

어분함량이 다른 배합사료에 *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis* 및 맥주효모 첨가가 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*) 치어의 성장 및 체성분에 미치는 효과

이상민 · 김동주 · 김중균* · 허성범** · 이종관*** · 임한규***
 강릉대학교 해양생명공학부, 부경대학교 식품생명공학부*, 부경대학교 양식학과**
 국립수산물진흥원 울진수산증묘시험장***

Effects of *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis* and Brewer's Yeast As an Additive in the Diet on the Growth and Body Composition of Juvenile Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Sang-Min LEE, Dong-Ju KIM, Joong Kyun KIM*, Sung Bum HHR**
 Jong Kwan LEE*** and Han Kyu LIM***

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

**Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

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

This study was conducted to investigate the effects of *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis* and brewer's yeast as an additive in formulated diets containing different fish meal levels (55% and 45%) on growth and body composition of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Juvenile rockfish (average weight, 2.6 g) were distributed into 24 tanks with 3 replication groups and fed eight isoproteic (41%) and isolipidic (11%) diets containing each level (3%) of *K. fragilis*, *C. utilis* and brewer's yeast as an additive. Survival rate of fish was not affected by dietary fish meal level and yeast kind ($P > 0.05$). Weight gain of fish fed the control and diets containing *C. utilis* and brewer's yeast was not influenced by fish meal level ($P > 0.05$). Weight gain of fish fed the 55% fish meal diet containing *C. utilis* and 45% fish meal diets containing *K. fragilis* and *C. utilis* was lower than that of fish fed the control diet ($P < 0.05$). Feed efficiency and protein efficiency ratio of fish fed the control and diet containing brewer's yeast were not affected by fish meal level, but these value of fish fed the diets containing *K. fragilis* and *C. utilis* were lower in 45% fish meal diets than in 55% fish meal diets. Hepatosomatic index and liver lipid content of fish fed the diet containing *C. utilis* were decreased regardless of fish meal level ($P < 0.05$). Hemoglobin, hematocrit, red blood cell, plasma total protein and plasma total glucose were not affected by dietary fish meal levels and yeast supplements ($P > 0.05$). From the above results, it can be concluded that yeast supplement in this formulated diet for growth of juvenile rockfish is not necessary.

Key words: Rockfish (*Sebastes schlegeli*), *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*, Brewer's yeast, Weight gain

서 론

조피볼락은 우리 나라 전 연안과 일본 북해도 이남 및 중국에 분포하고 넙치와 함께 우리 나라의 대표적인 양식 대상 어종으로 각광받고 있으며, 그 생산량 또한 증가 추세에 있다. 그리고 조피볼락에 대해서 경제적인 사료 개발을 위한 각종 사료영양에 관한 연구 (Lee et al., 1993, 1994, 1998, 2000a)가 수행되었다. 이와 같은 연구와 함께 조피볼락에 적합한 사료 배합비를 규명하여 값비싼 사료 원료의 첨가비를 계속 감소시키고 사료의 이용성을 증가시키려는 노력이 지속되어야 하는데 이를 위한 연구의 일환으로 첨가제를 이용하는 방법이 행해지고 있다 (Lee and Lee, 1996).

양어용 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., 1999). 또한, 효모는 크기가 매우 작기 때문에 rotifer와 *Artemia*와 같은 동물성 plankton의 먹이로서 그 유용성에 대한 연구가 수행되었고 (Blanco Rubio, 1987; Coutteau et al., 1990; Fukusho, 1980), 패류먹이로

