양성과 정에서 두 종류의 단백질원이 다른 사료를 각각 공급한 후 성장, 생존율, 사료효율, 체성분 분석 등을 비교하였다.

재료 및 방법

실험구

본 실험에 사용된 흰다리새우(*L. vannamei*)는 충남 서산에 위치한 청수수산에서 11월에 post larvae (PL) 10기의 치하를 가져와 28톤 원형수조에 10,000 inds/m²을 입식하여 61일 동안 중간육성을 하였으며 이 중 약 2,000마리를 채집해 2 톤 사각수조에 3일 동안 28℃ 로 가온한 해수를 유수식으로 흘려주면서 서서히 환경에 적응을 시켰다. 시험수조는 바닥면적 1.29 m²의 200 L FRP 원형수조로 각 수조에 먹이망과 에어스톤을 설치하고 실험구별 3반복으로 실시하였다. 실험 시작 전에 1-2 g의 흰다리새우를 선별한 후에 FRP 원형 수조에 150 L의 해수를 넣고 수용하였다.

실험기간은 2011년 1월 21일 - 2월 18일까지로 실험 시작 시 흰다리새우의 평균 습중량은 1.68 ± 0.6 g (B.W) 였으며, 각 수조에 75마리씩 입식(500 inds/ m³)하였다. 사육수는 별도의 항온 수조에 오존 살균 해수를 하루 동안 폭기하고, 28℃로 가온한 물을 50 μm와 3 μm로 여과 한 후 사용하였으며, 각 수조에 매일 50% (75 L)씩 환수하였다. 환수시 먹이망을 제거하면서 찌꺼기 및 배설물을 함께 제거하였다. 흰다리새우가 수조 밖으로 나오는 것을 막기 위해 덮개를 씌워주었고, 자연광을 이용하여 사육하였다.

Table 1. Ingredients and proximate composition of diet protein sources (% of dry matter basis)

Ingredient (%)	Diets	
	FM ¹	SM ¹
Wheat flour	19	20
Rice bran	16.3	0
Fish meal	16.9	0
Squid liver meal	5	7
Soybean meal (Dehulled)	33.34	60
Brewer's yeast low	1	1
Fish oil	2.2	4
Sorbate K	0.03	0.03
Limestone	0	1.64
Soy lecithin	1	1
Methionine	0.04	0.28
Monocalcium phosphate (MDCP)	3.38	3.3
Sodium phosphate	0.26	0.2
Stay C	0.05	0.05
Yeast	0.2	0.2
Choline	0.1	0.1
Vitamin permix ²	0.5	0.5
Mineral permix ³	0.5	0.5
Bile acid	0.1	0.1
Ethoxyquin	0.1	0.1
Proximate composition of sources (% of dry matter basis)		
Crude protein	42.2	40.1
Crude lipid	4.56	2.42
Ash	12.7	11.6
Moisture	9.3	11.0

¹FM, fish meal; SM, soy meal

²Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg premix): L-ascorbic acid, 121.2; DL- α -tocopheryl acetate, 18.8; thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-D-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

³Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): MgSO₄·7H₂O, 80.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; ZnSO₄·7H₂O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0.

사료제조 및 공급

실험에 사용된 사료의 조성표와 일반성분은 Table 1과 같다. 단백질원료로 어분, 탈피대두박 및 오징어간분을 사용하였으며, 탄수화물 주 원료로 소맥분 및 전분을 사용하였고, 지질원료로는 어유와 대두유를 사용하여 어분(Fish meal, FM)과 대두박(Soybean meal, SM)을 제조하였다. 일반적으로 새우사료에 주 단백질원으로 사용되고 있는 어분을 주성분으로 한 사료와 대두박어분 대신 대두박을 첨가한 두 종류의 사료를 제조하였다. 사료는 오전 10시, 오후 4시, 오후 10시, 하루 세 번 흰다리새우 체중의 8%를 공급하였다. 먹이망에 남아 있는 사료는 수거, 건조 무게를 측정하였다.

