

## 항산화 기능 사료첨가제가 조피볼락(*Sebastes schlegelii*)의 성장, 체조성, 혈액성상 및 세균 공격성에 미치는 영향

윤아영 · 김희성 · 서영완 · 조성환\* · 배준영<sup>1</sup>

한국해양대학교 해양생명과학부, CJ제일제당<sup>1</sup>

### Effects of Dietary Antioxidant Supplementation on the Growth, Serum Chemistry, Body Composition and Challenge Test Results of Juvenile Rockfish *Sebastes schlegelii*

Ahyeong Yun, Hee Sung Kim, Youngwan Seo and Sung Hwoan Cho\* and Jun Young Bae<sup>1</sup>

Division of Marine BioScience, College of Ocean Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

<sup>1</sup>Food ingredients New Business Team, CJ CheilJedang Corporation, Seoul 04560, Korea

The effects of dietary antioxidant [saltwort (SW), leek (LK), and dandelion (DD)] supplementation on the growth, body composition, serum chemistry, and challenge test results of juvenile rockfish, *Sebastes schlegelii*, were determined. In an experiment, 320 fish were randomly distributed into eight, 50-L flow-through tanks (40 fish per tank). Four experimental diets were prepared: the control diet (Con) with synthetic antioxidant: and diets with SW, LK, or DD from natural sources. Each diet was randomly assigned to duplicate tanks of fish, which were hand-fed to satiation twice daily for 8 weeks. After the 8-week feeding trial, 20 fish from each tank were artificially infected with *Streptococcus iniae* and monitored for 6 days. The dietary additives did not affect survival, weight gain, specific growth rate, feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER), or plasma chemistry. However, the cumulative mortality of fish fed the SW, LK and DD diets was lower than that of fish fed the control diet beginning 4 days after infection. In conclusion, dietary supplementation with SW, LK, and DD did not affect the growth, FE, PER, or plasma chemistry of rockfish. However, dietary inclusion of SW, LK, and DD lowered the mortality of rockfish following infection with *S. iniae*.

Key words: Rockfish (*Sebastes schlegelii*), Additive, Antioxidant, Challenge test, *Streptococcus iniae*

## 서론

조피볼락(*Sebastes schlegelii*)은 넙치(*Paralichthys olivaceus*)와 더불어 국내 해산어류 양식산업을 대표하는 주요 어종으로서 2015년 조피볼락의 국내양식 총생산량은 18,774톤으로 넙치(45,759톤) 다음으로 높은 양식 생산고를 보이고 있다 (KOSIS, 2016). 이러한 조피볼락의 상업적 중요성 때문에 조피볼락용 배합사료내 주요 영양소 요구량(Kim et al., 2001; Wang et al., 2003; Cho et al., 2015), 적정 사료공급횟수(Lee et al., 2000; Lee et al., 2013), 어분 대체를 위한 동물성 및 식물성 단

백질원 개발(Lee et al., 1996; Jeon et al., 2014) 및 어체 면역 향상을 위한 사료첨가제 개발(Kim et al., 1999) 등에 대한 다양한 연구가 보고된 바 있다.

최근 어류의 연중 양식으로 인한 질병 발생으로 인한 대량폐사가 빈번하게 발생하여 양식 어민들의 경제적 손실은 아주 심각한 실정이며, 이러한 대량폐사를 감소시키기 위하여 어류용 배합사료내 인위적으로 합성항생제를 사용하고 있는 실정이다. 그러나 합성항생제의 사용은 항생제 내성 증가, 어류내 항생제 잔류 및 환경오염 등의 심각한 문제를 야기시킬 수 있기 때문에 유럽의 몇몇 나라에서는 어류용 배합사료내 합성항생제의

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0323>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 49(3) 323-329, June 2016

Received 27 May 2016; Accepted 3 June 2016

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 410. 4755 Fax: +82. 51. 404. 4750

E-mail address: chosunh@kmou.ac.kr

사용을 전면 금지하고 있는 실정이다(Tang et al., 2001). 우리나라에서도 사료회사에서 양어용 배합사료 제품을 생산할 때에는 합성항생제(동물용 의약품)를 사용하지 못하도록 법규로 규정되어 있으며, 항생제는 필요시 양어가가 규정에 준하여 구입하여 사용하도록 규정되어 있다.

