

미립자사료에 효모, *Kluyveromyces fragilis*와 *Candida utilis*의 첨가가 은어 자어의 성장과 체성분에 미치는 영향

이상민 · 김동주 · 김경덕 · 김종균* · 이종하**
강릉대학교 해양생명공학부, *부경대학교 식품생명공학부, **국립수산진흥원 울진수산증묘시험장

Growth and Body Composition of Larval Ayu (*Plecoglossus altivelis*) Fed the Micro-diets Containing *Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis*

Sang-Min LEE, Dong-Ju KIM, Kyoung-Duck KIM, Joong-Kyun KIM* and Jong Ha LEE**
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 7-week growth trial was conducted to investigate the effects of yeasts (*Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis*) with or without cell wall chemical treatment (protoplasted) in formulated diets on growth and body composition of larval ayu (*Plecoglossus altivelis*). Three replicate groups of ayu average weighing 100 mg were fed diets containing each level (5%) of *K. fragilis*, protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis*, protoplasted *C. utilis* or brewer's yeast as an additive. Survival rate of fish fed the diet containing protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis* or protoplasted *C. utilis* was higher than that of fish fed the control diet ($P < 0.05$). Body weight gain of fish fed the diet containing protoplasted *K. fragilis* was higher than that of fish fed the control diet ($P < 0.05$). Crude protein and ash contents of fish were not significantly affected by the different dietary yeasts ($P > 0.05$). On the other hand, crude lipid content of fish fed the diet containing *K. fragilis*, protoplasted *K. fragilis* or brewer's yeast was higher than that of fish fed the control diet ($P < 0.05$). Amino acids composition of fish was not significantly affected by the different dietary yeasts ($P > 0.05$), except aspartic acid. The results suggest that protoplasted *K. fragilis* as an additive in micro-formulated diet can improve weight gain and body quality of larval ayu.

Key words: ayu (*Plecoglossus altivelis*), *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*, brewer's yeast, protoplasted, additive, micro-diet

서 론

은어 (*Plecoglossus altivelis*)는 주로 동해안과 남해안에서 바다와 하천을 회유하는 어종 (국립수산진흥원, 1994)으로서 최근에는 남획이나 수질오염 등으로 인해 어업 생산량이 감소하고 있는 반면에 양식생산량은 증가하고 있는 추세이다 (해양수산부, 1998). 종묘생산 기술이 확립되어 있는 은어는 고급 양식종으로 개발 가치가 매우 높을 것으로 전망된다. 양식 경영에 있어 환경과 먹이는 매우 중요하게 고려되어야 할 요소이다. Jeon et al. (1999)은 염분 농도에 따른 은어의 성장효과를 조사하였고, Kim and Hur (1994)는 은어의 먹이생물에 관한 연구를 수행하였다. 또한, 은어에 적합한 배합사료를 개발하기 위한 기초 자료로 단백질 요구량 (Lee and Kim, 1999), 지질요구 (Kanazawa et al., 1983; Hirano and Suyama, 1983; Kanazawa et al., 1982) 및 비타민 (Takeuchi et al., 1981)에 관한 연구가 수행되어 있다. 이러한 사료영양에 관한 연구 수행과 함께 대상종의 성장이나 품질을 개선하기 위한 사료 첨가제 등에 관한 연구가 필수적이다.

배합사료의 단백질원이나 첨가제로서 효모가 널리 사용되고 있는데, 이러한 효모는 일반적으로 생산단가가 비교적 낮을 뿐 아니라 단백질 및 필수아미노산과 같은 영양성분이 잘 조성되어 있다 (Lawford et al., 1979; Lee et al., 1999a). 또한, 효모는 크기가 매우 작기 때문에 rotifer와 *Artemia*와 같은 동물성 plankton의 먹이로서 그 유용성에 대한 연구가 수행되었고 (Blanco Rubio, 1987; Bowen, 1962; Coutteau et al., 1990; Fukusho, 1980), 패류먹이로