성장조사

성장도 조사는 4주간 실험 종료 후, 각 수조에서 새우를 채집하여 얼음물에 넣어 마취시킨 후 물기를 제거하여 습중량과 체장을 측정하였고, 증체율(weight gain, %), 사료요구율(feed conversion ratio), 사료효율(feed efficiency, %), 일간성장률(specific growth rate, %), 단백질전환효율(protein efficiency ratio, %) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하여 단백질원에 따른 사료의 효과를 비교하였다(Xia et al., 2010; Alam et al., 2005; Deng et al., 2006). 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Weight gain} = \frac{\text{final wet weight} - \text{initial wet weight}}{\text{initial wet weight}} \times 100$$

$$\text{Feed conversion ratio} = \frac{\text{Feed offered per shrimp}}{\text{weight gain shrimp}}$$

$$\text{Feed efficiency} = \frac{\text{wet weight gain}}{\text{dry feed intake}} \times 100$$

$$\text{Protein efficiency ratio} = \frac{\text{wet weight gain}}{\text{protein intake}}$$

$$\text{Specific growth rate} = \frac{\log_e \text{final wet weight} - \log_e \text{initial wet weight}}{\text{days}} \times 100$$

$$\text{Survival rate} = \frac{\text{total shrimp} - \text{dead}}{\text{total shrimp}} \times 100$$

체성분 분석

실험 종료 후 약 60마리 개체를 채집하여 -80℃에 분석 전까지 보관하였다. 흰다리새우의 체성분 분석은 일반성분(수분, 조단백질, 조지방, 회분)과 아미노산을 측정하였으며 일반성분은 전어체를 이용하여 분석하였고, 아미노산은 가식부를 이용하여 분석하였다.

수분은 상압 가열 건조법으로 전어체의 무게를 측정 후 항온건조기를 사용하여 105℃에서 4시간을 건조하여 전후의 중량차이를 수분량으로 하였다. 조단백질은 Kjeldahl법(AOAC,

Table 2. Mean growth parameters of white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles fed the different protein sources (% of dry matter basis)

Parameter	FM ¹	SM ¹
Initial mean weight (g)	1.68 (0.6)	1.68 (0.6)
Mean final weight (g)	4.50 (0.82)	4.73 (0.95)
FCR ²	1.68 (0.13) ^a	1.41 (0.04) ^b
Mean growth Rate (g week ⁻¹)	0.71 (0.06)	0.76 (0.08)
WG (%) ²	176.53 (13.76)	190.94 (20.27)
FE (%) ²	37.49 (2.75) ^a	44.56 (1.49) ^b
PER (%) ²	1.45 (0.11) ^a	1.81 (0.05) ^b
SGR (%) ²	3.50 (0.17)	3.68 (0.24)
Mean survival (%)	96.44 (2.04)	97.33 (1.89)

¹FM, fish meal; SM, soy meal

²FCR, feed conversion ratio; WG, weight gain; PER, protein efficiency ratio; FE, Feed efficiency; SGR, specific growth rate.

Values are presented as mean (standard deviation).

Means with different letters differ significantly according to t-test ($P < 0.05$).

Table 3. Proximate composition of whole body and edible part of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (% of dry matter basis)

Composition	Body	Initial	FM ¹	SM ¹
Moisture	Whole	77.72	75.37 (0.95)	75.82 (0.89)
	Edible Part	75.32	74.00 ^b (0.33)	74.86 ^{ab} (0.48)
Lipid	Whole	2.48	2.96 (0.08)	2.49 (0.34)
	Edible Part	2.19	2.05 ^{ab} (0.14)	1.74 ^b (0.15)
Protein	Whole	78.9	78.14 (0.99)	79.63 (0.73)
	Edible Part	90.8	91.48 ^a (0.48)	88.12 ^b (1.07)
Ash	Whole	14.97	11.87 ^a (0.27)	12.69 ^b (0.25)
	Edible Part	9.76	7.59 (0.31)	7.58 (0.51)

¹FM, fish meal; SM, soy meal Means with different letters differ significantly according to t-test ($P < 0.05$).