따라서 최근에는 이들 합성항생제를 대체할 수 있는 천연 소재의 다양한 소재 개발이나 약용식물(herb)을 개발하여 사료첨가제로 공급함으로써 어류의 성장, 사료 이용성 및 질병 저항성 향상 효과(Turan and Akyurt, 2005; Turan et al., 2007; Galina et al., 2009; Soosean et al., 2010; Dada and Oviawe, 2011; Deng et al., 2011; Cho and Lee, 2012; Kim et al., 2013) 등에 대한 연구가 수행된 바 있다. 따라서 어류의 생산성 향상을 위하여 어류의 성장, 사료의 이용성 및 질병에 대한 내성을 향상시킬 수 있는 다양한 새로운 천연 소재의 사료첨가제 개발은 지속적으로 이루어져야 한다.

함초(Saltwort (SW), *Salicornia herbacea* L.)는 생리활성 물질인 sterols (Lee et al., 2004), polysaccharides (Lee et al., 2006), flavonoid glycosides (Park and Kim, 2004; Kong et al., 2008) 및 chlorogenic acid 유도체(Chung et al., 2005)를 함유하며, 특히 항산화 활성 물질인 flavonoid 배당체 화합물 isorhamnetin 3-O-β-D-glucopyranoside, quercetin 3-O-β-D-glucopyranoside과 tungmadic acid (3-caffeoyl-4-dihydrocaffeoyl quinic acid)를 함유하고 있어(Hwang et al., 2009; Kong et al., 2009) 항산화, 항염증 및 면역조절에 효과가 있다고 보고된 바 있다(Rhee et al., 2009; Shin et al., 2002; Kim 2007; Song et al., 2007; Im et al., 2003; Jo et al., 2002). 부추[Leek (LK), *Allium tuberosum* Rottler]는 항산화물질로 알려진 flavonoid 화합물과 β-carotene 및 식이성 phenol인 β-sitosterol, quercetin, phenolic acid, kaemperol 등을 다량으로 함유하고 있으며(Wenzel et al., 2000; Jung et al., 2003) 세포계와 동물계에 있어 우수한 항산화 작용을 나타낸다고 보고된 바 있다(Ahn et al., 2001; Jung et al., 2003). 민들레[Dandelion (DD), *Taraxacum mongolicum* H.]는 항산화물질로 알려진 페놀화합물과 flavonoid를 다량으로 함유하고 있으며(Heo and Wang, 2008), 동물에서 항암(Takasaka et al., 1999), 면역 관련 활성(Yoon, 2008) 및 위장 보호 효과(Han et al., 2005)가 알려진 바 있다.

따라서 본 연구에서는 상업용 배합사료내 많이 사용되고 있는 합성항산화제인 ethoxyquin과 비교하여 항산화 기능 사료첨가제(함초, 부추 및 민들레)를 조피볼락용 배합사료내 사용시 어체의 성장, 체조성, 혈액성상 및 세균 공격성에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어 및 사육 조건

실험에서 사용된 조피볼락 치어는 경북 포항에 위치한 개인양

어장에서 구입하여 사육실험 환경에 2주간 적응시켰으며, 적응 기간 동안에는 1일 2회 충분한 양의 배합사료(상품사료: 단백질 52%, 지질 12%)를 어체의 2-4%가량 공급하여 주었다. 조피볼락 치어[시작시 마리당 평균 무게(Mean ± SE: 4.2 ± 0.00 g)] 40 마리씩을 8개의 50 L 사각형 유수식 플라스틱 수조(수량: 45 L)에 각각 수용하였다. 각 수조당 환수량은 1.41 L/min이었으며, 각각의 수조에는 충분한 aeration을 시켜주었다.

Table 1. Ingredients (% DM basis) and nutrient composition of the experimental diets

	Experimental diets			
	Con	SW <sup>1</sup>	LK <sup>1</sup>	DD <sup>1</sup>
<i>Ingredients (%)</i>				
Fish meal <sup>2</sup>	58	58	58	58
Defatted soybean meal <sup>3</sup>	8.5	8.5	8.5	8.5
Casein	4	4	4	4
Wheat flour	21.9	21	21	21
Ethoxyquin <sup>4</sup>	0.1			
Additives		1	1	1
Squid liver oil	2.5	2.5	2.5	2.5
Soybean oil	2.5	2.5	2.5	2.5
Vitamin premix <sup>5</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral premix <sup>6</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>Nutrients (%)</i>				
Dry matter	90.0	92.9	91.7	91.8
Crude protein	51.2	50.8	51.2	50.9
Crude lipid	10.9	10.7	10.9	10.7
Ash	10.3	10.1	10.0	10.2

