

경제적인 참전복 배합사료 설계 및 평가

이 상 민

강릉대학교 해양생명공학부

Evaluation of Economical Feed Formulation for Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min Lee

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University,
Kangnung 210-702, Korea

This study was carried out to develop practical feed formulation for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Three replicate groups of abalone averaging 120 mg were fed one of 7 isoproteic (34%) and isolipidic (5.3%) diets containing various practical ingredients such as casein, fish meal, soybean meal, cottonseed meal, *Undaria* powder, wheat flour, *spirulina*, starch, and/or wheat germ meal for 4 months. The prices (5,000~800 won/kg diet) of these experimental diets were adjusted by adding different levels and ratios of practical ingredients. In addition, these experimental diets were compared with commercial feed or natural food (*Undaria*).

Weight gain, soft body weight and shell growth of abalone fed experimental diets with low prices (2,500~800 won/kg diet) and commercial diet were significantly higher than those of abalone fed experimental diet with high price (5,000 won/kg diet) and natural food ($P<0.05$). The results indicate that our economic formulation (about 1,000 won/kg diet) can be useful for juvenile abalone.

Key words : Abalone, Economical formulated diet, Natural diet.

서 론

1970년대부터 종묘를 바다에 방류하여 양식이 이루어져 온 전복은 우리나라의 고급 수산 식품으로 각광을 받고 있다(유, 1994). 최근에 전복 양식에 관심이 높아지면서 육상수조식 양식 등 그 양식 방법이 다양해지고 있다. 우리나라에서는 주로 참전복이 양식되고 있으며, 현재 그 양식 생산량이 계속 증가되고 있는 추세이다. 하지만 양어가들은 전복 양성용 먹이를 자연산 해조류에

의존하고 있으며 이들의 공급이 부족할 때나 공급받기 어려운 곳에서는 건조 미역이나 다시마를 이용하기로 하고 외국에서 값비싼 배합사료를 수입하여 이용하기 때문에 전복의 체계적인 양식 발전에 걸림돌이 되고 있다. 전복 사료 개발에 관한 연구들이 이미 외국에서 몇 수행되어 있으나 (Harada and Akishima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Ogino and Ohta, 1963; Mai et al., 1994, 1995a,b; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b,c), 그들의 연구 결과만으로는

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음.

경제적인 배합사료를 설계하기가 어려운 면이 있어, 우리 실정에 맞는 값싼 배합사료를 개발하기 위한 일련의 연구(이 등, 1997, 1998a,b,c; 이·박, 1998)가 수행되었다. 즉, 간단한 형태의 실험 배합사료를 설계하여 외국 수입 사료 및 생사료(해조류)와 비교하여 배합사료의 우수성을 제시하고, 각종 단백질원, 탄수화물원, 지질원 및 각종 첨가제 등을 평가하여 전복의 성장을 개선시키면서 사료 단가를 최소화하기 위한 결과들을 제시하였다. 이미 이 등(1998a)이 언급한 것처럼 사료의 단가를 낮추기 위해서는 전복이 최대로 이용할 수 있고, 성장효과가 좋으면서 원료의 가격이 낮아야 한다. Uki et al. (1985b)은 casein이 어분보다 더 양호한 참전복 사료 단백질원이라고 보고하였고, Viana et al.(1993)은 어분도 casein과 동등한 효능을 가진다고 하였으며, 이 등(1998a)도 어분의 우수성을 입증하였다. 그러나 casein 및 북양어분을 비롯하여 *spirulina*, 미역분말, 비타민 및 미네랄 혼합물, 알긴산 등은 원료 단가가 비싸고 공급이 불안정한 등 이들을 대체하거나 첨가비를 줄일 수 있는 방안이 제시되어야 할 것이다. 그래서 본 실험에서는 참전복의 보다 경제적인 배합사료를 개발하기 위해 이미 수행된 실험 결과를 바탕으로, 배합되는 원료의 조성비와 단가를 달리하여 외국산 수입사료 및 천연먹이와 그 효능을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 실험사료