1995)에 의한 질소정량법 ($N \times 6.25$)으로 분석하였다. 조지방은 ether extract 방법을 이용하여 측정하였는데, 시료를 95-100℃에서 2시간 정도 건조하고 desiccator내에서 40분간 방냉 후 무게를 측정하고 시료 2-3 g을 No.2 여과지에 싸서 95-100℃에서 2시간 건조시킨 후 지방추출장치에 넣고 ethyl ether을 부어 80℃로 가열하여 8시간 지방을 추출한 다음 ethyl ether을 회수하고 다시 95-100℃에서 3시간 건조 후 desiccator내에서 40분간 방냉 후 무게를 측정하였다. 회분은 일정량의 시료를 도가니에 넣고 550-600℃의 온도에서 완전 회화처리를 하여 남은 재의 양을 측정하는 직접회화법으로 분석하였다. 아미노산은 ninhydrin method 를 이용하여 분석하였는데 염산 처리한 시료를 110℃에서 22시간 건조한 시료를 상온에서 방

Table 4. Total amino acid of whole body and edible part of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (% of dry matter basis)

	Initial	FM ¹	SM ¹
Aspartic Acid	8.21	8.43 (0.15)	8.05 (0.56)
Threonine	3.22	3.21 (0.04)	3.15 (0.12)
Serine	2.47	2.52 (0.04)	2.40 (0.09)
Glutamic Acid	10.99	11.08 (0.12)	10.83 (0.30)
Proline	4.73	5.31 (0.13)	5.33 (0.19)
Glycine	5.70	5.41 (0.15)	5.19 (0.31)
Alanine	6.28	6.19 (0.02)	6.16 (0.22)
Valine	4.03	4.02 (0.04)	3.91 (0.29)
Isoleucine	2.82	2.83 (0.03)	2.81 (0.09)
Leucine	5.30	5.35 (0.05)	5.23 (0.19)
Tyrosine	2.22	2.46 (0.12)	2.47 (0.04)
Phenylalanine	3.68	3.69 (0.03)	3.67 (0.15)
Histidine	2.30	2.30 (0.05)	2.23 (0.11)
Lysine	6.83	6.97 (0.05)	6.65 (0.49)
Arginine	5.01	5.17 (0.02)	4.53 (1.04)
Cysteine	0.81	0.74 ^{ab} (0.03)	0.77 (0.00) ^b
Methionine	0.60	0.62 (0.06)	0.60 (0.03)

¹FM, fish meal; SM, soy meal Values are presented as mean (standard deviation) Means with different letters differ significantly according to t- test ($P < 0.05$).

냉한다. 분해된 시료를 55°C 항온수조에서 증발시킨 후 여과한 전처리 시료를 570 nm와 440 nm의 두 파장을 이용하여 측정하였다(Sykam Amino Acid Analyzer S433, Sykam; Eresing, Germany).

수질분석

각 실험구별 사육수의 수온, 용존산소, 염분 및 pH를 매일 아침 8시에 YSI 85 (Yellow Springs Instrument, OH, USA)로 측정하였다. 아질산염, 질산염, 총암모니아는 주 1회 채수하여 해양환경 공정시험법(MLTM, 2010)에 따라 처리한 후 분광광도계(Varian, Cray 100 conc, USA)를 이용하여 각각의 흡광도(543 nm, 640 nm)에서 측정하였다.