<sup>1</sup>SW (Saltwort), <sup>1</sup>LK (Leek), and <sup>1</sup>DD (Dandelion) were purchased from Tojongherb Co Ltd. (Dongdaemun-gu, Seoul, Korea). <sup>2</sup>Fish meal and was purchased from Abank Co Ltd. (Seocho-gu, Seoul, Korea). <sup>3</sup>Defatted soybean meal was supplied by CJ CheilJedang Corp. (Jung-gu, Seoul, Korea). <sup>4</sup>Ethoxyquin was supplied from Chunhajeil feed Co Ltd. (Daedeok-gu, Daejeon, Korea). <sup>5</sup>Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): L-ascorbic acid, 121.2; DL-α-tocopheryl acetate, 18.8; thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-D-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003. <sup>6</sup>Mineral premix contained the following ingredients (g/kg mix): MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 80.0; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 370.0; KCl, 130.0; ferric citrate, 40.0; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, 0.15; KI, 0.15; Na<sub>2</sub>Se<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.01; MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, 2.0; CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 1.0.

**실험사료의 준비**

조피볼락용 실험사료의 사료조성표는 Table 1과 같다. 어분, 대두박과 카제인을 실험용 사료내 주요 단백질원으로 공급하였으며, 소맥분을 주요 탄수화물원으로 공급하였다. 그리고 오징어 간유와 대두유를 실험용 사료내 주요 지질원으로 공급하였다. 0.1% 소맥분 대신에 합성항산화제인 ethoxyquin (천하제일사료, 한국)을 0.1% 첨가한 실험구를 대조구(Con) 사료로 이용하였으며, 1% 소맥분 대신에 시판중인 사료첨가제 SW, LK, DD (토종마을, 서울, 한국)를 각각 1%씩 첨가하여 실험사료로 제조하여 이용하였다. 실험사료 원료는 잘 혼합한 후 물과 3:1의 비율로 섞어서 실험실용 펠렛제조기를 이용하여 실험사료를 제조하였다. 제조한 실험사료는 그늘에서 건조시킨 후 -20℃ 냉동고에 보관하면서 필요시 마다 소량씩 사용하였다. 모든 실험어는 1주일에 7일간 1일 2회(09:00, 17:00)씩 매일 손으로 만복 시까지 사료를 공급하여 주었다.

**일반성분 분석**

실험사료와 실험어의 일반성분 분석을 위하여 8주간의 사육 실험 종료시 각 수조당 생존한 조피볼락 5마리씩을 무작위로 샘플하여 일반성분 분석에 이용하였으며, 수분, 조단백질, 조지방 및 회분을 AOAC 표준방법(1990)에 따라 분석하였다. 조단백질은 Kjeldahl method (Auto Kjeldahl System, Buchi B-324/435/412, Switzerland)과 조지방은 ether-extraction method으로 분석하였으며, 조회분은 550℃ 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였고, 수분은 105℃ dry oven에서 24시간 건조시킨 후 측정하였다.

**채혈 및 혈액성상 분석**

8주간의 사육실험 종료시 1일간 절식시킨 이후 각 수조에서 생존한 조피볼락을 무작위로 5마리씩 샘플하여 50 ppm의 아미노안식향산 에틸수용액으로 마취한 후 미부정맥에서 채혈하여 혈청을 분리하였으며, 분리된 혈청을 이용하여 혈액성상 분석에 사용하였다. 조피볼락의 혈액은 Automatic Chemistry System (HITACHI 7180/7600-210, Hitachi, Japan)을 이용하여 총단백질(total protein), glutamic oxaloacetic transaminase

(GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT)와 triglyceride 함량을 측정하였다.

**세균 공격성 실험(challenge test)**

8주간의 사육실험 종료시 각각의 사육수조에서 생존한 조피볼락을 무작위로 20마리씩 선별하여  $7.9 \times 10^6$  CFU/L 농도의 *Streptococcus iniae* (FP5024)를 0.1 mL씩 복강내 주사하여 인위적으로 감염시켰다. 감염 이후 총 6일간 폐사를 관찰하였으며, 감염 이후 12시간 간격으로 조피볼락의 폐사 여부를 관찰하였으며 폐사한 개체는 관찰 즉시 제거하였다. 세균 공격성 실험 기간 동안에 실험어는 절식시켰으며, 지수식으로 유지시켰다.

**통계 분석**

One-way ANOVA와 Duncan's multiple range test (Duncan 1955)로서 SPSS program version 19.0 (SPSS Michigan Avenue, Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 실험구간의 유의성을 검정하였다.

