

생균제 첨가사료가 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 혈액성분에 미치는 영향

박상현, 왕순영, 한경남*
인하대학교 해양학과

Effects of Dietary Supplement of Probiotics on Growth and Blood Assay of Rockfish *Sebastes schlegeli*

Sang hyun Park, Soon Young Wang and Kyung Nam Han*
Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

We determined the effects of dietary supplements for lactic acid bacteria (LAB) such as *Lactobacillus brevis* (Lb) and *Lactobacillus plantarum* (Lp) in juvenile rockfish *Sebastes schlegeli* cultured in flow-through system for 10 weeks. The experimental diets contained 10^4 cfu/g, 10^6 cfu/g and 10^8 cfu/g level each LAB (Lb-4, Lb-6, Lb-8 or Lp-4, Lp-6, Lp-8), respectively. The effects of LAB supplementation was determined by various factor such as weight gain (WG), specific growth rate (SGR), feeding efficiency (FE) and blood assay. For rearing experiment, Lp-8 treatment had significantly high growth rate than control diet treatment. However, all Lb treatment had no significance effect with control diet treatment. In case of the blood assay, hematocrit (Ht) and hemoglobin (Hb) of fish were not affected by LAB supplemental levels. On the other hand, total cholesterol in plasma of Lb-8, Lp-6 and Lp-8 treatments were significantly low than the control diet treatment. We verified the influence of LAB which was originated from species specificity and amount in diet. Consequently, the dietary supplementation as 10^8 cfu/g level of *L. plantarum* could be of help for growth enhancement to the juvenile rockfish.

Keywords: *Sebastes schlegeli*, Rockfish, *Lactobacillus*, LAB Probiotics, Blood Assay

서 론

최근 양식어류의 생산성 향상 및 질병 예방을 위한 사료첨가제에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며, 실제 양식장에서는 이런 기능성 첨가제에 대한 수요에 관심이 급증하고 있는 추세이다(Gatesoupe, 1999). 또한, 현재 양식생물의 질병을 억제시키기 위해 사용되는 항생제의 남용은 양식어장 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 병원성 미생물의 내성을 키워 질병에 대한 치료효과가 잘 나타나지 않으며, 양식생물의 자체 보유 면역능력을 감소시키는 원인이 된다. 따라서 최근에는 친환경적이며 수중 장내 세균의 억제를 통한 성장을 향상 및 면역 효과(Fuller, 1989)가 있는 것으로 알려진 생균제(Probiotics)를 이용한 기능성 사료첨가제로 유산균(Lactic acid bacteria)에 대한 관심이 높아지고 있다. 유산균은 각종 유기산을 생성하여 장내에서 유해 미생물의 장내 생육을 억제하고 장관 벽을 자극하여 연동운동을 촉진시켜 소화 흡수를 돕는 것으로 알려

져 있다.

유산균을 이용하여 어류를 대상으로 한 연구의 예로는 이스라엘잉어 *Cyprinus carpio* (Noh et al., 1994), 무지개송어 *Oncorhynchus mykiss* (Panigrahi et al., 2004), Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Ringø, 1993), 털라피아 *Oreochromis niloticus* (Beveridge et al., 1989) 등의 담수 및 기수성 어종과 넙치 *Paralichthys olivaceus* (Byun et al., 1997), 터봇 *Scophthalmus maximus* (Gatesoupe, 1991) 등의 저서성 해산어류의 연구보고가 있으며, 이러한 연구 결과들은 유산균의 이용이 성장 및 면역학적으로 효과가 있는 것으로 보고하고 있다. 그러나 유산균 종류별 사료첨가량에 대한 어류의 성장효과 및 체내에서의 생리적인 기능에 관한 연구는 거의 없다.

본 연구는 육상동물에서 생균제로 주목받고 있는 유산균 *Lactobacillus* 속 중에서 생육환경 등을 고려하여 *L. brevis* 및 *L. plantarum* 2종을 선정, 우리나라 대표적 양식어류인 조피볼락 *Sebastes schlegeli*을 이용하여 유산균 첨가에 의한 성장 및 혈액 성장에 미치는 영향을 조사하였다.