서의 가능성도 보고되었다 (Epifanio, 1979; Urban and Langdon, 1984). 하지만 효모의 세포벽은 mannoprotein과 glucan의 이중 세포벽을 형성하고 있어 (Farkas, 1985), 이들의 분해효소인 mannanase와 glucanase가 없는 동물에게는 효모의 세포벽을 소화하기 어려운 문제가 잠재되어 있다. 이와 같이 효모의 영양성분은 양호하지만 소화율이 낮아지는 것을 해결하기 위해서는 세포벽을 파괴하거나 알게 하는 연구가 수행되어 (Coutteau et al., 1990; Lee et al., 1999a,b; Rumsey et al., 1991a), 소화율을 개선시킬 수 있을 것으로 전망하였다. 그래서 본 연구는 대량 배양이 가능하며 사료 원으로서 이용성이 높고 (Epifanio, 1979; Lawford et al., 1979; Moon et al., 1996), 영양성분이나 먹이유인물질 측면에서 사료 첨가제의 효과가 있을 것으로 기대된 (Lee et al., 1999a) 효모 균주, 즉 *Kluyveromyces fragilis*와 *Candida utilis*를 선정하여 세포벽 화학 처리 여부에 따른 은어 자어 미립자 사료 첨가제로서의 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

효모균주

실험에 사용된 효모, *Kluyveromyces fragilis*와 *Candida utilis*는 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, 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. 희분식 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% anti-foam DB-110A로 조절하였다. 배양하는 동안 aeration과 agitation은 1.5 l/min과 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 30초씩 세 번의 sonication을 통해 효모균의 세포벽 제거를 위한 전처리를 실시하고, 5,000 rpm에서 원심하여 젖은 상태의 효모 무게를 재어 두고 0.2 M의 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 vortex 한 다음, 화학처리된 효모를 30°C 배양기에 넣어 1시간 배양한 후, 5,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 형성된 protoplasted yeast만을 회수하였다. 그리고 맥주효모는 상업적으로 사료 첨가제로서 사용되는 것을 구입하여 사용하였다.

실험사료

실험사료에 사용된 원료, 즉 북양어분 (고려원양, 간접식), 대두박 (탈지, 탈피), *K. fragilis*, protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis*, protoplasted *C. utilis* 및 맥주효모의 아미노산 조성을 분석하여 Table 1에 표시하였다. 대조사료의 단백질원으로 어분과 대두박을 첨가하여 Lee and Kim (1999)의 결과에 따라 단백질 함량이 43% 전후가 되도록 설계하였으며, 효모의 첨가효과를 조사하기 위해 *K. fragilis*, protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis*, protoplasted *C. utilis* 및 맥주효모를 각각 5%씩 대조사료의 대두박 대신 첨가한 사료를 설계하여 모두 6종류의 실험사료를 제조하였다 (Table 2). 지질원으로 은어의 필수지방산 (Kanazawa et al., 1982)인 EPA (eicosapentaenoic acid)가 풍부한 오징어 간유를 첨가하여 EPA 함량이 1.3%가 되도록 하였다. 탄수화물원으로 dextrin과 첨착제로 carboxymethyl cellulose를 각각 사용하였다. 이와 같이 설계된 원료들을 잘 혼합한 후 원료 100 g 당 물 40g을 첨가하여 펠렛 제조기로 실험사료를 성형한 후 실온에서 건조하여 크럼블 형태로 사료를 제조하였다. 실험어의 크기에 따라 실험사료의 입자를 조절하였으며, -30°C에 보관하면서 오전 08:00부터 2시간 30분 간격으로 하루에 5회 (주 7일 공급) 먹이를 손으로 던져주었다.

