

실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과

이상민 · 이계안* · 전임기** · 유성규*

순천향대학교 자원과학부, *부경대학교 양식학과

**국립수산진흥원 증식부

Effects of Experimental Formulated Diets, Commercial Diet and Natural Diet on Growth and Body Composition of Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min Lee, Gye An Lee*, Im-Gi Jeon** and Sung Kyoo Yoo*

Dept. of Biological Resources, Soonchunhyang University, Asan 336-600, Korea

*Aquaculture Division, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

**Aquaculture Dept., National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea

This study was carried out to investigate the effects of experimental formulated diets, commercial diets and natural diet (dried *Undaria*) on growth and body composition of *Haliotis discus hannai*. Experimental diets was formulated to provide 34.1% protein and 7.5% lipid, and prepared by different CaCl_2 concentration (5, 10 and 15%) and dipping time (10, 20 and 60 second) in solution. The juvenile abalone average weighing 0.3 g were distributed in a flow-through aquarium system using a completely randomized design with 13 diets and 3 replicates per diet (50 abalone/tank), and fed diets for 17 weeks. The abalone fed the nine experimental formulated diets and two commercial diets showed better growth performance than that of natural diet. No significant differences were found among abalone fed the experimental diets and commercial diets in survival rate, weight gain, soft body weight and soft body composition ($P>0.05$).

Key words : Abalone (*Haliotis discus hannai*), Formulated diet, Natural diet, Water solubility

서 론

전복류는 100여종 이상이 분포하고 있으며, 우리나라에는 난류계의 말전복(*Haliotis gigantea*), 등근전복(*H. discus*), 시볼트전복(*H. silboldii*)과 한류계인 참전복(*H. discus hannai*)이 서식하고 있다(柳, 1989). 이와 같은 전복류의 서식 환경을 고려하여 볼 때 참전복이 우리나라에 가장 적

합한 양식 대상종으로 생각된다. 그 동안 많은 연구자들의 노력(Kikuchi and Uki, 1974; Seki and Kanno, 1981a,b; 김, 1992; 노·유, 1984; 盧, 1988; 이 등, 1978; 한, 1994)에 의해 현재는 참전복 종묘생산 기술이 확립되어 있다. 이러한 전복은 옛날부터 매우 고급 수산 식품으로 자리를 잡아왔고, 앞으로도 값비싼 건강식품으로서 그 위치를 차지할 것으로 전망된다.

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음.

참전복은 주로 인공종묘로 생산되어 각장 약 1 cm까지 성장시킨 후 암초지대에 방류하여 상품 크기의 것을 다시 수확하는 방식으로 이루어지고 있으며 부분적으로 채롱 수하식으로 양식되어 왔다. 하지만 최근 참전복 양식에 대한 관심이 높아짐에 따라 참전복을 육상 수조에서 양식하는 곳이 현저히 증가되고 있는 실정이며, 정 등(1994 a,b)은 육상 사육 수조에 관한 효과를 비교하였다. 하지만, 전복을 양식하는 양어가들은 육성용 먹이로 생미역, 생과래, 생다시마와 같은 천연 먹이를 주로 사용하다가 여름에는 건조미역이나 건조다시마를 공급하고 있는 실정이라서 체계적인 양식 발전의 걸림돌이 되고 있다. 이러한 천연먹이는 생산량에 따라 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고, 성장 또한 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로 보고되어 있다(Viana et al., 1993). 하지만 국내에서는 아직까지 적절한 배합사료를 개발하기 위한 연구가 수행되어 있지 않기 때문에, 외국에서 비싼 가격으로 배합사료를 수입하고 있어 경제적인 면에서 국가적으로도 큰 손실의 요인이 되고 있다.