서의 가능성도 보고되었다 (Epifanio, 1979; Urban and Langdon, 1984). 효모에는 수많은 종류가 있으며, 사료원으로 사용할 수 있는 조건을 만족시키는 종은 매우 제한적이다. 그래서 여러 연구자들은 유용한 효모 균주를 탐색하여 그 이용성을 연구하여 왔는데, Moon et al. (1996)은 *Candida utilis*와 *Kluyveromyces fragilis* 균주를 병원성 균주가 아닌 먹이로서 개발 가능성이 높은 종으로 평가하면서 대량배양 가능성을 제시하였다. 그리고 식품첨가제로서 *C. utilis*는 단백질 내에 lysine과 같은 필수아미노산이 상대적으로 높게 함유하고 있음이 밝혀졌다 (Lawford et al., 1979). 또한, *K. fragilis*를 포함한 몇 종의 효모 균주는 주류 및 유기공 산업폐기물 속에서 잘 자라므로 이들 균주를 양식 사료원으로 개발한다면, 이들 산업폐기물을 재활용할 수 있어 환경문제를 어느 정도 해결할 수 있으며, 또한 산업폐기물을 이용하므로 값싼 사료 원료를 생산할 수 있을 것이다. 이러한 정보를 바탕으로 Lee et al. (2000b, c)은 전복과 은어용 배합사료에 *C. utilis*와 *K. fragilis*의 이용성을 평가하였다. 이어서 본 연구에서는 우리 나라의 주 양식종인 조피볼락을 대상으로 경제성을 고려하여 어분함량이 다른 배합사료에 *K. fragilis*, *C. utilis* 및 맥주효모의 첨가 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험사료

본 실험에 사용된 효모균주는 *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis* 및 맥주효모이며, 이중에서 *K. fragilis*와 *C. utilis*는 Lee et al. (2000c)이 사용한 것과 같은 방법으로 배양된 것을 사용하였다. 실용적인 측면을 고려하여 배합사료에 북양어분의 함량을 달리하였는데, Table 1에 나타난 바와 같이 주 단백질원으로 북양어분(고려원양, 간접식)을 55% 첨가한 사료(사료 1~4)와 Lee et al. (1996a)의 결과를 바탕으로 대두박(탈지, 탈피)과 콘글루텐밀을 첨가하여 북양어분의 함량을 45%로 낮춘 사료(사료 5~8)를 설계하였다. 그리고 각각의 어분 함량에 각 효모의 첨가효과를 조사하기 위하여 *C. utilis*, *K. fragilis* 및 맥주효모를 3%씩 첨가하였다. 지질원으로 오징어 간유를, 점착제로 carboxymethyl cellulose를 각각 첨가하여 사료의 영양소가 조피블락의 요구량(Lee and Lee, 1994)에 맞도록 하였다. 이와 같이 설계된 원료들을 잘 혼합한 후 원료 100 g 당 물 40 g을 첨가하여 pellet 제조기로 실험사료를 성형한 후 그늘에서 하루동안 건조하여 사용하였다. 실험사료의 pellet 크기는 실험어의 입 크기에 맞게 조정된 다음 사료 공급 전까지 냉동고(-25°C) 보관하였다.

실험어 및 사육관리

강원도수산양식시험장에서 생산된 조피블락 치어를 분양받아 실험 수조에 1주일간 상품사료를 공급하면서 실험 환경에 적응시켰다. 평균체중 2.6 g 전후의 치어를 선별하여 300 ℓ/FRP 원형수조에 각각 3반복으로 40마리씩 수용하여 7주간 사육하였다. 사료는 1일 3회(07:00, 12:00 및 17:00, 주 7일 공급) 손으로 반복에 가깝게 공급하였다. 여과해수를 각 실험수조마다 분당 10 ℓ로 조정하여 흘러주었으며, 실험 개시시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 MS222(tricaine methane sulfonate, Sigma, USA) 100 ppm에 마취시켜 각 실험수조에 수용된 실험어 전체 무게를 측정하였다.

사육기간 동안의 수온은 $21.0 \pm 2.63^\circ\text{C}$ (평균 \pm 표준편차)였고, 비중은 1.023 ± 0.0010 였다. 사육기간 중 수조청소는 1일에 1회(10:00) 실시하였고, 각 수조의 폐사 개체는 매일 조사하였다.

성분분석

최초 어체의 성분분석용으로 40마리를 무작위로 표본 추출하였으며, 실험 종료시에는 각 실험수조마다 25마리씩 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 (Buchi B-324/435/412, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 24시간 동안 건조 후 측정하였다. 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다.