Table 1. Amino acids composition (% in protein) of dietary ingredients

Amino acids	White fish meal	Soybean meal	<i>Kluyveromyces fragilis</i>		<i>Candida utilis</i>		Brewer's yeast
			Log phase	Protoplasted	Log phase	Protoplasted	
Ala	5.0	6.2	7.6	6.9	7.6	10.1	6.9
Asp	10.9	9.7	10.0	10.1	8.8	8.8	9.6
Glu	15.0	14.4	14.1	13.4	16.0	12.9	17.3
Gly	9.5	7.3	7.5	5.7	4.3	4.0	4.7
Pro	4.1	4.1	5.1	4.7	3.2	3.3	5.6
Ser	5.1	4.8	5.5	5.5	4.9	4.9	5.6
Arg	6.8	4.9	5.9	5.7	16.1	10.9	5.3
His	3.0	3.6	2.4	2.8	2.2	2.1	2.2
Ile	3.9	4.1	4.5	5.1	4.0	4.8	4.7
Leu	7.2	7.5	7.2	8.0	6.1	7.0	7.4
Lys	7.3	8.7	9.1	9.9	7.3	7.7	6.2
Met	3.0	1.2	1.1	1.0	1.1	1.8	1.0
Cys	1.0	0.7	1.2	1.4	1.3	2.2	1.6
Phe	3.8	4.2	4.5	4.8	3.9	4.5	4.9
Tyr	3.3	3.4	3.1	3.1	3.0	3.3	3.6
Thr	4.7	4.6	5.2	5.5	5.3	5.6	5.1
Val	4.7	9.0	5.6	6.3	4.8	6.2	5.6

Table 2. Composition (%) of the diets

Ingredients	Diets no					
	1	2	3	4	5	6
White fish meal ¹	50	50	50	50	50	50
Soybean meal ²	10	5	5	5	5	5
Dextrin	25	25	25	25	25	25
Carboxymethyl cellulose	3	3	3	3	3	3
<i>Kluyveromyces fragilis</i>		5				
Protoplasted <i>K. fragilis</i>			5			
<i>Candida utilis</i>				5		
Protoplasted <i>C. utilis</i>					5	
Brewer's yeast						5
Squid liver oil ³	5	5	5	5	5	5
Vitamin premix ⁴	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Mineral premix ⁵	4	4	4	4	4	4
Choline chloride ⁶	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Nutrient content (% , dry basis)						
Crude protein	42.9	43.1	43.6	42.6	42.7	44.1
Crude lipid	7.8	7.8	8.0	8.4	7.9	8.6
Crude ash	15.5	15.1	15.7	15.5	15.1	15.7
Crude fiber	2.0	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Eicosapentaenoic acid	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

¹Produced by steam dry method.

²Dehulled, solvent extracted.

³Provided by E-wha Oil & Fat Ind. Co., Pusan, Korea.

⁴Vitamin mix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): L-ascorbic acid (Sigma, USA), 121.2; DL- α -tocopheryl acetate (Serva, Germany), 18.8; thiamin hydrochloride (Sigma, USA), 2.7; riboflavin (Sigma, USA), 9.1; pyridoxine hydrochloride (Sigma, USA), 1.8; nicin (Sigma, USA), 36.4; Ca-D-pantothenate (Sigma, USA), 12.7; myo-inositol (Sigma, USA), 181.8; D-biotin (Sigma, USA), 0.27; folic acid (Sigma, USA, 98%), 0.68; p-aminobenzoic acid (Sigma, USA), 18.2; menadione (Sigma, USA), 1.8; retinyl acetate (Fluka, Switzerland), 0.73; cholecalciferol (Sigma, USA), 0.003; cyanocobalamin (Sigma, USA), 0.003.

⁵Mineral mix. contained the following ingredients (g/kg mix): MgSO₄ · 7H₂O, 80.0; NaH₂PO₄ · 2H₂O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; ZnSO₄ · 7H₂O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl₂, 0.2; AlCl₃ · 6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄ · H₂O, 2.0; CoCl₂ · 6H₂O, 1.0.

