

유자첨가사료가 넙치의 질병저항성에 미치는 영향

정요한 · 김도형 · 김흥윤 · 신태선* · 오명주 · 이정호** · 김종현 · 임수연 · 김은희†

전남대학교 수산생명의학과, *전남대학교 식품공·영양학부, **전라남도 수산기술사업소 고흥지소

Effects of diets supplemented with Yuzu *Citrus junos* Siebold ex Tanaka on disease resistance of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*

Yo Han Jung, Do-Hyung Kim, Heung Yun Kim, Tai-Sun Shin*, Myung-Joo Oh, Jung-Ho Lee**, Jong Hyun Kim, Su Yeon Im and Eunheui Kim†

Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, 550-749, Korea

*Division of Food Science and Technology, Chonnam National University, 550-749, Korea

**Jeollanam-do Fisheries Technology Office Goheung Branch, 548-903, Korea

Effects of various concentration of yuzu *Citrus junos* Siebold ex Tanaka in the diets on growth, blood chemistry and disease resistance of olive flounder were determined. Fifteen hundred fish averaging 200~270g were fed on moist pellet containing yuzu at the concentrations of 0%(control), 2.5%, 5% and 7.5% for 3 months. After feeding trial, weight gain of fish fed 2.5% and 5.0% yuza diet was higher than those of fish fed 0% and 7.5% yuza diet but not significant($P>0.05$). No differences in hematological and physiological indices of olive flounder were found among the experimental diets except for total cholesterol. Serum lysozyme activity was not significantly different among fish fed experimental diets but bactericidal activity of fish fed 7.5% yuza diet was significantly different from those of fish fed 0, 2.5 and 5% Yuza diets. Survival rates of fish fed 2.5% yuza diet at experimental infection with *Edwardsiella tarda* and *Streptococcus* sp. were higher than those of the other experimental groups but not significant. In conclusion, Dietary inclusion of 2.5~5% yuzu seems to have positive effects for fish health condition and disease resistance.

Key words : Yuzu diet, Flounder, Blood chemistry, Disease resistance

최근 식품의 원료 생산단계부터 안전성을 확보하고자 하는 소비자들의 요구에 맞추어 양식산업현장에서도 식품안전성이 입증된 고품질의 수산물을 생산하고자 노력하고 있다. 넙치 양식에 있어서도 화학약품 사용을 줄이고 천연물을 이용하여 내병성 강화

와 함께 육질을 개선하고 넙치 고유의 성분에 기능성 물질이 함께 함유된 고부가 가치의 기능성 넙치개발이 이루어지고 있다(정 등, 2003a; 여와 노, 2004; 허 등 2003). 정 등(2003a)은 한약탕제부산물 첨가 사료가 넙치에 미치는 효과에 관한 연구에서 넙치 사료 내에 한약탕제부산물을 10%정도 까지 첨가하여도

†Corresponding author : Eunheui Kim

Tel. : 061-659-7171

Fax. : 061-659-7179

e-mail : ehkim@chonnam.ac.kr

성장 및 생존률 개선 효과가 있어 고성장과 내병성이 기대되는 친환경적이고 경제적인 양어사로 개발이 가능한 것으로 보고하였다. 또한 여와 노 (2004)는 유용미생물과 한약제를 혼합한 첨가제(한방천, 어력천)는 상호 보완적인 작용을 통해 어체에 부작용을 나타내지 않으면서 생리활성의 증대를 가져오며, 산소운반능력이 증대됨으로써 활어 운반 시의 저산소 상태에 대한 내성을 증대시킬 뿐 아니라 질병에 대한 면역력의 증대로 생존률이 증가된다고 하였다. 이 밖에도 생약제 추출물(이 등, 2010), 손바닥선인장 추출 발효물(허 등, 2003) 및 녹차부산물(한국해양대, 2007) 등을 사료에 첨가하여 넙치를 사육함으로써 성장 및 생존율이 개선되고, 내병성과 생리활성이 증대되는 효과를 가져왔다는 보고들이 있다.

