

참전복 배합사료의 비타민 및 미네랄 혼합물 첨가 효과

이상민 · 전민지* · 김대희*
강릉대학교 해양생명공학부, *국립수산진흥원

Effect of Supplemental Vitamin and/or Mineral Premixes in the Formulated Diets on Growth of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min LEE, Min Jee JEON* and Dae Hee KIM*

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

A feeding experiment was conducted using juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) to investigate the optimum level of supplemental vitamin and/or mineral premixes in a formulated diet for practical feed formulation. Three replicate groups of abalone averaging 100 mg were fed the diets containing different levels of vitamin premix (0%, 0.5%, 1.0% and 2%) and/or mineral premix (0%, 2%, 4% and 6%) for 4 months. Survival rates of abalone showed no distinctive trend by the levels of dietary vitamin and/or mineral premixes. Weight gain, shell growth and soft body weight of abalone were not significantly affected by the different dietary vitamin and/or mineral premixes ($P>0.05$). Moisture, protein and lipid contents of soft body were influenced by experimental diets ($P<0.05$), but these differences also had no definite trends by levels of vitamin and/or mineral premixes. These data indicate that supplemental vitamin or mineral premix is not needed in this formulated diet, therefore price of diet for juvenile abalone could be reduced.

Key words: abalone (*Haliotis discus hannai*), formulated diet, mineral, vitamin.

서 론

양식 대상종에 실용적인 배합사료가 개발되었다 하더라도 실용적인 배합사료의 formulation은 계속 개선되어 성장효과를 더 높이는 한편, 필수영양소의 과다 첨가를 최소화하여 사료원가를 줄이는 연구가 필요하다. 이러한 측면에서 배합사료에 첨가되는 비타민과 미네랄의 적정 첨가수준을 고려하는 것은 매우 중요하다. 육상 동물과 마찬가지로 어패류도 그들이 처해 있는 환경에서 정상적인 생명을 유지하기 위하여 비타민과 미네랄을 섭취하여야 하는데, 그 요구량은 종마다 다를 뿐 아니라 그 종의 성장상태나 서식 환경에 따라서도 변화된다. 종에 따라 많은 차이가 있지만 대부분의 비타민과 미네랄들은 어패류의 정상적인 성장에 매우 미량으로 요구되기 때문에 사료를 제조할 때 혼합물 (premix)을 별도로 배합하여 첨가하고 있다. 이러한 혼합물에 첨가되는 각종 비타민과 미네랄들은 가격이 비싸고 저장이나 사료 제조시에 안정성이 낮은 종류가 있기 때문에 사료 배합시 각각의 첨가량이 매우 중요하게 고려되고 있다. 더욱이 고밀도 양식이 이루어지는 종은 천연적인 먹이로부터 필요한 비타민과 미네랄을 모두 섭취할 수 없으므로 그들의 성장을 최대로 유지하고 사료효율을 높이기 위해서는 대상종의 요구에 관한 연구가 먼저 수행되어야 할 것으로 판단된다. 하지만 많은 종류의 비타민과 미네랄들을 각각의 종마다 그 요구량을 설정하기에는 많은 노력과 시간이 필요하다. 또한, 어패류의 영양요구를 위한 실험사료나 실용배합사료에 적합한 비타민과 미네랄 혼합물의 설정은 실험사료의 대조구로서 효능을 발휘하고, 실용배합사료의 품질과 단가에 있어 매우 중요한 요인이다.

우리 나라의 고급 수산물인 참전복은 최근에 그 양식 생산량이 꾸준히 증가하고 있으며, 이 중에 적합한 배합사료를 개발하기 위한 일련의 연구 (Lee et al., 1998a,b,c; Lee and Park, 1998a; Jeong et al., 1994; Uki et al., 1985a,b; Mai et al., 1995)가 수행되어 왔다. 이러한 연구 결과를 토대로 Lee (1998)는 참전복용으로 몇 가지의 경제적인 사료 배합비를 제시하였고, Kim et al. (1998a,b)과 Lee et al. (1999)은 그 배합비로 다른 종류의 전복과 사육환경에서 사육실험한 바 있다. 하지만, 비타민 및 미네랄의 요구량에 관한 연구는 수행되지 못했기 때문에 배합사료의 적정 비타민 및 미네랄의 첨가수준을 예측하지 못했다. 그래서 이 연구는 이미 연구된 실용적인 배합사료 조성 (Lee, 1998)으로 배합사료를 제조하여 비타민 및 미네랄 혼합물 첨가효과를 조사하여 사료단가를 낮출 수 있는 가능성과 차후 연구에 기초적인 자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

Lee (1998)가 제시한 경제적인 참전복용 배합비에 전복 배합사료 연구 (Lee et al., 1998b,c; Kim et al., 1998a,b)에 사용된 비타민과 미네랄 혼합물의 첨가수준을 달리하여 9종의 실험 배합사료를 제조 (Table 1)하였다. 실험사료의 성형은 배합비대로 각 원료를 잘 혼합한 후 이화유지 (주)에 의뢰하여 두께 0.15 cm로 1 cm 사각이 되도록 절단하였으며, 진공으로 건조시킨 후 냉동고에 보관 (-25°C)하면서 사료 공급시마다 사용하였다.

