

## 참전복 사료의 단백질원 평가

이상민 · 윤성종\* · 허성범\*\*

강릉대학교 해양생명공학부, \*국립수산진흥원

\*\*부경대학교 양식학과

### Evaluation of Dietary Protein Sources for Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min Lee, Sung Jong Yun\* and Sung Bum Hur\*\*

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

\*National Fisheries Research and Development Institute, Pusan, 619-900 Korea

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

An 18-week growth trial was conducted in flow-through aquarium system to evaluate the practical dietary protein sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Three replicate groups of the abalone averaging 0.11 g were fed one of ten diets containing casein, white fish meal (WFM), meat meal (MM), feather meal (FM), blood meal (BM), soybean meal (SM), corn gluten meal (CGM), cotton seed meal (CSM), *Undaria* powder (UP), or wheat flour (WF) as a dietary protein source. In addition, these dietary protein sources were compared with algae such as raw *Undaria* or dried *Laminaria*.

Weight gain of abalone fed the diets containing casein, WFM, SM, CSM or UP was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than those of abalone fed other diets, and this value of abalone fed FM, BM, CGM, or algae was lower than other groups. Shell length, shell width, body wt./shell length ratio, and body wt./shell width ratio of abalone fed casein, WFM, SM, CSM, UP, and WF were also higher ( $P < 0.05$ ) than those of other groups. There were no significant differences ( $P > 0.05$ ) in moisture and protein contents of soft body among all diets. The data obtained in this study indicate that each of the casein, WFM, SM, CSM or UP is good dietary protein source for juvenile abalone.

Key words : Abalone (*Haliotis discus hannai*), Protein source, Formulated diet, Algae

### 서 론

참전복 종묘생산은 부착기부터 부착규조가 붙은 파관에 부착시켜 규조를 주 먹이로 사육하여 각장 1cm 정도까지 키운 후에는 파관에서 분리하여 중간 육성하거나 바다에 방류하고 있다. 전복류의 초기 먹이에 대해서는 Ioriya and Suzuke(19

87), Norman-Boudrean et al.(1986), Ohgai et al.(1991), 한(1994)과 김(1992)이 연구한 바 있다. 일반적으로 전복 종묘를 바다에 방류하는 것보다는 가두리나 육상수조 등에서 중간 육성하는 것이 높은 생존률을 유지한다고 알려져 있다. 하지만 아직까지 양어가들은 중간 육성용 먹이로 미역, 파래, 다시마와 같은 천연 먹이를 주로

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음

공급하다가 여름철에는 건조미역이나 건조다시마를 공급하고 있는 실정이다. 이러한 천연먹이는 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고, 성장 효과 역시 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로 보고되어 있어(이 등, 1997; Viana et al., 1993), 대상종에 적합한 배합사료의 개발이 시급한 실정이다. 참전복 양성용 사료에 대한 연구로는 노와 유(1984)가 육상식물에 대한 이용성을 조사한 바 있고, 영양요구 및 배합사료 효과에 관해서도 꾸준히 연구되고 있다(Harada and Aki-shima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Ogino and Ohta, 1963; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b,c; 정 등, 1994). 하지만, 국내에서는 아직까지 적절한 배합사료가 개발되지 않아 효율적인 양식이 불가능한 실정이며, 외국에서 수입되고 있는 사료는 가격이 비싸 경제적인 면에서 매우 불리하다. 그래서 이 등(1997)은 참전복의 배합사료 개발에 기초적인 자료를 제공하기 위해 실험 배합사료를 설계하여 그 효능을 외국 시판사료 및 천연먹이와 비교하였다.

배합사료 개발에 있어 가장 먼저 고려되어야 할 것은 사료 단백질의 품질과 단백질 함량인데, 참전복 사료의 적정 단백질 함량은 20~35%로 보고(Uki et al., 1986a; Mai et al., 1995)되어 있다. 사료 단백질의 품질은 단백질원에 따라 달라지며, 참전복의 경우는 casein이 가장 좋은 단백질원으로 보고되어 있고(Uki et al., 1986a), 해산어류의 경우에는 어분이 양호한 단백질원으로 사용되고 있다. 하지만 이러한 casein은 가격이 비싸기 때문에 경제적인 배합사료 원료로서는 부적합한 것으로 생각된다. 또한, 어분의 품질은 종류, 가공 방법, 생산 년도 등에 따라 다소 차이를 보이기는 하나, 대체로 조단백질 함량이 60% 이상으로 높고, 어류에 필요한 영양소, 특히 아미노산 조성이 고르게 갖추어져 있는 양질의 단백질원이지만(NRC, 1993) 가격이 비싸고 공급이 불안정한 점 등 문제점이 잠재되어 있다. 따라서 양식 생산비의 절반 이상을 차지하고 있는 사료비를 절감시키기 위해서는 값비싼 casein이나

