

배합사료내 오징어분, 먹이유인물질, 한약제 및 lecithin의 첨가가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 영향

이상민 · 임영수* · 이종관* · 박승렬* · 명정인* · 박윤정*
강릉대학교 해양생명공학부, *국립수산진흥원

Effects of Supplemental Squid Meal, Attractant, Herb or Lecithin in the Formulated Diets on Growth Performance in Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min LEE, Yong-Su LIM*, Jong Kwan LEE*, Sung-Real PARK*,
Jeong-In MYEONG* and Yun Jeong PARK*

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea
*National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

An 18-week growth trial was conducted in flow-through aquarium system to investigate the effects of several additives in formulated diets on the growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Four replicate groups of abalone averaging 150 mg were fed one of four isonitrogenous (33.8%) and isolipidic (5.8%) diets containing 5% squid meal, 0.5% attractant, 1% herb or 0.5% lecithin. In addition, these formulated diets were compared to commercial diet. Survival rate and shell growth of abalone were not significantly affected by the different dietary additives and commercial diet ($P>0.1$). Body weight gain of abalone fed the diet containing herb was higher than those of abalone fed the diets containing squid meal or lecithin and commercial diet ($P<0.1$). Moisture, protein, lipid and ash contents of soft body were not influenced by dietary additives and commercial diet ($P>0.1$). The results suggest that herb as additive in this formulated diet can improve weight gain of abalone.

Key words: abalone (*Haliotis discus hannai*), formulated diet, additives (squid meal, attractant, herb, lecithin)

서 론

전복류는 세계적으로 100여종 이상이 분포하고 있으며, 우리 나라에는 난류계의 말전복, 까막전복, 시볼트전복과 한류계인 참전복이 서식하고 있다. 종묘를 바다에 방류하여 양식이 이루어져 온 전복은 우리 나라의 고급 수산 식품으로 자리를 잡고 있다. 현재는 참전복 종묘생산 기술이 확립되어 있고, 최근에는 전복 양식 생산량을 높이기 위하여 육상수조에서 고밀도로 양성하는 곳이 계속 증가되는 등 양식 방법이 다양해지고 있다 (Jee et al., 1988; Kim et al., 1998a; Lee et al., 1999). 우리 나라에는 참전복이 주로 양식되고 있으며, 현재 양식 생산량이 계속 증가되고 있는 추세이나 전복을 양식하는 양어가들은 양성용 먹이로 자연산 해조류를 주로 사용하고 있다. 하지만 이들 공급이 부족할 때나 공급받기 어려운 곳에서는 건조 미역이나 다시마를 이용하기로 하고 외국에서 값비싼 배합사료를 수입하여 이용하기 때문에 전복용으로 우리 나라 실정에 적합한 경제적인 배합사료의 개발이 시급한 실정이다.

지금까지 참전복용 배합사료에 관해 주로 일본에서 기초적인 연구가 수행 (Harada and Akishima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Uki et al., 1985, 1986a,b)되어 왔다. 하지만 그러한 결과만으로 경제적인 배합사료를 설계하고 제조하기가 어려워 최근에 우리 나라에서 영양요구 및 경제적인 사료원료에 관한 일련의 연구가 수행 (Lee et al., 1998a,b,c; Lee and Park, 1998; Jeong et al., 1994)