통계처리

생물의 성장 및 분석 결과 Computer Program Statistics 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)로 t-test를 실시하여 평균간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

결 과

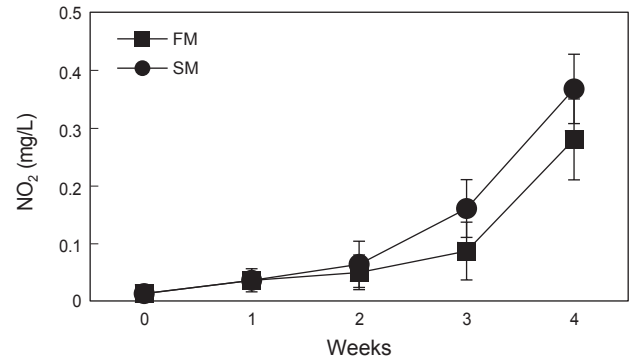


Fig. 1. The changes of NO₂-N concentration (mg/L) in rearing water of experimental diets supplied trial. FM, fish meal; SM, soy meal.

수질환경 변화

모든 시험구 사육수의 아질산염, 질산염, 총암모니아의 주간 변화 양상은 시간이 경과할수록 점차 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 1, 2, 3). 실험시작 시 아질산의 농도는 단백질원으로 어분과 대두박을 사용한 두 실험구 모두에서 0.01 mgL⁻¹이었는데, 실험시작 2주 후부터 어분과 대두박에서 차이가 나타나기 시작하여, 3주 후 두 실험구간 아질산 농도는 각각 어분이 0.09 mgL⁻¹ 대두박은 0.16 mgL⁻¹로 큰 차이를 보였다. 실험 종료 시 어분의 아질산염은 0.27 mgL⁻¹이었고, 대두박은 0.37 mgL⁻¹이었다(Fig. 1). 사육수 내 질산염의 변화는 어분과 대두박에서 초기시험 기간 차이를 보였는데, 어분의 경우 시험 시작 시 0.014 mgL⁻¹로 3주차까지는 농도에 큰 변화가 없었으나 3주 후 급격하게 증가하여 종료시 0.33 mgL⁻¹까지 높아졌다. 대두박은 초기 질산염 농도가 0.087 mgL⁻¹로 농도가 서서히 증가하여 어분과 같이 3주가 지나면서 농도가 급격히 증가하여 0.35 mgL⁻¹를 나타냈다(Fig. 2). 총암모니아는 어분과 대두박에서 비슷한 양상을 보였다. 실험초기의 총암모니아 농도는 어분과 대두박 각각 0.31 mgL⁻¹, 0.36 mgL⁻¹이었다. 1주 후 두 실험구 모두 농도가 어분은 1.00 mgL⁻¹, 대두박은 1.19 mgL⁻¹로 급격히 증가하였다. 이후 3 주까지 비교적 일정한 값을 보였으며, 4주 후 다시 증가하여 어분은 1.75 mgL⁻¹, 대두박은 1.68 mgL⁻¹로 나타났다(Fig. 3).

흰다리새우 성장

실험 시작 흰다리새우의 체중은 1.68 ± 0.6 g 이었고 28일 후 실험 종료 시에는 각각의 평균 체중이 어분은 4.50 ± 0.82 g, 대두박은 4.73 ± 0.95 g 으로 증가하였다(Table 2). 주간 성장률은 각각 0.71 ± 0.06 g week⁻¹, 0.76 ± 0.08 g week⁻¹였으며, 사료전환효율은 어분이 1.68 ± 0.13, 대두박이 1.41 ± 0.04인 것으로 나타났다. 어분과 대두박 실험구에서 생존율은 각각 96.44 ± 2.04%, 97.33 ± 1.89% 로 통계학적 유의한 차이를 보이지 않

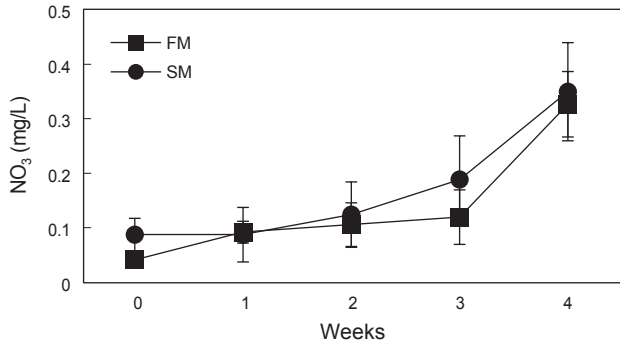


Fig. 2. The changes of NO₃⁻-N concentration (mg/L) in rearing water of experimental diets supplied trial. FM, fish meal; SM, soy meal.