어분을 대신할 수 있는 값싸고, 공급이 안정적인 대체 단백질원을 찾는 것이 시급하다. 사료의 단백질원에 대한 평가는 사료의 질을 향상시키고, 사료단가를 낮추는데 기초적인 연구가 될 뿐 아니라 앞으로 계속될 영양연구에 자료를 제시할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 참전복 사료에 적합한 단백질원을 조사하기 위하여 카제인 또는 어분이 첨가된 사료와 값싸고 쉽게 구입 가능한 단백질원인 육분, 우모분, 혈분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 소맥분 첨가 사료를 설계하였다. 또한, 건조 미역분말 첨가 사료, 천연 먹이로 생미역과 건조 다시마를 선정하여 이들의 이용성을 서로 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 단백질원 및 실험사료

사료 단백질원으로 카제인(vitamin-free, Serva, Germany), 북양어분(간접식 건조: steam dry, 고려원양 개척호), 육분, 혈분, 우모분, 대두박(탈지, 탈피), 콘글루텐 밀, 면실박, 건조미역 분말, 소맥분 및 효모를 사용하였으며, 자연산 먹이로는 생미역과 건조 다시마를 선정하였다(Table 1). 사료원료 중 대두박과 콘글루텐 밀은 각각 0.25 mm와 0.5 mm screen이 부착된 분쇄기(RETSH GMBH 5657, Germany)로 분쇄한 후 사료에 첨가하였다. 탄수화물원으로 dextrin을, 지질원으로 오징어간유와 대두유를 사용하였다. 첨착제로는 알긴산나트륨을 20~23% 첨가하였으며, 사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 사료는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 냉동고에 보관하면서 사료 급여시마다 사용하였다.

### 2. 실험어 및 사육관리

건강한 모패 40마리(♂: 19마리, ♀: 21마리)를 간출과 자외선 조사 해수로 산란 자극하여

**Table 1. Composition (%) of experimental diets**

Ingredients	Dietary protein sources											
	Casein	WFM <sup>1</sup>	MM <sup>2</sup>	FM <sup>3</sup>	BM <sup>4</sup>	SM <sup>5</sup>	CGM <sup>6</sup>	CSM <sup>7</sup>	UP <sup>8</sup>	WF <sup>9</sup>	Algae <sup>10</sup>	Algae <sup>11</sup>
Casein	31.0											
White fish meal		40.0						10.0	10.0	10.0		
Meat meal			36.0									
Feather meal				33.0								
Blood meal					29.0							
Soybean meal						55.0						
Corn gluten meal							39.0					
Cotton seed meal								50.0				
Undaria powder									55.0			
Wheat flour											50.0	
Dextrin	30.0	23.5	28.0	29.0	30.0	7.8	22.0	3.0	1.0	3.5		
α-cellulose	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	0.2	1.0					
Yeast	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
Squid liver oil	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
Soybean oil	3.0	0.5		2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.0	1.5		
Vitamin premix <sup>12</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
Mineral premix <sup>13</sup>	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
Sodium alginate	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	20.0	23.0		
Proximate analysis (%)												
Moisture	9.4	9.2	9.5	10.0	10.0	9.4	8.5	11.0	11.9	11.2	95.2	10.3
	(Dry matter basis)											
Protein	32.4	30.9	32.0	31.5	30.2	30.4	31.6	27.8	19.5	15.4	20.0	10.8
Lipid	5.0	5.4	5.5	5.4	5.2	5.4	5.5	5.4	5.6	5.4	1.3	0.5
Ash	11.2	19.1	14.1	12.3	12.8	14.8	12.0	15.6	29.9	14.5	38.7	35.4

<sup>1</sup>White fish meal. <sup>2</sup>Meat meal. <sup>3</sup>Feather meal. <sup>4</sup>Blood meal. <sup>5</sup>Soybean meal. <sup>6</sup>Corn gluten meal. <sup>7</sup>Cotton seed meal. <sup>8</sup>Undaria powder. <sup>9</sup>Wheat flour. <sup>10</sup>Raw Undaria. <sup>11</sup>Dried Laminaria. <sup>12</sup>Halver (1957). <sup>13</sup>H-440 premix NO. 5 (mineral) (N.A.S. 1973).

인공적으로 생산한 치패를 부착규조가 붙어있는 파판에서 1 cm 전후까지 사육한 것을 실험치패로 사용하였다. 실험용으로 중간 크기의 건강한 치패를 36개의 각 실험수조(20ℓ)에 70마리씩 임의 배치하여 각 사료마다 3반복으로 18주간 사육 실험하였다. 약 5 주 간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였으며, 각 수조마다 약하게 폭기시켜 산소를 공급하였다. 먹이는 2일 1회 각 실험수조마다 5 g씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 먹이 공급전에 수거하였다. 주수량은 3ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온변화는 10~23℃(평균 16.5℃)였다. 분석용 어체는 실험 시작시 300마리, 실험 종료시 각 수조에 수용된 모든 어체를 추출하여 각장, 각폭 및 가식부의 일반성분 분석용으로 냉동보관(-75℃)

하였다.

### 3. 성분분석 및 통계처리

사료원료, 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였으며, 사료의 아미노산은 이 등(1996)이 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 검정하였다.

