

참전복 배합사료의 첨가제로서 *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*, 빵효모 및 맥주효모의 이용성

이상민 · 김동주 · 김중균* · 이종관** · 이종하** · 박상언**

강릉대학교 해양생명공학부
*부경대학교 식품생명공학부
**국립수산진흥원

Utilization of Supplemental *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae* or Brewer's Yeast in the Formulated Diets for Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min Lee, Dong-Ju Kim, Joong Kyun Kim*, Jong Kwan Lee**,
Jong Ha Lee** and Sang Un Park**

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea
*Division of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
**National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea

A 10-week feeding trial was conducted to investigate the effects of several yeasts with or without chemical treatment (protoplasted) in formulated diets on growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Three replicate groups of the abalone average weighing 210 mg were fed one of eight isonitrogenous (30%) and isolipidic (4.4%) diets containing 3% *Kluyveromyces fragilis*, protoplasted *K. fragilis*, *Candida utilis*, protoplasted *C. utilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, protoplasted *S. cerevisiae* or brewer's yeast. In addition, these formulated diets were compared with commercial diet.

Survival rate and proximate analysis of soft whole body of abalone were not significantly affected by the different dietary yeasts and commercial diet ($P>0.05$). Body weight gain and soft body weight of abalone fed the diet containing protoplasted *K. fragilis* were higher than those of abalone fed the control diet and diets containing *S. cerevisiae* or brewer's yeast ($P<0.05$). Shell length of abalone fed the diet containing protoplasted *K. fragilis* were higher than those of abalone fed the control, brewer's yeast and commercial diet ($P<0.05$). The results suggest that protoplasted *K. fragilis* as an additive in this formulated diet can improve weight gain of abalone.

Key words : Abalone (*Haliotis discus hannai*), *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, Brewer's yeast, Protoplast

서 론

고급 수산 식품으로 각광을 받고 있는 전복은 그 동안 많은 연구자들의 노력에 힘입어 현재는 전복 종묘생산 기술이 확립되어 있고 (Kikuchi and Uki, 1974a,b; Kim and Cho, 1976; Uki and Kikuchi, 1982a,b), 최근에는 육상수

조에서 고밀도로 양성하는 곳이 계속 증가되는 등 양식 방법이 다양해지고 있다 (Kim et al., 1998a; Lee et al., 1999a). 이와 함께 양식 생산 단가에 높은 비중을 차지하고 있는 사료비를 절감시키기 위하여 영양소 요구량 설정 및 값싼 전복 배합사료 개발을 위한 연구 (Uki et al., 1985, 1986a,b; Lee et al., 1998a,b; Lee and Park, 1998;

Lee, 1998; Kim et al., 1998b)가 계속되고 있다. 대상 생물의 성장을 증진시키거나 가식부의 품질을 개선시키는 미지의 인자를 구명하는 것은 어렵지만, 먹이 식성 등을 고려하여 사료섭취 유인 효과가 있는 물질이나 성장 또는 품질을 개선시키는 효과가 있을 것으로 생각되는 원료를 사료에 첨가하여 사료효율을 개선하려는 연구가 필요하다. 전복은 어류와 달리 야행성으로 주로 밤에 먹이를 조금씩 잡아먹는 습성을 가지므로 먹이 섭취를 유인하거나 성장을 개선시킬 수 있는 원료를 탐색하는 것은 사료개발에 중요한 자료가 될 것으로 판단된다. 그래서 Lee et al. (1998c, 1999b)은 전복 배합사료의 첨가제로서 해조류, 한약제 등의 효능을 비교하여 사용 가능성을 제시한 바 있다. 양식사료의 첨가제로서 맥주효모가 전통적으로 가장 많이 사용되고 있다. Lee et al. (1999c)은 기존의 맥주효모를 대체할 수 있는 효모로서 *Kluyveromyces fragilis*와 *Candida utilis*의 영양가를 성장단계별로 조사한 바 있다. 이어서 본 연구에서는 우리나라의 주 양식 대상종인 참전복 배합사료의 첨가제로서 몇 가지 효모 (*K. fragilis*, *C. utilis*, 빵효모, 맥주효모)를 선정하여 그 효능을 비교하였다.