*Corresponding author: knhan@inha.ac.kr

재료 및 방법

실험어 및 실험조건

실험에 사용된 조피볼락 치어는 인천광역시 수산종묘배양연구소로부터 2005년 6월에 인하대학교 해양배양장으로 운반하여 3톤 원형 FRP 수조에서 상업용 펠릿사료(푸리나코리아, 조단백질 46% 이상, 조지방 8% 이상, 조섬유 3% 이하, 조회분 15% 이하, 칼슘 1.5% 이상, 인 2% 이상)를 공급하면서 2주간 예비사육을 실시하였다. 이 중 건강한 개체만을 선별하여(평균 체장 3.8±0.1 cm, 평균체중 0.7±0.1 g) 실험에 사용하였다. 실험은 100 L 원형 폴리카보네이트 수조를 사용하였으며 각 실험구에 60마리씩 수용하여 2반복으로 10주간 사육실험을 하였다. 실험기간 동안 수온은 21.5-25.6°C, 염분 27.8-33.2 psu, 폭기 200-300 mL/min, 유수량 500-600 mL/min의 조건하에서 유수식 방법으로 실험하였다. 사료공급은 실험어의 성장에 따라 사료크기를 조절하여 실험초기부터 5주까지는 1.2 mm, 4주부터 실험종료까지는 1.5 mm의 크기인 실험사료를 1일 어체중 3%로 3회(9:00, 13:00, 17:00 h) 반복 공급하였다. 또한 1일 2회 사이폰으로 수조 청소를 하여 사망한 개체를 확인하고 실험종료시 최종적인 생존율을 구하였다.

유산균 첨가사료의 조제

실험에 사용한 유산균의 첨가농도별 실험사료를 Table 1에 나타내었다. 실험사료는 상업용 조피볼락 사료에 (주)Mediogen으로부터 2종의 유산균 *L. brevis* 및 *L. plantarum*을 공급받아 각각의 유산균을 Conical tube에 기본사료 1 g당 동결건조원말(Freeze-dried products) 약 5%, 멸균식염수(0.85% NaCl in DW) 약 10%를 첨가하여 균질하게 흡착할 수 있도록 교반시킨 후, 실온에서 하루 동안 건조하였으며, 10⁸ cfu/g 농도 수준으로 조절하여 전체적으로 사료내 흡착하였다. 나머지 농도구간인 10⁶ cfu/g 및 10⁴ cfu/g 첨가구의 조제도 공급받은 동결건조 원말 유산균주를 단계적으로 계단희석하고, 위 방법에 준하여 조제하였다. 한편, 실험사료내의 유산균의 첨가농도 수준을 알아보기 위해서 실험초기부터 종료기까지 3회 분석하였다. 분석은 실험사료를 0.1 g 취하여 표준평판법(Standard plate method)을 이용하여 배양시켜 평판배지에 형성된 콜로니를 계수한 후, 실험사료 g 중량당으로 환산하였다. 또한, 실험의 정확성을 기하기 위해 Bergey's manual of systematic bacteriology (Kandler and Weiss, 1986), Manual of methods for general bacteriology (Gerhardt et al., 1981) 등의 동정방법을 참조하고, Gram 염색(Gram Hucker

stain, 아산제약) 형성된 콜로니 일부를 채취하여 49가지의 탄수화물의 발효여부를 판독하여 동정하는 생화학방법으로 API 50 CHL medium (bioMérieux, France)에 의한 방법에 따라 각각의 유산균이 사료내 적절히 흡착되었는지 여부를 재확인하였다.

어체측정 및 혈액분석

전장 및 습증량 측정은 2주에 1회씩 총 5회에 걸쳐 각 수조당 20마리를 무작위 추출하여 전장 0.1 cm, 습증량 0.1 g 범위까지 측정하였으며, 증중율(Weight gain rate, WGR), 사료효율(Feed efficiency, FE), 일간성장률(Specific growth rate, SGR)을 구하였다. 또한 실험종료 후, 간중량지수(Hepatosomatic index, HSI=간중량/체중×100)를 측정하였다.