혈액 분석용으로 실험종료시 각 수조에서 측정전일 절식시킨 실험어 10마리씩 추출하여 미부동맥에서 heparin-Na (Sigma, 100,000 units)이 처리된 일회용 주사기로 채혈하였다. 채혈한 혈액 중

일부는 complete blood cell count 병(녹십자사제품)에 넣어 red blood cell (RBC), hemoglobin (Hb)과 hematocrit (Ht)를 측정하였다. RBC수는 Hayem씨액으로 혈액을 희석시켜 Thoma 혈구 계산판과 red cell pipet를 사용하여 계수하였으며, Hb는 cyanmethemoglobin법으로, Ht는 모세관법으로 microhematocrit법을 사용하여 각각 측정하였다. 그리고 나머지 혈액을 3,000 rpm에서 10분간 원심한 후 상층액을 혈장으로 분리하여 -70°C에 동결 보존하면서 1주 이내에 혈장성분을 분석하였다. 혈장분석은 임상용 kit(아산제약제품)를 사용하여 total protein은 biuret법으로, glucose, cholesterol은 효소법으로 분석하였다.

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

어분함량이 다른 배합사료에 *K. fragilis*, *C. utilis* 및 맥주효모를 각각 3%씩 첨가하여 7주간 사육 실험한 후의 생존율, 증체율, 사료효율, 단백질 효율 및 비만도 지수를 Table 2에 표시하였다. 생존율은 모든 실험구에서 98% 이상으로 양호하였으며, 사료의 어분함량 및 첨가 효모종류에 영향을 받지 않았다 ($P > 0.05$). 효모를 첨가하지 않는 대조구의 증체율은 어분함량에 영향을 받지 않았다 ($P > 0.05$). 어분 55% 사료에서 *K. fragilis* 및 맥주효모 첨가구의 증체율은 500~503%로 대조구의 502%와 유의차없이 ($P < 0.05$) 양호하였으나, *C. utilis* 첨가구는 466%로 대조구보다 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 어분 45% 사료에서는 맥주효모 첨가구가 502%로 대조구와 같은 값을 보였으나 *K. fragilis* 및 *C. utilis* 첨가구는 438~466%로 대조구보다 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$).

사료효율은 대조구와 맥주효모 첨가구의 경우 어분함량에 영향을 받지 않았고 ($P > 0.05$), 어분 55% 사료에서는 그 값이 102~106%로 효모 첨가종류에 따른 차이는 없었으나, 어분 45% 사료에서는 *K. fragilis* 및 *C. utilis* 첨가구가 97~98%로 대조구보다 유의하게 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 단백질 효율도 사료효율의 변화와 같은 경향을 보였다. 또한, 비만도 지수는 어분함량에 따라 차이가 없었으나 ($P > 0.05$), 각각의 어분함량에서 *C. utilis* 첨가구가 낮아지는 경향을 보였다.

어류의 성장효과는 실험에 사용된 어체 크기, 사육수온 및 사료 조성 등에 영향을 받지만 (NRC, 1993), 본 실험에서 얻은 성장 및 사료효율은 조피블락을 대상으로 이미 수행된 연구 (Lee et al., 1993, 1996a, 1998)에서 얻은 값에 비해 전혀 손색없이 양호하였다. 이것으로 보아 본 실험에서 사용된 대조사료 조성비나 실험 조건이 조피블락에 적합한 것으로 판단된다. 또한, 위와 같이 효모를 첨가하지 않았을 때 조피블락 치어 사료에 어분 함량을 45%로 낮추어도 증체율, 사료효율, 단백질효율 및 비만도의 값이 어분 55% 첨가사료와 유의차없이 ($P > 0.05$) 양호한 성적을 보여, 조피블락 사료의 어분함량을 45%까지 낮출 수 있음이 확인되었다. 이

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Fish meal level (%)							
	55				45			
		K	C	B		K	C	B
White fish meal ¹	55	55	55	55	45	45	45	45
Soybean meal ²					8	8	8	8
Corn gluten meal					5	5	5	5
Wheat flour	30	27	27	27	27.5	24.5	24.5	24.5
Carboxymethyl cellulose	3	3	3	3	2	2	2	2
<i>Kluyveromyces fragilis</i>		3				3		
<i>Candida utilis</i>			3				3	
Brewer's yeast				3				3
Squid liver oil ³	5	5	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5
Vitamin premix ⁴	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Mineral premix ⁵	4	4	4	4	4	4	4	4
Choline chloride ⁶	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Nutrient content (% , dry basis)								
Crude protein	40.4	40.4	41.1	41.3	40.6	41.9	41.8	41.5
Crude lipid	11.2	10.8	11.0	11.5	11.2	10.5	10.3	10.8
Crude ash	15.2	15.5	16.1	15.8	13.5	14.1	14.1	14.1
Crude fiber	1.2	1.1	1.1	1.1	1.5	1.5	1.5	1.5

