

전복(*Haliotis discus hannai*) 용 배합사료내 오징어분 및 해조류 대체원으로서 대두박이 전복 치패의 성장과 체조성에 미치는 영향

김병학¹ · 김희성 · 조성환*

¹국립수산과학원 남서해수산연구소, 한국해양대학교 해양생명과학부

The Effects of Substituting Squid Meal and Macroalgae with Soybean Meal in a Commercial Diet on Growth and Body Composition of Juvenile Abalone *Haliotis discus hannai*

Byeng-Hak Kim¹, Hee Sung Kim and Sung Hwoan Cho*

¹Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea
Division of Marine Bioscience, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

We examined the effect of substituting squid meal and macroalgae with soybean meal in a commercial diet on the growth and body composition of juvenile abalone *Haliotis discus hannai*. We randomly distributed 2310 juvenile abalone into 33 rectangular plastic containers and fed them five experimental diets in triplicate as follows. The control diet (Con) consisted of 12% squid meal, 8% corn gluten and 20% soybean meal as protein source, wherein 10% α -starch, 20% wheat flour, and 5% dextrin were carbohydrate source. The experimental diets, 50% squid meal (SM50), 50% squid meal and 50% macroalgae (SM50+MA50), and 100% squid meal and 50% macroalgae (SM100+MA50) were substituted with the same respective amounts of soybean meal. The fifth experimental diet consisted of the control diet plus 1% diatom powder (DP). We prepared two domestic (Domestic A and B) and two imported (China and Japan) abalone feeds. Finally, we prepared *Undaria* and sea tangle. We found that the weight gain of abalone fed the Con, DP, and China and Japan diets was significantly greater than that of abalone fed *Undaria* and sea tangle. We conclude that the substituting squid meal and macroalgae with soybean meal in abalone feed has limited benefits, but supplementing diets with 1% diatom powder is effective in improving weight gain.

Key words: Abalone (*Haliotis discus hannai*), Dietary substitution, Fishmeal, Macroalgae, Soybean meal

서 론

전복(*Haliotis discus hannai*)의 국내 총 양식생산량은 2000년에는 20톤에 불과하였으나 2014년에는 8,982톤으로 약 450배 증가하였으며(KOSIS, 2015), 전복의 국내 양식생산량도 매년 지속적으로 증가될 것으로 예상된다. 국내 전복 양식장의 경우 전복 양식어민들은 양식장 관리의 용이성 때문에 미역과 다시마와 같은 자연산 해조류를 먹이로 공급하는 것을 선호하고 있지만, 이들 해조류는 자연상태에서는 겨울철을 제외한 다른 계절에는 이들 자연산 해조류를 공급하기 어렵기 때문에 이들 해

조류를 건조시키거나 염장 처리하여 사용하고 있는 실정이다. 전복의 사료내 단백질과 지질 요구량은 각각 25-35% 및 3-5% 내외인 것으로 알려져 있지만(Uki et al., 1985a; Mai et al., 1995a, 1995b), 이들 자연산 해조류의 단백질과 지질 함량은 10-20%와 1% 내외에 불과하여 전복의 성장에 필요로 하는 영양학적 요구량에 비하여 아주 낮으며, 건조나 또는 염장처리 과정에서 야기되는 이들 영양소의 파괴나 손실로 인하여 더 낮은 영양학적 가치를 가지게 되어서 전복의 성장 둔화를 초래하여 결국 전복의 양식생산 단가를 상승시키는 주요 원인이 되고 있는 실정이다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0329>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 48(3) 329-336, June 2015

Received 8 May 2015; Revised 21 June 2015; Accepted 22 June 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 410. 4755 Fax: +82. 51. 404. 4750

E-mail address: chosunh@kmou.ac.kr

전복용 배합사료내 단백질원으로서 카제인이 가장 우수한 것으로 알려져 있으나(Uki et al., 1985a, 1985b; Uki et al., 1986a), 카제인은 가격이 아주 높기 때문에 상업용 배합사료로 제조시 사료원으로 이용하기에는 비실용적이다. 따라서 전복용 배합사료의 카제인 대체 단백질원으로 어분, 대두박, 갑각류분 등 다양한 형태의 동물성 및 식물성 단백질원의 이용 가능성에 대한 연구가 수행된 바 있다(Uki et al., 1985b; Viana et al., 1993; Lee et al., 1998a; Sales and Britz, 2001; Bautista-Teruel et al., 2003; Garcia-Esquivel and Felbeck, 2009; Cho et al., 2008; Cho, 2010). 특히 전복용 배합사료내 카제인 단독 대체 단백질원으로 어분이나 대두박을 이용할 경우 전복의 성장이 카제인 31% 함유 사료와 유사하였고 면실박이나 다시마 분말 첨가의 경우 어분을 소량만 첨가하여도 카제인과 유사한 성장(Lee et al., 1998a)을 보였으며, 새우머리분 또한 전복용 배합사료내 우수한 단백질원으로 이용 가능한 것으로 보고된 바 있다(Cho et al., 2008).