실험종료 후, 혈액성분 분석을 위하여 채혈하기 전 실험어를 24시간 동안 절식시켰으며, 실험어를 각 수조당 10마리씩 무작위로 추출하여 채혈 직전 실험어를 2-phenoxyethanol (100 ppm)로 마취시킨 후, heparin sodium으로 처리된 일회용 주사기(23G)를 이용하여 실험어의 미부혈관에서 혈액을 채혈하였다. 이 중 혈액의 일부는 Micro-hematocrit법을 이용한 hematocrit, Cyanmethemoglobin법으로 hemoglobin을 측정하고, 나머지 혈액은 실온에서 방치 후 4°C에서 원심분리(12,000 rpm, 5 min)시켜 혈장을 분리하여 반자동생화학 분석기(Stat fax 3300, USA) 및 시판 임상용 kit (Biocon® Diagnostik, Germany)를 사용하여 1일 내에 혈장 내 총 단백질(Total protein) 및 총 콜레스테롤(Total cholesterol)을 측정하였다.

통계처리

각 실험결과로부터 얻어진 자료 값 사이의 유의차 유무를 SPSS Version 12-통계패키지(SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA)에 의한 one-way ANOVA test 및 Duncan's multiple range test를 실시하여 평균 간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

결 과

실험사료 내 유산균 함량

실험사료 내의 유산균 첨가 함량이 잘 조제되었는지의 여부를 판정하기 위해 실험초기와 중반기 그리고 종료기에 걸쳐 총 3회 분석하였다(Table 2). 분석 결과, 실험사료 1 g 당 첨가된 유산균의 농도는 목적하는 바의 10⁴ cfu/g, 10⁶ cfu/g 및 10⁸ cfu/g 수준의 함량을 실험기간 동안 유지하는 것으로 나타났으며, 이는 실험사료를 조피볼락 치어에게 경구투여 하는데 있어, 일정

Table 1. The Supplemental levels of the experimental diets (cfu/g of dry matter basis)

	Diets						
	Control	Lb-4	Lb-6	Lb-8	Lp-4	Lp-6	Lp-8
<i>Lactobacillus brevis</i>	-	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁸	-	-	-
<i>Lactobacillus plantarum</i>	-	-	-	-	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁸

Table 2. Composition of *Lactobacillus* strains and levels on experimental diets (log cfu/g content, mean±SD)

	The experimental period		
	Initial	6 weeks	10 weeks
<i>Lactobacillus brevis</i>			
Lb-4 ¹	4.970±0.205	4.933±0.215	4.570±0.298
Lb-6 ²	6.817±0.285	6.802±0.206	6.799±0.201
Lb-8 ³	8.198±0.205	8.123±0.263	8.138±0.222
<i>Lactobacillus plantarum</i>			
Lp-4 ⁴	4.869±0.269	4.885±0.299	4.898±0.205
Lp-6 ⁵	6.627±0.305	6.176±0.221	6.560±0.300
Lp-8 ⁶	8.185±0.306	8.050±0.332	8.153±0.307

¹Lb-4: 10⁴ cfu level per g diet. ²Lb-6: 10⁶ cfu level per g diet.³Lb-8: 10⁸ cfu level per g diet. ⁴Lp-4: 10⁴ cfu level per g diet.⁵Lp-6: 10⁶ cfu level per g diet. ⁶Lp-8: 10⁸ cfu level per g diet.**Table 3.** Growth performance of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli* fed diets containing two *Lactobacillus* strains concentration levels for 10 weeks¹

Experimental diets	Growth measurements				
	Survival rate (%)	WGR (%) ²	FE (%) ³	SGR (%) ⁴	HSI (%) ⁵
Control	99±1.2	742.1±12.8 ^a	62.7±1.7 ^a	3.08±0.04 ^a	0.03±0.004 ^a
<i>Lactobacillus brevis</i>					
Lb-4	100±0.0	748.7±11.1 ^a	65.2±0.8 ^a	3.09±0.02 ^a	0.03±0.009 ^a
Lb-6	98±0.2	747.7±13.1 ^a	63.9±0.5 ^a	3.08±0.02 ^a	0.03±0.004 ^a
Lb-8	100±0.0	743.1± 2.8 ^a	62.5±0.8 ^a	3.10±0.02 ^a	0.03±0.012 ^a
<i>Lactobacillus plantarum</i>					
Lp-4	99±1.2	718.0±20.2 ^a	63.4±2.3 ^a	3.03±0.03 ^a	0.04±0.010 ^b
Lp-6	99±1.2	745.7± 7.8 ^a	66.5±3.2 ^a	3.07±0.09 ^a	0.03±0.012 ^a
Lp-8	100±0.0	903.5± 7.1 ^b	74.0±0.3 ^b	3.29±0.01 ^b	0.04±0.008 ^b