Table 1. Composition (%) of the diets

| Ingredients | Vitamin diet | Mineral diet |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| White fish meal | 20.0 | 20.0 |
| Soybean meal | 23.0 | 23.0 |
| Undaria powder | 5.0 | 5.0 |
| Wheat flour | 24.3 | 22.3 |
| Spirulina | 0.5 | 0.5 |
| Wheat germ meal | 5.0 | 5.0 |
| α -potato starch | 5.0 | 5.0 |
| Yeast | 2.0 | 2.0 |
| Squid liver oil | 3.0 | 3.0 |
| Lecithin | 0.5 | 0.5 |
| Vitamin premix ¹ | — | 2.5 |
| Mineral premix ² | 4.0 | — |
| Sodium alginate | 5.0 | 5.0 |
| α -Cellulose ³ | 2.5 | 6.0 |
| Enzyme mix ⁴ | 0.2 | 0.2 |
| Proximate analysis in dry matter | | |
| Crude protein | 33.7 | 33.7 |
| Crude lipid | 5.7 | 5.7 |
| Crude ash | 10.6 | 8.0 |
| Crude fiber | 2.6 | 3.6 |

¹Vitamin mix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): ascorbic acid, 200; α -tocopheryl acetate, 20; thiamin, 5; riboflavin, 8; pyridoxine, 2; nicin, 40; Ca-D-pantothenate, 12; myo-inositol, 200; D-biotin, 0.4; folic acid, 1.5; p-amino benzoic acid, 20; K₃, 4; A, 1.5; D₃, 0.003; choline chloride, 200; cyanocobalamin, 0.003.

²Mineral mix contained the following ingredients (g/kg mix): NaCl, 10; MgSO₄ · 7H₂O, 150; NaH₂PO₄ · 2H₂O, 250; KH₂PO₄, 320; CaH₄(PO₄)₂ · H₂O, 200; Ferric citrate, 25; ZnSO₄ · 7H₂O, 4; Ca-lactate, 38.5; CuCl₂, 0.3; AlCl₃ · 6H₂O, 0.15; KIO₃, 0.03; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄ · H₂O, 2; CoCl₂ · 6H₂O, 0.1.

³Partially replaced vitamin (0~2.0%) or mineral (0~6%) pre-mixes, respectively.

⁴Kemin Industries, Inc., Singapore.

실험치패는 평균체중 100 mg의 참전복을 선별하여 각 실험수조 (20 l)에 70마리씩 완전입의 배치하여 각 사료마다 3반복으로 4개월간 사육실험하였다. 사료는 2일 1회 각 실험수조마다 2~4 g 씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 공급 전에 제거하였다. 주수량은 3 l/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온은 12~17 °C (평균 \pm 표준편차, 13.4 \pm 1.17°C), 비중은 1.026~1.028 (1.027 \pm

0.0005)이었다. 분석용 어체는 실험 시작시 100마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관 (-75°C)하다가 각 무게, 각장, 각폭 등을 측정된 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

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

결과 및 고찰

실용적인 배합비에 비타민 혼합물 (0~2%)과 미네랄 혼합물 (0~6%)을 각각 달리 첨가하여 100 mg 전후의 참전복 치패를 4개월간 사육실험한 결과 (Table 2와 3), 생존율은 78~89% 범위에서 실험구간에 차이를 보였지만 (P<0.05), 사료의 비타민 또는 미네랄 혼합물의 첨가 수준에 따른 특별한 경향은 없었다. 최종 평균체중, 증체율, 가식부 중량, 체중에 대한 가식부 중량 비, 각장, 각폭 및 각장에 대한 체중 비의 값들은 사료의 비타민 및 미네랄에 영향을 받지 않았다 (P>0.05). 또한, 배합사료에 첨가된 미네랄의 수준에 따른 패각의 무게 차이도 없었다.