생산량의 70% 이상이 유자차나 유자청을 만드는 원료로 사용되는데 그치고 있는 유자는 현재 다양한 연구를 통하여 생리활성효과의 우수성이 입증되고 있다. 유와 황(2004)은 성숙한 유자의 과피와 과육에서 추출된 물질이 항산화효과와 암세포사멸효과를 갖는다고 보고하였으며, 송(2004)은 유자의 과즙에서 나타나는 항산화효과가 vitamin C에 의한 항산화 효과보다 높으므로 천연항산화물질 개발의 필요성을 제기하였다. 또한 임(2005)은 한국산 유자 향기의 74.4%를 차지하는 limonene이 면역기능조절활성을 갖고 있으므로 항생물질 대체물질로의 개발이 필요하다고 하였다. 한편 유자에 다량 함유되어 있는 유기산은 생물체 내에서 돌연변이성, 발암성 및 기형발생의 가능성이 있는 nitrosamine의 생성억제 능력이 뛰어난 것으로 밝혀졌다(신 등, 2004).

그러므로 본 연구에서는 수산물의 경쟁력을 높이고 식품안전성을 확보하고자 하는 최근의 추세에 맞추어 선행 연구들에서 다양한 효과가 있는 것으로 입증된 유자를 넙치사료에 첨가하여 사육효과 및 자

체 항병력 증가 효과를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

시험 사육

평균 200~270g의 넙치를 1500마리 씩 수용하고 있는 시험 수조 4개를 설정하여 2007년 11월부터 고홍산유자를 0%, 2.5%, 5.0%, 7.5% 첨가한 사료를 만복 시까지 투여하면서 약 3개월 간 사육하였다. 유자 사료는 냉장 저장한 유자의 과실 전체를 갈아서 냉동 보관하였다가 생사료와 함께 섞어 펠릿을 만든 후 냉동보관하면서 사용하였다. 월회 성장 정도를 알아보기 위하여 10마리씩 3 반복으로 체중을 측정하였으며 그룹 간 평균 증체량의 차이는 SAS (version 9.2) 프로그램으로 ANOVA test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

혈액성상 및 혈청 생화학적 분석

각 실험구와 대조구의 수조에서 넙치를 10마리씩 무작위로 포획하여 약 200 ppm의 MS-222 수용액으로 마취시킨 다음 미병부에서 혈액을 채취하였다. 항응고제(10% EDTA)를 처리한 혈액은 20시간 이내에 적혈구용적률(hematocrit, Hct)과 혈색소함량(hemoglobin, Hb)을 분석하였으며, hematocrit는 micro-hematocrit법으로, hemoglobin은 cyanomethaemoglobin 법으로 측정하였다. 한편 응고시킨 혈액은 5,000rpm으로 20분간 원심분리하여 혈청을 얻었고 -70°C에 보관하면서 혈청생화학성분 분석에 사용하였다. 혈청생화학성분은 GOT (glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase), 혈당(GLU, glucose), 총콜레스테롤(TCHO, total cholesterol), ALP (alkaline phosphatase), 총단백질(TP, total protein) 및 TBIL (total bilirubin)을 혈액생화학분석기 (FUJI DRI-CHEM 3500)로 측정하였다.

측정값은 Sigma plot(version 8.0)프로그램으로 t-test를 실시하였으며 95%의 유의수준에서 유의성을 검증하였다.

넙치혈청의 항균력 분석

넙치 혈청의 항균 활성시험은 Hollebecq *et al* (1995)의 방법에 따라 실시하였다. *Edwardsiella tarda* KE1(Han *et al*, 2006)을 1.5% NaCl이 첨가 된 brain heart infusion broth(BHIB)에 25°C, 18시간 배양한 후 phosphate buffered saline(PBS)으로 3회 세척하여 세균수를 1×10^7 CFU/ml로 조정하였다. 각 실험구와 대조구의 넙치 수조로부터 10마리씩 무작위로 포획하여 5 ml 씩 채혈하여 혈청을 분리한 후 -80°C에 보관하면서 사용하였다. 96 well microplate (flat bottom)에 세균 현탁액 100 μ l와 혈청 25 μ l를 혼합하여 25°C에서 배양하면서 0시간과 24시간 후에 spectrophotometer로 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도 값의 차이를 계산하여 대조군과 비교한 상대적 세균 억제 능력을 백분율(%)로 나타내었다. 결과는 모두 3반복로 실시한 후 산술 평균으로 분석하였으며 Student's t-test를 이용하여 95%의 유의수준에서 유의성을 검증하였다.

