

배합사료에 모자반 분말 첨가가 참전복 치패의 성장과 체성분에 미치는 영향

이상민 · 임태준 · 허용주*

강릉대학교 해양생명공학부
*(주)이화유지공업

Sargassum Supplemented Diets on Growth and Composition of Juvenile Abalone *Haliotis discus hannai*

Sang-Min Lee, Tae-Jun Lim and Young-Ju Hur*

Faculty of Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea
*E-wha Oil & Fat Ind. Co., Pusan 604-030, Korea

To test survival growth of juvenile abalone, five different diet were constituted. Diet 1, the control, was constituted with white fish meal (15 %), soybean meal (25 %) and wheat flour (25 %); diets 2,3 and 4 were constituted to replace each one of these ingredients by supplementing *Sargassum* powder (upto 10 %) and the fifth one by *Undularia* powder. Survival of these abalones differed significantly. Diet 4 supported the fastest growth. There was no significant difference in the composition of these abalones hence *Sargassum* can be used as a substitute.

Key words : Abalone (*Haliotis discus hannai*), Weight gain, Protein source, *Sargassum*

서 론

전복은 옛날부터 식용으로 이용되는 등 산업적으로 매우 중요하게 취급되어져 왔고, 앞으로도 고가의 기호식품으로서 전망이 밝은 유용 수산물이다. 전복은 부착기 유생을 부착구조 파관에 채묘하여 구조류를 주 먹이로 사육하여 성장시킨 후 해조류가 풍부한 암반지역의 바다에 방류하여 상품 크기의 것을 다시 수확하는 방식으로 양식되어 왔으나, 최근에는 전복양식에 대한 관심이 높아짐에 따라 전복을 육상 수조에서 고밀도로 양식하는 곳이 계속 증가되는 등 양식 방법이 다양해지고 있다 (Jee et al., 1988; Kim et al., 1998; Lee et al., 1999). 하지만, 전복을 양식하는 양어가들은 육성용 먹이로 생미역, 생과래, 생다시마와 같은 천연 먹이를 주로 사용하다가 여름에는 건조미역이나 건조다시마를 공급하고 있는 실정으로서 체계적인 양식 발전에 제한적인 요인이 되고 있다. 이러한 천연 먹이는 생산량이나 지역에 따라 공급이 불안정한 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고, 성장 또한 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로

보고되어 있다 (Lee et al., 1999; Viana et al., 1993). 지금까지 참전복용 배합사료의 영양요구에 관해 연구가 수행되어 있으나 (Lee et al., 1998a; Lee and Park, 1998; Mai et al., 1995a,b; Uki et al., 1985a,b), 우리나라에서는 아직까지 값비싼 배합사료를 수입하고 있어 경제적인 면에서 큰 손실의 요인이 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 경제성 있는 배합사료 개발이 시급하다. 즉, 기존의 배합사료 품질 향상과 사료 단가 절감, 양식 전복의 품질향상 등에 관한 연구가 필요하다. 그래서 값싼 사료 원료를 이용하기 위한 연구가 계속 수행되어 (Lee et al., 1998b; Lee, 1998), 사료 단가를 낮출 수 있다고 보고되었다. 그리고 Lee et al. (1998c)은 해조류 (미역, 다시마, 과래, 모자반)를 냉동분쇄하여 배합사료에 첨가하여 그 효과를 비교한 결과, 모자반 첨가 사료가 전복의 성장을 개선시킨다고 보고하였다. 이들의 연구에 사용된 모자반은 식용으로 사용되지 않는 것이기 때문에 건조분말로 제조하여 사용한다면, 전복 배합사료원으로서 이용 가능성이 매우 높을 것으로 판단된다. 그래서 이러한 결과를 바탕으로 본 연구에서는 참전복

치패용 배합사료의 경제적인 원료로서 모자반의 이용성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험에 사용된 모자반은 이화유지공업(주)에서 건조, 분쇄된 것이며, 배합사료 원료(어분, 대두박, 소맥분 등)의 필수아미노산 조성을 Table 1에 표시하였다. Lee (1998)와 Lee et al. (1998b)의 연구 결과를 바탕으로 어분, 대두박 및 소맥분을 단백질원으로 사용하여 대조사료를 설계하였다 (Table 2). 그리고 모자반의 첨가효과를 조사하기 위하여 대조구의 단백질원을 각각 10%의 모자반 분말로 대체하였고, 이들의 첨가효과를 미역분말 첨가구와도 비교하였다. 지질원으로 오징어 간유를, 점착제로 CMC와 알긴산나트륨을 각각 5% 및 20% 첨가하여 사료의 영양소가 전복의 요구량 (Lee, 1999)에 맞도록 하였다. 사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g를 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 배합사료의 형태는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 저온 건조 후 냉동고에 보관 (-25℃)하면서 사료 공급시마다 사용하였다.