실험사료는 이미 수행된 실험 결과를 토대로 설계되었는데(Table 1), 실험사료 1은 Uki et al. (1985b)이 가장 양호한 참전복 사료의 단백질원이라고 보고한 casein을 단백질원으로 하였고, 실험사료 2는 이 등(1998a)의 결과에 따라 어분을 단백질원으로 사용하였다. 경제적인 사료의 배합비를 개발하기 위해 실험사료 3~7은 실험사료 1과 2의 casein과 어분을 이 등(1998a)의 결과에 따라 대두박, 면실박, 소맥분 및 밀배아박으로 적

절히 대체하여 첨가하였으며, 이와 동시에 *spirulina*, 전분, 효모, 알긴산 등을 달리 배합하였다. 그리고 지질원으로는 오징어간유를 첨가하여 실험사료의 단백질이 34% 전후, 지질이 5.3% 전후, n-3HUFA가 0.6~1.3%가 함유되도록 설계하여 참전복의 영양요구에 충족되게 하였다(이·박, 1998; Mai et al., 1995a,b; Uki et al., 1986a, c). 이와 같이 실험사료에 배합되는 원료비를 다양하게 조성하여 사료원료의 단가가 kg 당 5,000원에서 800원대가 되도록 조정하였다. 또한 이렇게 제조된 7종의 실험 배합사료의 성장효과를 비교하기 위하여 상품사료와 생사료(건조미역)를 설정하였다. 실험사료 성형은 각각의 배합비대로 원료를 잘 혼합한 후 이화유지(주)에 의뢰하여 두께 0.15 cm, 1 cm 사각이 되도록 절단하였으며, 진공 건조시킨 후 냉동고에 보관(-25℃)하면서 사료 공급시마다 사용하였다. 상품사료는 외국에서 수입된 것이며, 건조미역은 시중에서 상품으로 판매되는 것을 구입하였다.

2. 실험전복 및 사육관리

실험치패는 평균체중 120 mg의 참전복을 선별하여 27개의 각 실험수조(20ℓ)에 70마리씩 완전임의 배치하여 각 사료마다 3반복으로 4개월간 사육실험하였다. 사료는 2일 1회 각 실험수조마다 2~4 g 썩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 공급 전에 수거하였다. 각 실험 수조의 주수량은 3ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온은 12~17℃(평균±표준편차, 13.4±1.17℃), 비중은 1.026~1.028 범위였다. 분석용 치패는 실험 시작시 100마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동보관(-75℃)하다가 각각의 무게, 각장, 각쪽 등을 측정 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6,

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Experimental diets							Commercial diet(C)	Natural food(NF)
	1	2	3	4	5	6	7		
Casein	33.0		5.0	5.0				-Closed-	Dried
White fish meal		41.0	20.0	15.0	20.0	10.0			<i>Undaria</i>
Soybean meal			20.0	23.0	23.0	30.0	40.0		
Cottonseed meal						15.0	15.0		
<i>Undaria</i> powder	10.0	10.0	5.0	5.0	5.0	3.0			
Wheat flour	3.8	3.8	13.8	22.3	22.3	19.8	17.8		
<i>Spirulina</i>	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5				
Wheat germ meal				5.0	5.0		10.0		
α -potato strach	17.0	12.0	16.0	7.0	7.0	11.0	7.0		
Yeast	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0			
Squid liver oil	5.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
Lecithin	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Vitamin premix ¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
Mineral premix ²	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
Sodium alginate	20.0	20.0	7.0	5.0	5.0				
Enzyme mix ³	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
Nutrient contents(%) in dry matter									
Crude protein	35.6	35.0	34.5	34.8	33.8	33.6	32.8	34.8	12.75
Crude lipid	5.3	5.2	5.2	5.5	5.8	5.0	5.2	2.2	1.0
N-free extract ⁴	47.7	42.3	47.6	45.9	45.7	47.1	45.6		
Crude ash	10.4	16.5	10.7	10.2	11.1	8.5	7.1	15.8	36.2
Crude fiber	1.0	1.0	2.0	3.6	3.6	5.8	9.3		
n-3HUFA ⁵	1.1	1.3	1.1	1.0	1.1	0.8	0.6		
Cost(won/kg ⁶)	5023	2587	1911	1695	1330	908	773		

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 ; niacin, 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.

