

참전복 치패용 배합사료의 단백질원으로서 밀배아박 첨가효과

이상민 · 이종관* · 이종하* · 임영수*

강릉대학교 해양생명공학부

*국립수산진흥원

Utilization of Wheat Germ Meal As a Protein Source of Formulated Diet for Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min Lee, Jong Kwan Lee*, Jong Ha Lee* and Yong-Su Lim*

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

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

A growth trial was conducted to investigate the utilization of wheat germ meal as a protein source of formulated diet for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Four replicate groups of the abalone average weighing 150 mg were fed one of four isonitrogenous (33%) and isolipidic (6%) diets containing 0%, 10%, 20% or 30% wheat germ meal for 18 weeks. In addition, these formulated diets were compared with commercial diet. Survival rate, weight gain, soft body weight, and shell growth of abalone fed diets containing 10%, 20% or 30% wheat germ meal were not different ($P>0.05$) from those of abalone fed the control diet and commercial diet. There were no significant differences ($P>0.05$) in soft body composition of moisture, protein and lipid. It is concluded that wheat germ meal can be used as a partial protein source of formulated diet for juvenile abalone.

Key words : Abalone (*Haliotis discus hannai*), Formulated diet, Wheat germ meal.

서론

참전복은 저수온과 고밀도에서 사육이 가능할 뿐 아니라 종묘 생산 기술이 확립되어 있어 (Kikuchi and Uki, 1974a,b; Uki and Kikuchi, 1982 a,b; Jee et al., 1988; Kim et al., 1998a; Lee et al., 1999a), 앞으로 우리 나라의 양식 대상종으로 개발 가치가 높을 것으로 기대된다. 현재 전복 양식 생산량은 계속 증가되고 있는 추세이나 전복을 양식하는 양어가들은 양성용 먹이로 미역이나 다시마와 같은 자연산 해조류를 주로 사용하고 있다. 하지만 이들 해조류는 배합사료보다 사료효율이 낮을 뿐 아니라 (Viana et al., 1993; Lee

et al., 1997; Kim et al., 1998b; Lee et al., 1998a, b,c; Lee et al., 1999a) 해조류의 공급이 부족할 때나 공급받기 어려운 곳에서는 외국에서 값비싼 배합사료를 수입하여 이용하기 때문에 전복용으로 우리 나라 실정에 적합한 경제적인 배합사료의 개발이 시급한 실정이다.

지금까지 참전복용 배합사료에 관해 기초적인 연구가 수행 (Nie et al., 1986; Uki et al., 1985a, b, 1986a,b; Mie et al., 1995a,b)되어 왔지만, 그러한 결과만으로 경제적인 배합사료를 설계하고 제조하기가 어려워 최근에 우리 나라에서 영양요구 및 경제적인 사료원료에 관한 일련의 연구가 수행 (Jeong et al., 1994; Lee et al., 1998a,b,c;

Lee and Park, 1998)되었고, Lee (1998)는 이러한 연구 결과를 토대로 참전복용으로 몇 가지의 경제적인 사료 배합비를 제시하였다. 이어서 Kim et al. (1998a,b)과 Lee et al. (1999a)은 그 배합비로 다른 종류의 전복과 사육환경에서 배합사료의 우수성과 효율적인 양식 방법을 검증한 바 있다. 그러나 양식 대상종에 실용적인 배합사료 조성비가 연구되었다 하더라도 그 조성비를 계속 개선하여 성장효과를 더 높이는 한편, 값싼 사료 원료의 이용성에 관한 연구가 계속 이어져야 할 것이다. 그래서 본 실험에서는 참전복 사료의 값싼 사료 단백질원으로서 밀배아박의 이용성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험사료

참전복 실험 배합사료로 Lee et al. (1997)과 Lee (1998)가 사용한 표준 실험사료를 모방하여 제조된 대조사료의 어분과 대두박 등의 단백질원료 첨가비를 줄이면서 탈지 밀배아박 (단백질: 29.1%, 지질: 0.7%, 회분: 4.5%)을 각각 0%, 10%, 20% 및 30%씩을 첨가하였다 (Table 1). 실험사료 성형은 배합비대로 각 원료를 잘 혼합한 후, 두께 0.15 cm, 1 cm 사각이 되도록 절단하였으며, 진공 건조시킨 후 냉동고에 보관 (-25°C)하면서 사료 공급시마다 사용하였다. 또한 외국에서 수입된 상품사료를 구입하여 실험사료와 비교하였다.