## 결 과

사료의 일반성분을 분석한 결과(Table 1), 단

백질원으로 카제인, 북양어분, 육분, 혈분, 우모분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박을 각각 첨가한 사료의 단백질과 지질 함량은 각각 30%와 5% 전후로 나타나, Uki et al.(1986a)과 Mai et al.(1995)이 보고한 적정 단백질 및 지질 함량과 일치하였다. 건조미역 분말과 소맥분 첨가사료는 이들의 단백질 함량이 낮아 사료 단백질 함량이 15~20%로 타 배합사료구보다 낮았으며, 생미역과 건조 다시마의 단백질 함량도 11~20%로 낮게 나타났다.

실험 시작시 각 실험수조마다 70마리씩 수용하여 18주간 사육한 결과, 생존률은 천연먹이구인 미역과 다시마 공급구 및 혈분을 첨가한 실험구가 61~65%로 다른 실험구보다 유의하게( $P<0.05$ ) 낮은 경향을 보였다. 실험개시시 평균체중 0.11 g 전후였던 참전복 치패를 사육실험 한 후에는 사료의 단백질원에 따라 평균체중이 0.27~0.74 g으로 큰 차이를 보였다(Fig. 1). 이 중 단백질원으로 북양어분을 첨가한 실험구가 0.74 g으로 가장 높았으며, 대두박 및 미역분말을 첨가한 실험구들이 북양어분 첨가구와 유의적인 차이없이 ( $P>0.05$ ) 양호한 결과를 보였다. 카제인 첨가구는 0.64 g으로 북양어분 첨가구와는 유의차를 보였

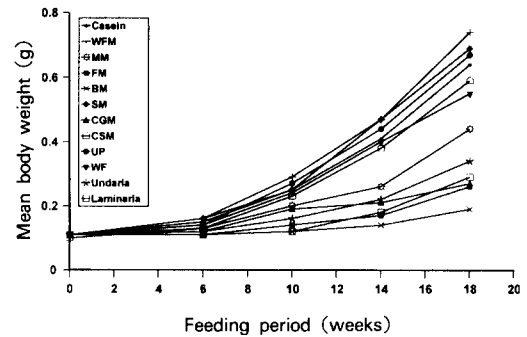


Fig. 1. Growth of abalone fed the different dietary protein sources for 18 weeks.

으나( $P<0.05$ ), 대두박 또는 미역분말 첨가구와는 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 다음으로 면실박과 소맥분 첨가구가 0.55~0.57 g으로 비교적 양호한 성적을 보였고, 육분 첨가구는 0.44 g, 천연 먹이인 생미역과 건조 다시마 공급구는 0.29~0.34 g, 우모분과 콘글루텐 밀 첨가구는 0.26~0.27 g으로 나타났으며, 혈분 첨가구가 0.19 g으로 가장 낮은 값을 보였다( $P<0.05$ ).

증체율은 Table 2에 나타난 바와 같이 평균체중 변화와 유사한 경향이었는데, 북양어분, 대두박,

Table 2. Performance of abalone fed the diets containing different protein sources<sup>1</sup>

Dietary proteins	Weight gain (%) <sup>2</sup>	Shell length (cm)	Shell width (cm)	Body wt.(g) /shell length (cm)	Body wt.(g) /shell width (cm)	Shell length/shell width
Casein	494±46.5 <sup>c</sup>	1.70±0.04 <sup>de</sup>	1.25±0.03 <sup>efg</sup>	0.38±0.02 <sup>def</sup>	0.53±0.02 <sup>ef</sup>	1.36±0.01 <sup>ab</sup>
White fish meal	577±72.4 <sup>c</sup>	1.80±0.09 <sup>c</sup>	1.31±0.07 <sup>e</sup>	0.41±0.02 <sup>f</sup>	0.56±0.02 <sup>f</sup>	1.37±0.02 <sup>ab</sup>
Meat meal	303±16.7 <sup>c</sup>	1.50±0.03 <sup>c</sup>	1.12±0.03 <sup>d</sup>	0.29±0.01 <sup>c</sup>	0.39±0.01 <sup>c</sup>	1.34±0.01 <sup>a</sup>
Feather meal	135±45.2 <sup>ab</sup>	1.24±0.01 <sup>ab</sup>	0.92±0.01 <sup>b</sup>	0.21±0.04 <sup>ab</sup>	0.28±0.04 <sup>ab</sup>	1.35±0.01 <sup>a</sup>
Blood meal	78±54.7 <sup>a</sup>	1.19±0.13 <sup>a</sup>	0.80±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.05 <sup>a</sup>	0.24±0.06 <sup>a</sup>	1.50±0.19 <sup>b</sup>
Soybean meal	554±25.0 <sup>c</sup>	1.76±0.01 <sup>de</sup>	1.27±0.01 <sup>efg</sup>	0.39±0.01 <sup>ef</sup>	0.55±0.01 <sup>f</sup>	1.39±0.01 <sup>ab</sup>
Corn gluten meal	155±16.2 <sup>ab</sup>	1.30±0.04 <sup>ab</sup>	0.97±0.02 <sup>bc</sup>	0.21±0.01 <sup>ab</sup>	0.28±0.02 <sup>ab</sup>	1.34±0.02 <sup>a</sup>
Cotton seed meal	503±77.3 <sup>c</sup>	1.69±0.02 <sup>de</sup>	1.23±0.01 <sup>ef</sup>	0.35±0.01 <sup>de</sup>	0.49±0.02 <sup>de</sup>	1.37±0.02 <sup>ab</sup>
Undaria powder	495±39.4 <sup>c</sup>	1.80±0.02 <sup>c</sup>	1.30±0.02 <sup>fg</sup>	0.38±0.02 <sup>def</sup>	0.52±0.01 <sup>ef</sup>	1.39±0.01 <sup>ab</sup>
Wheat flour	396±44.6 <sup>d</sup>	1.67±0.10 <sup>d</sup>	1.21±0.07 <sup>c</sup>	0.33±0.03 <sup>cd</sup>	0.45±0.04 <sup>d</sup>	1.37±0.01 <sup>ab</sup>
Raw Undaria	221±66.3 <sup>b</sup>	1.50±0.08 <sup>c</sup>	1.03±0.07 <sup>c</sup>	0.23±0.04 <sup>b</sup>	0.34±0.04 <sup>b</sup>	1.46±0.14 <sup>ab</sup>
Dried Laminaria	172±15.3 <sup>b</sup>	1.34±0.06 <sup>b</sup>	0.97±0.03 <sup>bc</sup>	0.22±0.01 <sup>b</sup>	0.30±0.02 <sup>b</sup>	1.39±0.02 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Values (mean±s.d. of three replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>(Final weight-initial weight)×100/Initial weight.