³Kemin Industries, Inc., Singapore.

⁴Nitrogen-free extract calculated by difference : 100 - (crude protein + crude lipid + crude ash + crude fiber).

⁵Highly unsaturated fatty acids (C \geq 20).

⁶Cost of ingredients except for feed processing cost based on the price in 1996.

Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다. 사료의

아미노산은 이 등(1996)이, 지방산은 이(1997)가 사용한 방법으로 분석하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 5% 유의수준으로 검정하였다.

결과 및 고찰

사료 배합비와 단가가 다른 7종의 배합사료(사료 1~7), 수입 상품사료 (C) 및 건조 미역(NF)으로 평균체중 120 mg의 참전복 치패를 4개월간 사육한 결과(Table 2), 생존률은 71~90% 범위로 실험구간에 차이가 없었지만($P>0.05$), 건조 미역 공급구가 71%로 가장 낮은 값을 보였다. 최종 평균 체중은 사료 단가가 5,000원대로 가장 비싼 사료 1과 천연먹이구인 NF 사료구가 0.35 g으로 가장 낮은 값을 보여 사료 2, 3, 5 및 7 실험구와 유의한 차이를 나타내었다($P<0.05$). 증체율과 가식부 중량도 이와 유사한 경향을 보여 사료 1과 건조미역구가 가장 저조한 값을 보였으며($P<0.05$), 그 외 실험사료들은 서로 유의차가 인정되

지 않았다($P>0.05$). 또한 체중에 대한 가식부 중량의 비도 성장과 비슷한 경향을 보였는데 사료 5(원가 1,330원)가 0.600으로 가장 높아 사료 1과 건조 미역구의 0.549~0.553과 유의차를 보였다($P<0.05$).

Table 3에 표시한 바와 같이 평균 각장 및 각폭의 변화에 있어서도 사료 종류에 따라 차이를 보였는데, 성장과 비슷하게 사료 1과 건조 미역 공급구가 사료 2 및 5와 유의적으로 차이가 나타났다($P<0.05$). 또한 각장에 대한 체중의 비도 사료 1과 건조 미역구가 0.22~0.23으로 가장 낮았으며($P<0.05$), 그 외 실험들은 서로 유의차없이 양호하였다.

실험 종료시 가식부의 일반성분(Table 4) 중 에서 수분과 회분은 실험구간에 서로 유의차가

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

Diets	Initial av. wt.(g)	Final av. wt.(g)	Survival rate(%)	Weight gain (%) ²	Soft body wt.(g)	Soft body wt.(g)/ whole body wt.(g)
1	0.12±0.010	0.35±0.013 ^a	90± 3.3	196±25.5 ^{ab}	0.169±0.0047 ^a	0.549±0.004 ^a
2	0.12±0.014	0.50±0.029 ^b	90± 4.6	331±47.3 ^c	0.255±0.0213 ^b	0.595±0.008 ^{abc}
3	0.12±0.005	0.50±0.036 ^b	88± 2.9	302±15.8 ^{abc}	0.261±0.0268 ^b	0.598±0.008 ^{bc}
4	0.11±0.011	0.45±0.034 ^{ab}	86± 5.2	319±13.4 ^{bc}	0.225±0.0083 ^{ab}	0.580±0.004 ^{abc}
5	0.13±0.027	0.52±0.045 ^b	85± 6.3	322±70.9 ^{bc}	0.278±0.0261 ^b	0.600±0.015 ^c
6	0.11±0.013	0.45±0.037 ^{ab}	85± 2.9	296±16.0 ^{abc}	0.231±0.0243 ^{ab}	0.587±0.012 ^{abc}
7	0.11±0.026	0.45±0.029 ^{ab}	89± 4.1	309±55.2 ^{abc}	0.241±0.0887 ^b	0.588±0.004 ^{abc}
C	0.11±0.013	0.48±0.008 ^b	88± 5.8	325±39.8 ^{bc}	0.244±0.0134 ^b	0.581±0.020 ^{abc}
NF	0.12±0.020	0.35±0.048 ^a	71±13.6	190±17.9 ^a	0.171±0.0309 ^a	0.553±0.027 ^{ab}