재료 및 방법

효모균주

실험에 사용된 효모균주는 *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*와 빵효모 (*Saccharomyces cerevisiae*)로서 YEPD agar slant에 보관·유지하였고, 이 agar 배지의 조성은 2% dextrose, 0.5% yeast extract, 2% peptone 및 2% agar이었다. 효모는 먼저 agar plate의 colony로부터 접종하여 10 ml tube에서 배양한 후, 배양된 효모는 500 ml flask로 옮겨 37°C, 180 rpm에서 12시간동안 배양되었는데, *K. fragilis*는 2.5% fructose, 1% peptone, 0.5% yeast extract를, *C. utilis*는 2% dextrose, 2.8 mM K₂HPO₄, 12.8 mM KH₂PO₄, 75 mM NH₄Cl, 11.5 mM Na₂SO₄, 125 mM MgCl₂, 1.0 mM citric acid, 4 µg/l biotin을, *S. cerevisiae*는 2% dextrose, 0.5% yeast extract, 2% peptone의 배지조성을 사용하였다. 회분식 발효는 flask상에서 late-log phase까지 배양된 효모를 1 L-fermenter로 옮겨 600 ml working volume으로 5% inoculum (30 ml)을 사용하여 실시되었다. 이때 pH, foam, 그리고 DO는 Labo Controller에 의해 조절했는데, pH는 3 N-HCl 및 3 N-NaOH를 사용하여 적정 pH인 5를 유지하고, 발효반응에 의해 생성된 foam은

10% antifoam DB-110A로 조절하였다. 배양하는 동안 aeration과 agitation은 1.5 L min⁻¹과 650 rpm을 계속적으로 유지하였다.

각 효모 균주들을 log phase까지 배양한 후, 5,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 회수하여 실험사료에 첨가할 때까지 -80°C에 보관하였다. 또한, 같은 방법으로 배양된 균주들의 세포벽을 ethylenediaminetetraacetic acid와 2-mercaptoethanol로 화학처리하여 실험사료에 첨가할 때까지 -80°C에 보관하였다. 세포벽의 화학처리 방법은 30 초씩 세 번의 sonication을 통해 효모균의 세포벽 제거를 위한 전처리를 실시하고, 5,000 rpm에서 원심분리하여 젖은 상태의 효모 무게를 재어두고 0.2M의 tris-buffer (pH 8)에 1 M의 Na₂-EDTA를 완전히 녹여 만든 용액에 미리 무게를 재어둔 효모균에 처리하였다. 이때 전체 용액중 젖은 상태의 효모균의 무게가 200 g wet yeasts/ml이 되도록 처리하였다. Vortex를 하여 화학처리제와 효모가 잘 섞이도록 한 후 바로 0.3 M의 2-mercaptoethanol을 섞고 다시 vortex한 다음, 화학처리된 효모를 30°C 배양기에 넣어 1시간 배양한 후, 5,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 형성된 protoplasted yeast만을 회수하였다.

실험사료

K. fragilis, protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis*, protoplasted *C. utilis*, 빵효모 및 맥주효모의 일반성분, 아미노산, 지방산 및 핵산관련물질을 분석하여 Table 1~3에 표시하였다. 대조사료의 단백질원으로 어분, 탈지 대두박 및 소맥분을 각각 15%, 25% 및 20% 첨가하여 단백질 함량이 28.5% 전후가 되도록 설계하였으며, 효모의 첨가효과를 조사하기 위해 *K. fragilis*, protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis*, protoplasted *C. utilis*, 빵효모, protoplasted 빵효모 및 맥주효모를 각각 3%씩 대조사료의 대두박 대신 첨가한 사료를 설계하여 모두 8종류의 실험사료를 제조하였다 (Table 4). 지질원으로 오징어 간유를, 점착제로 CMC와 알긴산나트륨을 각각 5% 및 20% 첨가하여 사료의 영양소가 전복의 요구 (Lee, 1999)에 맞도록 하였다. 사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g를 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 배합사료의 형태는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 저온 건조 후 냉동고에 보관 (-25°C)하면서 사료 공급시마다 사용하였다. 또한, 실험배합사료와 외국