⁶Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.

실험어 및 사육관리

사육실험에 사용된 실험어는 국립수산물진흥원 올진수산물종묘시험장에서 종묘생산하여 rotifer와 초기미립자사료로 예비사육하던 것으로 평균체중 100 mg 전후를 선별하여 500 l FRP 원형수조에 각각 3반복으로 500마리씩 수용하여 7주간 사육하였다. 여과해수를 각 실험수조마다 분당 10 l로 조정하여 흘려주었으며, 실험 개시시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 각 실험수조에 수용된 실험어 전체 무게를 측정하였다. 사육기간 동안의 수온은 $11.8 \pm 1.06^\circ\text{C}$ (평균 \pm 표준편차)였고, 비중은 1.025 ± 0.0009 였다. 사육기간중에 수조청소는 2일에 1회씩 실시하였으며, 각 수조의 폐사 개체는 매일 조사하였다.

성분분석 및 통계처리

최초 어체의 성분분석용으로 500마리를 무작위로 표본 추출하였으며, 실험 종료시에는 각 실험수조마다 생존해 있는 모든 개체를 sample로 취하여 냉동보관 (-70°C)하다가 성분 분석하였다. 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 분석하였는데, 조단백질 (N \times 6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchli B-324/435/412, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C 의 dry oven에서 24 시간 동안 건조 후 측정하였다. 조회분은 550°C 의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다.

총아미노산은 일정량의 시료를 취하여 6 N HCl로 110°C sand bath상에서 22시간 동안 가수분해한 후, 시료용액을 회전진공증발기로 감압건조한 다음 0.02 N sodium citrate dilution buffer (pH 2.2)로 정용하였다. 이것을 $0.45 \mu\text{m}$ membrane filter로 여과한 다음, -30°C 동결고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 또한, 황 함유 아미노산인 Cys, Met은 performic acid로 산화시켜 cysteic acid와 methionine sulfone으로 분석하였다. 아미노산의 정량은 Sykam amino acid analyzer S433 (Germany)을 이용하여 Nihydriin법으로 다음과 같은 조건으로 분석하였다: column size, 150 mm, 4 mm ID; reagent flow rate, 0.25 ml/min; buffer flow rate, 0.45 ml/min; reactor temperature, 120°C ; analysis time, 64 min. 사료의 지방산조성은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 지질을 추출하여 Lee (1997)가 사용한 방법에 따라 분석하였다.

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

Kluyveromyces fragilis, protoplasted *K. fragilis*, *Candida utilis*, protoplasted *C. utilis* 및 맥주효모가 각각 5%씩 첨가된 배합사료로 평균체중 100 mg 전후의 어어 자어를 7주간 사육 실험한 후의 생존율과 성장률을 Table 3에 표시하였다. 생존율은 87~94% 범위로 사료 종류에 따라 차이를 보였는데, protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis* 및 protoplasted *C. utilis* 첨가구가 93~94%로 효모 무첨가구인 대조구의 87%보다 유의하게 높은 경향이었으며 ($P < 0.05$),

Table 3. Growth performance of fish fed the different dietary yeasts after 7 weeks feeding trial¹

Diets	Survival rate (%)	Weight gain (% of DM) ²	Final av. wt. (g of DM) \times survival rate (%)
1	87.0 ± 1.15^a	78.4 ± 0.67^a	2.6 ± 0.02^a
2	91.3 ± 1.20^{ab}	109.2 ± 5.94^{ab}	3.2 ± 0.13^{ab}
3	93.3 ± 1.76^b	149.2 ± 24.71^b	4.0 ± 0.43^b
4	94.0 ± 0.58^b	138.2 ± 33.41^{ab}	3.8 ± 0.50^b
5	94.0 ± 1.15^b	109.6 ± 3.00^{ab}	3.3 ± 0.08^{ab}
6	91.0 ± 2.08^{ab}	91.9 ± 14.73^{ab}	3.0 ± 0.29^{ab}

¹Values (mean \pm s.e. of three replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

²(Final weight - initial weight) \times 100 / initial weight.