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

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

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

Diets	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Body wt.(g)/shell length (cm)
1	13.6±0.17 ^a	9.7±0.11 ^a	0.23±0.005 ^{ab}
2	14.9±0.32 ^b	10.7±0.23 ^b	0.29±0.013 ^c
3	14.8±0.26 ^{ab}	10.7±0.16 ^b	0.29±0.021 ^{bc}
4	14.3±0.40 ^{ab}	10.4±0.32 ^{ab}	0.27±0.004 ^c
5	15.1±0.49 ^b	10.8±0.29 ^b	0.31±0.022 ^c
6	14.2±0.33 ^{ab}	10.4±0.21 ^{ab}	0.27±0.017 ^c
7	14.4±0.31 ^{ab}	10.4±0.17 ^{ab}	0.28±0.007 ^c
C	14.5±0.03 ^{ab}	10.5±0.03 ^{ab}	0.29±0.011 ^c
NF	13.6±0.63 ^a	9.7±0.43 ^a	0.22±0.022 ^a

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

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

Diets	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial :	81.44	13.82	0.97	2.92
Final :				
1	74.95±1.002	13.50±0.506 ^a	1.78±0.205 ^d	2.96±0.169
2	75.87±0.209	15.60±0.217 ^b	1.54±0.021 ^{cd}	2.82±0.119
3	76.65±0.858	14.86±0.657 ^{ab}	1.40±0.102 ^c	2.89±0.156
4	76.19±0.944	14.98±0.407 ^{ab}	1.36±0.079 ^{bc}	2.93±0.030
5	77.27±0.265	14.76±0.079 ^{ab}	1.36±0.013 ^{bc}	2.75±0.060
6	75.87±1.295	14.72±0.622 ^{ab}	1.35±0.121 ^{bc}	3.06±0.258
7	75.82±0.746	15.21±0.369 ^{ab}	1.49±0.048 ^{cd}	2.76±0.045
C	74.67±0.786	15.56±0.452 ^b	1.07±0.017 ^b	2.86±0.112
NF	76.80±0.810	14.89±0.658 ^{ab}	0.73±0.065 ^a	3.64±0.020

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

없었으나($P > 0.05$), 단백질 함량은 사료 1이 13.5%로 가장 낮아 사료 2 및 외국 수입사료의 15.6%와 차이를 보였다($P < 0.05$). 또한 지질 함량은 건조 미역구가 0.73%로 가장 낮았으며, 사료 1이 1.78%로 가장 높은 값으로 분석되었다($P < 0.05$).

위와 같이 단가가 가장 비싼 1번 사료구 외의 실험 배합사료는 외국 수입사료와 비교하였을 때 그 효능이 전혀 뒤지지 않았고, 사료단가가 1,330원인 사료 5의 체성장이나 폐각성장은 유의차는 없었지만 오히려 외국 수입사료보다 더 높은 값을 보였다. 이미 수행된 실험 결과(이 등, 1998a,b,c)와 유사하게 본 실험에서도 천연먹이를 그대로 이용하는 것은 성장이나 체성분(지질 함량)에서 배합사료 공급구보다 나쁜 결과를 나타내었다. 또한 사료 1의 결과들이 모두 건조미역 공급구와 비슷한 값으로 저조한 것은 실험사료 설계시 예상치 못했는데, 이는 사료 원료가 비싸다해서 참전복의 성장에 좋은 결과를 가져오지 못함을 입증하고 있다. 하지만 사료 1에 첨가된 casein은 Uki et al. (1985b)이 참전복 사료의 단백질원으로 가장 양호하다고 보고한 것이며, 이 등(1998a)의 실험에서는 북양어분 사료가 가장 양호하였으나 casein 사료와 유의한 차이가 없는 성장효과를 가진다고 보고되었는데, 본 실험에서 이와 같이 실험사료의 단백질과 지질 함량이 비슷함에도 불구하고 casein 사료(사료 1)의 성장효과가