실험전복 및 사육관리

실험치패는 평균체중 428 mg의 참전복을 선별하여 각 실험수조 (20 l)에 70 마리씩 완전임의 배치하여 각 사료당 4 반복으로 130일간 사육 실험하였다. 사료는 2일 1회 각

실험수조마다 4 g씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 공급전에 수거하였다. 각 실험 수조의 주수량은 3 l/min로 조절하였으며, 사육기간 중에 수온은 16~21.5℃ (20.5±0.36℃, 평균±표준편차)였고, 비중은 1.015~1.026이었다. 실험 시작시에 100마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관 (-75℃)하다가 각장 및 가식부 무게를 측정 후 성분 분석하였다.

성분분석 및 통계처리

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 분석하였는데, 조단백질 (N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 24 시간 동안 건조 후 측정하였다. 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator, Sweden)를 이용하여 분석되었고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량되었다. Nitrogen free extract (NFE)는 100 - (조단백질 + 조지방 + 조섬유 + 조회분)의 식으로 계산되었다.

총아미노산은 일정량의 시료를 취하여 6 N HCl로 110℃ sand bath상에서 22시간 동안 가수분해한 후, 시료용액을 회전공증발기로 감압건조한 다음 0.02 N sodium citrate dilution buffer (pH 2.2)로 정용하였다. 이것을 0.45 μm membrane filter로 여과한 다음, -30℃ 동결고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 또한, 황함유 아미노산인 Cys, Met은 performic acid로 산화시켜 cysteic acid와 methionine sulfone으로 분석하였다. 아미노산의 정량은 Sykam amino

Table 1. Essential amino acid composition (% in protein) of dietary protein sources

Amino acid	White meal fish ¹	Soybean meal ²	Wheat flour	Sargassum	Undaria
Arg	6.8	4.9	5.3	4.0	4.2
His	3.0	3.6	1.9	3.2	1.8
Ile	3.9	4.1	3.2	4.0	4.0
Leu	7.2	7.5	7.3	7.1	7.2
Lys	7.3	6.7	3.0	6.9	5.2
Met+Cys	4.0	1.9	3.3	2.8	3.6
Phe+Tyr	7.1	7.6	7.3	7.0	7.7
Thr	4.7	4.6	3.5	4.7	4.8
Val	4.7	5.0	3.6	7.6	5.1
Total	48.7	45.9	38.4	47.3	43.6

¹Steam-dried, Han Chang Fish Meal Co., Pusan, Korea.

²Dehulled, solvent extracted.

배합사료에 모자반 분말 첨가가 참전복 치패의 성장과 체성분에 미치는 영향

Table 2. Composition (%) of the experimental diets

Ingredient	Diet number				
	1	2	3	4	5
White fish meal (69% protein)	15	5	15	15	15
Soybean meal (53% protein)	25	25	15	25	15
Wheat flour (20% protein)	25	25	25	15	25
<i>Sargassum</i> powder (21% protein)	-	10	10	10	-
<i>Undaria</i> powder (20% protein)	-	-	-	-	10
Carboxymethyl cellulose	5	5	5	5	5
Squid liver oil ¹	3	3	3	3	3
Vitamin premix ²	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral premix ³	4	4	4	4	4
Sodium alginate	20	20	20	20	20
Choline salt ⁴	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrient content (% , dry basis)					
Crude protein	26.1	21.6	24.9	27.2	24.9
Crude lipid	4.8	3.2	4.3	4.2	4.3
Crude ash	14.5	14.8	15.6	14.8	15.9
Crude fiber	2.7	2.7	2.3	2.7	2.3
N-free extract ⁵	51.9	57.7	52.9	51.1	52.6
n-3HUFA ⁶	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0

¹Provided by E-wha Oil & Fat Ind. Co., Pusan, Korea

²Vitamin mix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): L-ascorbic acid, 200; DL- α -tocopheryl acetate, 20; thiamin hydrochloride, 5; riboflavin, 8; pyridoxine hydrochloride, 2; niacin, 40; Ca-D-pantothenate, 12; myo-inositol, 200; D-biotin, 0.4; folic acid, 1.5; p-amino benzoic acid, 20; menadione, 4; retinyl acetate, 1.5; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

³Mineral 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; CuCl, 0.3; AlCl₃ · 6H₂O, 0.15; KIO₃, 0.03; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄ · H₂O, 2; CoCl₂ · 6H₂O, 0.1.