전복은 주로 밤에 먹이를 섭취하는 야행성으로 먹이를 섭취하는데 충분한 시간이 필요하고, 먹이 섭취 전까지 사료의 영양소가 수중으로 쉽게 유출되지 않아야 한다. 이와 같은 사료의 수중 안정성은 사료성분이나 제조조건에 따라 달라지며, 많은 연구자들이 사료의 풀림이나 영양소 유출을 방지하기 위해 사료의 알긴산 나트륨을 염화칼슘 수용액에 침적시켜 불용성인 칼슘염으로 치환시키는 방법을 사용하고 있다(Mai et al., 1995; Uki et al., 1985a). 하지만 그 침적조건에 대한 검토는 수행되지 않았다. 그래서 본 연구에서는 앞으로 계속될 연구에 기초적인 자료를 제시하기 위해 실험용 배합사료를 설계하고 염화칼슘 수용액의 농도와 침적시간을 달리하여 성형된 실험 배합사료가 참전복의 성장과 체성분에 미치는 효과를 조사하였으며, 실험 배합사료 효능을 외국 시판사료 및 천연먹이와 비교하였다.

재료 및 방법

실험 배합사료의 단백질과 탄수화물원으로 카제인, 북양어분, 대두박, 소맥분, 건조미역 분말 등을 첨가하였고, 지질원으로는 오징어간유와 대두유를 첨가하여 단백질이 34.1%, 지질이 7.5%가 되도록 설계하였다(Table 1). Uki et al. (1985a)의 결과에 따라 점착제로 알긴산나트륨을 21% 첨가하였다. 실험 배합사료는 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 두께 0.15 cm가 되도록 압착하여 5%, 10% 및 15%의 염화칼슘 수용액에 각각 10초, 20초 및 60초간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시킨 9종의 실험 배합사료(사료 1~9)를 제조하였다(Table 2). 실험 배합사료는 1 cm 사각이 되도록 절단하여 건조시킨 후 냉동고에 보관(-25°C)하면서 사료 급여시마다 사용하였다. 이렇게 제조된 실험 배합사료의 성장 효과를 비교하기 위하여 외국산 배합사료 2종류(사료 10과 11), 생사료(건조미역, 사료 12) 및 배합사료와 생사료 혼합구(사료 13)를 설정하였다.

실험치패는 평균 각장 1.2 cm (평균체중 0.3 g)의 참전복을 선별하여 39개의 각 실험수조(20 l)에 50마리씩 임의 배치하여 각 사료당 3반복으로 17주간 사육 실험하였다. 사료는 2일 1회 각 실험수조마다 2~4 g 씩 급여하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 급여 전에 수거하였다. 주수량은 3 l/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온은 12~20°C였다. 분석용 어체는 실험 시작시 100마리, 실험 종료시 각 수조에서 25마리씩 임의로 추출하여 일반성분 분석용으로 냉동보관(-75°C)하였다.

배합사료의 수중안정성(water stability)은 사육 실험했던 수조에서 전복을 수용하지 않고 위에서 언급한 동일한 사육 조건으로 실험 배합사료 9종과 수입 시판사료 2종류를 담그고 8시간, 16시간, 28시간, 48시간 및 72시간 후에 각각 건조시켜 건조량과 단백질 함량의 변화를 조사하였다.

실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과

Table 1. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Diet type	Exp. diet ³	Commercial diet		Natural diet	Mix
	Diet no	1~9	10	11	12	13
Casein		5	Closed		Dried <i>Undaria</i>	Diet 10+
White fish meal		20	formulation			diet 12
Soybean meal		16				
Wheat flour		15				
<i>Spirulina</i>		3				
<i>Undaria</i> powder		5				
Yeast		1.5				
Squid liver oil		2.5				
Soybean oil		2.5				
Vitamin premix ¹		2.5				
Mineral premix ²		6				
Sodium alginate		21				
Proximate analysis (DM basis)						
Protein		34.1	34.5	36.5	12.8	—
Lipid		7.5	2.2	5.5	1.0	—

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

³Refer to Table 2.