되었고, Lee (1998)는 이러한 연구 결과를 토대로 참전복용으로 몇 가지의 경제적인 사료 배합비를 제시하였다. 이어서 Kim et al. (1998a,b)과 Lee et al. (1999)은 그 배합비로 다른 종류의 전복과 사육환경에서 연구하여 배합사료의 우수성과 효율적인 양식 방법을 검증한 바 있다. 그러나 양식 대상종에 실용적인 배합사료 조성비가 연구되었다 하더라도 그 조성비를 계속 개선하여 성장 효과를 더 높이는 한편, 값비싼 영양소의 과다 첨가를 최소화하여 사료원가를 줄이는 연구와 양식 어종의 품질을 개선시키기 위한 노력은 계속 이어져야 할 것이다. 대상 양식 어종의 성장을 증진시키거나 어체의 품질을 개선시키는 미지의 성장 인자를 구명하는 것은 매우 어렵지만, 먹이 식성 등을 고려하여 사료에 유인효과가 있는 물질이나 성장개선 효과가 있을 것으로 생각되는 원료를 첨가하여 사료효율을 개선하려는 연구 (NRC, 1993)가 진행되고 있다. 전복은 어류와 달리 야행성으로 주로 밤에 먹이를 조금씩 갈아먹는 습성을 가지므로 먹이 섭취를 유인하는 물질이나, 성장을 개선시킬 수 있는 원료를 탐색하는 것은 양식에 있어 중요한 자료가 될 것으로 판단된다. 그래서 본 실험에서는 참전복의 성장을 증진시키거나 품질을 개선시킬 수 있는 첨가제를 탐색하기 위해 타 어종에 성장 개선 또는 먹이 유인효과가 있는 것으로 알려진 몇 가지 원료를 Lee (1998)가 제시한 조성비의 배합사료에 첨가하여 참전복의 성장이나 체성분에 미치는 영향을 조사하였다.

이 논문은 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음.

재료 및 방법

Lee (1998)가 제시한 경제적인 참전복용 배합비에 오징어분 (단백질: 72.7%, 지질: 3.1%, 회분: 10.7%) 5% (SM), 먹이유인물질 (Feedbuds, USA) 0.5% (AT), 한약제 (한솔 메가톤 A, 국산) 1% (HE) 및 lecithin 0.5% (LE)를 각각 첨가하여 4종의 실험 배합사료를 설계하였다 (Table 1). 실험사료 성형은 배합비대로 각 원료를 잘 혼합한 후 이화유지(주)에 의뢰하여 두께 0.15 cm, 1 cm 사각이 되도록 절단하였으며, 진공 건조시킨 후 냉동고에 보관 (-25°C)하면서 사료 공급시마다 사용하였다. 또한 외국에서 수입된 상품사료를 구입하여 실험사료와 비교하였다.

실험치패는 평균체중 150 mg의 참전복을 선별하여 각 실험수조 (20 ℓ)에 100마리씩 완전입의 배치하여 각 사료마다 4반복으로

18주간 사육 실험하였다. 사료는 2일 간격으로 각 실험수조마다 3 g 씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 공급 전에 수거하였다. 사육기간 중의 수온은 보일러로 가온하여 15 ± 1.0°C가 되도록 조정하였으며, 각 수조마다 주수량은 3 ℓ/min로 조절하였다. 분석용 어체는 실험 시작시 300마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관 (-75°C)하다가 전중, 각장, 각폭 등을 측정된 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법 (1990)에 따라 분석하였고, 실험 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1997) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 90%의 신뢰구간에서 검정하였다.

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Diets				Commercial diet
	SM	AT	HE	LE	
White fish meal	15.0	20.0	20.0	20.0	- Closed -
Soybean meal	23.0	23.0	23.0	23.0	
Undaria powder	5.0	5.0	5.0	5.0	
Wheat flour	24.8	24.3	23.8	24.3	
Spirulina	0.5	0.5	0.5	0.5	
Wheat germ meal	5.0	5.0	5.0	5.0	
α-potato starch	5.0	5.0	5.0	5.0	
Squid meal	5.0				
Attractant ¹		0.5			
Herb ²			1.0		
Lecithin				0.5	
Yeast	2.0	2.0	2.0	2.0	
Squid liver oil	3.0	3.0	3.0	3.0	
Vitamin premix ³	2.5	2.5	2.5	2.5	
Mineral premix ³	4.0	4.0	4.0	4.0	
Sodium alginate	5.0	5.0	5.0	5.0	
Enzyme mix ⁴	0.2	0.2	0.2	0.2	
Proximate analysis in dry matter					
Crude protein	33.6	33.9	33.9	33.8	34.9
Crude lipid	5.6	5.8	5.8	5.8	2.2
Crude ash	10.0	10.4	10.4	10.1	15.8

¹Langobuds Goild, Feedbuds, USA.