북양어분 사료(사료 2)나 값싼 단백질원이 혼합 첨가된 사료(사료 3~7)보다 저조한 성적을 보였다. 이러한 차이는 사료조성, 원료의 가공방법과 소화율, 필수영양소 균형 및 사육환경 등에 따른 차이로 생각된다. 이 등(1998a)과 Mai et al. (1994)도 지적한 바 있듯이 사료 단백질의 품질은 필수아미노산(EAA, essential amino acids) 균형에 의해 평가될 수 있다. 본 실험에서 사용된 실험 배합사료의 EAA와 각 EAA 비(A/E ratio)를 Table 5에 표시하였고, 전복가식부의 EAA를 기준으로 한 EAAI (EAA index) 및 TEAA (total EAA)와 성장과의 상관도를 Table 6에 표시하였다. Table 5에서 보듯이 사료 1(casein 사료)의 Arg, Met+Cys 및 Thr의 A/E 비는 타 사료보다 낮은 경향을 보였고, Mai et al. (1994)과 이 등(1998a)은 이러한 아미노산들을 제한적인 아미노산이라고 지적한 바 있다. 반면에 사료 1에서 그 외 아미노산은 다른 사료와 비슷하거나 더 높은 수준을 유지하여 TEAA는 다른 사료보다 높은 값을 보였는데, 이 등(1996a,b; 1998a)과 이·이(1996)는 사료의 TEAA는 어류나 전복의 성장에 큰 영향을 미치지 못한다고 하였으며, EAAI의 중요성을 언급하였다. Table 6에 표시한 것처럼 본 실험에서 EAAI는 성장에 유의하게 영향을 미치는 것으로 나타났으나, TEAA는 오히려 성장에 역효과를 보였다.

Table 5. Essential amino acids and A/E ratio¹ in the experimental formulated diets

Amino acids	Diets						
	1	2	3	4	5	6	7
	Amino acids (% in protein)						
Arg	4.7	6.7	6.6	6.5	6.8	7.8	8.1
His	3.2	1.7	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0
Ile	4.6	3.7	3.8	3.7	3.6	3.6	3.6
Leu	8.1	7.9	8.0	7.8	7.8	7.7	7.5
Lys	5.9	4.7	4.6	4.4	4.2	4.0	3.9
Met + Cys	3.3	4.1	3.5	3.3	3.4	3.0	2.7
Phe + Tyr	12.2	7.8	8.7	8.7	8.0	8.4	8.5
Thr	4.4	4.8	4.5	4.4	4.4	4.3	4.1
Val	6.7	4.2	4.4	4.3	3.9	3.9	3.9
Total	53.2	45.5	46.1	45.3	44.0	44.6	44.3
	A/E ratio ¹						
Arg	89	147	144	144	155	176	184
His	61	37	43	45	41	44	46
Ile	86	81	83	83	82	80	80
Leu	152	174	173	173	177	172	170
Lys	111	104	99	98	96	89	88
Met + Cys	62	91	75	73	77	67	60
Phe + Tyr	230	171	190	192	182	189	192
Thr	83	105	98	97	100	95	92
Val	127	92	96	96	89	88	87

¹(Each essential amino acid/total essential amino acid including Cys and Tyr)×1000.

Table 6. Correlation coefficients between EAA index or total EAA in the formulated diets and performance of abalone

	Performance		
	Weight gain	Soft body weight	Shell length
EAA ¹	0.56**	0.64**	0.53*
TEAA ²	-0.56**	-0.65**	-0.53*

¹Murai et al. (1986).

²TEAA : total essential amino acids.

**Correlation is significant at the 0.01 level.

* Correlation is significant at the 0.05 level.

이상의 결과로부터 북양어분이 주 단백질원으로 첨가된 사료 2(사료 단가: 2,587원/kg diet)의 성장 효과가 casein 사료(사료 1, 5,023원/kg diet)보다 유의하게 높은 값을 보였고, 사료 3~7(773~1,911원/kg diet)도 사료 2와 모든 성장 효과에서 차이를 보이지 않았기 때문에(P>0.05) 사료의 단가는 kg당 1,000원 전후로 낮아질 수

있을 것으로 전망된다.