Table 2. Preparation conditions for experimental diets

Diet no.	CaCl ₂ concentration (%) in dipping water	Dipping time (second)
1	5	10
2	5	20
3	5	60
4	10	10
5	10	20
6	10	60
7	15	10
8	15	20
9	15	60

사료 및 전복 가식부의 일반성분은 AOAC (1990)방법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조지질은 Soxhlet 추출법(ether 추출법), 조회분은 직접회화법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25)으로 분석하였다. 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple

range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1993) program을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

배합사료의 수중안정성에 대한 결과는 Table 3에 표시하였고, 실험 배합사료(사료 1~9)의 건물 수중 안정성은 시간이 경과할수록 점차 감소하여 72시간 후에는 5%와 10% CaCl₂ 수용액에 10초간 침적시킨 사료(사료 1과 4)가 다른 실험사료보다 감소량이 다소 높아지는 경향이었다. 외국 시판사료(사료 10과 11)는 28시간까지는 86~90%로 실험 배합사료의 79~82%보다 수중 안정성이 비교적 높았지만, 사료 10은 48시간이후 실험 배합사료보다 감소량이 많아져 72시간에 55%로 감소하였으며, 72시간 후의 사료 11은 실험

배합사료와 비슷한 수준인 74%를 유지하였다. Mai et al. (1995)의 실험에서 48시간 후 전복사료의 수중안정성은 75~80%로 보고되어 본 실험 배합사료의 75~83%와 거의 비슷한 수준이었다. 단백질의 수중안정성도 모든 사료에서 시간이 지남에 따라 감소하였으며, 72시간 후의 감소 폭은 실험 배합사료 1이 가장 높아 79%였고, 그 외 실험 배합사료들은 83% 전후로 비슷한 경향을 보였다. 외국 시판사료의 경우 사료 10은 실험 배합사료들과 비슷하였으나 사료 11의 감소속도는 다른 사료보다 낮아 72시간 후에도 95%를 유지하였다.

본 실험 배합사료에 점착제로 사용한 알긴산 21%는 이미 타 연구자들이 전복사료에 사용하였거나 권장한 수준이지만(Mai et al., 1995 ;

Uki et al., 1985a ; Viana et al., 1993), 알긴산은 그 단가가 비싸기 때문에 상업적으로 알긴산 함량을 낮추거나 대체할 수 있는 방안이 필요하다. 또한, 사료의 수중안정성은 사료원료, 가공방법, 사육환경이나 조건에 따라 달라지므로 차후 계속 연구되어야 하겠으나, 양어가들이 선호하는 조건이나 수중에서 부패 등의 요인들을 고려하여 전복이 가장 쉽게 섭취할 수 있도록 제조되어야 할 것이다. 본 실험에서는 2일 1회 충분히 먹고 남은 정도로 사료를 공급하였지만, 전복의 먹이 섭취량이나 수중에서 사료의 부패 및 안정성에 따라 사료 공급량 및 공급시간이 조절되어야 할 것이다. 예를 들어 사료를 충분히 공급할 경우, 가두리나 채롱식 양성장에서는 전복이 섭취하고 남은 사료가 수중에서 부패되기 전에 풀어져 사육시설에서 자연적으로 제거되는 것이 유리하며, 사육수조에서는 쉽게 청소할 수 있는 조건 등이 감안되어야 할 것이다. 그리고 사육 밀도나 수온 등의 양식장 조건에 따라서도 사료의 수중 안정성은 조정되어야 할 것으로 판단된다.

평균체중 0.3 g의 전복치패를 17주간 사육 실험한 결과(Table 4), 최종 평균체중은 0.82~1.02 g으로 성장하였으며, 실험구간에 유의적인 차이는 없었지만 건조미역 공급구(사료 12)가 낮은 값을 보였다. 생존율은 건조미역만을 공급한 실험구가 75%로 가장 낮았으며(P<0.05), 그 외 실험구에서는 85~91%로 실험구간에 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 증체율은 건조미역구가 172%였고, 그 외 실험 배합사료와 외국산 배합사료 공급구는 205~239%로 서로 비슷한 경향을 보였다. 평균 가식부 중량은 15% CaCl₂ 수용액에 10초간 처리한 실험구(사료7)와 건조미역구가 낮은 값을 보였으나 체중에 대한 가식부의 무게에서는 모든 실험구에서 차이를 보이지 않았다. 각장과 각폭에서는 7번 사료구가 가장 낮았으며, 배합사료와 건조미역을 혼합 첨가한 실험구(사료13)가 높은 경향을 보였다(P<0.05).