았다($P>0.05$). 흰다리새우의 최종 증체율은 실험구 어분과 대두박 각각이 $176.53 \pm 13.76\%$, $190.94 \pm 20.27\%$ 였다. 사료효율은 대두박이 어분의 $37.49 \pm 2.75\%$ 보다 높은 $44.56 \pm 1.49\%$ 였고, 단백질 전환효율은 어분 $1.45 \pm 0.11\%$, 대두박 $1.81 \pm 0.54\%$ 로 사료효율과 단백질 전환효율에서 두 시험구간 유의적인 차이가 나타났($P<0.05$). 일간성장률은 어분이 $3.50 \pm 0.17\%$, 대두박 $3.68 \pm 0.24\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

체성분 분석

전어체 일반성분 분석결과 어분과 대두박을 이용한 시험구간 수분, 조단백, 조지방은 유의한 차이를 보이지 않았으나 회분은 시험구별로 어분 11.87% , 대두박 12.69% 로 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 반면, 가식부 일반성분 분석에서 회분은 시험구별 유의한 두 시험구간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 수분, 조지방, 조단백질에서 유의한 차이를 보였다($P<0.05$, Table3). 가식부의 아미노산 분석결과 cysteine을 제외한 모든 아미노산에서 어분과 대두박 실험구 사이에는 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($P>0.05$, Table4).

고 찰

양식생물의 성장과 생존은 먹이의 종류, 먹이공급 횟수와 양, 사육밀도 등과 같은 사육 방법과 수온, 염분, 산소, 수질환경 등과 같은 물리적 요인에 의해 영향을 받기도 한다. 그 중 사육수 내 영양염 농도, 즉 아질산, 질산, 총암모니아는 직접적으로 생물에 영향을 주므로 새우 양식의 중요한 요인으로 간주되고 있다. 본 연구에서 500 inds/m^3 의 고밀도로 흰다리새우를 수용하여 실험시 사육수를 매일 50%씩 환수를 하였지만 위의 세 항목들은 시간의 경과에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다. 그러나 실험종료 시까지 흰다리새우의 생육에 영향을 주지 않는 범위(Ray et al., 2010; Li et al., 2007; Lin and Chen, 2003)로 전 실험기간 유지가 되었고 실험기간 동안에 먹이섭취의 감소

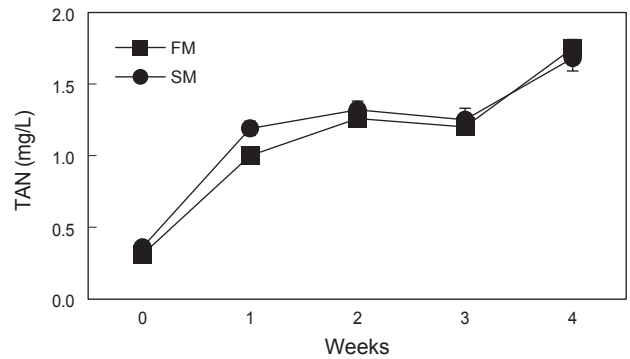


Fig. 3. The changes of total ammonia nitrogen concentration (TAN; mg/L) in the rearing water of experimental diets supplied trial. FM, fish meal; SM, soy meal.

또는 먹이섭취활동의 저하 현상이 관찰되지 않아 수질이 새우 성장에 영향을 미치지 않는 것으로 파악되었다.