**결과 및 고찰**

조피볼락용 배합사료내 항산화 기능 사료첨가제를 함유한 실험사료를 8주간 공급시 조피볼락의 생존율(%), 어체중 증가(g/fish) 및 일일성장율(SGR)을 Table 2에 나타내었다. 조피볼락의 생존율은 97.5-100%의 범위로서 항산화 기능 사료첨가제 종류에 따른 유의적인 차이는 없었다( $P>0.05$ ). 그리고 조피볼락의 마리당 어체중 증가는 11.2-12.4 g의 범위이었고, 일일성장율은 2.30-2.43%/day의 범위이었으나, 어체중 증가와 일일성장율은 항산화 기능 사료첨가제 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 이와 유사하게 사료내 다양한 사료첨가제 공급시 어류의 생존율이나 성장에는 유의적인 차이를 보이지 않았다(Choi et al., 2004; Kim et al., 2005; Cho and Lee, 2012; Cho et al., 2013).

8주간의 사육실험 종료시 조피볼락의 사료섭취량(g/fish), 사료효율(feed efficiency, FE), 단백질전환효율(protein efficiency ratio, PER) 및 단백질축적율(protein retention, PR)을 Table 3에 나타내었다. 마리당 사료섭취량은 부추(LK) 사료 공

Table 2. Survival (%), weight gain (g/fish) and specific growth rate (SGR) of rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets containing various sources of antioxidants for 8 weeks

Experimental diets	Initial weight (g/individual)	Final weight (g/individual)	Survival (%)	Weight gain (g/individual)	SGR <sup>1</sup> (%/day)
Con	4.3±0.02	15.5±0.41	97.5±2.50 <sup>a</sup>	11.2±0.43 <sup>a</sup>	2.30±0.056 <sup>a</sup>
SW	4.3±0.00	15.5±0.02	100.0±0.00 <sup>a</sup>	11.3±0.02 <sup>a</sup>	2.31±0.003 <sup>a</sup>
LK	4.3±0.01	16.7±0.06	100.0±0.00 <sup>a</sup>	12.4±0.07 <sup>a</sup>	2.43±0.011 <sup>a</sup>
DD	4.3±0.01	15.8±0.03	100.0±0.00 <sup>a</sup>	11.6±0.02 <sup>a</sup>	2.34±0.002 <sup>a</sup>

Values (means of duplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ( $P>0.05$ ). <sup>1</sup>SGR (%/day) = (Ln final weight of fish - Ln initial weight of fish)×100/days of feeding trial.

Table 3. Feed consumption (g/fish), feed efficiency (FE, %), protein efficiency ratio (PER) and protein retention (PR) of rockfish *Sebastes schlegelii* fed experimental diets containing various sources of antioxidants for 8 weeks

Experimental diets	Feed consumption (g/fish)	FE (%) <sup>1</sup>	PER <sup>2</sup>	PR <sup>3</sup>
Con	10.9±0.32 <sup>b</sup>	103±1.1 <sup>a</sup>	2.01±0.019 <sup>a</sup>	45.4±0.28 <sup>a</sup>
SW	11.2±0.05 <sup>b</sup>	100±0.6 <sup>a</sup>	1.97±0.013 <sup>a</sup>	45.2±0.29 <sup>a</sup>
LK	12.3±0.01 <sup>a</sup>	101±0.5 <sup>a</sup>	1.97±0.010 <sup>a</sup>	42.0±0.35 <sup>b</sup>
DD	11.6±0.05 <sup>ab</sup>	100±0.6 <sup>a</sup>	1.96±0.011 <sup>a</sup>	44.0±0.54 <sup>a</sup>

Values (means of duplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ( $P>0.05$ ). <sup>1</sup>Feed efficiency (FE, %) = Weight gain of fish×100/feed consumed. <sup>2</sup>Protein efficiency ratio (PER) = Weight gain of fish/protein consumed. <sup>3</sup>Protein retention (PR) = Protein gain×100/protein consumed.