¹Produced by steam dry method.²Dehulled, solvent extracted³Provided 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; niacin (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): $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 80.0; $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, 0.15; KI, 0.15; $Na_2Se_2O_3$, 0.01; $MnSO_4 \cdot H_2O$, 2.0; $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, 1.0.⁶Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.K: *Kluyveromyces fragilis*, C: *Candida utilis*, B: brewer's yeast.Table 2. Growth performance of juvenile rockfish fed the experimental diets for 7 weeks¹

Fish meal level (%)	Yeast kind	Survival rate (%)	Weight gain (%) ²	Feed efficiency (%) ³	Protein efficiency ratio ⁴	Condition factor ⁵
55	Control	98 ± 1.7	502 ± 5.3 ^b	104 ± 1.4 ^b	2.6 ± 0.03 ^b	1.62 ± 0.04 ^{ab}
	K	99 ± 0.7	503 ± 10.8 ^b	103 ± 1.1 ^b	2.5 ± 0.03 ^b	1.67 ± 0.00 ^b
	C	100 ± 0.0	466 ± 7.2 ^a	102 ± 2.0 ^b	2.5 ± 0.05 ^b	1.58 ± 0.02 ^a
	B	99 ± 0.7	500 ± 19.3 ^b	106 ± 0.4 ^b	2.6 ± 0.01 ^b	1.66 ± 0.01 ^b
45	Control	99 ± 0.7	502 ± 2.6 ^b	106 ± 0.4 ^b	2.6 ± 0.01 ^b	1.64 ± 0.02 ^{ab}
	K	99 ± 0.7	438 ± 8.0 ^a	97 ± 2.6 ^a	2.3 ± 0.06 ^a	1.64 ± 0.04 ^{ab}
	C	99 ± 0.7	466 ± 4.7 ^a	98 ± 1.6 ^a	2.3 ± 0.04 ^a	1.57 ± 0.12 ^a
	B	100 ± 0.0	502 ± 5.5 ^b	105 ± 0.6 ^b	2.5 ± 0.01 ^b	1.66 ± 0.02 ^b

¹Values (mean ± SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P < 0.05).²(Final fish weight-initial fish weight) × 100/initial fish weight.³Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).⁴Fish wet weight gain/protein intake.⁵(Body wet weight × 100)/total body length (cm)³.K: *Kluyveromyces fragilis*, C: *Candida utilis*, B: brewer's yeast.

미 Lee and Lee (1996)와 Lee et al. (1996b)은 대두박, 콩글루텐 밀, 육분, 혈분, 우모분, 소맥분을 적절히 첨가하면 북양어분을 40~50% 정도까지 대체 가능할 것으로 보고하여 치어 및 육성

어용 배합사료의 단가를 낮출 수 있었다.