혈청의 라이소자임 활성 비교

라이소자임 활성 시험은 Lange *et al*(2001)의 방법으로 실시하였다. 100 μ l의 혈청을 동량의 0.05 M sodium phosphate buffer (pH6.2)에 희석한 후 희석

혈청을 96 well microplate 에 100 μ l씩 분주하였다. 곧바로 그람 양성 세균인 *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma) 현탁액 100 μ l (농도: 0.4 mg/ml)를 혼합하여 20 °C에서 배양하면서 spectrophotometer로 0분과 15분 후에 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 라이소자임 활성 unit은 1분 동안 흡광도 값 0.001을 감소시키는 혈청의 양을 1 ml로 환산하여 나타내었다.

통계 분석은 Student's t-test를 이용하여 95%의 유의수준에서 유의성을 검증하였다.

어류병원성세균에 대한 감수성

시험 사육한 4군의 어류를 실험실로 운반하여 20 마리씩 나누어 4일간 안정시킨 후 주요 어류병원성세균을 인위 감염시켰다. *E. tarda*와 *Streptococcus* sp.를 각각 broth 배양하여 3회 세척하고 멸균생리식염수에 현탁하여 *E. tarda*는 어류 1마리 당 7.2×10^5 CFU를 복강 주사하였고, *Streptococcus* sp.는 어류 1마리 당 1.9×10^5 CFU를 주사하였으며 비감염구에는 생리식염수를 동량 주사한 후 대조구의 생존율이 0%가 되는 시점까지 유지하면서 관찰하였다.

결과 및 고찰

평균 체중 증가율

유자첨가량에 따른 넙치의 평균 체중 증가는 2.5%와 5% 첨가구가 대조구와 7.5% 첨가구 보다 다소 높았으나 통계적으로 유의한 차는 없었다(Table 1).

Table 1. Survival and weight gain of olive flounder fed the experimental diets with various concentrations of yuzu for 3 months

Diet(%)	Average weight(g/fish)		Weight gain(g/fish)	Survival (%)
	Initial	Final		
0.0	208.0± 5.57	351.7±24.1	143.7±20.53	98.3
2.5	243.3±23.50	414.6±19.01	171.3±42.50	98.4
5.0	263.7±29.74	434.3±24.13	170.7± 9.29	98.5
7.5	253.7± 3.06	403.0±11.14	149.3±12.06	98.5

Values are means±SE(n=30)

그러므로 대조구에 비해 유자첨가 사료에 의한 넙치의 성장률 증가는 인정되지 않았으나 유자를 사료에 적정량 첨가하면 성장도 개선 효과는 있을 것으로 기대된다. 손바닥선인장 줄기 가수분해 분획물을 넙치에 투여 하였을 때 체중증가나 기타 어류 생리학적 혈액학적 지수의 차이는 인정되지 않았지만 생존률의 증가를 가져온다는 지 등(2007)의 연구결과와 한약탕제부산물을 첨가한 사료로 사육한 넙치에 있어서도 체중의 유의적인 증가는 없었으나 성장도가 개선되고 건강도가 향상된다는 정 등(2003a)의 연구결과에 근거해볼 때, 넙치의 면역력을 증강시켜 생존률을 높이기 위하여 사료에 첨가하는 물질들은 공통적으로 체중의 증가는 크게 나타나지 않는 것으로 사료된다.