최근 수산용 배합사료내 단백질 공급원으로 널리 사용되고 있는 어분이나 오징어분의 가격이 급격하게 상승하고 있으며, 또한 해조류(미역, 다시마 등)의 가격 상승으로 인하여 이들 어분(오징어분)이나 해조류를 대체할 수 있는 새로운 사료원료의 개발이 절실히 필요한 실정이다. 따라서 전복의 양식 생산 비용을 절감시키기 위해서는 값비싼 어분과 해조류를 대체할 수 있는 공급이 안정적인 값싼 대체 원료의 개발이 시급하다. 따라서 본 연구에서는 전복용 배합사료내 오징어분 및 해조류 대체원으로서 대두박의 이용성을 평가하였다. 또한 이들 대체사료원료의 효능을 평가하기 위하여 국내외 상업용 시판사료 및 미역과 다시마와 비교 분석하였다.

재료 및 방법

전복의 사육 및 관리

실험에 이용된 전복 치패는 개인양식장에서 구입하여 사육실험 조건에 2주간 적응시켰으며, 적응 기간 동안에는 건다시마(*Laminaria japonica*)를 1일 1회 전체중의 2% 정도 공급하였다. 33개의 70 L 플라스틱 수용기(120 cm×36 cm)에 각각 70 마리의 전복 치패(평균 마리 무게: 0.98 g)를 수용하여 1개의 30 톤 콘크리트 raceway (수량: 10톤)에 분산 수용하였으며, 충분한 양의 산소를 공급하여 주었다. 플라스틱 수용기에는 shelter를 넣어 주어 전복의 은신처를 제공하여 주었다. 사료의 공급은 1일 1회(17:00) 충분한 양의 먹이를 공급(전체중의 3%)하였으며, 남은 먹이는 매일 제거하여 주었다. 실험기간 동안 평균 사육수온(Mean±SD)은 24.6±3.60°C이었으며, raceway별 환수량은 76.3 L/min이었고, 빛은 자연광주기를 따랐다. 전복 사육실험은 총 16주간 실시하였다.

실험사료의 조성 및 일반성분

전복용 실험사료의 사료 조성표는 Table 1과 같다. 대조구(Con) 사료는 주요 단백질원으로 오징어분12%, 콘글루텐 8% 및 대두박 20%를 첨가하였으며, 주요 탄수화물원으로 소맥분 20%, α -starch 10%와 텍스트린 5%를 첨가하였고, 주요 지질원으로 오징어간유와 대두유를 각각 1%씩 첨가하였다. 또한 16% 해조류와 1% *Spirulina*를 대조구 사료에 첨가하였다. 오징어분 50%를 대두박으로 대체한 실험사료(SM50), 오징어분 50%와 해조류(Macroalgae mixture) 50%를 각각 대두박으로 50%씩 대체한 실험사료(SM50+MA50), 오징어분 100%와 해조류 50%를 각각 대두박으로 대체한 실험사료(SM100+MA50) 및 대조구 사료에 소맥분 1% 대신에 규조류(*Melosira nummuloides*와 *Fragilariopsis* sp.가 우점종) 1%를 첨가한 실험사료(DP)를 두었으며, 이들 사료는 이화유지공업(주)에 의뢰하여 상업용 시판사료와 동일하게 extruded pelleter (Jyoda, Japan)로 제조하였다. 실험사료의 사료의 효능을 비교하기 위하여 국내에서 시판되고 있는 상업용 시판사료 2종류(Domestic A, Domestic B)와 국외의 상업용 시판사료인 중국산(China)과 일본산(Japan) 사료를 준비하였으며, 자연산 먹이인 미역(*Undaria*)과 다시마(Sea tangle)를 공급하는 실험구를 두었다. 모든 실험사료는 3 반복구를 두었다.

실험사료와 전복 가식부의 영양 성분 분석

16주간의 사육실험 종료 시 각각의 실험구에서 생존한 전복 10마리씩을 무작위로 샘플하여 냉동보관(-70°C) 하였으며, 각 전복의 각장과 각쪽은 digital caliper (Mitutoyo Corporation, Kawasaki, Japan)을 이용하여 측정하였고, 영양학적 상태 지수 측정을 위해 전중량에 대한 가식부의 비를 계산하였다.