Table 3. Chemical compositions (%) of the soft whole body<sup>1</sup>

Dietary proteins	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	81.8	11.7	0.6	3.2
Final :				
Casein	79.3± 0.85 <sup>a</sup>	14.0± 0.80 <sup>a</sup>	1.0± 0.23 <sup>ab</sup>	2.4± 0.05 <sup>ab</sup>
White fish meal	78.6± 1.20 <sup>a</sup>	14.0± 0.75 <sup>a</sup>	1.4± 0.26 <sup>bc</sup>	2.3± 0.11 <sup>a</sup>
Meat meal	78.5± 0.32 <sup>a</sup>	13.6± 0.10 <sup>a</sup>	1.3± 0.23 <sup>abc</sup>	2.5± 0.05 <sup>ab</sup>
Feather meal	78.9± 0.36 <sup>a</sup>	13.2± 0.23 <sup>a</sup>	1.5± 0.25 <sup>bc</sup>	2.6± 0.05 <sup>cd</sup>
Blood meal	79.6± 1.49 <sup>a</sup>	13.9± 0.35 <sup>a</sup>	1.3± 0.83 <sup>abc</sup>	2.8± 0.05 <sup>d</sup>
Soybean meal	79.5± 0.77 <sup>a</sup>	13.9± 0.55 <sup>a</sup>	1.5± 0.11 <sup>bc</sup>	2.4± 0.05 <sup>ab</sup>
Corn gluten meal	79.2± 0.80 <sup>a</sup>	13.3± 0.25 <sup>a</sup>	1.3± 0.05 <sup>abc</sup>	2.7± 0.05 <sup>cd</sup>
Cotton seed meal	79.1± 0.25 <sup>a</sup>	14.1± 0.11 <sup>a</sup>	1.9± 0.40 <sup>c</sup>	2.5± 0.05 <sup>ab</sup>
Undaria powder	79.1± 0.26 <sup>a</sup>	14.2± 0.20 <sup>a</sup>	1.2± 0.28 <sup>abc</sup>	2.5± 0.05 <sup>bc</sup>
Wheat flour	78.8± 0.20 <sup>a</sup>	13.2± 0.45 <sup>a</sup>	1.5± 0.20 <sup>bc</sup>	2.5± 0.05 <sup>ab</sup>
Raw Undaria	79.6± 0.96 <sup>a</sup>	13.8± 0.52 <sup>a</sup>	0.7± 0.15 <sup>a</sup>	2.6± 0.15 <sup>cd</sup>
Dried Laminaria	79.5± 0.60 <sup>a</sup>	13.6± 0.41 <sup>a</sup>	0.7± 0.25 <sup>a</sup>	2.7± 0.10 <sup>cd</sup>

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

면실박, 미역분말 및 카제인 첨가구들이 494~577 %로 타 실험구들보다 유의하게 높았다(P<0.05). 다음으로 소맥분 첨가구가 396%로 좋은 결과를 보였으며, 혈분, 우모분, 콘글루텐 밀 첨가구들이 78~155%로 타 실험구보다 낮은 값을 보였다(P<0.05). 각장 및 각폭도 증체율 변화와 유사한 경향이였다. 또한, 각장과 각폭에 대한 전중의 비도 역시 같은 경향을 보였으며, 각장에 대한 각폭의 비는 증체율과 반대 경향을 보여 혈분 첨가구가 가장 높은 값을 보였다.