Table 1. Proximate and amino acids composition of different yeasts

	<i>K. fragilis</i>	<i>C. utilis</i>	Brewer's yeast	Bake's yeast
Proximate analysis (% of dry matter)				
Crude protein	52.5	26.0	38.0	43.0
Crude lipid	0.5	0.2	0.4	0.6
Crude fiber	2.7	2.3	0.7	1.1
Amino acids composition (% in protein)				
Ala	7.6	7.6	6.9	6.7
Asp	10.0	8.8	9.6	12.4
Glu	14.1	16.0	17.3	16.0
Gly	7.5	4.3	4.7	4.8
Pro	5.1	3.2	5.6	3.9
Ser	5.5	4.9	5.6	5.4
Arg	5.9	16.1	5.3	5.4
His	2.4	2.2	2.2	2.4
Ile	4.5	4.0	4.7	4.9
Leu	7.2	6.1	7.4	7.5
Lys	9.1	7.3	6.2	8.7
Met	1.1	1.1	1.0	0.7
Cys	1.2	1.3	1.6	1.6
Phe	4.5	3.9	4.9	5.0
Tyr	3.1	3.0	3.6	3.3
Thr	5.2	5.3	5.1	5.5
Val	5.6	4.8	5.6	5.8

Table 2. Fatty acids composition (% area) of different yeasts

Fatty acids	<i>K. fragilis</i>	<i>C. utilis</i>	Brewer's yeast	Bake's yeast
10:0	23.0	7.1	10.8	1.6
12:0	16.9	4.2	1.7	2.7
14:1	0.3	0.3	0.4	-
14:0	1.1	0.6	2.2	2.4
16:1	8.5	3.4	23.0	4.0
16:0	14.1	22.4	35.5	21.5
18:3n-3	-	-	4.0	16.0
18:2n-6	15.5	29.9	8.5	1.4
18:1	12.4	20.8	0.4	12.6
18:0	2.5	4.1	11.6	34.8
20:0	2.4	2.7	-	0.7
22:0	1.4	2.7	0.5	1.0

- : not detected or trace amount (<0.2%).

에서 수입된 상품사료를 비교하였다.

실험전복 및 사육관리

실험전복으로 평균체중 210 mg의 참전복을 선별하여

27개의 각 실험수조 (20 l)에 100마리씩 완전입의 배치하여 각 사료당 3반복으로 10주간 사육 실험하였다. 사료는 2일 1회 각 실험수조마다 3~4 g 씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 공급 전에 수거하였다. 각 실험 수조의 주수량은 3 l/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온은 13.5±1.37°C (평균±표준편차), 비중은 1.025±0.0005 범위였다. 분석용 치패는 실험 시작시 100마리, 실험 종료 시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관 (-75°C)하다가 각 무게, 각장, 가식부를 측정 한 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

성분분석

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 분석하였는데, 조단백질 (N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 24 시간 동안 건조 후 측정하였다. 조회분은 550°C의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 그리고 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator, Sweden)로 각각 분석하였다.

총아미노산은 일정량의 시료를 취하여 약 50배의 6 N HCl로 110°C sand bath상에서 24시간 동안 가수분해한 후, 시료용액을 회전진공증발기로 감압건조한 다음 0.02 N sodium citrate buffer (pH 2.2)로 정용하였다. 이것을 0.45 µm membrane filter로 여과한 다음, -30°C 동결고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 아미노산의 정량은 Biochrome 202 (Pharmacia, USA) 아미노산 자동분석기로 분석하였다.