⁴Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.

⁵Calculated by difference.

⁶Highly unsaturated fatty acids (C \geq 20).

acid analyzer S433 (Germany)을 이용하여 Nihydrin법으로 다음과 같은 조건으로 분석하였다 : column size, 150 mm, 4 mm ID; reagent flow rate, 0.25 ml/min; buffer flow rate, 0.45 ml/min; reactor temperature, 120°C; analysis Time, 64 min. 사료의 지방산조성은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 지질을 추출하여 Lee (1997)가 사용한 방법에 따라 분석하였다.

결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1997) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 유의수준 5%에서 검정하였다.

결과 및 고찰

배합사료의 어분, 대두박 및 소맥분을 모자반으로 각각

10%씩 대체하여 참전복 치패를 130일간 사육실험한 후의 생존율 및 성장 결과를 Table 3에 표시하였다. 생존율은 89~95%로 모든 실험구간에서 유의차없이 (P>0.05) 양호한 결과를 보였다. 실험 시작시 평균 중량 428 mg이었던 참전복 치패는 실험 종료시 사료의 소맥분 10%를 모자반으로 대체한 실험구가 1688 mg으로 가장 좋은 결과를 보였으나 대조구의 1612 mg과는 유의한 차이를 보이지 않았다 (P>0.05). 또한, 대두박을 모자반으로 대체한 실험구가 1552 mg으로 대조구와는 차이가 없었으나 (P>0.05), 소맥분을 모자반으로 대체한 실험구보다는 낮은 값을 보였다 (P<0.05). 대두박을 미역 분말로 대체한 실험구의 최종 평균중량은 1535 mg으로 가장 낮았으나 대조구와는 통계적으로 차이가 없었고 (P>0.05), 소맥분을 모자반으로 대체한 실험구보다는 낮았다 (P<0.05).

Table 3. Survival and growth of abalone fed the diets for 130 days¹

Diet number	Final mean wt. (mg)	Survival (%)	Weight gain (mg/abalone)	Soft body wt. (mg/abalone)	Shell length (mm/abalone)
1	1612 ± 27.2 ^{ab}	89 ± 4.0	1174 ± 16.0 ^a	987 ± 15.0	24.4 ± 0.21
2	1621 ± 15.8 ^{ab}	95 ± 1.3	1185 ± 30.6 ^{ab}	944 ± 27.3	24.3 ± 0.12
3	1552 ± 9.1 ^a	91 ± 1.4	1133 ± 28.0 ^a	947 ± 27.4	24.1 ± 0.13
4	1688 ± 39.8 ^b	94 ± 1.3	1264 ± 28.0 ^b	1024 ± 36.6	24.8 ± 0.24
5	1535 ± 51.8 ^a	93 ± 3.0	1114 ± 31.2 ^a	935 ± 45.4	23.8 ± 0.35

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

평균 증중량 (mg/abalone)은 소맥분을 모자반으로 대체한 실험구가 1264 mg으로 대조구와 대두박을 모자반 또는 미역으로 대체한 실험구의 1114~1174 mg보다 유의하게 높았으며 (P < 0.05), 어분을 모자반으로 대체한 실험구는 타 실험구와 차이를 보이지 않았다 (P > 0.05).

참전복 가식부 중량 및 평균 각장도 각각 935~1024 mg 및 23.8~24.8 mm에서 증중량의 변화와 비슷하게 소맥분을 모자반으로 대체한 실험구가 가장 높았고, 대두박을 미역분으로 대체한 실험구가 가장 낮았으나 실험구간에 통계적인 차이는 없었다 (P > 0.05).