일반적으로 비타민 B군이나 미지의 성장인자를 보충하기 위해 상품사료에 효모를 첨가하고 있으며, 그 첨가 범위는 3~5% 정

도이고, 조피블락 사료 (Lee et al., 1996c)에도 효모를 3% 정도 보충하고 있다. 그래서 본 실험에서도 효모의 첨가 범위를 3%로 설정하였다. 하지만, 본 실험의 배합사료 조성에 효모 첨가가 조피블락의 성장을 개선시키지 못한 것으로 보아, 본 실험에 사용된 효모를 별도로 첨가할 필요가 없을 것으로 판단된다. 따라서 효모 첨가에 소요되는 추가적인 비용을 그 만큼 절약할 수 있을 것이다. 본 실험에서 사료의 어분 함량에 따라 다소 차이를 보이기는 하였지만, *K. fragilis* 및 *C. utilis* 첨가가 성장과 영양소 이용률에 오히려 역효과가 나타나기도 하였다. 이로 보아 조피블락 사료에 이들 효모의 첨가범위를 더 증가시킬 필요도 없을 것으로 생각된다. 하지만 전복과 은어의 배합사료에 *K. fragilis* 첨가는 성장을 다소 개선시키는 것으로 보고되어 있어 (Lee et al., 2000b,c), 본 실험과 차이를 보였다. 이와 같은 차이에 대한 이유를 정확히 언급하기는 어렵지만, 아마 어종의 식성에 의해 기인된 것으로 보인다. 전복의 식성은 해조류를 섭취하는 초식성이며, 은어의 경우도 회유 기간 중에 규조류를 섭취하는 것으로 볼 때, 전복과 은어보다 비교적 육식성이 강한 조피블락은 이들 효모의 이용성이 낮을 가능성도 있다는 것이다. 그리고 육식성인 넙치의 경우 (Lee, unpublished data)에도 이들 효모의 첨가효과는 없었다. 이와 같은 차이, 즉 어종에 따른 또는 사료조성에 따른 차이 등에 관해서는 보

다 상세한 연구가 요망된다.

간 중량지수 (HSI)와 일반성분의 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. HSI는 어분함량에 영향을 받지 않았지만, 첨가효모의 종류에 영향을 받아 두 어분 함량 모두에서 *C. utilis* 첨가구에서 가장 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 그리고 간의 수분, 단백질 및 지질 함량도 사료의 어분 함량에는 유의적인 차이는 없었다 ($P > 0.05$). 하지만 이러한 성분의 조성은 첨가된 효모의 종류에 따라 차이를 보였는데, *C. utilis* 첨가구는 타 실험구보다 높은 수분과 조단백질 그리고 낮은 지질함량을 보였다 ($P < 0.05$). 이와 같이 *C. utilis* 첨가구에서 HSI가 낮게 나타나 어체에 대한 간의 중량비가 낮고, 지질함량이 낮은 것은 *C. utilis*가 생체내에서 어떤 생리적인 역할에 관여하기 때문으로 보이며, 이에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

혈액성분을 분석한 결과 (Table 4), 헤모글로빈 함량 (Hb), 적혈구 용적률 (Ht), 적혈구 수 (RBC), 혈장 글루코오스, 혈장 단백질 함량은 모든 실험구간에서 유의차가 없었다 ($P > 0.05$). 혈장 총 콜레스테롤 함량은 사료의 어분 함량에는 영향을 받지 않았지만 ($P > 0.05$), 첨가 효모 종류에 따라 다소 영향을 받아, 두 어분 사료에서 *K. fragilis* 첨가구가 대조구에 비해 낮게 나타났다 ($P < 0.05$). 이처럼 *K. fragilis*, *C. utilis* 및 맥주효모 첨가구의 혈장 콜

Table 3. Hepatosomatic index and liver composition of juvenile rockfish fed the experimental diets for 7 weeks¹

Fish meal level (%)	Yeast kind	HSI ²	Liver		
			Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)
55	Control	2.6 ± 0.03 ^{bc}	51.6 ± 0.24 ^a	9.4 ± 0.27 ^{abc}	29.1 ± 1.24 ^{bc}
	K	2.8 ± 0.09 ^c	51.5 ± 1.61 ^a	10.1 ± 0.37 ^c	29.8 ± 0.81 ^c
	C	1.9 ± 0.08 ^a	58.4 ± 2.49 ^b	11.2 ± 0.17 ^d	25.8 ± 1.28 ^{ab}
	B	2.6 ± 0.12 ^{bc}	51.7 ± 0.95 ^a	9.2 ± 0.09 ^{ab}	31.0 ± 0.88 ^c
45	Control	2.8 ± 0.05 ^c	50.6 ± 0.32 ^a	9.5 ± 0.36 ^{abc}	30.3 ± 1.61 ^c
	K	2.5 ± 0.12 ^b	51.2 ± 0.45 ^a	9.8 ± 0.20 ^{bc}	28.8 ± 0.19 ^{abc}
	C	2.0 ± 0.18 ^a	57.8 ± 1.93 ^b	11.0 ± 0.28 ^d	25.5 ± 1.01 ^a
	B	3.0 ± 0.08 ^c	50.8 ± 0.96 ^a	9.0 ± 0.31 ^a	29.8 ± 0.34 ^{abc}

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

²Hepatosomatic index = (liver wet weight × 100) / body wet weight.