실험사료와 전복 가식부의 일반성분분석은 AOAC (1990)에 따라 조단백질은 Kjeldahl method (Auto Kjeldahl System, Buchi B-324/435/412, Switzerland)과 조지방(에테르 추출법)을 분석하였으며, 조회분은 550°C 회화로에서 4시간동안 태운 후 정량하였고, 수분은 105°C dry oven에서 24시간 건조시킨 후 측정하였다. 실험 사료의 아미노산 분석은 high speed amino acid analyzer (Hitachi L-8800, Tokyo, Japan)을 이용하여 아미노산 조성을 분석하였으며, 지방산 분석은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 클로로폼과 메탄올 혼합액(2:1)으로 총 지질을 추출하여 14% BF₃-MeOH (Sigma, St Louis, Mo, USA) 용액으로 지방산을 methylation 시킨 후, capillary column (SPTM-2560, 100 m×0.25 mm i.d., film thickness 0.20 μ m, Supelco, Bellefonte, PA, USA)이 장착된 gas chromatograph (Truce GC, Thermo, USA)로 지방산 조성을 분석하였다.

통계 분석

One-way ANOVA와 Duncan's multiple range test (Duncan 1955)로서 SAS version 9.3 program (SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 각 실험구간의 유의성을 검정하였다.

Table 1. Ingredients (% , DM basis) and nutrient composition of the experimental diets

	Experimental diets										
	Con	SM50	SM50+ MA50	SM100+ MA50	DP	Domestic A	Domestic B	China	Japan	Undaria	Sea tangle
Ingredient (%)											
Squid meal	12	6	6	0	12						
Corn gluten	8	8	8	8	8						
Soybean meal	20	26	34	40	20						
α -starch	10	10	10	10	10						
Wheat flour	20	20	20	20	19						
<i>Spirulina</i>	1	1	1	1	1						
Dextrin	5	5	5	5	5	closed	closed	closed	closed		
Diatom powder ¹					1						
Macroalgae mixture ²	16	16	8	8	16						
Squid liver oil	1	1	1	1	1						
Soybean oil	1	1	1	1	1						
Vitamin premix ³	2	2	2	2	2						
Mineral premix ⁴	4	4	4	4	4						
Nutrients (DM, %)											
Dry matter	9.0	8.6	7.1	7.6	7.8	13.7	13.3	10.5	10.3	9.6	13.3
Crude protein	29.7	30.5	31.3	31.2	31.2	31.3	35.2	32.3	30.3	20.1	9.1
Crude lipid	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.6	4.4	1.8	1.7	0.1	0.1
Ash	8.7	8.8	7.5	6.8	8.5	12.7	15.0	14.2	17.6	25.6	17.0

¹Diatom powder containing dominantly *Melosira nummuloides* and *Fragilariopsis* sp. was purchased from Asbicinter Co. Ltd., (Busan, Korea).

²Macroalgae mixture contained *Undaria pinnatifida*, *Laminaria japonica* and *Sargassum fulvellum* at a ratio 1:1:1.

³Vitamin and ⁴mineral premixes were the same as Cho (2010)³ study.

결과 및 고찰

실험에 이용된 사료의 아미노산 분석 결과 미역과 다시마에서 모든 필수아미노산(Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr 및 Val)의 함량이 실험용 배합사료에 비해 낮게 나타났다(Table 2). 국내 시판사료(Domestic A, Domestic B)에서도 제조한 실험사료와 국외 시판사료(China, Japan)에 비하여 모든 필수아미노산 함량이 낮았다. 실험사료들의 지방산 분석 결과(Table 3), 미역과 다시마에서 n-3 HUFA (highly unsaturated fatty acid) 비율은 각각 25.96%와 21.48%로 나타나서 다른 실험사료들에 비해서 높게 나타났으나, 미역과 다시마에서의 지질 함량(0.1%)이 다른 실험사료들(1.6-4.4%)에 비하여 낮았기 때문에 미역과 다시마에서의 n-3 HUFA 함량은 낮은 것으로 나타났다. 미역과 다시마에서의 eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) 비율이 각각 11.76%와 5.16%로 나타났으나, docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3)는 전혀 측정되지 않았다. 국내 상업

용 시판사료(Domestic A, Domestic B)와 국외 상업용 시판사료(China, Japan)에서는 gamma-linolenic acid (18:3n-6)가 전혀 나타나지 않았다. 미역과 다시마는 단백질, 특히 필수아미노산과 지질 함량이 전복용 사료내 요구량(Uki et al., 1985a; Uki et al., 1986a, 1986b)을 충족시켜주지 못하기 때문에 전복의 성장에 크게 영향을 미칠 것으로 판단된다.