실험 종료시 가식부의 일반성분 (Table 4) 중에서 수분, 회분과 지질 함량은 실험구간에 서로 유의차가 없었으며 (P > 0.05), 단백질 함량은 대조구에서 가장 높은 값을 보였으나 어분을 모자반으로 대체한 실험구와 대두박을 미역분말로 대체한 실험구와는 유의차가 없었다 (P > 0.05).

본 실험에 사용된 실험사료의 단백질, 지질 및 탄수화물의 함량을 참전복의 요구량 (Uki et al., 1986 ; Lee et al., 1998a ; Lee and Park, 1998)에 맞게 설계되었음에도 불구하고, 위와 같은 성장 차이는 모자반으로 대체된 사료 단백질원의 특성에 의한 사료 영양소의 변화 때문으로 판단된다. 예를 들어, 소맥분을 모자반으로 대체한 실험구의 사료 단백질 함량이 27.2%로 타실험구의 21.6~26.1%보다 높

았기 때문에 (Table 2), 이 실험구의 성장효과가 상대적으로 양호했을 가능성도 생각할 수 있다. 하지만 어분을 모자반으로 대체한 실험사료의 단백질 함량은 21.6% 이고 대두박을 모자반이나 미역으로 대체한 실험사료의 단백질 함량은 24.9%이었는데, 이들 실험구간에는 생존율과 성장효과가 서로 차이가 없었고, 오히려 사료 단백질 함량이 낮은 어분 대체구의 생존율이나 증중량이 다소 높은 경향을 보였다. 따라서 단순히 사료의 단백질 함량만으로 이러한 차이를 논하기에는 무리가 있을 것으로 생각된다.

사료의 단백질은 대상종이 요구하는 필수아미노산이 충족되어 균형을 이루고 있는가에 따라 그 품질이 평가될 수 있다. 참전복의 경우 아직 필수아미노산 요구량이 구명되어 있지 않기 때문에 정확히 단정하기는 어렵지만, 본 실험에서 Table 1에 표시한 것처럼 히스티딘과 라이신 등의 필수아미노산이 부족한 소맥분을 모자반으로 대체함으로써 성장이 개선될 수 있는 가능성은 높다. 한편, 대두박에 필수아미노산 조성 (Table 1)이 어분보다 양호한 것이 없고 오히려 메티오닌과 같은 아미노산은 타 원료에 비해 매우 낮음에도 불구하고 대두박을 모자반이나 미역 분말로 대체한 실험구의 성장이 타 실험구보다 비교적 낮은 값을 보였다. 이러한 차이가 나타나는 것에 대해서는 차후 참전복의 필수아미노산 요구량, 사료 영양소의 균형 등 여러 가지 측면

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

Diet number	Moisture	Protein	Lipid	Ash
1	73.9 ± 0.26	18.1 ± 0.28 ^b	1.89 ± 0.186	1.76 ± 0.183
2	74.9 ± 0.66	17.6 ± 0.46 ^{ab}	1.54 ± 0.209	1.96 ± 0.186
3	75.2 ± 0.86	16.7 ± 0.33 ^a	1.95 ± 0.246	1.66 ± 0.171
4	75.3 ± 0.77	16.9 ± 0.39 ^a	1.87 ± 0.201	1.74 ± 0.230
5	74.5 ± 0.32	17.1 ± 0.22 ^{ab}	1.82 ± 0.168	1.91 ± 0.122

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

에서 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

본 실험에서 사용된 배합사료의 단백질 원료인 어분, 대두박 및 소맥분은 참전복 사료의 좋은 단백질원이라고 보고된 (Lee et al., 1998b) 것으로서 경제적인 배합사료 조성비 (Lee, 1998)에 사용되고 있다. 이 중에서 식물성 단백질원으로서 가장 많이 연구되고 있는 대두박은 trypsin inhibitor와 같은 영양저해요소가 함유되어 있어 어류의 단백질 이용성을 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 메티오닌과 같은 필수아미노산이 어분에 비해 낮게 함유되어 있으며, 대두박 중의 인은 phytic acid에 결합되어 있어 그 이용성이 낮은 편이다 (NRC, 1993). 그럼에도 불구하고, Lee et al. (1998b)의 실험에서 참전복은 어분이나 카제인 못지 않게 대두박을 잘 이용하는 것으로 나타나 참전복 사료의 훌륭한 단백질원이 될 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 본 실험에서도 대두박 대체구의 성적이 다소 떨어지는 것으로 보아 모자반으로 대두박을 대체하는 것보다는 소맥분이나 값비싼 어분을 대체하는 것이 참전복의 성장을 증진시키거나 사료단가를 절감시키는데 도움이 될 것으로 전망된다.