¹Values (mean of duplication±SD) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P<0.05$).²Weight gain rate (%): [(final wt. - initial wt.)/initial wt.]×100. ⁴Specific growth rate (%): [(loge final wt. - loge initial wt.)/days]×100.³Feed efficiency (%): (wet wt. gain/dry feed intake)×100. ⁵Hepatosomatic index: liver weight × 100/body weight.

한 농도를 가진 실험사료가 잘 반영된 것으로 나타났다.

어체 성장

실험기간 동안의 평균체중 0.7 g 조피볼락 치어의 생존율, 증중율, 사료효율, 일간성장률 및 간중량 지수를 Table 3에 나타내었다. 실험 결과, 생존율은 대조구(C)를 포함한 모든 실험구 간에서 98-100%를 나타내었다. 실험구 Lb-4, Lb-6, Lb-8과 Lp-6 및 Lp-8의 경우, 증중율은 718-748%, 사료효율은 62-66%, 일간성장률은 3.03-3.10%로 각 농도구간별 유의적 차이를 보이지 않았다. 그러나, Lp-8 경우, 증중율 903.5%, 사료효율 74.0%, 일간성장률 3.29%로 대조구 및 다른 실험구와 유의적인 차이를 나타내었다($P<0.05$). 간중량 지수는 Lp-4, Lp-8에서 0.04%로 대조구와 유의적 차이를 나타냈다($P<0.05$).

혈액분석

실험 종료 후, 혈액성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 본 실험에서 hematocrit 수치는 평균적으로 28.8-32.5%, hemoglobin은 8.3-8.6 g/dL 범위를 보였으며, Lp-8 실험구는 대조구에 비해 다소 높은 수치의 경향을 보였으나, 대조구 및 실험구간의

유의적 차이는 나타나지 않았다.

혈장의 total protein 변화는 *L. brevis* 첨가구의 경우, 모든 농도구간에서 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았으나, *L. plantarum* 첨가구의 경우, Lp-8에서 대조구보다 유의하게 높았으며($P<0.05$), Lp-4, Lp-6 실험구는 대조구와 유의적 차이는 없었다. 혈장의 total cholesterol은 유산균 2종 모두 첨가농도가 높은 실험구에서 그 수치가 낮은 것으로 나타났다.

고찰

어류는 소화관이 덜 발달된 자어단계부터 수중환경 내에 수 많은 종류의 미생물에 끊임없이 노출되어 장내 균총이 형성되고 면역력 또한 불완전하여(Vadstein, 1997), 사료효율 개선 및 내병성 증진을 위해 종묘생산단계부터 생균제 사용이 고려되고 있다(Makridis et al., 2001). 특히 초기단계의 생균제를 첨가하여 어류의 성장, 사료효율 및 생리활성 개선효과(Kim et al., 1998)와 유용미생물이 함유된 감귤 발효액을 사료첨가제로 이용하여 사료효율의 증가와 장의 활성 증대(Song et al., 2002) 및 한방천을 이용하여 치어기 넙치에서 스트레스에 대한 면역

Table 4. Blood assay of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli* fed diets containing two *Lactobacillus* strains concentration levels for 10 weeks¹