²Hansol Megaton A, Hansol Oriental Medicine Co., Ltd., Pusan, Korea.

³Same as Lee (1998).

⁴Kemin Industries, Inc., Singapore.

결과 및 고찰

각종 첨가제가 들어 있는 실험사료 및 외국 수입사료로 150 mg 전후의 참전복 치패를 18주간 사육 실험한 결과 (Table 2와 3), 최종 평균체중은 한약제를 첨가한 실험수가 720 mg으로 가장 높았고, lecithin를 첨가한 실험수가 610 mg으로 가장 낮았으며 (P < 0.1), 상품사료는 660 mg이었다. 생존율은 모든 사료에서 89~96%로 서로 유의차없이 (P > 0.1) 양호한 결과를 보였다. 증체율은 한약제 첨가구가 405%로 가장 높아 오징어 분말 첨가구, lecithin 첨가구 및 상품사료의 320~329%보다 높았다 (P < 0.1). 평균 가식부 중량도 한약제 첨가구가 357 mg으로 가장 높았고, lecithin이 첨가구가 265 mg으로 가장 낮았으나 통계적인 차이는 인정되지 않았다 (P > 0.1). 체중에 대한 가식부 중량 비도 한약제 첨가구가 가장 높았고, lecithin이 첨가구가 가장 낮았으나 역시 통계적인 차이는 인정되지 않았다 (P > 0.1). 각장 및 각폭은 각각 16.1~17.0 mm 및 10.9~11.8 mm로 사료 첨가제에 영향을 받지 않았으며 (P > 0.1), 각장에 대한 체중 비도 사료간에 유의차가 없었으나 (P > 0.1), 한약제 첨가구가 다소 높은 값을 보였다. 실험 종료시의 가식부의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량 (Table 4)은 사료 첨가제의 종류에 영향을 받지 않았다 (P > 0.1).

오징어분 (squid meal)은 먹이유인이나 성장 개선 효과가 있는 것으로 보고되어 있어 어류와는 먹이 섭취방식이 다른 새우류의 사료 단백질원 또는 첨가제로 자주 사용되고 있다 (Cruz-Suarez et al., 1987; Deshimarau and Shigueno, 1972; Fenucci et al., 1980;

Table 2. Survival and body weight growth of abalone fed the different diets for 18 weeks¹

Dietary additives	Initial av. wt. (g)	Survival rate (%)	Weight gain (%) ²	Soft body wt. (g)	Soft body wt. (g)/whole body wt. (g)
Squid meal	0.15 ± 0.011 ^{ns}	89 ± 2.9 ^{ns}	329 ± 21.4 ^a	0.285 ± 0.0542 ^{ns}	0.449 ± 0.0546 ^{ns}
Attractant	0.14 ± 0.009	91 ± 3.8	379 ± 16.6 ^{ab}	0.277 ± 0.0315	0.435 ± 0.0584
Herb	0.14 ± 0.009	91 ± 1.3	405 ± 10.2 ^b	0.357 ± 0.0450	0.510 ± 0.0462
Lecithin	0.15 ± 0.008	90 ± 2.9	320 ± 29.0 ^a	0.265 ± 0.0427	0.457 ± 0.0585
Commercial diet	0.16 ± 0.013	96 ± 1.0	328 ± 42.3 ^a	0.288 ± 0.0377	0.443 ± 0.0553

¹Values (mean ± SE of four replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P < 0.1).

²(Final weight - initial weight) × 100 / initial weight.

^{ns}Not significant (P > 0.1).