지방산 조성은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 지질을 추출하여 14% BF₃-methanol (Sigma, USA)로 지방산을 methylation시킨 후, capillary column HP20M (0.25 µm×30m)이 장착된 gas chromatography (HP-5890 II, USA)로 분석하였다. 표준지방산으로 12:0, 13:0, 14:0, 14:1, 16:0, 16:1, 17:0, 17:1, 18:0, 18:1, 18:2n-6, 18:3n-6, 18:3n-3, 18:4n-3, 18:4n-6, 20:0, 20:1, 20:2n-6, 20:3n-6, 20:4n-3, 20:5n-3, 22:0, 22:1, 22:4n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 및 24:1 (Sigma, USA)을 사용하였다. Carrier gas는 helium (30 ml/min)을 사용하였으며, oven 온도는 150°C에서 230°C까지 2°C/min 증가시켰고, injector의 온도는 250°C, detector (FID) 온도는 270°C로 설정하였다.

Table 3. Composition (mg/100g) of nucleotides and their related compounds in the different yeasts

Yeasts	ATP	ADP	AMP	IMP	Inosine	Hypoxanthine
<i>K. fragilis</i>	343	271	361	382	79	12
<i>C. utilis</i>	531	243	468	527	310	-
Brewer's yeast	-	254	959	309	90	126
Bake's yeast	122	475	1222	427	80	103

- : not detected or trace amount (<0.5 mg/100 g).

Table 4. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Diets no								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
White fish meal	15	15	15	15	15	15	15	15	Commercial diet
Soybean meal	25	22	22	22	22	22	22	22	
<i>Undaria</i> powder	5	5	5	5	5	5	5	5	
Wheat flour	20	20	20	20	20	20	20	20	
Carboxymethyl cellulose	5	5	5	5	5	5	5	5	
<i>Kluyveromyces fragilis</i>		3							
Protoplasted <i>K. fragilis</i>			3						
<i>Candida utilis</i>				3					
Protoplasted <i>C. utilis</i>					3				
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>						3			
Protoplasted <i>S. cerevisiae</i>							3		
Brewer's yeast								3	
Squid liver oil	3	3	3	3	3	3	3	3	
Vitamin premix ¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Mineral premix ¹	4	4	4	4	4	4	4	4	
Sodium alginate	20	20	20	20	20	20	20	20	
Choline chloride	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Nutrient content (% , dry basis)									
Crude protein	30.7	30.3	29.2	28.1	31.1	29.7	29.2	29.7	42.8
Crude lipid	4.5	4.4	4.1	4.1	4.6	4.2	4.8	4.8	5.2
Crude ash	14.1	14.0	14.0	14.1	14.1	14.2	14.5	14.5	10.8

¹Same as Lee et al. (1998b).

ATP 및 관련 화합물의 정량은 Iwamoto et al. (1987)의 방법에 따라 ATP 관련 화합물의 시료를 조제하여 -30°C에 보관하였다. 측정시에 0.45 μm membrane filter로 여과 후 HPLC (SYKNM, Germany)에 주입하였다. Column의 이동상은 1% triethylamine (pH 6.5)를 사용하였으며, Nacalai Cosmosil 5C₁₈-AR 역상칼럼 (Japan)으로 측정조건은 시료주입량 20 μl, 유속 1 ml/min, column 온도는 40°C로 하여 254 nm의 파장에서, 표준품은 Sigma사의 제품을 사용하여 분석되었다.