Table 3. Water stability of dry matter and protein in the diets¹

Diet no	Time in the seawater (hr)					
	0	8	16	28	48	72
Dry matter (recovery rate, %)						
1	100	90	83	81	75	62
2	100	85	84	82	78	75
3	100	89	87	82	80	74
4	100	82	81	80	78	66
5	100	87	81	81	77	75
6	100	83	83	81	78	73
7	100	84	83	81	80	71
8	100	83	81	79	78	71
9	100	84	83	80	78	73
10	100	91	92	90	72	55
11	100	88	86	86	83	74
Protein (recovery rate, % as dry matter basis)						
1	100	97	93	83	83	79
2	100	89	89	87	82	83
3	100	94	92	89	84	81
4	100	94	92	89	83	83
5	100	92	92	84	84	84
6	100	91	89	88	83	83
7	100	90	88	88	84	83
8	100	93	90	90	84	83
9	100	92	88	87	86	84
10	100	92	92	88	87	88
11	100	95	95	97	95	95

¹Values (mean) of pooled sample from triplicate groups.

실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과

Table 4. Growth performance of abalone fed different diets for 17 weeks¹

Diet no	Initial wt.(g)	Final wt.(g)	Survival rate (%)	Weight gain (%) ²	Daily wt. gain (%) ³	Soft body wt.(g)	Soft body wt./ whole body wt.
1	0.31±0.02 ^a	0.96±0.03 ^a	85±7.5 ^{ab}	214±9.0 ^a	1.03±0.02 ^a	0.62±0.12 ^{ab}	0.56±0.03 ^a
2	0.31±0.12 ^a	0.95±0.06 ^a	89±6.4 ^b	205±19.0 ^a	1.01±0.05 ^a	0.64±0.05 ^{ab}	0.58±0.03 ^a
3	0.30±0.07 ^a	0.99±0.09 ^a	90±5.2 ^b	233±35.5 ^a	1.07±0.07 ^a	0.58±0.11 ^{ab}	0.57±0.05 ^a
4	0.30±0.07 ^a	0.99±0.05 ^a	95±7.5 ^b	227±11.0 ^a	1.06±0.02 ^a	0.54±0.06 ^{ab}	0.59±0.03 ^a
5	0.31±0.14 ^a	0.97±0.10 ^a	90±5.2 ^b	212±23.2 ^a	1.03±0.05 ^a	0.62±0.04 ^{ab}	0.56±0.02 ^a
6	0.30±0.09 ^a	0.95±0.11 ^a	91±5.0 ^b	217±29.7 ^a	1.04±0.07 ^a	0.68±0.03 ^b	0.57±0.03 ^a
7	0.30±0.06 ^a	0.97±0.16 ^a	86±9.1 ^{ab}	220±53.5 ^a	1.04±0.11 ^a	0.49±0.07 ^a	0.55±0.01 ^a
8	0.30±0.09 ^a	0.93±0.25 ^a	88±7.2 ^b	209±76.0 ^a	1.00±0.18 ^a	0.58±0.19 ^{ab}	0.54±0.04 ^a
9	0.30±0.02 ^a	0.97±0.07 ^a	92±2.0 ^b	223±22.8 ^a	1.05±0.05 ^a	0.54±0.05 ^{ab}	0.55±0.03 ^a
10	0.30±0.05 ^a	1.02±0.15 ^a	89±5.7 ^b	239±45.6 ^a	1.08±0.09 ^a	0.65±0.10 ^{ab}	0.58±0.06 ^a
11	0.30±0.07 ^a	0.01±0.04 ^a	91±6.4 ^b	236±7.2 ^a	1.08±0.01 ^a	0.55±0.05 ^{ab}	0.53±0.03 ^a
12	0.30±0.06 ^a	0.82±0.07 ^a	75±6.1 ^a	172±20.4 ^a	0.92±0.06 ^a	0.49±0.06 ^a	0.55±0.02 ^a
13	0.30±0.12 ^a	1.02±0.07 ^a	87±3.0 ^b	237±16.4 ^a	1.08±0.03 ^a	0.69±0.08 ^b	0.56±0.03 ^a