가식부의 일반성분 (Table 4)에서 최종 가식부의 수분은 75.2~77.9%로 실험 시작시의 81.4%보다 감소하였으며, 미네랄 혼합물 6%첨가구가 75.2%로 가장 낮았다 (P<0.05). 단백질 함량은 실험 시작시보다 실험 종료시에 대체로 높아졌으며, 미네랄 혼합물 6%첨가구가 15.8%로 가장 높았다 (P<0.05). 실험 시작시 0.97%이었던 지질 함량은 종료시 1.31~1.65% 범위로 모든 실험구에서 증가되었으며, 미네랄 혼합물 6% 첨가구가 가장 높은 값을 보였다 (P<0.05). 하지만 이러한 성분변화가 사료의 비타민이나 미네랄의 혼합물 함량에 따른 특별한 경향은 아니었다. 회분함량은 실험 전후 2.8~3.1%범위로 서로 비슷한 수준을 유지하였다 (P>0.05).

위와 같이 본 실험에 사용된 사료 배합비에서 비타민과 미네랄의 보충효과가 없는 것은 배합된 원료 중의 비타민이나 미네랄의 함량이 참전복의 요구량을 충족시킬 수 있기 때문으로 판단된다. 하지만 Uki et al. (1985a)은 카제인 위주의 배합사료에 미네랄 혼합물의 적정 첨가수준은 4%라고 보고하여 본 실험과 차이를

Table 2. Survival and body weight growth of abalone fed the different diets for 4 months¹

| Dietary vitamin premix level (%) | Dietary mineral premix level (%) | Survival rate (%) | Weight gain (%) ² | Soft body wt. (g) | Soft body wt. (g)/whole body wt. (g) |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 0 | 4.0 | 84 \pm 3.2 ^{abc} | 333 \pm 19.0 ^{ns} | 0.253 \pm 0.026 ^{ns} | 0.604 \pm 0.0084 ^{ns} |
| 0.5 | 4.0 | 81 \pm 2.0 ^{ab} | 365 \pm 28.2 | 0.298 \pm 0.045 | 0.624 \pm 0.0102 |
| 1.0 | 4.0 | 89 \pm 1.2 ^c | 338 \pm 62.4 | 0.267 \pm 0.022 | 0.605 \pm 0.0049 |
| 1.5 | 4.0 | 78 \pm 2.4 ^a | 428 \pm 50.3 | 0.291 \pm 0.023 | 0.623 \pm 0.1170 |
| 2.0 | 4.0 | 89 \pm 2.6 ^c | 339 \pm 9.8 | 0.252 \pm 0.025 | 0.607 \pm 0.0091 |
| 2.0 | 0 | 89 \pm 0.8 ^c | 392 \pm 46.3 | 0.253 \pm 0.014 | 0.603 \pm 0.0026 |
| 2.0 | 2.0 | 89 \pm 2.0 ^c | 402 \pm 20.4 | 0.258 \pm 0.034 | 0.532 \pm 0.0774 |
| 2.0 | 6.0 | 84 \pm 2.8 ^{abc} | 385 \pm 36.5 | 0.264 \pm 0.040 | 0.592 \pm 0.0163 |

¹ Values (mean \pm SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

² (Final weight - initial weight) \times 100/initial weight.

^{ns}Not significant (P>0.05)

Table 3. Shell growth of abalone fed the different diets for 4 months¹

| Dietary vitamin premix level (%) | Dietary mineral premix level (%) | Shell length (mm) | Shell width (mm) | Body wt. (g)/shell length (cm) |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 0 | 4.0 | 14.13 ± 0.504 ^{ns} | 10.17 ± 0.401 ^{ns} | 0.295 ± 0.0202 ^{ns} |
| 0.5 | 4.0 | 14.73 ± 0.600 | 10.59 ± 0.382 | 0.321 ± 0.0300 |
| 1.0 | 4.0 | 14.70 ± 0.458 | 10.65 ± 0.348 | 0.299 ± 0.0151 |
| 1.5 | 4.0 | 14.80 ± 0.351 | 10.73 ± 0.310 | 0.325 ± 0.0052 |
| 2.0 | 4.0 | 14.07 ± 0.375 | 10.30 ± 0.268 | 0.294 ± 0.0169 |
| 2.0 | 0 | 14.53 ± 0.218 | 10.57 ± 0.103 | 0.289 ± 0.0116 |
| 2.0 | 2.0 | 14.37 ± 0.536 | 10.35 ± 0.361 | 0.349 ± 0.0533 |
| 2.0 | 6.0 | 14.70 ± 0.600 | 10.59 ± 0.412 | 0.299 ± 0.0291 |