실험 시작시 및 종료시의 사료별 참전복 가식부의 일반성분 분석결과는 Table 3과 같다. 실험 사료 모두에서 수분과 회분 함량은 실험 시작시에 비해 종료시 모두 감소하였고, 단백질과 지질 함량은 모두 증가하였다. 실험 종료시 수분과 단백질 함량은 각각 78.5~79.6% 및 13.2~14.2%로 사료의 단백질원에 거의 영향을 받지 않았다(P>0.05). 지질 함량은 북양어분, 육분, 우모분, 혈분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박 및 미역분 첨가구들이 1.2~1.9%로 서로 유의차가 없었고(P>0.05), 카제인과 천연미역인 생미역과 건조 다시마 실험구가 0.7~1.0%로 낮은 값을 보였다. 회분 함량은 우모분, 혈분, 콘글루텐 밀, 생미역과 건조 다시마 실험구가 높았고, 북양어분, 육분, 대두박 및

소맥분 첨가구들이 대체로 낮은 경향을 보였다.

### 고 찰

사료 단백질원의 품질은 대상어종에 필요한 영양성분, 즉, 단백질, 에너지, 필수아미노산 및 필수지방산 등의 필수영양소 함량과 소화율에 따라 결정되어진다(NRC, 1993). 사료 단백질원 선정에 고려되어야 할 요인들은 그 원료의 영양 성분과 함께 공급의 안정성, 가격, 기호성, 영양 저해인자, 식품으로서의 안정성 등을 들 수 있는데, 본 실험에서는 비교적 쉽게 구입할 수 있는 여러 가지 단백질원들을 선정하여 그 효과를 평가하였다. 성장은 카제인, 어분, 대두박, 면실박 및 미역분을 주 단백질원으로 첨가한 실험구들이 타 실험구에 비해 현저히 좋은 결과를 보였으며(P<0.05), 다음으로 소맥분 첨가구가 양호한 성적을 올렸다. 이러한 결과들은 참전복 사료의 단가를 절감시키고, 사료의 질을 향상시키는데 큰 도움이 될 것으로 전망된다. 하지만, 혈분, 우모분, 콘글루텐 밀은 매우 낮은 값을 보여 참전복 사료의 주 단백질원으로서 큰 가치가 없을 것으로 생각된다.

본 실험에서 사용된 배합사료 원료들 중 어분이

주 단백질원인 사료의 최종평균 체중, 증체율, 각장 및 각쪽의 값이 casein 첨가사료와 비슷하거나 더 양호한 것으로 나타나 참전복 사료의 최고 단백질원이 casein이라고 보고한 Uki et al. (1985b)의 결과와 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 각 실험에 사용된 어분의 품질 차이에 의한 것으로 해석되나 그 외의 실험 조건이나 사육관리 등의 차이에서도 고찰되어야 할 것이다. 본 실험에서 사용된 어분은 간접식으로 제조된 북양어분으로 그 품질이 다른 어분보다 양호한 것으로 간주된다. Viana et al. (1993)은 전복(*H. fulgens*) 사료의 단백질원으로 어분도 casein과 동등한 효능을 가진다고 하였다. 이미 언급하였듯이 배합사료 조성비는 보다 경제적으로 설계되어야 하기 때문에 본 실험에 사용된 양질의 단백질원인 casein이나 북양어분은 그 단가가 비싸기 때문에 이 등(1997)도 지적하였듯이 이를 대신할 수 있는 대체단백질원의 개발이 필요하다. 식물성 단백질원으로서 가장 많이 연구되고 있는 대두박은 trypsin inhibitor와 같은 영양저해요소가 함유되어 있어 단백질 이용성을 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 Met과 같은 필수아미노산이 어분에 비해 낮게 함유되어 있으며, 대두박 중의 인은 phytic acid에 결합되어 있어 그 이용성이 낮은 편이다(NRC, 1993). 그래서 많은 학자들이 대두박의 이용성을 높이기 위해서 아미노산을 보충(Murai et al., 1982; Shiau et al., 1988; Dabrowska and Wojno, 1977)하거나 영양저해요소를 감소(Wilson and Poe, 1985; Viola et al., 1983)시키는 방법을 사용하고 있다. 위와 같이 대두박을 사료 단백질원으로 사용하는데 몇 가지 문제점이 잠재되어 있음에도 불구하고 본 실험에서와 같이 참전복은 어분이나 카제인 못지 않게 대두박을 잘 이용하는 것으로 나타나 참전복 사료의 훌륭한 단백질원이 될 수 있을 것으로 생각된다. 본 실험에 사용된 대두박은 탈지압착하고 가열 처리된 것으로 urease activity가 0.01로 측정된 것이어서 대부분의 trypsin inhibitor가 제거되어 사료원료로 사용하기에는

가공이 잘 된 것으로 판단된다. 하지만 Uki et al. (1985b)의 전복 사료실험에서 대두박 첨가구는 카제인 첨가사료보다 성장이 훨씬 낮은 것으로 나타나 본 실험과 차이를 보이고 있다. 이는 사용된 대두박의 품질 차이 또는 사육조건에 의한 차이로 생각된다.