단백질원을 식물성으로 대체한 기존의 연구결과들과 비교해 볼 때, Samocha et al. (2004)이 흰다리새우(평균 체중은 1.13 g , 입식밀도 30 m^2)를 어분과 대두박의 비율을 다르게 하여 사료를 공급한 6주간의 실험 결과와 Ray et al. (2010)이 흰다리새우를 고밀도 (460 inds/m^3)로 사육한 실험한 결과 어분과 대두박을 공급하였을 때 생존율에 차이가 없었으며 단위면적당 수확량이 각각 $2.21 \pm 0.12 \text{ kg/m}^3$, $2.10 \pm 0.12 \text{ kg/m}^3$ 이었고 평균 주간성장율이 각각 $0.66 \pm 0.12 \text{ g week}^{-1}$ 과 $0.60 \pm 0.02 \text{ g week}^{-1}$ 으로 실험구 간에 차이를 보이지 않은 것과 동일하게 본 연구에서도 평균 체중과 주간 성장률이 대두박과 어분 실험구 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 사료요율을 보면 대두박 실험구가 어분 실험구에 비해 상대적으로 적은 양의 사료를 섭취하고도 어분과 동일한 성장을 보였다. 또한 사료효율과 단백질 전환효율도 대두박 실험구에서 유의적으로 더 높게 나타났다. 위 결과들을 종합하였을 때 대두박 실험구가 어분 실험구에 비해 공급되는 사료의 양은 적지만 결과적으로 비슷한 성장을 유도한 것으로 나타났다. 이를 통해 대두박의 대체 사료원으로써 이용가능성을 확인하였고, 기존의 사료원인 어분보다 저렴한 대두박을 이용하여 경제성이 높은 것으로 나타났다.

지금까지의 연구결과로는 대두박이 새우에서 쉽게 소화가 되지만 methionine, lysine과 tryptophan 등과 같은 필수아미노산들(EAAs)이 부족하기 때문에(Lim and Dominy, 1990) 대두박 사료공급 시 새우의 최적 성장을 유도하기 위해서는 별도로 methionine, cystine과 같은 아미노산의 공급이 필요하다고 하였다(Akiyama, 1989; Millamena et al., 1996). 그러나 본 연구에서는 4주간의 사료실험 후 새우가 함유하고 있는 methionine, lysine, cysteine 함량에서 통계학적 차이를 확인할 수 없으므로 이들 아미노산의 부가적인 첨가는 필요하지 않은 것으로 조사되었다. 또한 본 연구에서 성분분석 결과 가식부에서

조단백질의 함량이 대두박 실험구가 88.12%로 어분을 공급한 실험구 91.48%보다 유의적으로 낮은 함량을 보였지만 Table 2와 같이 최종 생존율과 성장률에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 양식 시 경제학적 측면과 환경친화적인 측면에서 저가의 단백질원인 대두박을 원료로 하여 흰다리새우 초기 양성이 가능성을 확인하였다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 경상과제(RP-2012-AQ-076)에 의하여 수행되었으며 연구에 도움을 주신 서해수산연구소 양식연구센터 직원분들과 부경대학교 해양바이오 신소재학과 연구원들께 감사드립니다.