통계처리

결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's

multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1997) program을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

첨가제로 *K. fragilis*, *C. utilis*, 빵효모 및 맥주효모가 각각 3%씩 첨가된 배합사료로 평균체중 210 mg 전후의 참전복 치패를 10주간 사육 실험한 후의 성장효과를 Fig. 1과 2에 표시하였다. 생존율은 82~90%범위로 사료의 효모 종류 및 외벽처리에 따른 유의한 차이는 없었으며, 상품사료와도 차이가 없었다 (P>0.05). 평균증중량은 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 173 mg으로 대조구, 빵효모 및

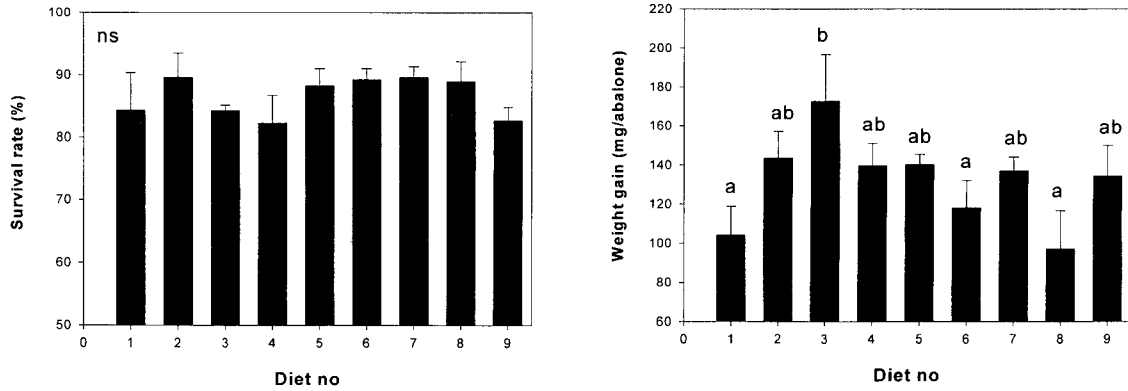


Fig. 1. Survival and weight gain of abalone fed the diets containing different yeasts for 10 week. Values with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

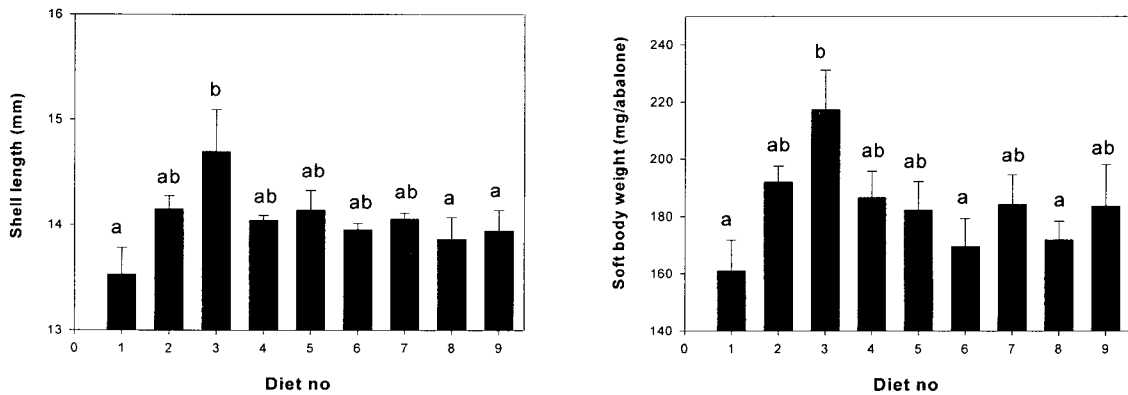


Fig. 2. Shell length and soft body weight of abalone fed the diets containing different yeasts for 10 week. Values with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

맥주효모 처리구의 97~118 mg보다 유의하게 높은 값을 보였으며 ($P<0.05$), 그 외는 실험구간에 차이가 없었다 ($P>0.05$). 최종 평균 각장은 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 14.7 mm로 대조구, 맥주효모 및 상품사료의 13.5~13.9 mm보다 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P<0.05$), 그 외 실험구들은 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 평균 가식부 중량도 증중량의 변화와 비슷하게 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 217 mg으로 가장 높은 값을 보여, 효모 무첨가구인 대조구, 빵효모 및 맥주효모 첨가구들의 161~172 mg보다 유의하게 높은 값을 보였다 ($P<0.05$).