¹ Values (mean ± SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
^{ns}Not significant (P>0.05)

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

| Dietary vitamin premix level (%) | Dietary mineral premix level (%) | Moisture | Protein | Lipid | Ash |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | Initial | | | |
| | | 81.44 | 13.82 | 0.97 | 2.92 |
| | | Final | | | |
| 0 | 4.0 | 76.41 ± 0.545 ^{ab} | 15.16 ± 0.243 ^{bc} | 1.43 ± 0.010 ^{ab} | 2.91 ± 0.071 ^{ns} |
| 0.5 | 4.0 | 77.28 ± 0.333 ^b | 14.37 ± 0.160 ^{ab} | 1.44 ± 0.047 ^{ab} | 2.84 ± 0.102 |
| 1.0 | 4.0 | 75.83 ± 0.928 ^{ab} | 14.64 ± 0.495 ^{abc} | 1.48 ± 0.143 ^{ab} | 2.87 ± 0.064 |
| 1.5 | 4.0 | 76.83 ± 0.195 ^{ab} | 14.52 ± 0.188 ^{abc} | 1.49 ± 0.087 ^{ab} | 2.80 ± 0.025 |
| 2.0 | 4.0 | 77.91 ± 0.175 ^b | 13.76 ± 0.259 ^a | 1.34 ± 0.066 ^a | 2.81 ± 0.028 |
| 2.0 | 0 | 76.32 ± 0.621 ^{ab} | 14.79 ± 0.464 ^{abc} | 1.31 ± 0.086 ^a | 3.00 ± 0.049 |
| 2.0 | 2.0 | 76.41 ± 0.946 ^{ab} | 14.88 ± 0.570 ^{abc} | 1.44 ± 0.086 ^{ab} | 2.96 ± 0.132 |
| 2.0 | 6.0 | 75.19 ± 0.364 ^a | 15.76 ± 0.364 ^c | 1.65 ± 0.006 ^b | 2.84 ± 0.014 |

¹ Values (mean ± SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
^{ns}Not significant (P>0.05)

보였다. 비타민과 미네랄의 첨가효과는 사용되는 사료의 배합비 또는 원료의 종류에 따라 달라지며, 이는 배합되는 원료에 함유된 비타민이나 미네랄의 함량 차이로 간주된다. Uki et al. (1985a)의 실험 배합사료와는 달리 본 실험의 배합사료는 실용적인 측면을 고려하여 미네랄 함량이 풍부한 어분과 미역 분말이 함유되어 있다. 따라서 다른 해산어류와 마찬가지로 (Lee and Park, 1998b; Lee et al., 1998d) 전복 사료를 설계할 때에도 배합되는 원료의 종류와 비율에 따라 비타민이나 미네랄의 첨가범위가 결정되어야 할 것이다. 이와 함께 전복은 어류와 달리 야행성으로 주로 밤에 먹이를 조금씩 갈아먹는 습성을 가지므로 섭취 전까지 사료 중의 영양소가 수중으로 유실될 수 있다는 점이 고려되어야 할 것이다. 전복의 이러한 특성으로 인해 사료의 수용성 영양소가 얼마나 수중으로 유실되었는지를 파악하기 힘들며, 정확한 영양소 요구량 구명이 어려운 단점이 잠재되어 있으나, 이를 고려하여 차후 연구가 추가되어야 할 것으로 판단된다.

위에서 언급한 것처럼 Uki et al. (1985a)의 실험사료와는 달리 본 실험에서 사용된 배합사료 원료 중 어분이나 미역 분말에는 미네랄이 풍부하여 전복의 요구량을 충족시킨다고 가정하면 미네랄 혼합물을 보충하지 않은 실험구의 성장이 미네랄 보충구와 동등하다는 것이 당연한 결과로 해석될 수 있을 것이다. 그러나

비타민의 경우, 특히 비타민 C와 같은 영양소는 본 실험에 사용된 원료들에 그 함량이 낮을 뿐 아니라 실온에서 쉽게 파괴될 수 있음에도 불구하고 비타민 혼합물 무 첨가구의 성장이 저하되지 않는 것으로 보아 전복에 있어 이러한 영양소의 요구량이 낮을 가능성을 시사하고 있다.

앞 실험과 조성비는 다르지만, 어분, 대두박, 미역 분말 및 알긴산 위주로 Table 5와 같이 2종류의 배합사료를 제조하여 평균체중 230 mg의 참전복을 대상으로 128일간 사료별로 3반복 사육실험을 실시하였다. 그 결과 (Table 6), 비타민과 미네랄 혼합물 모두를 보충하지 않은 배합사료 (사료 B)의 성장효과는 비타민과 미네랄을 모두 보충한 실험구와 유의적인 차이없이 (P>0.05) 양호한 것으로 나타나 역시 비타민과 미네랄 혼합물을 별도로 보충하지 않아도 정상적으로 성장할 수 있음이 재확인되었다.