실험전복 및 사육관리

실험전복은 평균체중 150 mg의 참전복 치패를 선별하여 각 실험수조 (20 l)에 100마리씩 완전입의 배치하여 각 사료마다 4반복으로 18주간 사육 실험하였다. 사료는 2일 간격으로 각 실험수조마다 3 g 씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 공급 전에 수거하였다. 사육기간 중의 수온은 보일러로 가온하여 14~16°C (평균, 15°C)가 되도록 조정하였으며, 각 수조마다 주수량은 3 l/min로 조절하였다. 분석용 전복은 실험 시

각시 300마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험 치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관 (-75°C)하다가 각 무게, 각장, 각폭 등을 측정된 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 가식부의 일반성분은 AOAC 방법 (1990)에 따라 분석하였으며, 지방산은 Lee (1997)가 사용한 방법으로, 아미노산은 Lee et al. (1999b)이 사용한 방법으로 분석하였다. 실험 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1997) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 95%의 신뢰구간에서 검정하였다.

결과 및 고찰

배합사료의 어분과 대두박 등의 단백질원 대신 밀배아박을 각각 0% (대조구), 10%, 20% 및 30%씩 첨가한 실험사료로 평균체중 150 mg의 참전복 치패를 사료마다 4반복으로 18주간 사육 실험한 후의 성장효과 및 가식부의 일반성분을 Table 2와 3에 표시하였다. 생존율은 90-96% 범위로 사료 종류에 따른 유의한 차이는 없었으며, 상품사료와도 차이가 없었다 ($P>0.05$). 최종평균 체중은 600-690 mg, 증체율은 303-371%, 가식부 평균중량은 288-345 mg으로 대조구, 밀배아박 첨가구 및 상품사료 사이에 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 최종 평균 각장 및 각폭도 각각 15.9~17.1 mm 및 11.25-12.80 mm로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 가식부의 일반 성분도 모든 실험구간에 유의한 차이는 없었다 ($P>0.05$).

배합사료에 첨가되는 원료 중에 단백질원은 성장에 주된 역할을 담당할 뿐 아니라 사료 단가에 결정적인 요인이기 때문에 각 원료별로 그 이용성을 구명하는 것은 매우 중요하다. Uki et al. (1985b)은 casein이 참전복 사료의 최고 단백질원이라고 보고하였으며, Viana et al. (1993)은 전

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Dietary wheat germ meal level (%)				Commercial diet
	0	10	20	30	
Casein	5	5	5	5	- Closed -
White fish meal	20	18	16	14	
Soybean meal	20	17	14	11	
<i>Undaria</i> powder	5	5	5	5	
Wheat flour	19	14	9	4	
<i>Spirulina</i>	1	1	1	1	
Wheat germ meal (solvent extracted) ¹		10	20	30	
α -potato starch	12	12	12	12	
Brewer's yeast	2	2	2	2	
Squid liver oil	3	3	3	3	
Vitamin premix ²	2	2	2	2	
Mineral premix ²	4	4	4	4	
Sodium alginate	7	7	7	7	
Proximate analysis in dry matter					
Crude protein	34.8	33.8	32.9	32.0	36.0
Crude lipid	5.2	5.8	6.3	6.8	5.2
Crude ash	10.3	10.1	9.7	9.5	10.8
Crude fiber	2.0	4.8	7.7	10.5	
n-3HUFA ³	1.1	1.0	1.0	0.9	
Composition (% in protein) of essential amino acids					
Arg	6.6	6.7	6.8	6.9	
His	2.0	2.1	2.1	2.2	
Ile	3.8	3.9	3.9	4.0	
Leu	8.0	7.8	7.7	7.5	
Lys	4.5	4.8	5.0	5.3	
Met + Cys	3.5	3.5	3.6	3.6	
Phe + Tyr	8.7	8.6	8.4	8.2	
Thr	4.5	4.4	4.3	4.2	
Val	4.4	4.5	4.6	4.8	

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

²Same as Lee (1998).