가식부의 일반 성분 변화는 Table 5에 표시하였는데, 수분 함량은 대조구가 76.8%, 상품 사료가 76.7%, 효모 첨가사료들이 75.3~77.7%의 범위로 나타나 모든 실험구간에 유의한 차이는 없었다 ($P>0.05$). 단백질 함량은 14.3~16.1%, 지질 함량은 1.13~1.57%, 회분함량은 2.8~3.1%로 나타나 실험구간에 유의차는 없었다 ($P>0.05$).

K. fragilis, *C. utilis* 및 빵효모의 세포 외벽을 화학 처리한 실험구들의 성장이 화학처리하지 않는 실험구들과 유의한 차이를 보이지 않아 ($P>0.05$), 세포 외벽의 처리는 큰 의미가 없을 것으로 생각한다. 단지 *K. fragilis* 외벽 처리 첨가구에서 외벽을 처리하지 않는 실험구와 유의차는 없었지만, 효모를 첨가하지 않는 대조구, 빵효모 또는 맥주효모 처리구보다 유의하게 좋은 결과를 보여 *K. fragilis* 효모 균주를 전복사료의 첨가제로 사용할 경우, 외막을 처리하는 것이 성장을 더 개선시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한, *C. utilis*, 빵효모 또는 맥주 효모의 첨가가 전복치패의 성장을 개선시키지 못하는 것으로 보아 이들 효모를 첨가제로 참전복 사료에 첨가할 필요는 없을 것으로 보인다.

본 실험에서 첨가제로 사용된 *C. utilis*와 *K. fragilis* 균주는 먹이생물로서 개발 가능성이 높은 종으로 평가되면서 대량배양 가능성이 제시되었다 (Epifanio, 1979; Law-

Table 5. Chemical composition (%) of the soft whole body fed the different dietary yeasts for 10 weeks

Diets	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial:	73.6	17.0	1.2	2.9
Final:				
1	76.8±1.00 ^{ns}	15.4±0.94 ^{ns}	1.3±0.09 ^{ns}	3.0±0.06 ^{ns}
2	77.0±1.10	16.1±0.93	1.4±0.32	3.1±0.06
3	77.7±0.23	15.6±0.45	1.2±0.23	2.9±0.15
4	77.0±0.95	15.4±0.75	1.3±0.23	2.9±0.12
5	75.3±1.77	16.1±0.91	1.6±0.23	3.0±0.03
6	76.9±0.60	14.3±0.82	1.4±0.20	3.1±0.09
7	76.5±0.94	15.9±0.78	1.3±0.20	3.0±0.09
8	77.1±0.44	15.6±0.58	1.2±0.20	3.0±0.13
9	76.7±0.52	15.5±0.43	1.4±0.18	2.8±0.12

Values are mean±s.e. of three replications.

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

ford et al., 1979; Moon et al., 1996). 또한, Lee et al. (1999c)은 본 실험에서 사용된 효모 균주들의 영양적인 가치를 평가하여 사료 지질원으로는 부적합하며, 필수아미노산과 같은 영양성분, 미지의 성장인자나 유인물질 등을 고려하여 첨가제로서 양식생물의 성장을 개선시킬 것으로 기대하였다. 하지만 이미 언급하였듯이 본 실험에서 protoplasted *K. fragilis* 외에는 성장개선 효과가 없었다. 본 실험에 사용된 대조사료의 조성은 Lee (1998)가 제시한 배합비를 모방하였으며, 성장효과도 수입상품사료와 유의차가 없는 것으로 나타났다. 이처럼 효모의 첨가 효과가 없는 것은 본 실험에서 설계된 대조사료의 조성이 첨가제로 효모의 첨가가 불필요할 만큼의 실용적인 배합비가 될 것으로 기대된다. 이와 함께 본 실험에서는 첨가제로서 사료에 3% 밖에 혼합하지 않았기 때문에 그 첨가효과가 미약했을 가능성도 있을 것이다. Rumsey et al. (1991a)은 맥주효모를 사료에 0, 25, 50 및 75%씩 사료에 첨가하여 무지개송어에게 공급한 결과, 25% 이상 첨가구에서는 성장효과가 현저히 낮아진다고 보고하였다. 이러한 점들을 감안하여 대상 양식종, 첨가범위, 첨가범위에 따른 경제성 등을 고려하여 계속 연구가 수행되어야 할 것이다.