K. fragilis 및 맥주효모 첨가구는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 증체율은 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 149%로 대조구의 78%보다 유의하게 높았고 ($P < 0.05$), 그 외 실험구들과는 유의한 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 최종 생산량 (최종 평균 증량 \times 생존율)은 protoplasted *K. fragilis*와 *C. utilis* 첨가구가 3.8~4.0으로 대조구의 2.6보다 유의하게 높았고 ($P < 0.05$), 그 외 실험구들은 유의차없이 비슷한 경향이었다 ($P > 0.05$).

이와 같이 성장 조사 항목에 따라 통계적인 결과가 다소 차이를 보이기는 하였으나, 대체로 효모 첨가구들의 성장이 대조구보다 좋아지는 경향을 보였다. 그리고 통계적인 차이는 없었지만, 효모 첨가구들 중에서는 *K. fragilis*와 *C. utilis* 첨가구가 맥주효모 첨가구보다 양호한 값을 보여 이들의 첨가효과가 있는 것으로 판단된다. 이미 이들 효모 균주에 대해서는 Lee et al. (1999a)이 그 영양적인 가치를 평가하였고, Lee et al. (1999b)은 참전복 치패용 배합사료의 첨가제로서 그 효능을 검정한 바 있다. 참전복 (Lee et al., 1999b)에서 이들 효모 균주 첨가구가 대조구나 맥주효모보다 성장이 비교적 양호한 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

본 실험에서도 참전복 실험 결과 (Lee et al., 1999b)와 비슷하게 세포벽의 화학처리 유무에 따른 상호간의 차이는 인정되지 못했다 ($P > 0.05$). 이처럼 세포벽의 화학 처리가 처리를 하지 않은 효모 첨가구에 비해 유의하게 생존율이나 성장이 개선되지 못했는데, 이는 세포벽을 파괴하더라도 소화율이 개선되지 못한 것으로 생각되며, 은어가 본 실험에 사용된 효모 균주 세포벽을 소화시킬 수 있는 glucanase와 mannanase를 가지고 있는지에 대한 연구가 차후 계속 수행되어야 할 것이다. 또한, 첨가제로서 사료에 이 효모들이 5%씩 밖에 첨가되어 있지 않기 때문에 소화율에 영향을 미치지 못했을 가능성도 배제할 수 없을 것이다. 그러나 이 두 효모 균주의 첨가사료에서 생존율과 성장률이 개선된 것으로 미루어 보아 이들의 첨가효과는 인정된다. 그리고 protoplasted *K. fragilis* 첨가구의 성장이 대조구보다 유의하게 ($P < 0.05$) 좋은 결과를 보였고, 세포막 처리 여부에 따라서는 통계적으로 차이가 없었지만 ($P > 0.05$), 세포벽을 처리하지 않은 *K. fragilis* 첨가구보다 37% 성장이 더 높았으며, 참전복의 경우 (Lee et al., 1999b)와 유사한 경향이었다. 이러한 개선 효과들은 아마도 효모의 영양 성분, 소화율, 먹이 섭취유인물질 또는 미지의 성장인자 등에 의한 것으로

판단되지만, 이에 대해서는 대상 어종, 크기, 사료 조성, 첨가범위 등 다양한 요인들을 고려하여 상세한 연구가 요망된다. Coutteau et al. (1990)은 *Artemia* 먹이로 세포벽이 화학처리된 빵효모 공급구에서 소화율이 개선될 수 있다고 보고하였으며, Rumsey et al. (1991)도 무지개송어 사료에 세포벽을 처리한 맥주효모 첨가가 소화율과 에너지 value를 높일 수 있다고 하였다. 이러한 결과들을 종합적으로 고려하여 보면, 은어 자어의 사료 첨가제로서는 *C. utilis*보다는 *K. fragilis*를 외벽 처리하여 첨가하는 것이 성장을 더 개선시킬 수 있을 것으로 전망된다.