급구가 대조구(Con)와 함초(SW) 사료 공급구보다 유의적으로 높게 나타났으나( $P<0.05$ ), 민들레(DD) 사료 공급구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 그러나 사료효율(100-103%)과 단백질전환효율(1.96-2.01)은 항산화 기능 사료첨가제 종류에 따른 실험구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 단백질축적율은 LK 사료 공급구가 나머지 다른 실험 사료 공급구보다 유의적으로 낮게 나타났( $P<0.05$ ). 이와 유사하게 사료내 양파 분말(Cho and Lee, 2012), 송강약돌(Choi et al., 2004), 키토산(Kim et al., 2005) 또는 황금 추출물(Cho et al., 2013) 첨가시 어류의 사료 이용성에는 차이가 없었다. 위의 연구와는 달리 조피볼락용 배합사료내 0.5%의 *Chlorella* 분말 첨가시 사료효율이 개선되었다(Bai et al., 2001).

항산화 기능 사료첨가제가 함유된 실험용 배합사료를 8주간 공급받은 조피볼락의 전어체 일반성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 전어체의 수분 함량은 LK와 DD 사료를 공급한 실험구가 대조구와 SW 사료를 공급한 실험구보다 유의적으로 높게 나타났( $P<0.05$ ). 전어체의 조단백질 함량은 SW 사료를 공급한 실험구가 LK와 DD 사료를 공급한 실험구보다 유의적으로 높게 나타났으나( $P<0.05$ ) 대조구와는 유의적인 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 전어체의 조지질 함량은 SW 사료 공급구가 나

머지 다른 실험사료 공급구보다 유의적으로 높았으나( $P<0.05$ ), 회분 함량은 모든 실험사료 공급구간에 유의적인 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 본 결과와 유사하게 사료내 *Chlorella* 분말 첨가에 따른 조피볼락 체성분의 차이를 보였다(Bai et al., 2001). 그러나 본 연구 결과와는 달리 조피볼락용 배합사료내 생약제 첨가에 따라 등근육, 간, 내장 및 전어체의 일반성분에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Seo et al., 2009). 배합사료내 공급된 사료첨가제의 효능이나 기능은 대상 어종이나 사료첨가제의 종류나 형태, 사육환경, 어류의 건강상태나 또는 사료공급양 등에 따라서 다르게 나타나는 것으로 생각된다. 최근 Galina et al. (2009)는 양어용 면역항상제(immunostimulant)로서 다양한 종류의 중국 약용식물인 황기(*Astragalus membranaceus*), 황금(*Scutellaria baicalensis*), 인동(*Lonicera japonica*), Ganoderma lucidium 및 인도의 약용식물인 holy (*Ocimum sanctum*), amla (*Phyllanthus emblica*), neem (*Phyllanthus emblica*)과 *Solanum trilobatum* 등의 다양한 효과와 효능에 대해서 잘 논의한 바 있다.

8주간의 사육실험 종료시 조피볼락의 혈청의 total protein, total cholesterol, glutamic pyruvic transaminase (GPT), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) 및 triglyceride의 함량을 Table 5에 나타내었다. 측정된 모든 항목의 함량은 항산화 기능 사료첨가제 종류에 따른 실험구간의 유의적인 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 이러한 결과는 동일한 실험구내 측정값들의 큰 변이 차이에 따른 것으로 판단된다. 본 결과와 유사하게 조피볼락 사료내 김과 다시마의 첨가에 따른 실험구간의 유의적인 차이

Table 4. Chemical composition (%) of rockfish *Sebastes schlegelii* fed experimental diets containing various sources of antioxidants for 8 weeks

Experimental diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Con	62.9±0.47 <sup>b</sup>	21.1±0.01 <sup>ab</sup>	6.2±0.07 <sup>b</sup>	6.0±0.04 <sup>a</sup>
SW	62.1±0.04 <sup>b</sup>	21.3±0.00 <sup>a</sup>	6.5±0.04 <sup>a</sup>	6.2±0.08 <sup>a</sup>
LK	64.8±0.58 <sup>a</sup>	20.3±0.08 <sup>c</sup>	6.3±0.03 <sup>b</sup>	6.0±0.05 <sup>a</sup>
DD	66.1±0.13 <sup>a</sup>	21.0±0.11 <sup>b</sup>	6.3±0.00 <sup>b</sup>	6.1±0.04 <sup>a</sup>

Values (means of duplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ( $P>0.05$ ).