Table 3. Shell growth of abalone fed the different diets for 18 weeks¹

Dietary additives	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Body wt.(g)/shell length (cm)
Squid meal	16.7 ± 0.65 ^{ns}	11.8 ± 0.492 ^{ns}	0.373 ± 0.0261 ^{ns}
Attractant	16.3 ± 0.37	11.6 ± 0.225	0.393 ± 0.0136
Herb	16.7 ± 0.30	10.9 ± 0.663	0.416 ± 0.0208
Lecithin	16.1 ± 0.67	11.4 ± 0.184	0.360 ± 0.0209
Commercial diet	17.0 ± 0.43	11.8 ± 0.170	0.382 ± 0.0099

¹ Values are mean ± SE of four replications.

^{ns}Not significant (P>0.1).

Kitabayashi et al., 1971). 그러나 본 실험에서 참전복의 경우에는 다른 첨가제에 비해 오징어분 첨가구의 성장 개선효과가 없었고, Koshio et al. (1992)도 새우 사료에 원료의 종류와 배합비에 따라 차이가 없었다고 보고하였는데, 본 실험에서 성장 개선 효과가 없는 것도 배합사료의 원료나 조성비와 관련된 것으로 판단된다.

해양생물의 먹이탐색은 시각 및 후각 등의 감각 기능과 환경에 영향을 받을 것으로 판단되며, 특히 양식시에 대상어종이 먹이를 쉽게 탐색하고 섭취할 수 있도록 유도하는 것은 매우 중요한 일이다. 여러 연구자들은 어떤 종류의 amino acids, amine, betaine, dimethyl-β-propiothetin 등이 어류의 먹이 유인물질이며 어류의 성장을 개선한다고도 보고(Harada and Matsuda, 1984; Harada and Ohwada, 1983; Harada, 1982; Nakajima et al., 1989, 1990; Sutterlin, 1975)하고 있다. 반면에 Lee et al. (1991)은 방어 사료에 먹이유인물질의 첨가효과는 없었다고 보고하고 있어, 어떤 물질이 또는 어떤 색깔이나 모양이 그들을 유인하는지는 아직 정확히 밝혀져 있지 않은 것이 현 실정이다. 본 실험에서도 타 첨가제에 비해 먹이유인물질 (attractant) 첨가구의 성장 개선 효과가 없는 것으로 나타나, 본 실험 배합사료에는 이러한 먹이유인 물질의 첨가는 불필요한 것으로 보인다. 사실 먹이유인물질이 성장 개선효과가 없다면, 양식사료에 그러한 물질의 첨가는 큰 의미가 없을 것이다. 왜냐하면, 좁은 면적에 양식 생물이 고밀도로 수용되어 있기 때문에 먹이를 애써 탐색하지 않아도 항상 쉽게 먹을 수 있도록 충분히 먹이를 공급받을 수 있고, 또한 그렇게 적응되어 있기 때문이다. 따라서 설사 먹이유인물질이 대상 어종에 유인력이 있다 하더라도 좁은 면적의 양식장내에서는 그 효능을 충분히 발휘할 수 없을 가능성이 높을 것으로 판단된다. 이러한 견해는 차후 사육환경 등을 고려하여 계속 연구되어야 할 것이다.

Lecithin은 사료의 인지질원으로 어류 (Craig and Gatlin III, 1997; Hung and Lutes, 1988; Poston, 1991a,b) 및 갑각류 (Alava et al., 1993; Coutteau et al., 1996; Teshima et al., 1986a,b)의 성장과 지질대사를 증진시키는 효능을 가진다고 알려져 있다. 하지만 본 실험에서는 lecithin의 첨가효과가 없는 것으로 나타나 차이를 보였다. 이처럼 lecithin의 첨가효과가 없는 것은 본 실험 사료의 원료, 특히 어분이나 오징어 간유에 인지질 함량이 전복의 요구량을 만족시킨 결과로 판단된다. 이러한 결과는 본 실험에 사용된 배합사료 조성비에 lecithin을 첨가할 필요가 없기 때문에 그만큼 사료단가를 절감되는 효과가 있음을 시사하고 있다. Briggs et al. (1988)도 새우용 반정제 사료에 lecithin의 보충효과가 없었다고 보고한 바 있다.