식물성 단백질원 중 면실박 첨가구는 casein 첨가구와 성장효과에서 차이가 없는 것( $P>0.05$ )으로 나타나 대두박과 함께 면실박은 전복사료의 좋은 단백질원이 될 것으로 기대된다. 이러한 면실박은 가공방법에 따라 조단백질과 조섬유의 함량이 달라지는데, 본 실험에서 사용한 면실박의 단백질 함량은 36%로 비교적 낮은 편이며, Lys, Met 및 Thr이 어분에 비해 상대적으로 낮게 조성되어 있다(이·류, 1996). 면실박은 주로 가축의 사료로 이용되고 있으며, 양어 사료에는 많이 사용되지 않는데, 이는 조섬유 함량이 다른 식물성 원료보다 매우 높을 뿐 아니라 고시폴(gossypol)이라는 유독 물질이 함유되어 있어(NRC, 1993) 성장에 악 영향을 미친다고 보고되어 있다(Dorsa et al., 1982; Herman, 1970). 본 실험에 사용된 면실박의 고시폴 함량이 0.06%로 측정된 것으로, 이러한 영양저해인자가 함유되어 있음에도 불구하고 본 실험에서는 면실박 첨가구의 성장이 어분, 카제인 및 대두박 첨가구와 유의차가 없이( $P>0.05$ ) 매우 좋은 것은 참전복이 비교적 높은 함량의 고시폴에도 영향을 받지 않았기 때문으로 판단된다. 또한, 면실박에는 조섬유 함량이 20% 정도까지 함유되어 있고(이·류, 1996), 본 실험의 면실박 첨가구의 조섬유 함량이 11%로 참전복은 이 수준의 조섬유 함량에도 영향을 받지 않았을 것으로 판단된다. 어류의 면실박 이용성에 대해서는 주로 담수어(Jackson et al., 1982; El-Sayed, 1990; Herman, 1970; Fowler 1980; Dorsa et al., 1982; Robinson et al., 1984)와 해산어인 조피볼락(이·류, 1996)을 대상으로 연구되었는데, 어분대신 면실박을 사료에 첨가할 경우 그 첨가비가 15~30%까지 가능한 것으로 보고되어 있다. 본 실험에서

미역분이 첨가된 배합사료의 성장효과가 어분사료와 비슷한 것으로 나타나 천연먹이인 미역분 말도 다른 원료와 함께 배합되면 양질의 단백질원이 될 것으로 생각된다. 그러나 미역분말은 단가가 비싸고 단백질 함량이 낮기 때문에 첨가제로서의 적정 첨가량 등 이에 대한 구체적인 검토가 뒤따라야 할 것이다. 반면에 천연먹이인 생미역이나 건조 다시마 공급구들의 성장은 casein, 북양어분, 대두박, 면실박, 소맥분 및 미역분말 첨가구보다는 훨씬 낮은 값을 보여, 적절한 단백질원이 첨가된 배합사료보다 그 효과가 낮음을 알 수 있다. 이와 같이 천연 먹이가 배합사료보다 그 효과가 낮다는 연구들은 이미 보고된 바 있고(Mai et al., 1995 ; Viana et al., 1993), 이 등(1997)도 이와 유사한 결과를 얻어 천연 먹이의 영양소 균형이 배합사료보다 좋지 못함을 지적하였다.

동물성 단백질원인 가축부산물 첨가구(혈분,

우모분)들과 콘글루텐 밀 첨가구의 성장효과는 천연먹이인 생미역이나 건조 다시마 공급구보다도 더 낮은 값을 보여 참전복 사료의 주 단백질원 으로서는 큰 가치가 없을 것으로 생각된다. 이와 같이 혈분, 우모분 및 콘글루텐 밀 첨가 사료의 단백질이나 에너지 함량이 성장효과가 양호한 다른 실험사료와 비슷함에도 불구하고 저조한 성장 효과를 보인 것은 이들 원료의 필수아미노산 조성, 기호성 및 소화율 등이 다른 원료보다 낮기 때문으로 생각된다. 대체단백질원을 사용함에 있어 먼저 고려하여야 할 것은 그 원료의 필수 아미노산(EAA, essential amino acids)의 균형인데, 원료에 따라 어떤 종류의 EAA가 부족하기 때문에(NRC, 1993), 사료의 단백질은 대상어종이 요구하는 EAA가 충족되어 균형을 이루고 있는가에 따라 그 품질이 평가될 수 있다. 그러나 대상어종의 EAA 요구량이 구명되어 있지 않을 때에는 난(卵)이나 그 어종의 전어체 또는

Table 4. Essential amino acids and A/E ratio<sup>1</sup> in the experimental formulated diets

Amino acids	Dietary protein sources									
	Casein	WFM	MM	FM	BM	SM	CGM	CSM	UP	WF
	Amino acids (% in protein)									
Arg	4.8	7.0	8.2	6.6	4.3	7.7	3.0	10.4	4.6	5.4
His	3.4	1.7	1.2	1.3	3.2	1.9	1.3	2.3	1.5	1.8
Ile	4.7	3.7	2.3	3.9	0.5	3.7	2.8	3.5	3.4	3.3
Leu	8.3	8.1	6.2	8.2	14.1	8.1	15.7	7.1	6.5	7.5
Lys	6.2	4.9	3.2	1.7	6.0	4.1	1.2	3.9	4.3	3.3
Met+Cys	3.3	4.2	2.5	4.3	1.3	2.6	3.7	3.1	3.3	3.5
Phe+Tyr	12.9	7.9	5.9	7.4	11.4	8.8	10.8	8.8	6.8	7.5
Thr	4.5	4.9	3.4	5.0	5.1	4.4	3.3	4.1	4.2	4.0
Val	7.0	4.1	3.5	5.2	6.6	3.7	3.2	4.5	4.1	3.8
Total	55.1	46.6	36.4	43.5	52.6	45.1	45.0	47.6	38.6	40.3
	A/E ratio <sup>1</sup>									
Arg	87	150	224	152	83	170	67	219	120	134
His	62	37	34	30	61	42	30	48	40	45
Ile	85	80	63	90	9	82	61	74	87	83
Leu	150	173	170	188	269	179	349	149	169	187
Lys	112	104	89	39	114	91	27	83	111	82
Met+Cys	60	91	70	98	25	58	82	64	85	87
Phe+Tyr	234	170	163	169	216	195	240	184	175	186
Thr	82	105	93	115	97	98	73	86	109	100
Val	127	89	95	119	126	83	71	94	106	95