외벽 처리한 균주들에 필수아미노산, 필수지방산 및 핵산관련물질 등의 성분이 개선되는 징후가 없는 것으로 보아, 본 연구에서 *K. fragilis* 외벽처리 첨가구의 성장이 다소 개선되는 것에 대해서는 정확히 그 이유를 알 수는 없지만, 아마도 외벽처리로 인한 소화율이 개선되었기 때문으로 짐작되며, 이에 대해서는 차후 상세한 검정이 뒤따라

야 할 것이다. 일반적으로 효모는 mannoprotein으로 이루어진 바깥층과 glucan이 이루는 안쪽층의 이중 세포벽을 형성하고 있어 (Farkas, 1985), 어류의 경우는 효모의 세포벽을 소화하기 어려운 단점을 가지고 있다. 그래서 세포벽을 여러 가지 방법으로 화학 처리하여 소화율을 높일 수 있을 것으로 기대되며 (Coutteau et al., 1990; Rumsey et al., 1991b), 본 실험에서 화학처리된 균주는 mannoprotein 층과 glucan 층이 모두 파괴된 것이다. 위에서 언급한 내용과 상반되기도 하지만 전복의 식성이 초식성임을 감안한다면, 효모의 소화율에 대한 문제를 다른 각도에서 생화학적으로 접근할 필요가 있다고 생각된다. Coutteau et al. (1990)은 *Artemia* 먹이로서 세포벽이 화학처리된 빵효모는 그 소화율이 개선될 수 있다고 보고하였는데, *Artemia* 가 빵효모 세포벽의 mannoprotein 층을 소화할 수 있는가에 초점을 두었다. 이러한 관점에서 본다면, 초식성인 참전복이 glucanase를 분비한다 하더라도 mannonase가 제한 요인이 될 수 있고, 본 실험의 결과도 이러한 측면에서 상세한 연구가 계속 되어야 할 것이다.

양어용 배합사료 첨가제로 시중에서 가장 많이 사용되는 맥주효모의 첨가효과는 본 실험에서 전혀 없는 것으로 나타났으며, 다른 효모균주와 유의차는 없었지만 수치상으로 다소 낮은 것으로 나타났다. 본 실험에서 사용된 전복은 평균 체중이 210 mg이었고, 사육기간이 10주간이었다. 본 실험의 배합사료 조성과의 차이가 있지만, 북양어분, 대두박, 소맥분을 주 단백질원으로 한 배합사료와 맥주효모를 3% 첨가한 배합사료로 평균 65 mg인 참전복 치패를 20주간 사육실험 한 결과 (미발표 자료), 맥주효모를 첨가

한 실험구의 생존율, 성장효과 및 가식부 성분은 대조구와 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 ($P>0.05$) 본 실험과 유사한 경향을 보였다.

위와 같이 본 실험에 사용된 실험 배합사료는 외국 수입사료와 비교하였을 때 그 효능이 전혀 뒤지지 않았고, 본 실험에서 사용된 사료 조성에는 별도로 효모를 첨가할 필요가 없을 것으로 판단되며, *K. fragilis* 균주를 사용할 경우에는 외벽을 처리하여 첨가하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