요 약

참전복용으로 경제적인 배합사료를 개발하기 위해 이미 수행된 실험 결과를 바탕으로, 배합되는 원료의 조성비(7 종류)와 단가(사료원료의 단가 : kg 당 5,000원에서 800원대)를 달리하여 외국 산 수입사료 및 천연먹이(건조미역)와 그 효능을 비교하였다. 평균체중 120 mg의 참전복 치패를 선별하여 각 실험수조에 70마리씩 완전임의 배치하여 각 실험사료마다 3반복으로 4개월간 사육 실험하였다.

사육 결과, 생존률은 71~90% 범위였으며, 미역 공급구가 71%로 가장 낮은 값을 보였다. 최종 평균체중, 증체율, 가식부 중량, 체중에 대한 가식부 중량비, 평균 각장 및 각폭은 사료 단가가 5,000원대로 가장 비싼 사료와 건조 미역 공급구가

가장 낮은 값을 보여 타 실험구와 차이를 보였으며 ($P < 0.05$), 그 외 실험사료들은 서로 유의차가 인정되지 않았다($P > 0.05$). 실험 종료시 가식부의 일반성분 중에서 수분과 회분은 실험구간에 서로 유의차가 없었으나($P > 0.05$), 단백질 함량은 사료 단가가 5,000원대인 사료가 가장 낮았으며, 지질 함량은 건조 미역구가 0.73%로 가장 낮았다($P < 0.05$). 위와 같이 단가가 가장 비싼 사료구 외의 실험 배합사료는 외국 수입사료와 비교하였을 때 그 효능이 전혀 뒤지지 않은 것으로 보아, 사료의 단가는 kg당 1,000원 전후로 낮아질 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.
- Harada K. and Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. fish.*, 51 : 2051-2058.
- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. *Aquaculture*, 128 : 115-130.
- 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. II. Response of abalone to various levels of dietary lipid. *Aquaculture*, 134 : 65-80.
- 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. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture*, 136 : 165-180.
- Murai, T., H. Ogata, P. Kosutarak and S. Arai. 1986. Effects of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. *Aquaculture*, 56 : 197-206.
- Ogino, C. and E. Ohta. 1963. Studies on the nutrient of abalone, I. Feeding trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 29 : 69-670.
- 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.
- SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985 a. Development of semipurified test diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51 : 1825-1833.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985 b. 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 a. Optimum protein level in diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1005-1012.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986 b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1190-1204.
- Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requirement of essential fatty acids in the abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1013-1026.
- 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.
- 이상민·이종윤. 1996. 조피볼락 치어용 사료의 어분 대체원으로서 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. *한국영양사료학회지*, 20 : 409-418.
- 이상민·전임기·이창국·임치원·김태진·민진기. 1996a. 경제적인 조피볼락용 배합사료 설계 및

- 평가. 한국양식학회지, 9 : 255-264.
- 이상민·전임기·이종윤·박승렬·강용진·정관식. 1996b. 조피볼락 육성용 사료의 어분 대체원으로서 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국수산학회지, 29 : 651-662.
- 이상민·이계안·전임기·유성규. 1997. 실험 배합 사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 10 (4) : 417-429.
- 이상민. 1997. 사료 지질원과 사육 수온에 따른 조피볼락 치어 및 성어의 영양소 소화율. 한국양양 사료학회지, 21 : 381-390.
- 이상민·윤성종·허성범. 1998a. 참전복 사료의 단백질원 평가. 한국양식학회지, 11(1) : 19-29.
- 이상민·윤성종·민광식·유성규. 1998b. 참전복 사료의 탄수화물원 평가. 한국양식학회지, 11 : 133-140.
- 이상민·임영수·문영봉·유성규·노 섬. 1998c. 참전복 사료의 해조류 및 *spirulina* 첨가 효과. 한국양식학회지, 11(1) : 31-38.
- 이상민·박흥기. 1998. 참전복 사료의 지질원 평가. 한국양식학회지, 투고중.
- 유성규. 1994. 양식개론. 신흥출판사. 부산. 185pp.