실험사료를 16주간 공급한 전복의 성장 결과는 Table 4와 같다. 전복의 생존율(Survival)은 77.6-100%의 범위이었으며, Con, SM50, SM50+MA50, SM100+MA50, DP, China, Japan, 미역 및 다시마를 공급한 실험구가 국내 상업용 시판사료인 Domestic A와 Domestic B를 공급한 실험구보다 유의적으로 우수하였으며($P<0.05$), SM50과 SM50+MA50 사료를 공급한 실험구에서 가장 우수하였다. 국내 상업용 시판사료를 공급한 실험구에서의 생존율이 다른 실험구에 비해 낮은 것은 국내 상업용 시판사료내 필수아미노산 함량이 낮은 것에서 기인한 것으로 생각된다. 전복의 체중 증가(weight gain/individual)

Table 2. Amino acid profiles (% DM basis) of the experimental diets

	Experimental diets										
	Con	SM50	SM50+MA50	SM100+MA50	DP	Domestic A	Domestic B	China	Japan	Undaria	Sea tangle
Ala	1.69	1.57	1.74	1.61	1.87	1.01	1.31	1.77	1.44	1.33	0.40
Arg	1.71	1.70	2.01	1.81	1.97	1.14	1.24	1.63	1.72	1.01	0.17
Asp	2.62	2.58	3.03	2.82	2.93	1.75	1.94	2.97	2.65	1.91	2.29
Cys	0.38	0.42	0.46	0.45	0.43	0.29	0.35	0.48	0.48	0.19	0.11
Glu	5.02	5.12	5.81	5.67	5.66	4.19	5.25	5.34	6.12	2.19	3.81
Gly	1.41	1.26	1.45	1.21	1.60	1.21	1.12	1.37	1.52	1.07	0.24
His	0.73	0.68	0.79	0.75	0.80	0.48	0.58	0.71	0.71	0.39	0.06
Ile	1.44	1.28	1.47	1.44	1.47	0.80	1.16	1.51	1.24	0.91	0.16
Leu	2.85	2.55	2.89	2.97	3.03	1.42	2.19	2.92	2.21	1.61	0.30
Lys	1.57	1.41	1.03	1.50	1.68	1.05	1.25	1.92	1.75	1.13	0.23
Met	0.59	0.51	0.55	0.45	0.63	0.29	0.43	0.40	0.48	0.39	0.10
Phe	1.59	1.40	1.60	1.57	1.59	1.03	1.38	1.80	1.45	0.94	0.23
Pro	1.73	1.89	2.06	1.89	1.98	1.57	1.81	1.87	2.00	1.04	0.55
Ser	1.34	1.34	1.52	1.44	1.53	0.94	1.17	1.53	1.47	0.92	0.25
Thr	1.17	1.11	1.27	1.15	1.30	0.87	0.93	1.29	1.22	0.96	0.28
Tyr	1.02	0.82	0.93	0.92	1.01	0.51	0.84	1.02	0.99	0.55	0.08
Val	1.56	1.55	1.72	1.61	1.68	1.05	1.32	1.71	1.48	1.20	0.34

Con is the control diet. SM50, SM50+MA50 and SM100+MA50 diets are the diets substituting 50% squid meal, 50% squid meal and 50% macroalgae mixture, and 100% squid meal and 50% macroalgae mixture with the same respective amounts of soybean meal. DP is the diet containing 1% diatom powder in the control diet at the expense of 1% wheat flour.

는 국의 상업용 시판사료(China, Japan), Con과 구조류 첨가 사료인 DP 사료를 공급한 실험구가 다른 사료를 공급한 실험 구보다 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), 다시마를 공급 한 실험구에서 가장 낮게 나타났다. 이와 유사하게 Viana et al. (1993)은 casein이나 어분 위주의 배합사료가 macroalgae (*Macrocystis pyrifera*)보다 전복(*H. flugens*)의 성장에 더 우수한 결과를 보인다고 보고 하였으며, Nie et al. (1986)도 배합사 료가 다시마보다 전복(*H. discus hannai*) 성장에 우수한 결과를 보인다고 보고하였다. 또한 자연산 먹이인 미역과 다시마의 경 우 다시마를 공급한 실험구보다 미역을 공급한 실험구에서 전 복의 체중 증가가 우수한 것을 고려할 때 전복의 먹이로서 다시 마보다는 미역이 더 우수한 것으로 생각된다. 본 결과와 유사하 게 전복용 배합사료내 생미역 첨가시 생다시마 첨가보다 비유 의적이기는 하지만 전복(*H. discus hannai*)의 성장 개선효과를 보였다(Lee et al., 1998b).