어패류 양식에 있어 수온, 수용밀도, 먹이 등의 사육환경이 적합하지 않으면 대상어종은 stress를 받아 성장저하와 더불어 질병에 대한 저항력이 약해지기 때문에 이러한 점들을 항상 고려하여 stress 요인을 최소화하여야 한다. 그래서 여러 연구자들은 양식 대상종의 생리적인 기능 강화 목적으로 각종 첨가제의 효능을 조사하여 왔다. 예를 들면, 사료에 해조류 (algae)를 첨가하여 어류의 생리 기능과 사료효율을 향상시킨다고 보고 (Nakagawa and Kasahara, 1986; Nakagawa et al., 1985; Satoh et al., 1987; Yi and Chang, 1994; Yone et al., 1986a,b)되어 있고, 참전복 배합사료에도 이러한 목적으로 각종 해조류를 보충하여 그 효과를 조사 (Lee et al., 1998b)하였으며, 실용적인 배합비 (Lee, 1998)에도 첨가되고 있다. 또한, 한약제를 사료에 보충하여 증으로서 어류의 생존율, 성장 및 질병에 대한 면역력 등이 높아진다는 보고 (Jang et al., 1992; Kim et al., 1996, 1998c,d; Tanimoto et al., 1993)도 있다. 본 실험에서도 한약제 첨가구가 오징어분 및 lecithin 첨가구와 상품 사료보다 양호한 결과를 보여 차후 각종 한약제의 효능을 첨가범위, 생리적인 역할 등을 고려하여 계속 연구되어야 할 것이다.

요 약

참전복의 성장을 증진시키거나 품질을 개선시킬 수 있는 첨가제를 탐색하기 위해, 오징어분 5%, 먹이유인물질 0.5%, 한약제 1% 및 lecithin 0.5%를 각각 첨가한 배합사료를 설계하여 외국에서 수입된 상품사료와 비교하였다. 평균체중 150 mg의 참전복 치패를 대상으로 각 사료당 4반복으로 18주간 사육 실험한 결과,

Table 4. Chemical composition (%) of the soft whole body¹

Dietary additives	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial:	79.12	13.42	0.94	3.24
Final:				
Squid meal	79.34 ± 0.096 ^{ns}	13.33 ± 0.164 ^{ns}	0.93 ± 0.053 ^{ns}	2.77 ± 0.077 ^{ns}
Attractant	79.26 ± 0.161	13.35 ± 0.233	0.96 ± 0.057	2.77 ± 0.080
Herb	79.07 ± 0.373	13.32 ± 0.425	1.01 ± 0.095	2.70 ± 0.116
Lecithin	79.33 ± 0.232	13.38 ± 0.162	1.01 ± 0.071	2.62 ± 0.173
Commercial diet	78.57 ± 0.294	13.68 ± 0.276	0.86 ± 0.014	2.73 ± 0.086

¹Values are mean ± SE of four replications.

^{ns}Not significant (P>0.1).