혈액학적 성상

일반사료를 섭취한 넙치와 다양한 농도의 유자혼합사료를 섭취한 넙치 모두 Hct와 Hb에 차이가 없었으며, 건강상태는 매우 양호한 것으로 나타났다 (Table 2). 혈액중의 GOT와 GPT는 사료의 유자함량이 높을수록 다소 낮아지는 경향이 관찰되었으나 대조구와 비교하여 유의적인 차이는 없었다. 혈당은 실험어 모두 혈액 100 ml 당 약 12~17 mg의 안정된

값을 보였다. 통상적으로 어체의 혈당치는 사료 섭취 후에 높은 값을 보이다가 시간이 경과하면 낮아지지만 환경 스트레스에 접한 어류의 경우 높은 혈당치를 보이는 특징이 있다. 본 실험에서 안정된 혈당치를 보이는 것은 넙치의 사료로 인한 스트레스는 없는 것으로 여겨졌다. 어체의 간기능 활성정도를 반영하는 ALP도 유자첨가사료를 섭취한 군과 대조군 간의 유의적인 차이는 없었으나 유자첨가사료를 섭취한 실험구의 넙치에서 대조군보다 낮은 값을 나타냈다. 혈액 중의 TBIL 또한 대조구와 유자혼합사료를 섭취한 넙치 모두 혈액 100 ml당 0.20 ~0.26 mg 의 낮은 값을 보였다. 한편 혈중 총콜레스테롤은 5% 유자혼합사료를 섭취한 넙치가 일반사료를 섭취한 넙치에 비하여 유의하게 낮은 값을 보였으며, 유의적인 차이는 없었으나 7.5% 유자혼합사료를 섭취한 넙치에서도 대조군보다 낮게 나타났다. 그러므로 사료 중의 유자 혼합률이 2.5% ~ 7.5%인 사료를 섭취하더라도 어체의 생리적 이상변화는 나타나지 않으며 간에 대한 독성도 없는 것으로 판단되었다. 한편 유자넙치의 혈중 총콜레스테롤이 감소된 본 연구의 결과는 황금을 사료에 첨가하여 사육한 넙치(이 등, 2010)나 생약제 추출물을 사료에 첨가하여 사육한 넙치(정 등, 2002)의 경우 대조구에 비해 총콜레스테롤에 차이가

없었다는 보고와는 다른 결과였다. 혈중 총콜레스테롤은 동일 어종이라 할지라도 사육수온, 크기, 생식 주기 등에 따라 달라질 수 있으므로 절대적인 값의 비교를 할 수는 없지만 유자첨가사료 급이에 따른

총콜레스테롤 감소가 어류의 건강도 및 식품으로서의 가치에 미치는 영향에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Table 2. Comparisons of hematological indices in olive flounder fed the experimental diets with various concentrations of Yuzu for 3 months

	Diet(%)				N
	0.0	2.5	5.0	7.5	
Hct	24.73±2.46	23.23±3.74	22.8±3.38	22.9±2.35	10
Hb	5.39±0.26	5.36±0.65	5.35±0.41	5.39±0.29	10
GOT	18.00±8.29	16.63±10.61	13.57±5.38	14.89±8.14	9
GPT	2.80±0.92	2.87±1.13	2.57±0.53	2.60±1.07	10
TCHO	436.20±55.2	438.60±58.2	355.9±71.6*	396.9±48.3	9
ALP	317.80±79.3	295.70±83.6	297.9±107.1	264.8±61.3	10
GLU	13.70±3.34	16.19±5.84	14.0±2.16	12.40±1.17	9-10
TP	4.88±0.34	4.55±0.51	4.41±0.58	4.47±0.32	10
TBIL	0.23±0.05	0.23±0.05	0.26±0.05	0.22±0.04	7-10