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

**Table 5. Correlation coefficients between various EAA indexes in the formulated diets and performance of abalone**

Dietary EAA index	Performance	
	Weight gain	Shell length
Arg	0.35*	0.31
His	0.11	0.09
Ile	0.59**	0.60**
Leu	-0.68**	-0.66**
Lys	0.50**	0.51**
Met+Cys	0.18	0.23
Phe+Tyr	-0.25	-0.28
Thr	0.06	0.09
Val	-0.23	-0.24
EAAI <sup>1</sup>	0.81**	0.82**
TEAA <sup>2</sup>	-0.03	-0.13

<sup>1</sup>Murai et al. (1986). <sup>2</sup>TEAA: total essential amino acids.

\*\*Correlation is significant at the 0.01 level.

\* Correlation is significant at the 0.05 level.

근육의 EAA 조성과 유사한 수준으로 사료를 설계하기도 한다(Arai, 1981; Ketola, 1982; Klein and Halver, 1970; Ogata et al., 1983; Willson et al., 1977). 이와 같은 측면에서 부족한 EAA를 첨가하여 사료를 설계할 때, Arai (1981)와 Ogata et al.(1983)은 전체 EAA에 대한 각 EAA 비(A/E ratio)를 고려하였고, Willson and Poe(1985)도 이러한 방법을 인정하고 있다. 본 실험사료의 EAA와 A/E ratio를 Table 4에 표시하였고, 성장효과와 사료의 EAA, 전복 가식부의 EAA(Mai et al., 1994)를 기준으로 한 EAAI(EAA index, Murai et al., 1986) 및 총 EAA량(total EAA, TEAA)과의 상관관계를 Table 5에 나타내었다. Table 5에서 보듯이 사료의 Arg, Ile 및 Lys이 성장효과와 상관도가 높은 EAA로 나타났으며, Leu은 역효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, EAAI는 증체율과 각장에 높은 상관도가 있었으나, TEAA는 상관관계가 없는 것으로 나타나 사료의 EAA량보다는 EAAI가 더 중요한 것으로 나타났다. Mai et al.(1994)은 전복사료로 해조류를 사용하였을 때 제한 아미노산을 Arg, Met, Thr 및 His이라고

지적하였는데, 본 실험 사료에서도 이들 EAA들은 성장과 정 상관관계를 보였다. 본 실험에서 성적이 가장 저조한 혈분 첨가사료의 Arg, Ile 및 Met+Cys의 함량과 A/E ratio는 다른 사료보다 낮았으며, 우모분 첨가사료도 His 및 Lys의 함량과 A/E ratio가 다른 사료보다 낮은 수준이었다. 식물성 단백질원 중 가장 성적이 나빴던 콘글루텐 밀 첨가사료도 Arg, His, Ile 및 Lys의 함량과 A/E ratio가 낮은 경향이였다. 따라서 혈분, 우모분 및 콘글루텐 밀은 참전복 사료의 단백질원으로서 부적당할 것으로 보이며, 단백질과 아미노산의 소화율 및 다른 원료와 혼합하여 사용하는 방안 등 여러 측면에서 계속 연구되어야 할 것이며, 본 실험에서 성적이 좋았던 단백질원을 참전복 사료의 단백질원으로 사용하여 사료를 설계한다면 천연먹이보다 훨씬 좋은 효과와 함께 사료단가를 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 요 약

참전복 사료에 적합한 단백질원을 조사하기 위하여 카제인, 어분, 육분, 우모분, 혈분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 미역분을 첨가한 배합사료와 천연 먹이인 생미역과 건조 다시마를 선정하여 그 이용성을 비교하였다. 평균체중 0.11 g인 치패를 실험수조마다 70마리씩 수용하여 18주간 사육한 결과, 생존률은 카제인, 복양어분, 육분, 우모분, 미역분과 소맥분을 첨가한 실험구들이 서로 유의차없이(P>0.05) 타 실험구보다 높은 경향을 보였다. 실험구들의 최종평균체중은 0.27~0.74 g으로 복양어분을 첨가한 실험구가 0.74 g으로 가장 높았으며, 대두박 및 미역분말을 첨가한 실험구들이 복양어분 첨가구와 유의적인 차이없이(P>0.05) 양호한 결과를 보였다. 카제인 첨가구는 0.64 g으로 복양어분 첨가구와는 유의차를 보였으나(P<0.05), 대두박 및 미역분말 첨가구와는 차이가 없었다(P>0.05). 다음으로 면실박과 소맥분 첨가구가 0.55~0.57 g으로 양호한 성적을 보였으며, 육분 첨가구는 0.44 g, 천연