본 실험에 사용된 기본사료는 이미 앞 연구 (Lee, 1998; Kim et al., 1998a,b)에서 사용되어 카제인이나 어분 위주의 배합사료 및 상품배합사료와 차이없이 양호하였고, 자연산 해조류보다 효능이 뛰어난 배합비로 평가되어 있으며, 이러한 배합비에 값비싼 미네랄이나 비타민의 보충효과가 없는 것은 그만큼 사료 단가를 절감시킬 수 있을 뿐 아니라 실용적인 면에서 장점을 가진 것으로 전망된다.

Table 5. Composition (%) of the diets

| Ingredients | Diets | | |
|-----------------------------|-------|----|------------------|
| | A | B | Algae |
| White fish meal | 25 | 25 | <i>Laminaria</i> |
| Soybean meal | 15 | 15 | |
| <i>Undaria</i> powder | 22 | 28 | |
| Wheat flour | 10 | 10 | |
| Pollack liver oil | 1 | 1 | |
| Soybean oil | 1 | 1 | |
| Vitamin premix ¹ | 4 | — | |
| Mineral premix ² | 2 | — | |
| Sodium alginate | 20 | 20 | |

^{1,2}Refer to Table 1.

Table 6. Survival and shell growth of abalone fed the different diets for 128 days

| Diets | Initial av. shell length (cm) | Survival rate (%) | Final av. shell length (cm) |
|------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| A | 1.19 ± 0.02 ^{ns} | 97 ± 0.8 ^{ns} | 1.86 ± 0.08 ^{ab} |
| B | 1.19 ± 0.02 | 93 ± 5.3 | 1.94 ± 0.06 ^b |
| <i>Laminaria</i> | 1.19 ± 0.02 | 78 ± 19.0 | 1.60 ± 0.01 ^a |

¹ Values (mean ± SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

^{ns}Not significant ($P > 0.05$)

요 약

참전복용 배합사료에 비타민 및 미네랄 혼합물의 첨가 효과를 조사하기 위해 실용적인 배합비에 비타민 혼합물 (0~2%)과 미네랄 혼합물 (0~6%)을 각각 달리 첨가한 사료로 평균체중 100 mg의 참전복 치패를 3반복으로 4개월간 사육실험한 결과, 최종 평균 체중, 증체율, 가식부 중량, 체중에 대한 가식부 중량 비, 각각, 각 폭 및 각장에 대한 체중 비의 값들은 사료의 비타민 및 미네랄에 영향을 받지 않았다 ($P > 0.05$). 또한, 생존율과 가식부의 일반성분은 실험구간에 유의적인 차이를 보이는 실험구가 있기는 하였으나, 사료의 비타민이나 미네랄의 첨가수준에 따른 차이는 아니었다. 이상의 결과로부터 본 실험의 사료 배합비에는 비타민 혼합물과 미네랄 혼합물은 별도로 보충하지 않아도 될 것으로 판단되며, 그 만큼 사료단가를 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
- 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, J.W., S.M. Lee, S.J. Han, B.H. Kim and S.R. Park. 1998a. 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, B.H., S.M. Lee, C.S. Go, J.W. Kim and J.I. Myeong. 1998b. Optimum stocking density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed formulated diet or macroalgae (*Undaria*). *J. Korean Fish. Soc.*, 31, 869~874.
- Lee, S.M., S.Y. Yun and S.B. Hur. 1998a. Evaluation of dietary protein sources for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 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., S.R. Park, T.J. Kim, J.I. Myeong and Y.J. Chang. 1998d. Effects of deletion of P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, or Se from mineral premix in the diets containing 40% fish meal on growth performance of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *J. Korean Fish. Soc.*, 31, 252~258.
- Lee, S.M. 1998. Evaluation of economical feed formulations for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 159~166.
- Lee, S.M. and H.G. Park. 1998a. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 381~390.
- Lee, S.M. and S.R. Park. 1998b. Influence of P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, or Se in the dietary mineral premix on growth and body composition of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *J. Korean Fish. Soc.*, 31, 245~251.
- 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, in press.
- Mai, K., J.P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture*, 136, 165~180.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 1825~1833.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 1835~1839.

1998년 8월 10일 접수

1999년 6월 17일 수리