최종 평균체중은 한약제를 첨가한 실험구가 720 mg으로 가장 높았고, lecithin를 첨가한 실험구가 610 mg으로 가장 낮았으며 ($P < 0.1$), 상품사료는 660 mg이었다. 생존율과 가식부의 일반성분은 사료구간에 유의적인 차이가 인정되지 않았다 ($P > 0.1$). 증체율은 한약제 첨가 사료가 405%로 가장 높아 오징어분 첨가구, lecithin 첨가구 및 상품사료의 320~329%보다 높았다 ($P < 0.1$). 이와 같이 한약제 첨가구가 오징어 분말, lecithin 및 상품사료보다 성장이 개선되는 경향이 있어, 한약제의 첨가가 성장개선에 도움이 될 것으로 보이며, 금후 이에 대한 연구가 계속 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Alava, V.R. A. Kanazawa, S. Teshima and S. Koshio. 1993. Effect of dietary phospholipids and n-3 highly unsaturated fatty acids on ovarian development of Kuruma prawn. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 345~351.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Briggs, M.R.P., K. Jauncey and J.H. Brown. 1988. The cholesterol and lecithin requirements of juvenile prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) fed semi-purified diets. *Aquaculture*, 70, 121~129.
- Coutteau, P., M.R. Camara and P. Sorgeloos. 1996. The effect of different levels and sources of dietary phosphatidylcholine on the growth, survival, stress resistance, and fatty acid composition of postlarval *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 147, 261~273.
- Craig, S. and D.M. Gatlin III. 1997. Growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed diets containing lecithin and supplemental choline. *Aquaculture*, 151, 259~267.
- Cruz-Suarez, L.E., J. Guillaume and A.V. Wormboudt. 1987. Effect of various levels of squid protein on growth and some biochemical parameters of *Penaeus japonicus* juveniles. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 2083~2088.
- Deshimara, O. and K. Shigueno. 1972. Introduction to the artificial diet for prawn *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 1, 115~133.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
- Fenucci, J.L., Z.P. Zein-Eldin and A.L. Lawrence. 1980. The nutritional repose of two penaeid species to various levels of squid meal in a prepared feed. *J. World Maricult. Soc.*, 11, 403~409.
- Harada, K. 1982. The attractive effect of food based on the behavioral responses of juvenile yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. fish.*, 48, 1047~1054.
- Harada, K. and Y. Akishima. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. fish.*, 51, 2051~2058.
- Harada, K. and H. Matsuda. 1984. Feeding attractants in chemical constituents from the mid-gut gland of squid for juvenile yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. fish.*, 50, 623~626.
- Harada, K. and A. Ohwada. 1983. Statistical approach to finding probable feeding attractants for juvenile yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. fish.*, 49, 1541~1546.
- Hung, S. and P. Lutes. 1988. A preliminary study on the non-essentiality of lecithin for hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, 68, 353~360.
- Jang, S.I., J.Y. Jo and J.S. Lee. 1992. Effects of vitamins and glycyrrhizin added to oxidized diets on the growth and on the resistance to *Edwardsiella* infection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J. Aquaculture*, 5, 143~155.
- Jee, Y.J., S.K. Yoo, S. Rho and S.H. Kim. 1988. The stocking density and growth of young abalone *Haliotis discus hannai* Ino cultured in the hanging net cage. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, 42, 59~69.
- Jeong, S.C., Y.J. Jee and P.W. Son. 1994. Indoor tank culture of the abalone *Haliotis discus hannai* II. Effects of diets on growth of young abalone. *J. Aquaculture*, 7, 77~87.
- Kim, D.S., J.H. Kim, C.H. Jeong, S.M. Lee and Y.B. Moon. 1996. Effects of dietary herbs on growth and body composition in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquaculture*, 9, 461~465.
- Kim, B.H., S.M. Lee, C.S. Go, J.W. Kim and J.I. Myeong. 1998a. Optimum stocking density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed formulated diet or macroalgae (*Undaria*). *J. Korean Fish. Soc.*, 31, 869~874.
- Kim, J.W., S.M. Lee, S.J. Han, B.H. Kim and S.R. Park. 1998b. Effects of experimental diet, commercial diets and algae (*Undaria*) on growth and body composition among juvenile abalones (*Haliotis discus*, *Haliotis sieboldii* and *Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 505~512.
- Kim, D.S., C.H. Noh, S.W. Jung and J.Y. Jo. 1998c. Effects of Obosan supplemented diet on growth, feed conversion ratio and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J. Aquaculture*, 11, 83~90.
- Kim, D.S., J.H. Kim, C.H. Jeong, S.Y. Lee, S.M. Lee and Y.B. Moon. 1998d. Utilization of Obosan (dietary herbs) I. Effects on survival, growth, feed conversion ratio and condition factor in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquaculture*, 11, 213~221.
- Kitabayashi, K., H. Kurata, K. Shudo, K. Nakamura and S. Ishikawa. 1971. Studies on formula feed for Kuruma prawn. I. On the relation among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 65, 91~108.
- Koshio, S., A. Kanazawa and S. Teshima. 1992. Search for effective protein combination with crab protein for the larval Kuruma prawn *Penaeus japonicus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 1083~1089.
- Lee, S.M., Y.J. Kang and J.Y. Lee. 1991. The effect of soybean meal as a partial replacement for white fish meal in diet for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, Korea*, 45, 247~257.
- Lee, S.M., S.Y. Yun and S.B. Hur. 1998a. Evaluation of dietary protein sources for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (1), 19~29.
- Lee, S.M., Y.S. Lim, Y.B. Moon, S.K. Yoo and S. Rho. 1998b. Effects of supplemental macroalgae and spirulina in the diets on growth performance in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 31~38.
- Lee, S.M., S.J. Yun, K.S. Min and S.K. Yoo. 1998c. Evaluation of dietary carbohydrate sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 133~140.
- Lee, S.M. and H.G. Park. 1998. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 381~390.
- Lee, S.M. 1998. Evaluation of economical feed formulations for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 159~166.