* significant difference from control, p<0.05

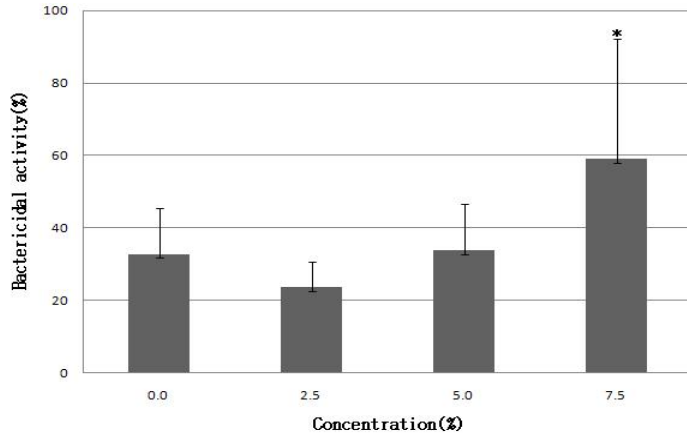
자체면역력 분석

혈청의 항균활성 및 lysozyme 활성을 비교한 결과, 사료 내 유자의 함유량이 0, 2.5, 5%인 구간에서는 넙치 혈청의 항균활성은 95% 유의수준에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 7.5%의 유자를 약 3개월 동안 먹인 넙치는 혈청의 항균활성이 대조구에 비해서 유의적으로 높았다 (Fig.1). 라이소자임 활성은 5% 유자를 먹인 넙치가 대조구에 비해 활성이 높았으나 유의적인 차이는 없었다 (Fig. 2). 유자의 여러 성분 중에는 비타민 C가 특히 높은 비중을 차지하는 것으로 알려져 있는데(임, 2005) 일반적으로 비타민 C는 동물의 성장과 유지에 필요한 필수 영양분이다. 이러한 필수 영양소인 비타민 C가 어류의 비특이적인 면역반응을 증가시킨다고 알려져 있다 (Lie

and Lovell, 1985), 뿐 만 아니라 정 등(2003b)은 넙치에 있어서 사료효율 및 성장 개선효과가 있으며 조직 내에 비타민의 축적을 가져온다고 보고하였다. 본 연구에서 유자함유량이 가장 높은 7.5%가 첨가된 사료를 먹인 넙치 혈청의 항균활성이 유의적으로 높게 나타난 것은 고농도의 유자 첨가구에서 비타민 C에 의해 보체의 활성이 유의적으로 유도된 것으로 판단되었다. 이는 돛류 (Orthuno *et al.*, 1999)와 대서양연어 (Hardie *et al.*, 1991)에 비타민 C를 고농도로 투여하였을 때 다양한 비특이적인 면역 인자들이 활성화 된다는 결과와 일치하였다. 비타민 C를 고농도 (3g/ kg)로 12주 정도 투여한 돛의 경우 혈청 내 비타민 C 농도가 대조구 (0.5g/ kg)에 비하여 높았으며 혈청의 보체 활성도 증가하였다. 또한 고농도의 비타

민 C (2.75g /kg)를 6개월 이상 먹인 대서양연어의 경우 보체 활성이 일반적인 농도 (0.31g/ kg)로 먹인 대조구에 비해 유의적으로 높았다. 이와 같이 본 연구에서도 유자의 함유량이 증가할수록 항균활성이 증

가하는 경향을 보여 유자의 섭취에 따른 비타민 C의 섭취증가와 넵치혈청의 항균활성 간에는 상관관계가 있을 것으로 추측되었다.



*, significant difference from control, $p < 0.05$

Fig. 1. Bactericidal activity against *Edwardsiella tarda* in serum of olive flounder fed the experimental diets containing various concentrations of Yuzu for 3 months.

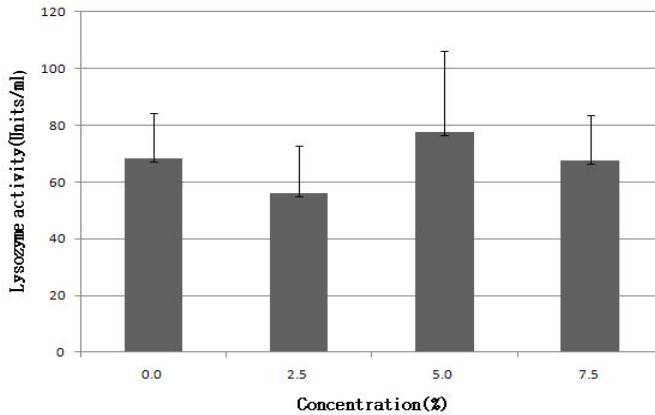


Fig.2. Lysozyme activity in serum of olive flounder fed the experimental diets containing various concentrations of Yuzu for 3 months.