Experimental diets	Blood assay			
	Hematocrit (%)	Hemoglobin (g/dL)	Total protein (g/dL)	Total cholesterol (mg/dL)
Control	29.8±2.8	8.4±0.2	3.5±0.6 ^a	209.9±1.6 ^a
<i>Lactobacillus brevis</i>				
Lb-4	29.0±1.4	8.3±0.1	3.6±0.9 ^a	208.4±2.3 ^a
Lb-6	28.8±2.3	8.5±0.2	3.0±0.1 ^a	206.9±1.5 ^a
Lb-8	31.2±4.5	8.3±0.2	4.2±0.5 ^a	181.7±5.1 ^b
<i>Lactobacillus plantarum</i>				
Lp-4	31.5±3.5	8.4±0.1	3.5±0.1 ^a	212.5±1.4 ^a
Lp-6	32.5±2.4	8.4±0.2	3.5±0.1 ^a	178.8±1.6 ^b
Lp-8	32.3±3.2	8.6±0.3	4.7±0.3 ^b	149.5±6.0 ^b

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

증대 효과가 있는 것으로 보고하였다(Yeo et al., 2004).

최근 생균제로 *Lactobacillus* sp. 또는 *Streptococcus* (*Enterococcus*) sp.가 가장 많이 사용되고 있으며(Lara-Flores et al., 2003), 그 외에도 *Bacillus* sp., Yeast 등이 생균제 균주로 사용되고 있다. 현재까지 어류양식에 가장 효과적인 유산균은 불분명하나, 사료내 유산균의 첨가는 병원균의 증식을 저해할 뿐만 아니라(Lewus et al., 1991; Gildberg et al., 1995; Santos et al., 1996), 양식어류인 이스라엘잉어의 성장효과(Noh et al., 1994)와 터봇의 성장 및 면역증강(Gatesoupe, 1991) 그리고 인위적 전염에 의한 어류의 생존율 향상(Gatesoupe, 1994; Gildberg et al., 1997; Robertson et al., 2000) 등에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구에서 사용한 유산균주 *L. brevis*에서는 조피볼락의 성장에 효과가 없는 것으로 나타났으나, *L. plantarum* 10⁸ cfu/g을 첨가한 실험구에서는 성장효과가 나타나 특정 유산균이 조피볼락의 성장률 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 틸라피아 치어에 대한 연구에서 사료 중에 유산균인 *S. faecalis* 및 *B. breve* 등을 첨가하여 성장 및 혈액성상의 변화는 보이지 않았으나, 보체 용혈 능력인 면역능력에서는 효과가 나타났고(Kim et al., 1998), *L. acidophilus*와 효모인 *Saccharomyces cerevisiae* 첨가실험에서는 사료효율 및 중증률의 증가를 보고한 결과(Lara-Flores et al., 2003)와 유사하였다. 또한, 무지개송어 사육실험의 경우에도 *L. rhamnosus* JCM 1136을 사료 내 10⁹ cfu/g 및 10¹¹ cfu/g 수준으로 첨가하여 공급한 실험에서 세포성 면역 및 체액성 면역이 농도차이를 둔 처리구 전체가 무 첨가구보다 증가하는 경향을 보였다(Panigrahi et al., 2004). 넙치의 장으로부터 분리해 낸 *Lactobacillus* sp. DS-12의 경우, 넙치의 사료에 첨가하여 경구 투여시, 넙치의 장내 호기성 균은 감소하였으며, 실험기간 동안의 증중율은 향상되었고(Byun et al., 1997), 일부 유산균 중 *Carnobacterium* sp. and *Lactobacillus* sp.는 어병균에 탁월한 항저항력을 가지는 것으로 보고하였다(Strøm and Ringø, 1993; Byun et al., 1997; Jöborn et al., 1997). 또한 *Artemia nauplii*에 유산균을 첨가시켜 사육한 터봇의 실험결과도 치어기에 명백하게 생존율이 대

조구에 비해 6배까지 높아졌다는 결과를 얻었다(Garcia-de-la-Banda et al., 1992). 이와 같이 유산균 중에 따라 양식어류의 증중율 향상에 직·간접적으로 효과가 있는 것으로 나타나, 어류에 따른 적합한 유산균 종의 탐색이 규명되어야 할 것이다.