Table 5. Serum chemistry of rockfish *Sebastes schlegelii* fed experimental diets containing various sources of antioxidants for 8 weeks

Experimental diets	Total protein (g/dL)	Total cholesterol (mg/dL)	GPT (IU/L)	GOT (IU/L)	Triglyceride (mg/dL)
Con	4.2±0.19 <sup>a</sup>	192.0±3.00 <sup>a</sup>	2.0±1.00 <sup>a</sup>	66.5±8.50 <sup>a</sup>	265.5±38.50 <sup>a</sup>
SW	4.0±0.11 <sup>a</sup>	188.5±8.50 <sup>a</sup>	2.0±0.00 <sup>a</sup>	45.0±6.00 <sup>a</sup>	312.0±26.00 <sup>a</sup>
LK	4.4±0.04 <sup>a</sup>	196.5±6.94 <sup>a</sup>	2.5±0.41 <sup>a</sup>	42.5±6.12 <sup>a</sup>	307.5±2.04 <sup>a</sup>
DD	4.5±0.18 <sup>a</sup>	208.5±7.50 <sup>a</sup>	3.0±0.00 <sup>a</sup>	62.5±5.50 <sup>a</sup>	303.0±9.00 <sup>a</sup>

Values (means of duplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ( $P>0.05$ ). GPT, glutamic pyruvic transaminase; GOT, glutamic oxaloacetic transaminase.

가 나타나지 않았다(Jeon et al., 2013). 그러나 사료내 알로에 2% 첨가시 조피볼락 혈청 glucose 함량은 무첨가구인 대조구에 비하여 크게 감소하였다(Bai et al., 2001).

8주간의 조피볼락 사육실험 종료시 생존한 조피볼락 20마리를 무작위로 추출하여 *S. iniae*로 인위적인 감염 이후 6일간의 누적폐사율 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 세균 감염후 LK사료를 공급한 실험구에서 36시간째에 폐사가 관찰되기 시작하였으나, 세균 감염 이후 4일째부터 관찰 종료시인 6일째까지 대조구에서 SW, LK 및 DD 사료 공급구보다 유의적으로 높은 누적폐사율이 관찰되었다. 또한 감염 이후 4일째부터 관찰 종료시인 6일째까지 SW와 LK 사료 공급구에서 DD 사료 공급구보다 유의적으로 낮은 누적폐사율이 관찰되었다( $P < 0.05$ ).

어류에 있어서 다양한 종류나 형태의 사료첨가제가 어류의 면역성 향상이나 내병성에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 조피볼락용 배합사료내 0.5% 알로에 첨가시 *Vibrio alginolyticus*의 인위적인 감염후 무첨가구인 대조구나 0.1% 알로에 첨가구에 비해 낮은 누적폐사율이 관찰되었다(Kim et al., 1999). 넙치용 배합사료내 양파 분말 0.5-5% 첨가시 *Edwardsiella tarda*의 인위적인 감염 이후 60시간째부터 분말이 첨가되지 않은 대조구에 비해서 낮은 누적폐사율이 관찰되었으며(Cho and Lee, 2012), 또한 0.5% 송강약돌 첨가시 *E. tarda*에 감염에 대한 낮은 누적폐사율이 관찰되었었다(Choi et al., 2004). 황금(*Scutellaria baicalensis*) 추출물의 사료내 첨가시 넙치의 경우에는 *E. tarda*와 메기의 경우 *V. anguillarum*과 *S. iniae*의 인위적인 세균 감염에 효과가 있는 것으로 나타났다(Cho et al., 2013; Kim et al., 2013). 또한 넙치용 배합사료내 glucan 첨가시 *E. tarda* 감염 이후 무첨가구인 대조구에 비해서 낮은 누적폐사율을 보였다(Won et al., 2004).

이상의 결과를 고려할 때 항산화 기능을 가진 함초, 부추 및 민

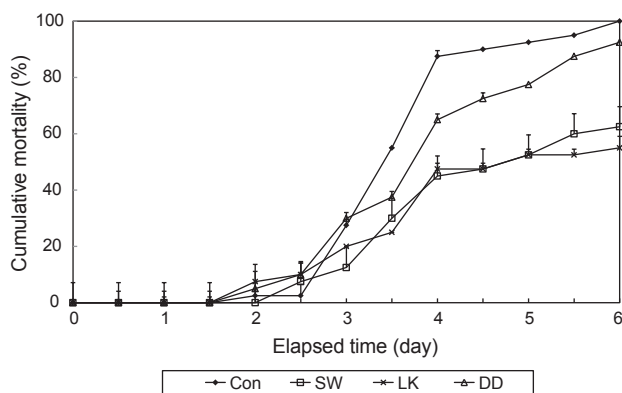


Fig. 1. Cumulative mortality of rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets containing various sources of antioxidants for 8 weeks, and then infected by *Streptococcus iniae* (means of duplicates  $\pm$  SE).