- Lee, S.M., C.S. Park and T.S. Go. 1999. Effects of formulated diet and macroalgae (*Undaria*) on growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) cultured in different shelter type and water temperature. *J. Korean Fish. Soc.*, 32, 284~289.
- Nakagawa, H. and S. Kasahara. 1986. Effect of *Ulva*-meal supplement to diet on the lipid metabolism of red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1887~1893.
- Nakagawa, H., H. Kumai, M. Nakamura and S. Kasahara. 1985. Effect of algae supplemented diet on serum and body constituents of cultured yellow tail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 279~286.
- Nakajima, K., A. Uchida and Y. Ishida. 1989. A new feeding attractant, Dimethyl- β -propiothetin, for freshwater fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 689~695.
- Nakajima, K., A. Uchida and Y. Ishida. 1990. Effect of a feeding attractant, Dimethyl- β -propiothetin, on growth of marine fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1151~1154.
- NRC (National Research Council). 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.
- Ogino, C. and N. Kato. 1964. Studies on the nutrient of abalone, II. Protein requirements for growth of abalone, *Haliotis discus Reeve*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 30, 523~526.
- Poston, H.A. 1991a. Response of rainbow trout to soy lecithin, choline, and autoclaved isolated soy protein. *Prog. Fish-Cult.*, 53, 89~90.
- Poston, H.A. 1991b. Response of Atlantic salmon fry to feed-grade lecithin and choline. *Fish-Cult.*, 53, 224~228.
- Satoh, K.I., H. Nakagawa and S. Kasahara. 1987. Effect of *Ulva* meal supplementation on disease resistance of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1115~1120.
- SPSS Inc. 1997. *SPSS Base 7.5 for Window*, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Sutterlin, A.M. 1975. Chemical attractant of some marine fish in their natural habitat. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, 729~738.
- Tanimoto, S.Y. K. Ikuma and S. Takahara. 1993. Improvement in raw meat texture of cultured eel by feeding of tochu leaf powder. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 57, 325~327.
- Teshima, S., A. Kanazawa and Y. Kakuta. 1986a. Effect of dietary phospholipids on growth and body composition of the juvenile prawn. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 155~158.
- Teshima, S., A. Kanazawa and Y. Kakuta. 1986b. Effect of dietary phospholipids on lipid transport in the juvenile prawn. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 159~163.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 1835~1839.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1005~1012.
- Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986b. Requirement of essential fatty acids in the abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1013~1026.
- Yi, Y.H. and Y.J. Chang. 1994. Physiological effects of seamustard supplement diet on the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27, 69~82.
- Yone, Y., M. Furuichi and K. Urando. 1986a. Effect of dietary wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on growth, feed efficiency, and proximate compositions of liver and muscle of red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1465~1468.
- Yone, Y., M. Furuichi and K. Urando. 1986b. Effect of dietary wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on absorption of dietary nutrients, and blood sugar and plasma free amino-N levels of red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1817~1819.

1998년 8월 10일 접수

1999년 4월 30일 수리