전복의 각장(shell length)은 DP, China와 Japan 사료 공급구 가 대조구와 유의적인 차이는 없었으나($P>0.05$), 다른 실험구 보다는 유의적으로 길었다($P<0.05$) (Table 5). 그러나 대조구 와 다른 실험구(SM50, SM50+MA50 및 SM100+MA50, Do mestic A, Domestic B, 미역 및 다시마)간에 유의적인 차이는 없었다. 전복의 각폭(Shell width)은 China 사료 공급구에서 가

장 높았으며 Japan, DP, 대조구 또는 SM50+MA50 사료 공 급구와 유의적인 차이는 없었으나 다른 실험구보다는 유의적으 로 높았다($P<0.05$). 전체중에 대한 가식부의 비(Edible portion/ total weight)는 DP, China와 Japan 사료를 공급한 실험구에서 다른 사료를 공급한 모든 실험구보다 유의적으로 높게 나타났 다($P<0.05$). DP사료를 공급한 실험구에서의 성장이 SM50 또 는 SM50+MA50 또는 SM100+MA50 사료 공급구보다 각각, 각폭 및 가식부의 비율이 높은 것을 미루어 보아 구조류의 사료 내 첨가는 전복의 성장 개선 효과가 기대되며, 본 결과와 유사하 게 사료내 *Spirulina* 2% 첨가시 전복의 성장 개선효과 및 폐각 색채 개선 효과가 뚜렷하게 관찰되었다(Cho et al., 2006). 그러 나 전복용 배합사료내 *Spirulina*를 어분 대체원으로 5%, 10% 또는 15% 첨가시 전복의 성장 개선효과는 전혀 없는 것으로 보 고되었다(Lee et al., 1998b). 또한 성장이 느려진 소형 전복(*H. discus hannai*)에게 부착성 구조류인 *Caloneis schroderi*를 공 급하였을 경우 미역을 공급한 경우보다 성장이 크게 회복되었 다(Han and Hur, 2000).

미역과 다시마를 공급한 실험구는 다른 실험 사료를 공 급한 실험구보다 유의적으로 낮게 나타났으며($P<0.05$). Bautista-Teruel et al. (2001)은 자연산 먹이에 비하여 영양학적으로 균 형이 잘 맞는 전복용 배합사료의 공급은 단백질, 지질 및 고도

Table 3. Fatty acid profiles (% of total fatty acid) of the experimental diets

Fatty acid	Experimental diets										
	Con	SM50	SM50+MA50	SM100+MA50	DP	Domestic A	Domestic B	China	Japan	Undaria	Sea tangle
12:0							0.4				
14:0	3.89	3.80	2.57	3.30	3.40	5.84	4.94	2.22	2.33	1.93	10.02
15:0	0.39	0.38		0.35	0.35		0.35				
16:0	22.26	21.91	21.74	21.69	21.99	18.39	19.22	21.10	19.94	13.08	19.42
17:0	0.37	0.34			0.36		0.28				
18:0	3.29	3.17	3.22	3.21	3.41	2.14	3.35	0.35	2.65	0.88	
20:0							0.33	0.44		0.64	
∑Saturates	30.20	29.60	27.53	28.55	29.51	26.37	28.87	24.11	24.92	16.53	29.44
16:1n-7	3.67	3.72	2.48	3.59	3.31	2.11	3.61	2.17	2.96	0.39	2.32
17:1n-9										1.49	
18:1n-9	17.47	18.15	17.17	17.63	17.63	25.29	22.38	17.90	12.75	5.68	20.94
18:1n-1	1.70	1.77	1.56	1.80	1.68	1.58	2.02	1.62	2.00		
20:1n-9	1.11	0.67	0.86	0.37	1.15		0.55	0.69	1.38		
24:1n-9								0.41			
∑Monoenes	23.95	24.31	22.07	23.39	23.77	28.98	28.56	22.79	19.09	7.56	23.26
18:2n-6	27.33	30.53	37.56	36.24	30.89	30.90	24.90	37.29	32.74	7.07	8.25
18:3n-3	4.41	4.70	4.72	4.97	4.30	3.68	3.01	4.82	3.80	10.02	2.69
18:3n-6	0.51	0.44	0.55	0.51	0.51					1.61	5.65
18:4n-3	1.86	1.73	1.12	1.18	1.47	0.81	0.89	0.61	1.67	21.50	6.20
20:2n-6						0.60	0.40				
20:3n-3	1.93	1.55	1.14	0.73	1.42	2.97	1.91	1.29	1.35	13.01	16.32
20:3n-6										0.49	
20:4n-3										0.70	
20:5n-3	3.25	2.67	2.14	1.70	3.01	2.84	4.47	1.93	4.79	11.76	5.16
22:6n-3	2.93	1.92	2.14	0.84	3.15	1.72	4.41	2.27	4.94		
∑n-3 HUFA	8.11	6.14	5.42	3.27	7.58	8.13	11.19	5.49	11.08	25.96	21.48
Unknown	3.64	2.56	1.02	1.88	2.11	1.14	2.59	1.73	6.70	9.75	3.03

Abbreviation of Con, SM50, SM50+MA50, SM100+MA50, and DP diets are referring to footnotes of Table 2.