혈액성분은 같은 어종이라도 서식환경과 먹이의 종류에 따라 혈액성상이 변하는 것으로 알려져 있으나(Nakagawa et al., 1977), 본 연구 결과 hematocrit 및 hemoglobin은 유산균 함량에 따른 유의적인 차이는 없었다. 또한 사료 내 n-3계 고도불포화지방산(Lee et al., 1993), 스피룰리나와 아스타잔틴(Kim et al., 2006), 미역, 어보산 및 고추냉이(Park et al., 2003), 파래(Kim and Choi, 1996) 첨가 연구에서도 hematocrit 및 hemoglobin값의 유의적인 차이는 나타나지 않은 것으로 보아, 사료 내 유산균 함량은 다른 첨가물질과 유사하게 hematocrit 및 hemoglobin 값에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다. 한편, 혈중 단백질에 관해서 Kim et al. (1998)은 사료첨가제로서 간 기능 개선 효과가 있는 어보산의 경우, 넙치 치어에 어보산 첨가농도가 증가할수록 혈장 내 총 단백질의 함량이 증가한다고 보고하였으며, 간 기능 향상은 혈장 내 총 단백질의 함량이 증가될 수 있음을 암시하였다. 본 연구결과에서도 유산균 첨가농도가 높은 Lb-8 실험구에서 대조구보다 유의하게 높았다. 이는 간장으로부터 단백질 합성 및 분비를 촉진하는 작용에 의해 간중량 지수가 증가하여, 간장내의 단백질 농도가 낮아지는 반면 상대적으로 혈중 단백질량은 증가된 것으로 사료된다. Gilliland and Walker (1990)에 의하면, 유산균은 일반적으로 혈중 콜레스테롤 저하능이 있으나, 서로 다른 종류의 유산균종을 사용하여 동물실험을 한 결과, 균주마다 콜레스테롤 저하 능력이 상이하다고 연구보고 하였다. 발효유 또는 유산균 섭취에 의한 혈중 콜레스테롤 저하 효과에 대한 정확한 기작은 아직 밝혀지지 않고 있지만, 일반적으로 장내 유산균은 포합 담즙산을 분해하여 담즙산의 재흡수를 억제하여 콜레스테롤이 배설되게 하거나, 장내 콜레스테롤의 흡수 억제, 콜레스테롤의 동화 등의 기능이 혈장 콜레스테롤 저하의 원인으로 추정되고 있다(Walker and Gilliland, 1992; Klaver and Van der Meer, 1993). 본 연구에서

도 두 종의 유산균 첨가에서 농도가 높은 Lb-8 그리고 Lp-6 및 Lp-8 실험구가 대조구에 비해 혈장 콜레스테롤 농도 수치가 낮아지는 결과는 이러한 원인에 근거한 현상으로 사료된다.

결론적으로, 사료에 생균제로 *L. plantarum*을 사료 1 g 중량당 10^8 cfu 농도수준으로 첨가하면 조피볼락 치어기 성장률 향상 효과가 인정되며, 혈장 총 단백질량이 증가한다. 또한 혈장 콜레스테롤 저하는 *L. brevis* 10^6 cfu/g 및 *L. plantarum* 10^6 cfu/g 이상에서 나타나 조피볼락의 건강한 증묘생산을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

조피볼락 *Sebastes schlegeli* 치어의 성장률 향상을 도모하고 적용할 만한 생균제로서의 그 가능성을 보고자, 평균 체중 0.7 g의 조피볼락 치어에 2종의 유산균을 사료에 첨가하여 본 실험을 수행하였다. 각각의 첨가구는 *Lactobacillus brevis* 및 *Lactobacillus plantarum*을 농도별로 실험사료 1 g 중량당 유산균 첨가수준을 10^4 , 10^6 및 10^8 cfu 수준으로 처리한 첨가구로 하였다.

성장효과에서 *L. plantarum*을 농도별로 실험사료 1g 중량당 유산균 첨가수준을 10^8 cfu 수준으로 처리한 Lp-8 실험구에서 중량 증가 효과가 있었으며, *L. brevis*의 경우는 첨가효과가 없었다.

실험종료 후, 혈액분석 결과는 hematocrit 28.5-32.5%, hemoglobin 8.3-8.6 g/dL로 차이는 없었으나, 혈장 내 총 단백질 함량은 Lp-8 실험구에서 높았다. 혈장 내 총 콜레스테롤 함량은 유산균 2종에서 높은 첨가농도 일수록 그 수치가 낮아지는 경향을 보였다.