Table 4. Continued

Diet no	Shell length (cm)	Shell height (cm)	Shell width (cm)	Shell width/shell length	Body wt./shell length
1	2.09±0.11 ^{bcd}	0.50±0.06 ^{ab}	1.47±0.08 ^{bc}	0.70±0.01 ^a	0.50±0.07 ^{ab}
2	2.08±0.05 ^{bcd}	0.48±0.03 ^{ab}	1.45±0.04 ^{abc}	0.70±0.00 ^a	0.49±0.02 ^{ab}
3	2.03±0.08 ^{abc}	0.47±0.03 ^{ab}	1.41±0.08 ^{ab}	0.69±0.01 ^a	0.45±0.06 ^{ab}
4	2.00±0.05 ^{abc}	0.47±0.02 ^{ab}	1.40±0.05 ^{ab}	0.71±0.01 ^a	0.44±0.06 ^{ab}
5	2.10±0.06 ^{cd}	0.47±0.01 ^{ab}	1.47±0.05 ^{bc}	0.70±0.01 ^a	0.49±0.01 ^{ab}
6	2.10±0.03 ^{cd}	0.52±0.01 ^b	1.47±0.01 ^{bc}	0.70±0.01 ^a	0.53±0.01 ^b
7	1.93±0.06 ^a	0.46±0.01 ^{ab}	1.36±0.04 ^a	0.70±0.01 ^a	0.42±0.03 ^{ab}
8	2.04±0.13 ^{abcd}	0.49±0.05 ^{ab}	1.44±0.10 ^{abc}	0.70±0.01 ^a	0.48±0.09 ^{ab}
9	1.96±0.03 ^{ab}	0.49±0.01 ^{ab}	1.38±0.03 ^{bc}	0.71±0.01 ^a	0.46±0.02 ^{ab}
10	2.03±0.02 ^{abc}	0.51±0.03 ^{ab}	1.42±0.01 ^{abc}	0.70±0.01 ^a	0.50±0.03 ^{ab}
11	2.06±0.05 ^{abcd}	0.48±0.02 ^{ab}	1.44±0.05 ^{ab}	0.70±0.01 ^a	0.48±0.03 ^{ab}
12	1.98±0.07 ^{abc}	0.45±0.02 ^a	1.37±0.05 ^{ab}	0.69±0.01 ^a	0.42±0.04 ^a
13	2.16±0.04 ^d	0.50±0.03 ^{ab}	1.52±0.03 ^c	0.70±0.01 ^a	0.54±0.03 ^b

¹Values (mean±s.d. 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.

³(Weight gain×100)/[(Initial fish weight+Final fish weight)×Days fed/2].

각고는 사료 6이 건조미역 공급구보다 높았으며, 각장에 대한 체중의 비는 사료 6과 13이 건조미역구보다 높은 경향을 보였다(P<0.05).

실험 시작시 및 종료시의 사료별로 전복 가식부의 일반성분(Table 5)을 분석한 결과, 대부분의 실험사료에서 수분은 실험 시작시에 비해 종료시 모두 감소하였고, 단백질과 지질 함량은 증가하였다. 실험 종료시 수분, 단백질 및 회분 함량은 사료에 영향을 받지 않았으나(P>0.05), 지질함

량은 외국산 배합사료 공급구(사료 10, 11 및 13)에서 낮아지는 경향을 보였다.

위와 같이 실험 배합사료를 성형할 때 15% CaCl₂ 수용액에 10초간 처리한 실험구의 가식부 중량, 각장 및 각고의 다소 저조한 값 외에는 배합사료 성형시 염화칼슘의 농도와 침적시간은 전복의 성장과 체성분에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 타연구자들이 사료 성형시 주로 사용하는 5% CaCl₂ 수용액에 1분간