불포화지방산, 특히 20:4n-6, 20:5n-3, 22:6n-3의 함량이 해조류에 비하여 높아서 전복의 성장(생산성)이 우수하다고 보고하였다. 또한 전복용 배합사료내 단백질원으로서 동물성 단백질원 또는 식물성 단백질원의 단독 공급보다는 이들 동물성 및 식물성 단백질원의 혼합 공급이 전복의 생산성 향상에 효과적이며(Bautista-Teruel et al., 2003; Cho et al., 2008), 본 연구에서도 동물성 단백질원인 오징어분의 대두박에 의한 100% 대체(SM100+MA50 사료)시 대조구나 오징어분 50% 대체 사료(SM50 또는 SM50+MA50 사료)시보다 전복의 성장이 저하되는 것으로 나타났다. 본 연구에서 이러한 결과는 식물성 단백질원인 대두박에 포함된 필수아미노산인 Met의 낮은 함량(Table 2) 때문에 야기된 결과로 사료된다. 또한 미역을 공급한 실험구

에서의 전장, 각고 및 전중에 대한 가식부의 비율이 다시마를 공급한 실험구보다 미역을 공급한 실험구에서 높게 나타난 점을 미루어 볼 때 전복의 성장을 위해서는 다시마보다는 미역이 우수하다는 전복의 성장 결과를 잘 반영하였다.

전복의 사육실험 종료시 전복 가식부의 일반성분 분석 결과는 Table 6과 같다. 전복 가식부의 수분 함량은 77.0-80.3%의 범위로서 Domestic B 사료 공급구에서 대조구, SM50, SM100+MA50, DP 및 다시마 공급구보다 유의적으로 높은 값을 보였으나($P<0.05$), 다른 실험구와 유의적인 차이는 없었다. 전복 가식부의 조단백질 함량은 17.2-20.6%의 범위로서 China 사료 공급구에서 다른 모든 실험구보다 유의적으로 높은 값을 보였으며($P<0.05$), Japan 사료 공급구에서 가장 낮은 값

Table 4. Survival (%) and weight gain (g/abalone) of juvenile abalone *Haliotis discus hannai* fed the experimental diets for 16 weeks

Experimental diets	Initial weight (g/individual)	Final weight (g/individual)	Survival (%)	Weight gain (g/individual)
Con	0.98±0.004	3.3±0.02	99.0±0.95 ^a	2.3±0.02 ^a
SM50	0.98±0.004	3.2±0.01	100.0±0.00 ^a	2.2±0.02 ^b
SM50+MA50	0.98±0.003	3.1±0.02	100.0±0.00 ^a	2.1±0.02 ^b
SM100+MA50	0.98±0.003	2.8±0.03	99.0±0.48 ^a	1.8±0.03 ^d
DP	0.97±0.001	3.4±0.01	97.6±0.95 ^a	2.4±0.02 ^a
Domestic A	0.98±0.001	3.2±0.11	77.6±2.90 ^c	2.2±0.11 ^b
Domestic B	0.98±0.001	3.0±0.05	86.7±0.48 ^b	2.0±0.05 ^c
China	0.98±0.007	3.5±0.01	97.6±1.26 ^a	2.5±0.01 ^a
Japan	0.98±0.003	3.4±0.07	99.0±0.48 ^a	2.4±0.08 ^a
<i>Undaria</i>	0.98±0.004	3.1±2.96	98.0±1.26 ^a	2.1±0.01 ^{bc}
Sea tangle	0.98±0.000	2.7±0.01	96.2±0.95 ^a	1.7±0.09 ^d

Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P>0.05$). Abbreviation of Con, SM50, SM50+MA50, SM100+MA50, and DP diets are referring to footnotes of Table 2.