전어체의 일반 성분 변화는 Table 4에 표시하였는데, 단백질과 회분 함량은 각각 71.6~75.5% 및 10.6~12.2% 범위로 나타나 모든 실험구간에 유의한 차이는 없었다 ($P>0.05$). 반면에, 지질 함량은 7.8~13.9%의 범위로 사료 첨가 효모에 따른 영향을 받았는데, *K. fragilis*와 맥주효모 첨가구들이 대조구의 13.9%보다 낮은 값을 보였다 ($P<0.05$). 이처럼 이 효모균주들의 첨가구에서 어체의 지질 함량이 감소하는 것은 이들 효모에 지질 대사와 관련된 물질을 함유하고 있음을 의미하고 있다.

은어의 독특한 맛과 향 (Suyama et al., 1985)의 품질 개선을 위한 연구의 일환으로 사료에 식물성 plankton 추출물의 첨가효과 (Amano and Noda, 1985; Hirano and Suyama, 1985; Shimma et al., 1980; Nakagawa et al., 1984; Nakagawa, 1985; Nematipour et al., 1987, 1988)가 연구되었는데, 주로 어체의 지질 함량 변화에 역점을 두었다. Nematipour et al. (1987, 1988)은 은어 사료에 *Chlorella* extract를 1~2% 첨가한 실험구에서 어체 지질 함량이 감소한다고 보고하면서 이러한 첨가제의 필요성을 어체 지질 함량 감소에 초점을 두었다. 본 연구에서도 *C. utilis* 첨가는 어체 지질 함량을 감소시키지 못했지만, *K. fragilis* 및 맥주효모 첨가구들에서 어체 지질이 대조구보다 감소하는 경향을 보임으로서, 어체 품질 개선 면에서 이들 효모의 첨가 필요성은 다분히 높다고 판단된다.

전어체의 아미노산 조성을 Table 5에 표시하였고, Asp는 효모 첨가구들이 대조구보다 유의하게 높은 값을 보였으며 ($P<0.05$), 그 외의 아미노산은 사료의 종류에 따라서 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$).

이상의 결과들을 종합하여 보면, 배합사료에 *C. utilis* 및 *K.*

Table 4. Chemical composition (% of dry matter) of fish fed the different dietary yeasts for 7 weeks¹

Diets	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
Initial:	73.4	11.3	10.6
Final:			
1	74.8 ± 0.62 ^{ns}	13.9 ± 0.61 ^d	11.3 ± 0.15 ^{ns}
2	71.6 ± 2.36	9.2 ± 0.87 ^{ab}	12.2 ± 0.82
3	75.5 ± 2.04	7.8 ± 0.58 ^a	11.8 ± 1.36
4	72.3 ± 1.54	13.0 ± 1.92 ^{cd}	10.6 ± 0.69
5	73.3 ± 1.82	11.8 ± 0.79 ^{bcd}	11.8 ± 0.33
6	75.1 ± 1.49	9.9 ± 0.46 ^{abc}	11.2 ± 0.35

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

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

Table 5. Amino acids composition (% in protein) in whole body of fish fed the different dietary yeasts for 7 weeks¹