상기 실험결과로 미루어 볼 때, 수중환경에 서식하는 어류의 장내 정상적인 균주가 아닌 유산균은 개별적 종에 따라 다른 효과를 얻을 수는 있으나, 조피볼락 치어는 *L. plantarum*을 10^8 cfu/g 수준으로 사료 내 첨가하여 성장효과를 거둘 수 있었다.

참고문헌

- Beveridge, M. C. M., M. Begum, G. N. Frerichs and S. Miller, 1989. The ingestion of bacteria in suspension by the tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 81, 373-378.
- Byun, J. W., S. C. Park, Y. Benno and T. K. Oh, 1997. Probiotic effect of *Lactobacillus* sp. DS-12 in flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 43, 305-308.
- Fuller, R., 1989. Probiotics in man and animals, a review. *J. Appl. Bacteriol.*, 66, 365-378.
- Garcia-de-la-Banda, I., O. Chereguini and I. Rasines, 1992. Influence of lactic bacterial additives on turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae culture. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 8, 247-254.
- Gatesoupe, F. J., 1991. The effect of three strains of lactic acid bacteria on the production rate of rotifers, *Brachionum plicatilis*, and their dietary value for larval turbot, *Scophthalmus maximus*. *Aquaculture*, 96, 335-342.
- Gatesoupe F. J., 1994. Lactic acid bacteria increase the resistance of turbot larvae, (*Scophthalmus maximus*) against pathogenic vibrio. *Aquat. Living Resour.*, 7, 182-277.
- Gatesoupe, F. J., 1999. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture*, 180, 147-165.
- Gerhardt, P., R. G. E. Murray, R. N. Costilow, E. W. Nester, W. A. Wood, N. R. Krieg and G. B. Phillips, 1981. Manual of method for general bacteriology. American Society for Microbiology, Washington D.C., 524 pp.
- Gildberg, A., A. Johnsen and J. Bøgwald, 1995. Growth and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry given diets supplements with fish protein hydrolysate and lactic acid bacteria during a challenge trial with *Aeromonas salmonicida*. *Aquaculture*, 138, 23-24.
- Gildberg A., H. Mikkelsen, E. Sandaker and E. Ringø, 1997. Probiotic effect of lactic acid bacteria in the feed on the growth and survival of fry of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Hydrobiologia*, 352, 270-285.
- Gilliland, S. E. and D. K. Walker, 1990. Factors to consider when selecting a culture of *Lactobacillus acidophilus* as a dietary adjunct to produce a hypocholesterolemic effect in humans. *J. Dairy Sci.*, 73, 905-911.
- Jøborn, A., J. C. Olsson, A. Westerdahl, P. L. Conway and S. Kjellberg, 1997. Colonization in the fish intestinal tract and production of inhibitory substances in intestinal mucus and faecal extract by *Carnobacterium* sp. strain K1. *J. Fish Dis.*, 20, 383-392.
- Kandler, O. and N. Weiss, 1986. Genus *Lactobacillus*. (in) P. H. A. Sneath, N. S. Mair, M. E. Sharpe and J. G. Holt (ed.), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, vol 2, 9th ed. Williams and Wilkins, Baltimore, pp. 1063-1065.
- Kim, D. S., J. H. Kim, C. H. Jeong, S. Y. Lee, S. M. Lee and Y. B. Moon, 1998. Utilization of Obosan (dietary herbs) I. Effects on survival, growth, feed conversion ratio and condition factor in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Aquacult.*, 11, 213-221.
- Kim, J. Y. and M. S. Choi, 1996. Effect of dietary *Enteromorpha compressa* on growth and blood properties in Israeli strain of common carp (*Cyprinus carpio*). *J. Aquacult.*, 9, 151-157.
- Kim, S. S., G. B. Galaz, K. J. Lee and Y. D. Lee, 2006. Effect of dietary supplementation of *Spirulina* and Astaxanthin for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in low temperature season. *J. Aquacult.*, 11, 213-221
- Kim, Y. H., S. Y. Oh, M. H. Hwang, J. K. Jo, S. I. Park, Y. Kim, G. H. Yoon and J. Park, 1998. Effects of bisroot in the diet on growth, body composition, immune responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J. Aquacult.*, 11, 495-503.
- Klaver, F. A. M. and R. Van der Meer, 1993. The assumed assimilation of cholesterol by *Lactobacillus* and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt-deconjugation activity. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59, 1120-1124.
- Lara-Flores, M., M. A. Olvera-Novoa, B. E. Guzmán-Méndez and W. López-Madrid, 2003. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).