Table 5. Shell length (mm), shell width (mm) and the ratio of edible portion to total biomass of juvenile abalone *Haliotis discus hannai* fed experimental diets for 16 weeks

Experimental diets	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Edible portion/total biomass
Con	28.6±0.48 ^{ab}	20.4±0.23 ^{abc}	70.1±0.34 ^b
SM50	27.5±0.32 ^b	18.7±0.47 ^{cd}	66.2±0.32 ^c
SM50+MA50	27.8±0.73 ^b	20.1±0.25 ^{abcd}	66.5±0.10 ^c
SM100+MA50	27.7±0.18 ^b	19.1±0.10 ^{cd}	65.8±0.31 ^{cd}
DP	30.4±0.55 ^a	20.9±0.23 ^{ab}	72.5±0.22 ^a
Domestic A	28.0±0.86 ^b	18.7±0.60 ^{cd}	65.1±0.61 ^{cd}
Domestic B	27.3±1.71 ^b	18.5±1.21 ^d	64.7±1.00 ^d
China	30.8±0.51 ^a	21.2±0.74 ^a	72.9±0.40 ^a
Japan	30.6±0.35 ^a	20.9±0.17 ^{ab}	72.4±0.17 ^a
<i>Undaria</i>	27.6±0.09 ^b	19.4±0.64 ^{bcd}	63.0±0.65 ^e
Sea tangle	27.4±0.59 ^b	19.1±0.02 ^{cd}	59.4±0.09 ^f

Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P>0.05$). Abbreviation of Con, SM50, SM50+MA50, SM100+MA50, and DP diets are referring to footnotes of Table 2.

Table 6. Chemical composition (%) of edible portion of juvenile abalone *Haliotis discus hannai* fed experimental diets for 16 weeks

Experimental diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Con	78.2±0.25 ^{bc}	18.5±0.10 ^{bc}	1.1±0.03 ^b	2.1±0.03 ^{ef}
SM50	75.7±0.79 ^d	18.8±0.12 ^b	1.1±0.06 ^{bc}	3.3±0.12 ^a
SM50+MA50	78.9±0.62 ^{abc}	18.9±0.09 ^b	1.5±0.03 ^a	2.0±0.06 ^{ef}
SM100+MA50	78.2±0.21 ^{bc}	17.9±0.09 ^d	0.8±0.00 ^d	3.0±0.12 ^b
DP	78.2±0.03 ^{bc}	18.9±0.10 ^b	1.5±0.03 ^a	2.5±0.09 ^d
Domestic A	80.0±0.27 ^{ab}	17.8±0.07 ^d	1.1±0.03 ^b	2.8±0.07 ^c
Domestic B	80.3±0.38 ^a	18.0±0.07 ^d	1.0±0.03 ^c	2.4±0.06 ^d
China	78.7±0.20 ^{abc}	20.6±0.20 ^a	1.1±0.00 ^{bc}	2.0±0.09 ^{ef}
Japan	79.0±1.09 ^{abc}	17.2±0.12 ^e	1.5±0.00 ^a	2.2±0.07 ^e
<i>Undaria</i>	79.4±1.09 ^{ab}	18.6±0.21 ^{bc}	1.5±0.03 ^a	2.0±0.00 ^{ef}
Sea tangle	77.0±0.74 ^{cd}	18.3±0.23 ^{cd}	1.1±0.10 ^{bc}	1.9±0.06 ^f

Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P>0.05$). Abbreviation of Con, SM50, SM50+MA50, SM100+MA50, and DP diets are referring to footnotes of Table 2.

을 보였다. 전복 가식부의 조지질 함량은 0.8-1.5%의 범위로서 SM50+MA50, DP, Japan 및 미역 공급구에서 다른 모든 실험구보다 유의적으로 높은 값을 보였으며($P<0.05$), SM100+MA50 사료 공급구에서 가장 낮았다. 전복 가식부의 회분 함량은 1.9-3.3%의 범위로서 SM50 사료를 공급한 실험구에서 다른 모든 실험구보다 유의적으로 높은 값을 보였으며($P<0.05$), 다시마를 공급한 실험구에서 가장 낮은 값을 보였다. 전복 가식부의 일반 성분 결과는 실험구간에 차이를 보였지만 공급된 사료들의 영양학적 차이를 잘 반영하지는 못하였으며, 실험구간에 뚜렷한 경향을 찾을 수는 없었다. 그러나 본 연구의 결과와는 달리 전복 가식부의 일반성분은 사료의 영양소 함량에 따라 크게 영향을 받는 것으로 보고되었다(Mai et al., 1995a, 1995b; Bautista-Teruel and Millamena, 1999; Thongrod et al., 2003; Cho et al., 2008; Garacia-Esquivel and Felbeck, 2009; Cho, 2010).