Amino acids	Initial	Diets no.						SEM ²
		1	2	3	4	5	6	
Ala	5.9	6.0 ^{ns}	6.1	6.0	6.0	6.0	6.1	0.05
Asp	10.6	8.6 ^a	9.6 ^b	9.7 ^b	9.8 ^b	9.7 ^b	9.8 ^b	0.31
Glu	15.1	15.5 ^{ns}	15.3	15.5	15.2	15.4	15.5	0.12
Gly	5.5	5.6 ^{ns}	5.4	5.6	5.4	5.8	5.6	0.09
Pro	5.5	4.5 ^{ns}	4.5	4.4	4.2	4.5	4.5	0.09
Ser	4.7	4.7 ^{ns}	4.6	4.7	4.6	4.6	4.6	0.05
Arg	5.5	5.3 ^{ns}	5.3	5.5	5.6	5.3	5.0	0.54
His	3.8	4.3 ^{ns}	4.3	3.9	3.9	4.5	4.0	0.53
Ile	4.1	4.0 ^{ns}	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	0.03
Leu	7.8	7.9 ^{ns}	7.9	7.7	7.9	7.7	7.9	0.07
Lys	7.8	8.1 ^{ns}	7.7	7.7	7.9	7.7	7.9	0.11
Met	1.9	1.9 ^{ns}	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	0.41
Cys	0.9	0.6 ^{ns}	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.06
Phe	3.8	4.1 ^{ns}	3.9	4.0	4.0	3.8	4.0	0.11
Tyr	3.3	3.0 ^{ns}	3.1	3.1	3.0	2.8	3.1	0.23
Thr	4.6	5.5 ^{ns}	4.6	4.7	5.5	4.6	4.7	0.33
Val	8.0	8.8 ^{ns}	8.8	9.0	8.9	8.8	8.9	0.16

¹Values (mean of three replicate groups) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

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

²Standard error of the mean.

fragilis 첨가가 은어 자어의 성장을 증진시킬 수 있을 것으로 판단되며, *C. utilis*보다는 *K. fragilis*를 외벽 처리하여 첨가하는 것이 성장과 어체의 지질 성분을 더 개선시킬 수 있을 것으로 전망된다.

요 약

은어 자어 배합사료에 효모의 첨가효과를 조사하기 위해 *K. fragilis*, protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis*, protoplasted *C. utilis* 및 맥주효모를 각각 5%씩 첨가한 6종류의 실험사료를 미립자 크럼블 형태로 제조하여 평균체중 100 mg 전후의 자어를 대상으로 사육 실험하였다. 사료별 3반복으로 7주간 사육 실험한 후의 생존율은 protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis* 및 protoplasted *C. utilis* 첨가구가 93~94%로 효모 무첨가구인 대조구의 87%보다 유의하게 높은 경향이었으며 ($P<0.05$), *K. fragilis* 및 맥주효모 첨가구는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 증체율은 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 149%로 대조구의 78%보다 유의하게 높았고 ($P<0.05$), 그 외 실험구들과는 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 전어체의 단백질과 회분 함량은 모든 실험구간에 유의한 차이는 없었고 ($P>0.05$), 지질 함량은 *K. fragilis*와 맥주효모 첨가구들이 대조구보다 낮은 값을 보였다 ($P<0.05$). 전어체의 아미노산 조성 중 Asp는 효모 첨가구들이 대조구보다 유의하게 높은 값을 보였으며 ($P<0.05$), 그 외 아미노산들은 실험구간에 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 이상의 결과로부터 *C. utilis*보다는 *K. fragilis*를 외벽 처리하여 첨가하는 것이 은어 자어의 성장과 어체 지질 성분을 더 개선시킬 수 있을 것으로 전망된다.