요 약

첨가제로 맥주효모와 세포외벽을 화학처리 (protoplasted)한 것과 하지 않은 *K. fragilis*, *C. utilis* 및 빵효모를 각각 3%씩 배합사료에 첨가하여 평균체중 210 mg 전후의 참전복 치패를 10주간 사육 실험한 결과, 생존율은 사료의 효모 종류 및 외벽처리에 따른 유의한 차이는 없었으며, 상품사료와도 차이가 없었다 ($P>0.05$). 평균중량 및 가식부 중량은 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 대조구, 빵효모 및 맥주효모 처리구보다 유의하게 높은 값을 보였으며 ($P<0.05$), 그 외 실험구들은 실험구간에 차이가 없었다 ($P>0.05$). 최종 평균 각장은 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 대조구, 빵효모 및 상품사료보다 유의하게 높은 값을 나타내었으며 ($P<0.05$), 그 외 실험구들은 차이를 보이지 않았다. 가식부의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 실험구간에 유의차는 없었다 ($P> 0.05$).

감사의 글

이 논문은 해양수산부의 수산특정연구개발사업비 지원에 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.
 Coutteau, P., P. Lavens and P. Sorgeloos. 1990. Baker's yeast as a potential substitute for live algae in aquaculture diets: Artemia as a case study. J. World Aquacult. Soc., 21 : 1-9.
 Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.

Epifanio, C. E., 1979. Comparison of yeast and algal diets for bivalve molluscs. Aquaculture, 16 : 187-192.
 Farkas, V., 1985. The fungal cell wall. In: Fungal protoplasts. Applications in biochemistry and genetics, edited by J.F. Peberdy and L. Ferenczy. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. pp.3-29.
 Folch, J., M. Lees and G. H. S. Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, J. Biol. Chem., 226 : 497-509.
 Iwamoto, M., H. Yamanaka, S. Watabe and K. Hashimoto, 1987. Effects of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice *Paralichthys olivaceus* muscle. J. Food Sci., 52 : 1514-1517.
 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, 1974a. 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, Y. and C. Cho, 1976. Technical study on the artificial precocious breeding of abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Bull. Korean Fish. Soc., 9 : 61-68.
 Kim, J. W., S. M. Lee, S. J. Han, B. H. Kim and S. R. Park, 1998a. 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.
 Kim, B. H., S. M. Lee, C. S. Go, J. W. Kim and J. I. Myeong, 1998b. Optimum stocking density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed formulated diet or macroalgae (*Undaria*). J. Korean Fish. Soc., 31 : 869-874.
 Lawford, G. R., A. Kligerman and T. Williams, 1979. Production of high-quality edible protein from *Candida* yeast grown in continuous culture. Biotechnol. Bioeng., 21 : 1163-1174.
 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. Aquacult., 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., Y. S. Lim, J. K. Lee, S. R. Park, J. I. Myeong and Y. J. Park, 1999b. Effects of supplemental squid meal, attractant, herb or lecithin in the formulated diets on growth performance in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Korean Fish. Soc., 32 : 290-294.
- Lee, S. M., J. K. Kim, T. J. Kim, J. G. Min and H. G. Park, 1999c. Nutritive value of *Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis* as feed for aquaculture. J. Korean Fish. Soc., 32, Submitted.
- Lee, S. M., 1999. Development of nutrition and practical feed for abalone (*Haliotis discus hannai*). Proceedings of the Fifth International Symposium on the Efficient Application and Preservation of Marine Biological Resources. pp.33-43.
- Moon, J. H., K. T. Tak and J. K. Kim, 1996. Development of yeast strain for aquaculture; possible yeast strains. Korean J. Life Science, 6 : 135-141.
- SPSS Inc., 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Rumsey, G. L., J. E. Kinsella, K. J. Shetty and S. G. Hughes, 1991a. Effect of high dietary concentrations of brewer's dried yeast on growth performance and liver uricase in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Anim. Feed Sci. Technol., 33 : 177-183.
- Rumsey, G. L., S. G. Hughes, R. R. Smith, J. E. Kinsella and K. J. Shetty, 1991b. Digestibility and energy values of intact, disrupted and extracts from brewer's dried yeast fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Anim. Feed Sci. Technol., 33 : 185-193.
- 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, 1985. 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.