- ochromis niloticus*). Aquaculture, 216, 193–201.
- Lee, S. M., J. Y. Lee, Y. J. Kang and S. B. Hur, 1993. Effect of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli* II. Changes of blood chemistry and properties of liver cells. J. Aquacult., 6, 107–123.
- Lewus, C. B., A. Kaiser and T. J. Montville, 1991. Inhibition of food-borne pathogens by bacteriocins from lactic acid bacteria isolated from meat. Microbiology, 57, 1683–1688.
- Makridis P., A. J. Fjellheim and O. Valstein, 2001. Addition of bacteria bioencapsulated in rotifers. Aquacut. Int., 8, 367–380.
- Nakagawa, H., M. Kayama and K. Ikuta, 1977. Electrophoretic evidence of seasonal variation of carp plasma albumin. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ., 16, 99–106.
- Noh, S. H., I. K. Han, T. H. Won and Y. J. Choi, 1994. Effect of antibiotics, enzyme, yeast culture and probiotics on the growth performance of Israeli carp. Korean J. Anim. Sci., 36, 480–486.
- Park, S. U., M. G. Kwon, Y. H. Lee, K. D. Kim, I. S. Shin and S. M. Lee, 2003. Effect of supplemental *Undaria*, Obosan and Wasabi in the experimental diets on growth, body composition, blood chemistry and non-specific immune response of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 16, 210–215.
- Panigrahi, A., V. Kiron, T. Kobayashi, J. Puangkaew, S. Satoh and H. Sugita, 2004. Immune responses in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* induced by a potential probiotic bacteria *Lactobacillus rhamnosus* JCM 1136. Vet. Immunol. Immunopathol., 102, 379–388.
- Ringø, E., 1993. The effect of chromic oxide (Cr₂O₃) on aerobic bacterial populations associated with the epithelial mucosa of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). Can. J. Microbiol., 39, 1169–1173.
- Robertson, P. A. .W., C. O'Dowd, C. Burrells, P. Williams and B. Austin, 2000. Use of *Carnobacterium* sp. a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). Aquaculture, 185, 235–243.
- Santos, J., T. Lopez-Díaz, M. Garcia-Fernandez, A. Garcia-Otero, 1996. Effect of lactic starter culture on the growth and protease activity of *Aeromonas hydrophila*. J. Appl. Bacteriol., 80, 13–18.
- Song, Y. B., S. W. Moon, S. J. Kim and Y. D. Lee, 2002. Effect of EM-fermented orange in commercial diet on growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 15, 103–110.
- Strøm, E. and E. Ringø, 1993. Changes in the bacterial composition of developing cod, *Gadus morhus* L., larvae following inoculation of *Lactobacillus plantarum* into the water. (in) B. Walter, and H. J. Fyhn (eds.), Physiological and Biochemical Aspects of Fish Larval Development. Grafisk Hus, Bergen, pp. 226–228.
- Vadstein, O., 1997. The use of immunostimulation in marine larviculture: possibilities and challenges. Aquaculture, 155, 410–417.
- Walker, D. K., and S. E. Gilliland, 1992. Relationships among bile tolerance, bile salt deconjugation and as assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. J. Dairy Sci., 76, 956–961.
- Yeo, I. K. and S. Rho, 2004. Characteristics of the addition of effective microorganism and herbal (HanbangchunOlyukchun) mixture in moist pellets and effects of the mixed additives on activity of liver in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 17, 109–114.

원고접수 : 2007년 8월 3일

수정본 수리 : 2008년 2월 2일