감사의 글

이 논문은 해양수산부의 수산특정연구개발사업비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Amano, H. and H. Noda. 1985. Changes of body composition of ayu, *Plecoglossus altivelis*, fed test diets supplemented with marine green algae "hitoegusa", *Monostroma nitidum*. Bull. Fac. Fish. Mie Univ., 12, 147~154.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Blanco Rubio, J.C. 1987. Intensive rearing *Artemia salina* larvae on inert food: yeast of *Torula (Candida utilis)*. Cuad. Maris. Publ. Tec. 12, 565~568.
- Bowen, S.T. 1962. The genetics of *Artemia salina* I. The reproductive cycle. Biological Bulletin, 122, 25~32.
- 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.
- Fukusho, K. 1980. Mass-production of a copepod, *Tigriopus japonicus* in combination culture with a rotifer *Brachionus plicatilis*, fed the omega yeast as a food source. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46, 625~629.
- Hirano, T. and M. Suyama. 1985. Effect of dietary micro-algae on the quality of cultured ayu. J. Tokyo Univ. Fish., 72, 21~41.
- Hirano, T. and M. Suyama. 1983. Fatty acid composition and its seasonal variation of lipids of wild and cultured ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49, 1459~1464.
- Jeon, M.J., K.H. Kang, Y.J. Chang and J.K. Lee. 1999. Effect of salinity on growth and osmoregulation of sweetfish, *Plecoglossus altivelis*. J. Aquacult., 12, 123~135.
- Kanazawa, A., S. Teshima and M. Sakamoto. 1982. Requirements of essential fatty acids for the larval ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48, 587~590.
- Kanazawa, A., S. Teshima, T. Kobayashi, M. Takae, T. Iwashita and R. Uehara. 1983. Necessity of dietary phospholipids for growth of the larval ayu. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 32, 115~120.
- Kim, H.S. and S.H. Hur. 1994. Dietary value of live food for the seedling production of the sweetfish, *Plecoglossus altivelis*. J. Aquacult., 7, 135~150.
- 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. 1997. Effects of dietary lipid source and water temperature on nutrient digestibilities in juvenile and adult Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). Kor. J. Anim. Nutr. Feed., 21, 381~390.
- Lee, S.M. and K.D. Kim. 1999. Optimum dietary protein level of ayu (*Plecoglossus altivelis*). J. Aquacult., 12, 145~153.
- Lee, S.M., J.K. Kim, T.J. Kim, J.G. Min and H.G. Park. 1999a. Nutritive value of *Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis* as feed for aquaculture. J. Korean Fish. Soc., 32, Submitted.
- Lee, S.M., D.J. Kim, J.K. Kim, J.K. Lee, J.H. Lee and S.U. Park. 1999 b. 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, in press.
- 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.
- Nakagawa, H. 1985. Usefulness of *Chlorella*-extract for improvement of the physiological condition of cultured ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces). Tethys, 11, 328~334.
- Nakagawa, H., S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira. 1984. Changes of body composition during starvation in *Chlorella*-extract fed ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50, 665~671.
- Nematipour, G.R., H. Nakagawa, K. Nanba, S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira. 1987. Effect of *Chlorella*-extract supplement to diet on lipid accumulation of ayu. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1687~1692.
- Nematipour, G.R., H. Nakagawa, S. Kasahara and S. Ohya. 1988. Effect of dietary lipid level and *Chlorella*-extract on ayu. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 1395~1400.
- Rumsey, G.L., S.G. Hughes, R.R. Smith, J.E. Kinsella and K.J. Shetty. 1991. 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.
- Shimma, Y., K. Ikeda and T. Maruyama. 1980. Fatty acid composition of the trunk flesh and eggs of ayu, *Plecoglossus altivelis*, fed single cell protein feeds. Bull. Nat'l. Res. Inst. Aquacult. Japan, 1, 61~69.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Suyana, M., T. Hirano and S. Yamazaki. 1985. Odor of ayu and its volatile components. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 287~294.
- Takeuchi, M., S. Ishii and T. Ogiso. 1981. Effect of dietary vitamin E on growth, vitamin E distribution, and mortalities of the fertilized eggs and fry in ayu *Plecoglossus altivelis*. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 104, 111~122.
- Urban, E.R. and C.J. Langdon. 1984. Reduction in costs of diets for the American oyster, *Crassostrea virginica* (gmelin), by the use of non-algal supplements. Aquaculture, 38, 277~291.
- 국립수산진흥원. 1994. 유용어류도감. 299pp.
- 해양수산부. 1998. 해양수산통계연보.

1999년 8월 13일 접수

1999년 12월 14일 수리