K: *Kluyveromyces fragilis*, C: *Candida utilis*, B: brewer's yeast.

Table 4. Hematological changes of juvenile rockfish fed the experimental diets for 7 weeks¹

Fish meal level (%)	Yeast kind	Hb (pg/100 ml)	Ht (%) ²	RBC (10 ⁶ /μl)	Total protein (g/100 ml) ³	Glucose (mg/100 ml) ⁴	Total cholesterol (mg/100 ml) ⁴
55	Control	11.5 ± 0.34 ^{ns}	18.2 ± 1.00 ^{ns}	3.0 ± 0.17 ^{ns}	3.0 ± 0.42 ^{ns}	25.9 ± 6.39 ^{ns}	272.2 ± 10.12 ^c
	K	11.2 ± 0.55	18.4 ± 0.84	3.0 ± 0.15	3.1 ± 0.59	20.3 ± 9.88	136.5 ± 51.76 ^{ab}
	C	11.6 ± 0.35	19.5 ± 0.33	3.0 ± 0.15	3.9 ± 0.15	35.5 ± 5.25	237.5 ± 34.57 ^{bc}
	B	10.7 ± 0.12	16.8 ± 0.38	2.8 ± 0.06	3.6 ± 0.26	30.0 ± 6.42	212.0 ± 34.80 ^{abc}
45	Control	11.3 ± 0.23	18.5 ± 0.40	3.1 ± 0.03	3.4 ± 0.79	31.8 ± 3.43	234.3 ± 32.37 ^{bc}
	K	11.6 ± 0.35	20.0 ± 1.21	3.2 ± 0.12	2.8 ± 0.51	24.3 ± 6.46	122.5 ± 14.18 ^a
	C	11.0 ± 0.06	18.5 ± 0.09	3.1 ± 0.03	3.6 ± 0.13	39.6 ± 4.43	136.5 ± 2.82 ^{ab}
	B	10.7 ± 0.53	18.2 ± 0.43	3.0 ± 0.13	3.4 ± 0.47	24.4 ± 6.63	186.3 ± 32.15 ^{abc}

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

K: *Kluyveromyces fragilis*, C: *Candida utilis*, B: brewer's yeast.

레스테롤 함량이 대조구와 비교해 전반적으로 낮은 수치를 나타내는 것으로 보아, 이들 효모의 첨가가 어체 내 지질 대사에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

결론적으로, 어떤 미지의 성장인자가 함유되어 있을 것으로 생각되었던 *K. fragilis*와 *C. utilis*의 성장 개선 효과는 나타나지 않았다. 따라서 경제적인 측면에서 고려해 볼 때, 본 실험에서 사용된 사료 조성비에는 조피볼락 성장개선을 위한 효모첨가는 불필요한 것으로 판단되며, 본 실험에 사용되었던 효모가 사료에 첨가되었을 경우 어류의 생리적 기능에 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구는 계속 수행되어야 할 것이다.