³Highly unsaturated fatty acids (C \geq 20).

Table 2. Growth performance of abalone fed different diets for 18 weeks¹

Dietary wheat germ meal level (%)	Initial av. wt.(g)	Final av. wt.(g)	Survival rate (%)	Weight gain (%) ²	Soft body wt.(g)	Shell length (mm)	Shell width (mm)
0	0.15 ± 0.009 ^{ns}	0.69 ± 0.014 ^{ns}	91 ± 2.4 ^{ns}	357 ± 22.8 ^{ns}	0.325 ± 0.0409 ^{ns}	16.5 ± 0.06 ^{ns}	11.67 ± 0.131 ^{ns}
10	0.15 ± 0.004	0.60 ± 0.008	92 ± 2.5	303 ± 14.7	0.288 ± 0.0340	15.9 ± 0.19	11.25 ± 0.155
20	0.14 ± 0.008	0.67 ± 0.048	90 ± 0.9	371 ± 18.8	0.318 ± 0.0514	16.6 ± 0.33	11.72 ± 0.275
30	0.15 ± 0.008	0.69 ± 0.032	96 ± 1.3	349 ± 3.8	0.345 ± 0.0578	16.8 ± 0.20	11.85 ± 0.095
Commercial	0.15 ± 0.013	0.67 ± 0.039	92 ± 3.5	342 ± 26.5	0.310 ± 0.0376	17.1 ± 0.34	12.80 ± 0.831

¹Values are mean ± s.e. of four replications.

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

^{ns}Not significant (P > 0.05).

Table 3. Chemical composition (%) of the soft whole body¹

Dietary wheat germ meal level (%)	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
0	79.32 ± 0.218 ^{ns}	13.27 ± 0.119 ^{ns}	0.98 ± 0.055 ^{ns}	2.78 ± 0.032 ^{ns}
10	79.79 ± 0.182	13.02 ± 0.228	1.01 ± 0.030	2.72 ± 0.048
20	79.14 ± 0.234	13.32 ± 0.172	0.91 ± 0.043	2.76 ± 0.075
30	79.21 ± 0.137	13.10 ± 0.107	0.93 ± 0.031	2.72 ± 0.056
Commercial	78.95 ± 0.142	13.31 ± 0.080	0.85 ± 0.036	2.73 ± 0.065

¹Values are mean ± s.e. of four replications.

^{ns}Not significant (P>0.05).

복 (*H. fulgens*) 사료의 단백질원으로 어분도 casein과 동등한 효능을 가진다고 하였다. 하지만, 이러한 casein이나 북양어분은 그 단가가 비싸기 때문에 이를 대신할 수 있는 대체 단백질원의 개발이 필요하다. 배합사료의 원료 선정은 그 원료의 공급 상태, 품질 및 단가 등에 따라 달라지는데, 대체로 동물성 원료보다 식물성 원료가 가격이 싸고 공급이 안정적이기 때문에 가능하면 식물성 원료를 이용하는 것이 사료 단가를 낮추고 안정적인 사료 공급에 장점을 가지고 있다. 식물성 원료로는 대두박, 콘글루텐 밀, 채종박, 면실박, 캐놀라밀, 야자박, 아마박, 연지박, 호마박, 해바라기박, 식물잎농축단백질, 배아박 등이 있다. 전복은 육식성 어류와는 달리 어분과 같은 동물성 원료와 대두박, 면실박 및 소맥분과 같은 식물성 원료를 잘 이용하는 것으로 보고되어 있어 (Lee et al., 1998a), 사료의 단가를 더 낮출 수 있을 것으로 보인다. 또한, 본 실험에서 사용된 밀배아박은 밀 가공 중에 나오는 부산물로서 밀 기울 등의 일부가 혼입된 것으로 단백질 외에도 riboflavin, vitamin E, Mn 등이 풍부하며, choline, folic acid, niacin 및 vitamin B 군이 다른 식물성 원료보다 대체로 높고, 가격이 싼 장점을 가지고 있다 (한국영양사료학회, 1991). 본 실험의 결과에서도 밀배아박의 첨가에 따른 참전복의 성장이 차이가 없었고, 외국에서 수입된 상품 사료와도 차이를 보이지 않은 것으로 나타나, 밀배아박은 참전복 배합사료의 단백질원으로서 손색이 없을 것으로 전망된다.