들레의 배합사료내 첨가는 조피볼락의 성장과 혈액성상학적 변화에는 효과가 없는 것으로 나타났다. 그러나 함초, 부추 및 민들레의 사료내 첨가는 *S. iniae* 감염 이후 조피볼락의 누적폐사율을 감소시키는데 효과적인 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 2014년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(“과립형 양어 미립자 초기사료 개발”) 및 (“장어 분리 유산균과 식물추출물을 이용한 어류의 면역강화용 천연 사료첨가제의 개발”)이며, 또한 이 논문 2002년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업이며(No. KRF-2012R1A1A2003937), 이에 감사드립니다.

## References

- Ahn JM, Lee SH and Song YS. 2001. Biological functions in leek. *Food Indus Nutr* 6, 68-73.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. *Official Methods of Analysis* (15<sup>th</sup> edn). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Bai SC, Koo J, Kim K and Kim S. 2001. Effects of *Chlorella* powder as a feed additive on growth performance in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf). *Aquacult Res* 32, 92-98. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00008.x>
- Cho SH and Lee S. 2012. Onion powder in the diet of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*: Effects on the growth, body composition, and lysozyme activity. *J World Aquacult Soc* 43, 30-38. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345-2011.00489.x>.
- Cho SH, Jeon GH, Kim HS, Kim DS and Kim C. 2013. Effects of dietary *Scutellaria baicalensis* extract on growth, feed utilization and challenge test of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Asian-Aust J Anim Sci* 26, 90-96. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12147>.
- Cho SH, Kim HS, Myung SH, Jung W, Choi J and Lee S. 2015. Optimum dietary protein and lipid levels for juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*, Hilgendorf 1880). *Aquacult Res* 46, 2954-2961. <http://dx.doi.org/10.1111/are.12450>.
- Choi S, Ko S, Park G, Lim S, Yu G, Lee J and Bai SC. 2004. Utilization of song-gang stone as dietary additive in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J Aquaculture* 17, 39-45.
- Chung YC, Chun HK, Yang JY, Kim JY, Han EH, Kho YH and Jeong HG. 2005. Tungtungmadic acid, a novel antioxidant, from *Salicornia herbacea*. *Arch Pharm Res* 28, 1122-1126. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02972972>.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.