먹이인 생미역과 전조 다시마 공급구는 0.29~0.34 g, 우모분과 콘글루텐 밀 첨가구는 0.26~0.27 g으로 나타났으며, 혈분 첨가구가 0.19 g으로 가장 낮은 값을 보였다( $P < 0.05$ ). 증체율과 각장 및 각폭도 평균체중 변화와 유사한 경향이였다. 실험 종료시 가식부의 수분과 단백질 함량은 각각 78.5~79.6% 및 13.2~14.2%로 사료의 단백질원에 거의 영향을 받지 않았다( $P > 0.05$ ). 이상의 결과로부터 어분, 대두박, 면실박, 미역분말 또는 소맥분은 참전복 사료의 훌륭한 단백질원이 될 것으로 기대되어 참전복 사료의 단가를 절감시키고, 사료의 질을 향상시키는데 큰 도움이 될 것으로 전망된다.

### 참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Arai, S. 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47 : 547-550.
- Dabrowska, H. and T. Wojno. 1977. Studies on the utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) of feed mixture containing soy bean meal and an addition of amino acid. Aquaculture, 10 : 297-310.
- Dorsa, W. J., Robinette, H. R., Robinson, E. H. and poe, W. E. 1982. Effects of dietary cotton seed meal and gossypol on growth of young channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc., 3 : 651-655.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.
- El-Sayed, A. M. 1990. Long-term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). Aquaculture, 84 : 315-320.
- Fowler, L. G. 1980. Substitution of soy bean and cotton seed products for fish meal in diets fed to chinook and coho salmon. Prog. Fish. Cult., 42 : 87-91.
- Halver, J. E. 1957. Nutrition of salmonoid fishes. III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. J. Nutr., 62 : 225-243.
- 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.
- Herman, R. L. 1970. Effects of gossypol on rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. F. Fish Biol., 2 : 293-304.
- Ioriya, T. and H. Suzuke. 1987. Changes of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. The Suisanzoshoku, 35 : 81-98.
- Jackson, A. J., B. S. Capper and A. J. Matty. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture, 27 : 97-109.
- Ketola, H. G. 1982. Amino acid nutrition of fishes : requirements and supplementation of diets. Comp. Biochem. Physiol. B, 73 : 17-24.
- Klein, R. G. and J. E. Halver. 1970. Nutrition of salmonoid fishes. Arginine and histidine requirements of chinook and coho salmon. J. Nutr., 1105-1109.
- 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. 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.
- Murai, T., H. Ogata, and T. Nose. 1982. Methionine coated with various materials supplemented to soybean meal diet for fingerling carp *Cyprinus carpio* and channel catfish *Ictalurus punctatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48 : 85-88.
- 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.
- N.A.S. (National Academy of Sciences). 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. N.A.S., Washington, D.C. 50 pp.
- Norman-Boudreau, K., D. Burns, C. A. Cooke and A. Austin. 1986. A simple technique for detection of feeding in newly metamorphosed abalone. *Aquaculture*, 51 : 313-317.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.
- Ogata, H., S. Arai and T. Nose. 1983. Growth responses of cherry salmon (*Oncorhynchus masou*) and amago salmon (*O. rhodurus*) fry fed purified casein diets supplemented with amino acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49 : 1381-1385.
- 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, *Halitis discus* Reeve, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 30 : 523-526.
- Ohgai, M., M. Wakano, and S. Nagai. 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Suisanzoshoku*, 39 : 263-266.
- Robinson, E. H., S. D. Rawles and R. R. Stickney. 1984. Evaluation of glanded and glandless cotton seed products in catfish diets. *Prog. Fish Cult.*, 46 : 92-97.
- Shiau, S. Y., B. S. Pan, S. Chen, H. L. Yu and S. L. Lin. 1988. Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. *J. World Aquacult. Soc.*, 19 : 14-19.
- 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. 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. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1005-1012.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. 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.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 32 : 27-28.
- Wilson, R. P. and W. E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. *Aquaculture*, 46 : 19-25.
- Wilson, R. P., D. E. Harding and D. L. Garling. 1977. Effect on dietary pH on amino acid utilization and the lysine requirement of fingerling channel catfish. *J. Nutr.*, 107 : 166-170.
- 김용구. 1992. 참전복(*Haliotis discus hannai* Ino) 種苗生産을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.
- 노섭, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. *수진연보*, 33 : 173-183.
- 이상민, 류진형, 이종윤. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. *한국영양사료학회지*, 20 : 21-30.
- 이상민, 류진형. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체 단백질원으로서 면실박 및 채종박의 첨가 효과. *한국영양사료학회지*, 20 : 128-135.

참전복 사료의 단백질원 평가

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997. 실험 배합 사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 10(4) : 417-429.  
정성채, 지영주, 손팔원. 1994. 참전복 *Halotis discus*

*hannai Ino*의 육상사육수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7 : 77-87.  
한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이 효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.