어류병원세균에 대한 감수성

인위 감염실험에서 병원균을 주사하지 않은 그룹의 생존율은 모두 100% 였으며 *E. tarda* 감염에서는 2.5% 실험구의 생존율이 대조구에 비해 높았으며, 5%나 7.5% 첨가구에서도 폐사가 지연되는 경향을 보였다 (Fig. 3). *Streptococcus* sp. 감염에서도 2.5% 시험구의 생존율이 대조구에 비해 높았으나, 5% 첨가구는 대조구보다 폐사가 빨리 진행되었으며 7.5% 실험구는 실험과정의 오류로 인하여 확인할 수 없었다. 그러므로 유자를 적정량 사료에 투여 해 주면, 병원체에 대한 넙치의 감수성을 감소시켜 생존율을 증가시키는 효과를 볼 수 있으나, 체내에 병원체의 양이 일정 수준 이상 되어 발병이 되는 상황에서는 그룹 간 생존율에 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 현장 적용의 편리성을 고려하여 유자과실을 별도의 처리 없이 그대로 사료에 혼합하여 투여한 실험의 결과이므로, 시료의 가수분해물이나 열수 추출물 또는 분말의 형태로 사료에 첨가하여 사용한 타 연구 결과와 직접적인 비교는 할 수 없었다. 그러나 정 등(2002)은 생약제 첨가 사료에 의해 비특이적 면역 활성의 유의적인 증가가 없음에도 불구하고 질병에 대한 넙치의 생존율이 증가했

다고 보고하였고, 지 등(2007)도 손바닥선인장 줄기 가수분해 분획물을 넙치에 투여 하였을 때 라이소자임 활성의 차이는 인정되지 않았지만 생존율의 증가를 가져온다고 보고하였다. 본 연구에서도 넙치에 어류병원세균을 인위 감염 시켰을 때 생존율은 사료의 유자 첨가량을 증가시켰을 때 넙치 혈청의 항균활성 및 라이소자임활성이 증가하는 경향을 보인 결과와는 일치하지 않았다. 이 등(2010)도 황금 열수추출액을 사료에 혼합시켜 사육한 넙치에 있어서, 라이소자임활성이나 혈액생화학적성상에 뚜렷한 변화는 없었지만 통계적으로 유의한 수준은 아닐지라도 체중의 증가를 가져오고 질병에 대한 상대생존율이 황금 첨가농도에 비례하지는 않지만 증가되는 것을 보고하였다. 그러므로 어류의 질병 저항성을 단순히 혈청의 라이소자임활성이나 항균활성과 직접적으로 연관시키는 것은 타당하지 않지만 유용한 천연식물들을 사료에 첨가하여 넙치를 사육하면 다양한 비특이 면역 인자들이 자극되어 총체적으로 질병에 대한 저항성을 증가시킬 수 있으며 이는 부수적으로 사육 시에 사용되는 항균제의 사용량을 감소시키는 효과를 가져올 것으로 기대되었다.

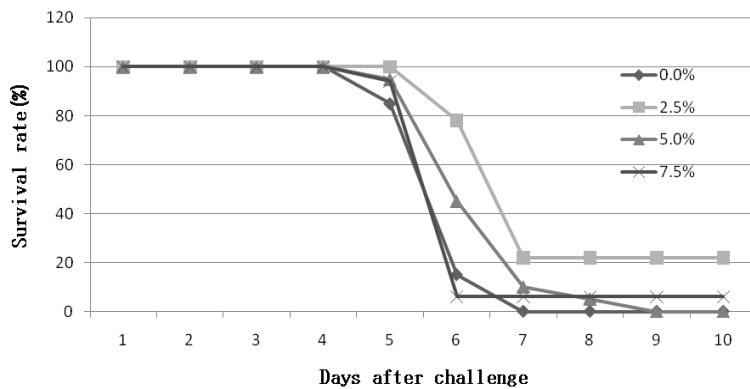


Fig. 3. Survival rates of olive flounder fed the experimental diets containing various concentrations of Yuzu after *Edwardsiella tarda* infection.