Table 5. Chemical compositions (%) of the soft whole body¹

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	81.7	12.3	0.8	2.9
Final :				
1	77.8±0.56 ^a	15.3±0.75 ^a	1.4±0.17 ^{abc}	2.4±0.05 ^a
2	78.1±1.01 ^a	15.2±0.75 ^a	1.4±0.10 ^{abc}	2.4±0.05 ^a
3	76.0±3.15 ^a	15.4±0.15 ^a	1.4±0.20 ^{abc}	2.5±0.05 ^a
4	78.7±0.45 ^a	15.2±0.25 ^a	1.2±0.15 ^{abc}	2.4±0.10 ^a
5	78.2±0.77 ^a	15.3±0.05 ^a	1.6±0.15 ^c	2.8±1.01 ^a
6	77.8±0.37 ^a	15.1±0.37 ^a	1.5±0.26 ^{bc}	2.4±0.05 ^a
7	78.9±1.25 ^a	14.6±0.49 ^a	1.3±0.15 ^{abc}	2.4±0.05 ^a
8	77.9±0.43 ^a	15.3±0.37 ^a	1.5±0.20 ^{bc}	2.4±0.11 ^a
9	78.3±1.56 ^a	14.8±0.75 ^a	1.4±0.36 ^{abc}	2.3±0.00 ^a
10	77.5±0.87 ^a	14.5±0.87 ^a	0.9±0.11 ^{abc}	2.3±0.10 ^a
11	78.6±0.30 ^a	15.4±0.61 ^a	0.8±0.05 ^{ab}	2.8±0.69 ^a
12	78.2±0.75 ^a	15.4±0.79 ^a	1.3±1.21 ^{abc}	2.6±0.00 ^a
13	77.9±1.09 ^a	14.9±0.51 ^a	0.7±0.15 ^a	2.4±0.00 ^a

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

침적시켜 알긴산 나트륨을 칼슘염으로 불용화시키는 방법과 함께 본 실험에서 사용된 농도와 침적시간도 실험 배합사료를 제조할 때 적절히 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 상업적으로 사료를 대량 생산하여 판매하기 위해서는 본 실험에서와 같이 염화칼슘 수용액에 사료를 침적시켜 건조시키는 것은 공정상 어려움이 따를 것으로 보인다. 따라서 상업적인 면에 대해서는 사료원료 중 탄수화물과 점착제 등 여러 가지 면을 고려하여 수중 안정성이 검토되어야 할 것이다.

본 실험에서 설계, 제조된 배합사료는 천연먹이인 미역보다 성장효과가 높았으며, 외국산 배합사료와 그 성능이 동등한 것으로 나타났다. Viana et al.(1993)은 casein이나 어분위주의 배합사료가 macroalgae (*Macrocystis pyrifera*)보다 전복(*H. fulgens*)의 성장에 더 높은 효과가 있다고 하였으며, Nie et al.(1986)도 역시 배합사료가 다시마보다 참전복의 성장에 월등히 좋은 결과를 보인다고 보고하였다. 정 등(1994b)은 배합사료, 건조미역 및 배추를 0.7 g의 참전복에 공급한 결과, 배합사료와 건조미역이 배추보다 높은 성장효과가 있다고 보고하였다.

이와 같이 천연먹이의 저조한 성장효과는 그들의 영양성분 중 단백질이나 지질 등의 함량이 배합사료보다 현저히 낮기 때문으로 해석된다. 반면에 정 등(1994b)은 배합사료와 건조 미역 공급구간에서 차이가 없었다고 보고하였는데, 본 실험에서 배합사료구는 건조미역구보다 생존률이 유의하게 높았고(P<0.05), 증체율도 수치상으로 건조미역구보다 30% 정도 더 개선된 것으로 나타나 차이를 보이고 있다. 이는 두 실험에 사용된 배합사료의 조성비 차이로 생각된다. 본 실험에서 사용된 배합사료 원료들 중 casein은 어분보다 더 양호한 참전복 사료 단백질원이라고 보고되어 있고(Uki et al., 1985b), 반면에 Viana et al.(1993)은 *H. fulgens*에서 어분도 casein과 동등한 효능을 가진다고 하였다. 따라서 이에 대한 차이는 차후 계속 연구되어야 할 것으로 판단되며, 본 실험에서 사용된 실험 배합사료의 조성비는 계속 개선되어야 하겠으나 현재로서는 참전복의 배합사료 개발에 필요한 대조사료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 이미 언급한 것처럼 배합사료 조성비는 보다 경제적으로 설계되어야 하며, 본 실험에 사용된 casein, 북양어분, *spirulina*, 미역분말, 효모, 비타민 및 미네랄, 알긴산 등은 원료 단가가

비싸기 때문에 이에 대한 연구가 계속 이어져야 할 것이다.