이상의 결과를 고려할 때 전복용 배합사료내 단백질원으로 공급된 오징어분과 해조류 대체원으로서 대두박의 단독 대체 가능성은 제한적이었지만 전복용 배합사료내 1%의 규조류 첨가는 전복 치패의 성장 개선 효과를 이루었으며, 일부 사료(SM50+MA50, SM100+MA50, Domestic B)를 제외한 대부분의 배합사료는 미역이나 다시마 공급구보다 우수한 성장을 보였다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 연구용역사업(전복치패 중간육성용 배합사료 개발)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis (15th edn). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Bautista-Teruel MN and Millamena OM. 1999. Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: protein/energy levels. *Aquaculture* 178, 117-126. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00121-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00121-0).
- Bautista-Teruel MN, Millamena OM and Fermin AC. 2001. Reproductive performance of hatchery-bred donkey's ear abalone, *Haliotis asinina*, Linne, fed natural and artificial diets. *Aquacult Res* 32, 249-254. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00022.x>.
- Bautista-Teruel MN, Fermin AC and Koshio SS. 2003. Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: animal and plant protein sources. *Aquaculture* 219, 645-653. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00410-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00410-6).
- Cho SH. 2010. Effect of fishmeal substitution with various animal and/or plant protein sources in the diet of the abalone *Haliotis discus hannai* Ino. *Aquacult Res* 41, 587-593. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02561.x>.
- Cho SH, Park J, Kim C, Yoo J and Lee S. 2006. Effect of the various sources of dietary additives on growth, body composition and shell color of abalone *Haliotis discus hannai*. *J Aquaculture* 19, 275-280.
- Cho SH, Park J, Kim C and Yoo J. 2008. Effect of casein substitution with fishmeal, soybean meal and crustacean meal in the diet of the abalone *Haliotis discus hannai* Ino. *Aquacult Nut* 14, 61-66. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00505.x>.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Folch J, Lees M and Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226, 496-509.
- Gracia-Esquivel Z and Felbeck H. 2009. Comparative performance of juvenile red abalone, *Haliotis rufescens*, reared in laboratory with fresh kelp and balanced diets. *Aquacult Nut* 15, 209-217. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00585.x>.
- Han H and Hur SB. 2000. Dietary values of benthic diatoms for growth recovery of the retarded spat of abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *J Aquaculture* 13, 163-168.
- KOSIS 2015. Korean Statistical Information Service. Korea.
- Lee S, Yun SJ and Hur SB. 1998a. Evaluation of dietary protein sources for *Haliotis discus hannai*. *J Aquaculture* 11, 19-29.
- Lee S, Lim Y, Moon YB, Yoo SK and Rho S. 1998b. Effects of supplemental and *Spirulina* in the diets on growth performance in juvenile *Haliotis discus hannai*. *J Aquaculture* 11, 31-38.
- Mai K, Mercer JP and Donlon J. 1995a. Comparative studies on the nutrition of species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. Responses of abalone to various levels of dietary lipid. *Aquaculture* 134, 65-80. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00043-2](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(95)00043-2).
- Mai K, Mercer JP and Donlon J. 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. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01041-6](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(95)01041-6).
- Nie ZQ, Z. Wang Q and Yan JP. 1986. Experiments on preparing of formulated feed and feeding efficiency of young abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Mar Fish Res* 7, 53-64.
- Sales J and Britz PJ. 2001. Evaluation of different markers to determine apparent nutrient digestibility coefficients of feed ingredients for South African abalone *Haliotis midae* L. *Aquaculture* 202, 113-129. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00575-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00575-0).
- Thongrod S, Tamtin M, Chairat C and Boonyaratpalin M. 2003. Lipid to carbohydrate ratio in donkey's ear abalone (*Haliotis asinina*, Linne) diets. *Aquaculture* 225, 165-174. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00287-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00287-4).

- Uki N, Kemuyama A and Watanabe T. 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. Bull Jpn Soc Sci Fish 51, 1825-1833. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.51.1825>
- Uki N, Kemuyama A and Watanabe T. 1985b. Nutritional evaluation of several sources in diets for abalone *Haliotis discus hannai*. Bull Jpn Soc Sci Fish 51, 1835-1839. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.51.1835>
- Uki N, Kemuyama A and Watanabe T. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. Bull Jpn Soc Sci Fish 51, 1825-1833. <http://dx.doi.org/suisan.51.1005>
- Uki N, Sugiura M and Watanabe T. 1986b. Requirement of essential fatty acids in the abalone *Haliotis discus hannai*. Bull Jpn Soc Sci Fish 51, 1835-1839. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan>.
- Viana MT, Lopez LM and Salas A. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens* evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture 117, 149-156. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90131-H](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(93)90131-H)