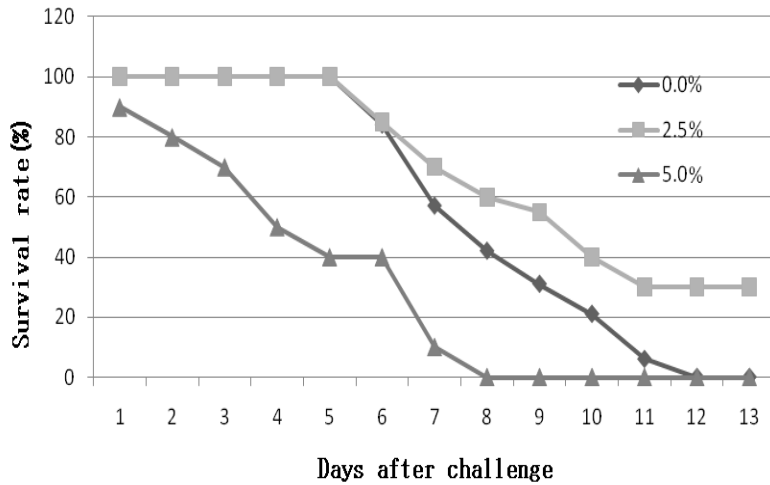


Fig. 4. Survival rates of olive flounder fed the experimental diets containing various concentrations of Yuzu after *Streptococcus* sp. infection.

한편 유자첨가사료로 사육한 넙치의 영양성분을 조사한 결과를 보면(김 등, 2009) 어육 100g 내의 비타민 C 함유량은 대조구가 1.31 mg 인데 비해 첨가구는 2.88~4.37 mg으로 높게 나타나 넙치 체내의 천연비타민 C는 어류의 비특이면역력 및 병원체에 대한 저항성을 증가시켜 폐사를 지연시키는 효과에 관여했을 것으로 사료된다. 그러므로 사료에 유자를 2.5% 정도 첨가하여 사육함으로써 넙치의 생리적 및 혈액학적으로 부정적인 영향을 나타내지 않으면서 질병에 대한 저항력을 증가시킬 뿐 아니라, 어육과 함께 천연비타민 C를 흡수 할 수 있는 기능성 넙치 개발의 가능성을 시사하였다.

요 약

넙치사료에 유자과실을 갈아서 0, 2.5, 5, 7.5% 첨가하여 3개월 간 사육한 후 사육효과 및 자체 항병력 증가 효과를 알아보았다. 유자를 첨가한 사료에서