요 약

전복 실험용 배합사료의 효능과 배합사료 성형시 염화칼슘 수용액 농도와 침적시간에 따른 효과를 조사하기 위하여 단백질과 에너지원으로 카제인, 북양어분, 대두박, 소맥분, 건조미역 분말, 오징어간유와 대두유를 첨가하고 점착제로 알긴산나트륨을 21% 사용한 실험 배합사료를 설계하여 5%, 10% 및 15%의 염화칼슘(CaCl_2) 수용액에 각각 10초, 20초 및 60초간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시킨 9종의 실험 배합사료를 제조하였다. 또한, 외국산 배합사료 2종류, 생사료(건조미역) 및 배합사료와 생사료 혼합구를 설정하여 실험 배합사료와 비교하였다. 평균체중 0.3 g의 참전복 치패를 각 사료당 3 반복으로 17주간 사육 실험한 결과, 최종 평균 체중, 증체를 및 생존률은 건조미역 공급구가 낮은 값을 보였으며, 그 외 실험구는 실험기간에 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 평균 가식부 중량은 15% CaCl_2 수용액에 10초간 처리한 실험구와 건조미역구가 낮은 값을 보였으나 체중에 대한 가식부의 무게에서는 모든 실험구에서 차이를 보이지 않았다. 실험 종료시 수분, 단백질 및 회분 함량은 사료에 영향을 받지 않았으나($P>0.05$), 지질함량은 외국산 배합사료가 첨가된 실험구에서 낮아지는 경향을 보였다. 이상의 결과로부터 배합사료를 성형할 때 염화칼슘의 농도와 침적시간은 전복의 성장과 체성분에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 본 실험에서 설계된 배합사료는 건조미역보다 성장 효과가 높았고 외국 시판사료와 그 성능이 동등한 것으로 나타나 차후 참전복 배합사료 연구에서 대조사료로 사용될 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.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis*, I. Relation between water temperature and several maturity of *Haliotis discus hannai* Ino. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 33 : 69-78.
- 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.
- Nie, Z. Q., Z. Q. Wang and J. P. Yan, 1986. Experiments on preparing of formulated feed and feeding efficiency of yong abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Mar. Fish. Res.*, 7 : 53-64.
- Seki, T. and H. Kanno, 1981a. Observation of the settlement and metamorphosis of the veliger of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, Haliotidae, Gastropoda. *Bull. Tohoku Reg. fish. Res. Lab.*, 42 : 31-39.
- Seki, T. and H. Kanno, 1981b. Induced the settlement of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai*, veliger by the mucous trail of the juvenile and adult abalone. *Bull. Tohoku Reg. fish. Res. Lab.*, 43 : 29-36.
- 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.
- 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.
- 김용구, 1992. 참전복(*Haliotis discus hannai* Ino) 種苗生産을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이

- 생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.
- 盧暹, 1988. 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino의 種苗生産에 관한 연구. 부산수산대학 박사학위 논문, 139 pp.
- 노섭 · 유성규, 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33 : 173-183.
- 柳屍奎, 1989. 淺海養殖. 새로출판사. 부산. pp. 309-368.
- 이택렬 · 변충규 · 진평 · 홍성윤, 1978. 전복의 종묘 생산기술설립과 인공사육에 관한 연구. 부산수 대해연보, 11 : 47-61.
- 정성채 · 지영주 · 손팔원, 1994a. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한연구. I. 치패성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향. 한국양식학회지, 7 : 9-20.
- 정성채 · 지영주 · 손팔원, 1994b. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7 : 77-87.
- 한형균, 1994. 참전복 치패의 성장과 생존을 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이 효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.