요 약

참전복 배합사료의 단백질원으로서 밀배아박의 첨가효과를 조사하기 위해 어분과 대두박 등의 단백질원 대신 밀배아박을 30%까지 첨가한 실험사료로 평균체중 150 mg의 참전복 치패를 사료마다 4반복으로 18주간 사육 실험한 결과, 밀배아박의 첨가에 따른 성장 차이가 없었고, 외국에서 수입된 상품사료와도 차이를 보이지 않은 것으로 나타나, 밀배아박은 참전복 배합사료의 단백질원으로 사용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 강원도 중소기업청에서 지원한 강릉대학교 산학연 컨소시엄 사업비에 의해 수행된 결과의 일부이며, 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.
- 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.
- Jeong, S. C., Y. J. Jee and P. W. Son, 1994. Indoor tank culture of the abalone *Haliotis*

- discus hannai* II. Effects of diets on growth of young abalone. J. Aquacult., 7 : 77-87.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974a. Technical study on artificial spawning of abalone, genus *Haliotis* I. Relation between water temperature and advancing sexual maturity of *Haliotis discus hannai* Ino. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 33 : 69-78.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974b. Technical study on artificial spawning of abalone, genus *Haliotis* V. Relation between water temperature and advancing sexual maturity of *Haliotis discus* Reeve. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 34 : 77-85.
- Kim, B. H., S. M. Lee, C. S. Go, J. W. Kim and J. I. Myeong, 1998a. Optimum stocking density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed formulated diet or macroalgae (*Undaria*). J. Korean Fish. Soc., 31 : 869-874.
- Kim, J. W., S. M. Lee, S. J. Han, B. H. Kim and S. R. Park, 1998b. Effects of experimental diet, commercial diets and algae (*Undaria*) on growth and body composition among juvenile abalones (*Haliotis discus*, *Haliotis sieboldii* and *Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11 : 505-512.
- 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., G. A. Lee, I. G. Jeon and S. K. Yoo, 1997. Effects of experimental formulated diets, commercial diet and natural diet on growth and body composition of abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 10 : 417-424.
- Lee, S. M., S. Y. Yun and S. B. Hur, 1998a. Evaluation of dietary protein sources for abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11 : 19-29.
- Lee, S. M., S. J. Yun, K. S. Min and S. K. Yoo, 1998b. Evaluation of dietary carbohydrate sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquaculture, 11 : 133-140.
- 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., 1998. Evaluation of economical feed formulations for abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11 : 159-166.
- Lee, S. M., C. S. Park and T. S. Go, 1999a. 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.
- Lee, S. M., D. J. Kim, J. K. Kim, J. K. Lee, J. H. Lee and S. U. Park, 1999b. Utilization of supplemental *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae* or brewer's yeast in the formulated diets for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 12, Submitted.
- 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.
- 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.
- SPSS Inc., 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Uki, N. and S. Kikuchi, 1982a. Influence of food levels on maturation and spawning of the abalone, *Haliotis discus hannai* related to effective accumulative temperature. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 45 : 45-53.
- Uki, N. and S. Kikuchi, 1982b. Technical study on artificial spawning of abalone, genus *Haliotis* VIII. Characteristics of spawning behavior of *H. discus hannai* induced by

- ultraviolet irradiation stimulus. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 44 : 83-90.
- 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., M. Sugiura and T. Watanabe, 1986b. 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.
- 한국영양사료학회. 1991. 사료와 영양. 1556pp.