성장의 유의적인 증가는 없었으나 7.5% 첨가 사료로 사육한 넙치는 2.5%~5% 첨가한 넙치 보다 체중 증가량이 적었다. 혈액학적인 조사 결과에서도 유자첨가로 인하여 넙치의 생리 상태에 부정적인 영향을 보이지는 않았으며 혈중 GOT 및 총콜레스테롤을 감소시키는 효과가 있어 건강도가 증진되는 것으로 나타났다. 혈청의 항세균 활성은 7.5% 시험구에서 높았으나, 라이소자임 활성은 시험구간 차이가 없었다. 어류병원세균의 인위감염에 대한 넙치의 질병저항성은 시험구 간에 차이가 없었으나 2.5% 유자 첨가구의 넙치에서 폐사가 지연되는 효과를 보였다. 그러므로 사료에 유자를 첨가하여 사육하는 것은 넙치의 어류생리학적 식품영양학적인 면에서 부정적인 영향은 없으나 유자첨가량을 2.5%~5% 사이로 하여 사육하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 전남 고흥군의 “기능성 물질이용 양식 어류 상품개발”사업 (2008)에 의해 수행한 결과로 이에 감사드리며, 어류사육을 위해 협조해 주신 고흥 유자넙치영어조합법인 관계자분들께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- Han, H.J., Kim, D.H., Lee, D.C., Kim, S.M. and Park, S.I.: Pathogenicity of *Edwardsiella tarda* to olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). *Journal of Fish Diseases*, 29: 601-609, 2006.
- Hardie, L. J., Fletcher, T. C. and Secombes, C. J.: The effect of dietary vitamin C on the immune response of the Atlantic salmon *Salmo salar* L.. *Aquaculture*, 95:201-214, 1991.
- Hollebecq, M-G., Faivre, B., Bourmaud, C. and Michel, C.: Spontaneous bactericidal and complement activities in serum of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* genetically selected for resistance or susceptibility to furunculosis. *Fish & Shellfish Immunol.*,5:407-426,1995.
- Lange, S., Gudmundsdottir, B.K. and Magnadottir, B.: Humoral immune parameters of cultured Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L.. *Fish & Shellfish Immunol.*, 11: 523-535, 2001.
- Li, Y. and Lovell, R.T.: Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune responses in channel catfish. *Journal of Nutrition*, 115: 123-131, 1985.
- Ortuno, J., Esteban, M.A. and Meseguer, J.: Effect of high dietary intake of vitamin C on non-specific immune response of gilthead seabream *Sparus aurata* L.. *Fish & Shellfish Immunol.*, 9: 429-443. 1999.
- 김홍운 · 김은희 · 김도형 · 오명주 · 신태산 유자 첨가 사료로 사육된 넙치의 영양성분. *한국수산학회 지*, 42: 215-223, 2009.
- 송희순 유자 및 한라봉의 과즙 및 에탄올 추출물의 항산화 활성. *광주보건대학 논문집*, 28:129-138, 2004.
- 신정혜 · 이준역 · 조희숙 · 이수정 · 정경희 · 성낙주: 유자 중 NDMA 생성억제에 영향을 미치는 인자의 검색. *식품위생학회지*, 19:126-131, 2004
- 여인규 · 노삼 넙치에 있어서의 유용미생물과 한약재 혼합 첨가제 (한방천 어력천)의 첨가가 생리활성에 미치는 효과. *제주대 해양과학연구논문집*, 28: 7-13, 2004.
- 유경미 · 황인경: *In vitro* 상에서 유자, *Citrus junos* SIEB ex TANAKA 용매 추출물의 암세포 억제효과 및 항산화성. *한국식품과학회지*, 36:339-344, 2004.
- 이남실 · 정승희 · 지보영: 생약제 5종 열수추출물의 어류병원체에 대한 *in vitro* 약효와 선택된 한 종(황금)의 넙치에서의 항균효능과 독성시험. *한국어병학회지*, 23: 137-143. 2010.
- 임현화 유자로부터의 Limonene 추출 및 면역기능 조절활성화에 관한 연구. *한경대학교 산업대학원 농학 석사학위논문*, 2005.
- 정관식 · 지승철 · 주용석: 한약탕제부산물 첨가사료가 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 성장과 체조성에 미치는 영향. *한국수산학회지*, 36:614-618, 2003a.
- 정관식 · 지승철 · 안창범 · 신태선 · 유진형: 습사료에 비타민 C와 E 첨가가 넙치 치어의 성장과 체성분에 미치는 영향. *한국수산학회지*, 36:100-106,

2003b.
 정승희 · 이주석 · 한형균 · 전창영 · 이해영: 생약제 첨
 가 사료를 투여한 넙치, *Paralichthys olivaceus*
 의 비특이적 면역반응: 혈액성분 및 항병력 효과.
 한국어병학회지, 15: 25-35, 2002.
 지보영 · 이남실 · 김주완 · 박미선 · 정승희: 손바닥선
 인장 줄기 가수분해 분획물 (MBT-01108)의 넙
 치 세균성질병 예방효과. 한국어병학회지, 20:
 179-187, 2007.
 한국해양대학교SG사업단. 녹차부산물을 이용한 고부

가 가치성 넙치의 생산을 위한 사료첨가제 개발
 해양수산부, 2007.

허승담 · 박달수 · 고경민 · 김문관 · 손원근 · 이두
 식 · 신태균: 양식 넙치에서 손바닥 선인장 발효
 물의 항균효과. 수의공중위생학회지, 27:143-147,
 2003.

Manuscript Received : October 28, 2010

Revised : December 15, 2010

Accepted : December 23, 2010