요 약

첨가제로서 *K. fragilis*, *C. utilis* 및 맥주효모의 효능을 조사하기 위하여, 어분함량이 다른 배합사료에 각각의 효모를 3%씩 첨가하여 7주간 3반복으로 사육 실험하였다. 생존율은 사료의 어분함량 및 첨가 효모종류에 영향을 받지 않았다 ($P > 0.05$). 효모를 첨가하지 않는 대조구의 증체율은 어분함량에 영향을 받지 않았다 ($P > 0.05$). 어분 55% 사료에서 *K. fragilis* 및 맥주효모 첨가구는 대조구와 유의차 없이 ($P < 0.05$) 양호하였으나, *C. utilis* 첨가구는 대조구보다 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 어분 45% 사료에서는 맥주효모 첨가구는 대조구와 비슷한 값을 보였으나, *K. fragilis* 및 *C. utilis* 첨가구는 대조구보다 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 사료 효율 및 단백질효율은 대조구와 맥주효모 첨가구의 경우 어분함량에 영향을 받지 않았고 ($P > 0.05$), 어분 55% 사료에서는 효모 첨가종류에 따른 차이는 없었으나, 어분 45% 사료에서는 *K. fragilis* 및 *C. utilis* 첨가구가 대조구보다 유의하게 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 간 중량지수는 어분함량에는 영향을 받지 않았지만, 첨가효모의 종류에 영향을 받아 두 어분 함량 모두에서 *C. utilis* 첨가구에서 가장 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 간의 수분, 단백질 및 지질 함량도 사료의 어분 함량에는 유의적인 차이는 없었으나 ($P > 0.05$), 첨가된 효모의 종류에 따라서는 차이를 보였는데, *C. utilis* 첨가구는 타 실험구보다 높은 수분과 단백질 그리고 낮은 지질함량을 보였다 ($P < 0.05$). Hb, Ht, RBC, 혈장 글루코오스, 혈장 단백질 함량은 모든 실험구간에서 유의차가 없었다 ($P > 0.05$). 이상의 결과로부터, 경제적인 측면에서 고려해 볼 때, 본 실험에서 사용된 사료 조성비에는 조피볼락 성장개선을 위한 효모첨가는 불필요한 것으로 판단된다.

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.

- Blanco Rubio, J.C. 1987. Intensive rearing *Artemia salina* larvae on inert food: yeast of *Torula (Candida utilis)*. Cuad. Marisa. Publ. Tec., 12, 565~568.
- 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.
- 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.
- 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, J.Y., Y.J. Kang, S.M. Lee and I.B. Kim. 1993. Protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. J. Aquaculture, 6, 13~27.
- Lee, J.Y. and S.M. Lee. 1994. Nutritional studies and feed development for Korea rockfish (*Sebastes schlegeli*). Proceedings of FOID, '94 The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters. pp. 75~92.
- Lee, S.M., J.Y. Lee and S.B. Hur. 1994. Essentiality of dietary eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc., 27, 721~726.
- Lee, S.M. and J.Y. Lee. 1996. Substitution of plant and animal proteins for fish meal in the practical formulated feeds for juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Kor. J. Anim. Nutr. Feed., 20, 409~418.
- Lee, S.M., J.H. Yoo and J.Y. Lee. 1996a. The use of soybean meal, corn gluten meal, meat meal, meat and bone meal, or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Kor. J. Anim. Nutr. Feed., 20, 21~30.
- Lee, S.M., I.G. Jeon, J.Y. Lee, S.R. Park, Y.J. Kang and K.S. Jeong. 1996b. Substitution of plant and animal proteins for fish meal in the growing Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) feeds. J. Korean Fish. Soc., 29, 651~662.
- Lee, S.M., I.G. Jeon, C.K. Lee, C.W. Im, T.J. Kim and J.G. Min. 1996c. Evaluation of economical feed formulations for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Aquaculture, 9, 255~264.
- Lee, S.M., S.R. Park and J.D. Kim. 1998. Dietary optimum phosphorus level of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Fish. Sci. Tech., 1, 180~186.
- Lee, S.M., J.K. Kim, T.J. Kim, J.G. Min and H.G. Park. 1999. Nutritive value of *Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis* as feed for aquaculture. J. Korean Fish. Soc., 32, 791~797.
- Lee, S.M., U.K. Hwang and S.H. Cho. 2000a. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 187, 399~409.
- Lee, S.M., D.J. Kim, J.K. Kim, J.K. Lee, J.H. Lee and S.U. Park. 2000b. Utilization of supplemental *Kluyveromyces fragilis*, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae* or brewer's yeast in the formulated diets for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacul-

- ture, 13, 55~62.
- Lee, S.M., D.J. Kim, K.D. Kim, J.K. Kim and J.H. Lee. 2000c. Growth and body composition of larval ayu (*Plecoglossus altivelis*) fed the micro-diets containing *Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis*. J. Korean Fish. Soc., 33, 20~24.
- Moon, J.H., K.T. Tka and J.K. Kim. 1996. Development of yeast strain for aquaculture; possible yeast strains. Korean J. Life Science, 6, 135~141.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- 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.
-
- 2000년 7월 22일 접수
2000년 9월 25일 수리