그리고 본 실험에서 대두박을 미역분으로 대체한 실험구에서 특별한 성장 개선효과없이 대조구와 비슷한 것으로 나타나 미역분말도 다른 원료와 함께 배합되면 양질의 단백질원이 될 것으로 생각된다. 그러나 미역분말은 단가가 비교적 비싸고 단백질 함량이 낮기 때문에 식용으로 사용되지 않은 모자반 첨가보다는 경제적인 이익이 낮기 때문에 이에 대한 고려도 뒤따라야 할 것이다.

본 연구에서는 배합사료의 각 단백질원을 Lee et al. (1998c)의 결론을 바탕으로 하여 10%의 모자반 또는 미역분말로 대체하여 사료를 설계하였으며, 모자반을 10% 이상 첨가시에는 배합사료 성형에 문제가 있고, 영양소 조성을 고려하여 볼 때, 10% 정도의 모자반 첨가가 바람직하다고 판단된다.

이상의 결과로부터 참전복 치패 배합사료에 모자반이 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 식용으로 이용되지 않은 모자반을 전복 배합사료에 첨가함으로써 자원의 재활용 측면과 전복 배합사료의 단백질원에 대한 단가를 절감시킬 수 있어 사료 업계 및 양어인들의 소득 증대에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

참전복 치패용 배합사료 원료로서 모자반의 이용성을 조

사하기 위하여 대조사료의 어분, 대두박 및 소맥분을 모자반으로 각각 10%씩 대체한 배합사료를 제조하여 평균체중 428 mg의 참전복을 대상으로 사료당 4반복으로 130일간 사육실험하였다. 생존율은 89~95%로 모든 실험구에서 양호한 결과를 보였다. 증중량은 소맥분을 모자반으로 대체한 실험구가 대조구와 대두박을 모자반 대체한 실험구보다 유의하게 높았으며 ($P < 0.05$), 어분을 모자반으로 대체한 실험구는 타실험구와 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 가식부의 수분, 회분과 지질 함량은 실험구간에 서로 유의차가 없었으며 ($P > 0.05$), 단백질 함량은 대조구에서 가장 높은 값을 보였으나 어분을 모자반으로 대체한 실험구와는 유의차가 없었다 ($P > 0.05$). 위와 같이 참전복 배합사료에 어분이나 소맥분을 각각 모자반으로 10% 정도 대체할 수 있어 참전복 배합사료의 단백질원에 대한 단가를 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 이화유지공업 주식회사와 한국과학재단 지정 강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

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.
- Folch, J., M. Lees and G.H.S. Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226 : 497-509.
- 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.
- Kim, B.H., S.M. Lee, C.S. Go, J.W. Kim and J.I. Myeong, 1998. 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.J. Yun, K.S. Min and S.K. Yoo, 1998a. Evaluation of dietary carbohydrate sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquacult.*, 11 : 133-140.
- Lee, S.M., S.Y. Yun and S.B. Hur, 1998b. Evaluation of

- dietary protein sources for abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11 : 19-29.
- Lee, S.M., Y.S. Lim, Y.B. Moon, S.K. Yoo and S. Rho, 1998c. Effects of supplemental macroalgae and *spirulina* in the diets on growth performance in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11 : 31-38.
- Lee, S.M. and H.G. Park, 1998. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11 : 381-390.
- Lee, S.M., 1997. Effects of dietary lipid source and water temperature on nutrient digestibilities in juvenile and adult Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Kor. J. Anim. Nutr. Feed., 21 : 381-390.
- Lee, S.M., 1998. Evaluation of economical feed formulations for abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11 : 159-166.
- Lee, S.M., 1999. Development of nutrition and practical feed for abalone (*Haliotis discus hannai*). Proceedings of the Fifth International Symposium on the Efficient Application and Preservation of Marine Biological Resources. pp.33-43.
- 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.
- Mai, K., J.P. Mercer and J. Donlon, 1995a. 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.
- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon, 1995b. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Response of abalone to various levels of dietary lipid. Aquaculture, 134 : 65-80.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirements of fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.
- SPSS Inc., 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611, USA.
- 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.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe, 1986. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52 : 1005-1012.
- Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas, 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117 : 149-156.