참고문헌

- Akiyama DM. 1989. Soybean meal utilization by marine shrimp. In: Proceeding of the world congress, vegetable protein utilization in human foods and animal feed stuffs. Applewhite TH, eds. American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois, USA, 252-265.
- Alam MS, Teshima S, Koshio S, Ishikawa M, Uyan O, Hernandez LH and Michael FR. 2005. Supplemental effects of coated methionine and/or lysine to soy protein isolate diet for juvenile kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. Aquaculture 248, 13-19.
- Amaya E, Davis DA and Rouse DB. 2007. Alternative diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 262, 419-425.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA, USA.
- Cavalli RO, Zimmermann S and Speck RC. 2004. Growth and feed utilization of the shrimp, *Farfantepenaeus paulensis* fed diets containing different marine protein sources. Cienc Rural 34, 891-896.
- Cho CY and Bureau DP. 2001. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. Aquac Res 32, 349-360.
- Davis DA, Samocha TM, Bullis RA, Patnaik S, Browdy CL, Stokes AD and Atwood HL. 2004. Practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931): working towards organics and/or all plant production diets. Proceedings of the VII Symposium, Internatcional de Nutrition Acuicola, Hermosillo, Sonora, Mexico, November 16-19.
- Deng J, Mai K, Ai Q, Zhang W, Wang X, Xu W and Liufu Z. 2006. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture 258, 503-513.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2011. Retrieved from <http://www.fao.org/figis>.
- Holthuis LB. 1980. FAO species catalogue, vol. 1. Shrimps and prawns of the world. Food and aquaculture organization of the United Nations.
- Jackson C, Preston N, Peter JT and Burford M. 2003. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm Aquaculture 218, 397-411.
- KOSTAT (Korean Statistical Information Service). 2012. Retrieved from <http://www.kosis.kr/abroad>.
- Li E, Chen L, Zeng C, Chen X, Yu N, Lai Z and Zin JG. 2007. Growth body composition respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei* at different salinities. Aquaculture 265, 385-390.
- Lim C and Dominy W. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 87, 53-63.
- Lin YC and Chen JC. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. Aquaculture 224, 193-201.
- Maguire GB and Leedow MI. 1983. A study of the optimum stocking density and feed rate for school prawns, *Metapenaeus macleayi* (Haswell) in some Australian brackish water farming ponds. Aquaculture 30, 285-297.
- Millamena OM, Bautista-Teruel MN and Kanazawa A. 1996. Methionine requirement of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon* fabricius. Aquaculture 143, 403-410.
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2010. Standard methods for marine environmental analysis. MLTM, Seoul, Korea, 495.
- Persson G. 1991. Eutrophication resulting from salmonid fish culture in fresh and salt waters. Scandinavian experience. In: Cowey CB and Cho CY, eds. Nutritional strategies and aquaculture waste.
- Piedad-Pascual F, Cruz EM and Sumalangcay AJR. 1990. Supplemental feeding of *Penaeus monodon* juveniles with diets containing various levels of defatted soybean meal. Aquaculture 89, 183-191.
- Ray AJ, Lewis BL, Browdy CL and Leffler JW. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp, *Litopenaeus vannamei* production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, super-intensive culture systems. Aquaculture 299, 89-98.
- Samocha TM, Patnaik S and Gandy RL. 2004. Heterotrophic intensification of pond shrimp production. Book of abstract of fifth international conference on recirculating aquaculture. 22-25.
- Sudaryono A, Hoxey MJ, Kailis SG and Evans LH. 1995. Investigation of alternative protein sources in practical diets. Aquaculture 134, 313-323.
- Tacon AGJ and Akiyama AGJ. 1997. Feed ingredients. In: D'Abramo LR, Conklin DE and Akiyama DM, eds. Crustacean nutrition, advances in world aquaculture, vol. 6. World

- Maric Soc, Baton Rouge, LA, U.S.A, 411-472.
- Tidwell JH, Webster CD, Yancey DH and D'Abramo LR. 1993. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and distillers' by-products in diets for pond culture of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 118, 119-130.
- Xia S, Li Y, Wang W, Rajkumar M, Paramasivam K, Vasagam K and Wang H. 2010. Influence of dietary protein levels on growth, digestibility, digestive enzyme activity and stress tolerance in white-leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), reared in high-density tank trials. *Aquaculture Research* 41, 1845-1854.
- Wyban JA, Pruder GD and Leber KM. 1989. Paddle wheel effects on shrimp growth, production and crop value in commercial earthen ponds. *J World Aquac Soc* 20, 18-23.