- Dada AA, Oviawe NE. 2011. The use of bitter kola *Garcinia kola* dry seed powder as a natural growth-promoting agent for African sharptooth catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Afr J Aquat Sci* 36, 97-100. <http://dx.doi.org/10.2989/16085914.2011.559703>.
- Deng J, An Q, Bi B, Wang Q, Kong BL, Tao L and Zhang X. 2011. Effect of ethanolic extract of propolis on growth performance and plasma biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol Biochem* 37, 959-967. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-011-9493-0>.
- Galina J, Yin G, Ardo L and Jeney Z. 2009. The use of immunostimulating herbs in fish. An overview of research. *Fish Physiol Biochem* 35, 669-676.
- Han SH, Hwang JK, Park SN, Lee KH, Kang IK, Kim KS and Kim KH. 2005. Potential effect of solvent fractions of *Taraxacum mongolicum* H. on protection of gastric mucosa. *Korean J Food Sci Technol* 37, 84-89.
- Heo S, Wang M. 2008. Antioxidant activity and cytotoxicity effect of extracts from *Taraxacum mongolicum* H. *Kor J Pharmacogn* 39, 255-259.
- Hwang YP, Yun HJ, Chun HK, Chung YC, Kim HK, Jeong MH, Yoon TR and Jeong HG. 2009. Protective mechanisms of 4-caffeoyl, 4-dihydrocaffeoyl quinic acid from *Salicornia herbacea* against tert-butylhydroperoxide-induced oxidative damage. *Chemico-Biological Interactions* 181, 366-376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2009.07.017>.
- Im SA, Kim GW and Lee CK. 2003. Immunomodulatory activity of *Salicornia herbacea* L. components. *Korean J Nutr* 40, 5-13.
- Jeon GH, Cho SH, Lee SM, Nam TJ and Kim DS. 2013. Effects of the dietary inclusion of Porphyra and sea tangle *Laminaria japonica* on the growth, feed utilization, body composition, and plasma chemistry of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegelii*. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 546-551. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0546>.
- Jeon GH, Kim HS, Myung SH and Cho SH. 2014. The effect of the dietary substitution of fishmeal with tuna by-product meal on growth, body composition, plasma chemistry and amino acid profiles of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquacult Nutr* 20, 753-761. <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12153>.
- Jo YC, Ahn JH, Chon SM, Lee KS, Bae TJ and Kang DS. 2002. Studies on pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J Med Crop Sci* 10, 93-99.
- Jung H, Noh K, Cho H, Park J, Choi C, Kwon T and Song Y. 2003. Effect of buchu (*Allium tuberosum*) on lipid peroxidation and antioxidative defense system in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Life Sci* 13, 333-342.
- Kim MW. 2007. Effects of *Salicornia herbacea* L. supplementation on blood glucose and lipid metabolites in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 40, 5-13.
- Kim KH, Hwang YJ and Bai SC. 1999. Resistance to *Vibrio alginolyticus* in juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*) fed diets containing different doses of aloe. *Aquaculture* 180, 13-21. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00143-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00143-X).
- Kim K, Wang XJ and Bai SC. 2001. Reevaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegelii* (Hilgen-dorf). *Aquacult Res* 32 (Suppl. 1), 119-125. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00010.x>.
- Kim C, Kang B, Jee H, Choi A, Kim C, Cho Y, Hahn H and Nam KD. 2005. Effect of chitosan-based feed additive on the growth and quality of cultured Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J Chitin Chitosan* 10, 121-127.
- Kim KT, Jeon GH, Cho SH, Lim SG, Kwon M and Yoo J. 2013. Effects of dietary inclusion of various concentrations of *Scutellaria baicalensis* Georgi extract on growth, body composition, serum chemistry and challenge test of far eastern catfish (*Silurus asotus*). *Aquacult Res* 44, 1502-1510. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03157.x>.
- KOSIS. 2016. Korean Statistical Information Service. Korea.
- Kong C, Kim YA, Kim M, Park J, Kim J, Kim S, Lee B, Nam TJ and Seo Y. 2008. Flavonoid glycosides isolated from *Salicornia herbacea* inhibit matrix metalloproteinase in HT1080 cells. *Toxicol in Vitro* 22, 1742-1748. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tiv.2008.07.013>.
- Kong C, Kim JA, Qian ZJ, Kim YA, Lee JI, Kim SK, Nam TJ and Seo YW. 2009. Protective effect of isorhamnetin 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside from *Salicornia herbacea* against oxidation-induced cell damage. *Food Chem Toxicol* 47, 1914-1920. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.05.002>.
- Lee S, Yoo J and Lee JY. 1996. 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 schlegelii*). *Korean J Ani Nut Feed* 20, 21-30.
- Lee S, Hwang U and Cho SH. 2000. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture* 187, 399-409. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00318-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00318-5).
- Lee YS, Lee HS, Shin KH, Kim BK and Lee SH. 2004. Constituents of the halophyte *Salicornia herbacea*. *Arch Pharm Res* 27, 1034-1036. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02975427>.
- Lee KY, Lee MH, Chang IY, Yoon SP, Lim DY and Jeon YJ. 2006. Macrophage activation by polysaccharide fraction isolated from *Salicornia herbacea*. *J Ethnopharm* 103, 372-378. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2005.08.037>.
- Lee J, Lee B, Kim K, Han H, Park G, Lee J, Yun H and Bai SC. 2013. Optimal feeding frequency for juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegelii* fed commercial diet at two different water temperatures. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 761-768. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0761>.
- Park S and Kim K. 2004. Isolation and identification of antioxi-

- dant flavonoids from *Salicornia herbacea* L. J Korean Soc Appl Biol Chem 47, 120-123.
- Rhee KS, Park HJ and Cho JY. 2009. *Salicornia herbacea*: botanical, chemical and pharmacological review of halophyte marsh plant. J Med Plants Res 3, 548-555.
- Seo J, Kim K and Lee S. 2009. Effects of supplemental herb medicines in the diets on growth, feed utilization and body composition of juvenile and grower rockfish *Sebastes schlegelii*. J Aquaculture 22, 112-117.
- Shin KS, Boo HO, Jeon MW and Ko JY. 2002. Chemical components of native plant, *Salicornia herbacea* L. Korean J Plant Res 15, 216-220.
- Song H, Kim D, Jung Y and Lee M. 2007. Antioxidant activities of red hamcho (*Salicornia herbacea* L.) against lipid peroxidation and the formation of radicals. Korean J Food Nutr 20, 150-157.
- Soosean C, Marimuthu K, Sudhakaran S and Xavier R. 2010. Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) extracts as a feed additive on growth and hematological parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. Eur Rev Med Pharmacol Sci 14, 605-611.
- Takasaki M, Konoshima T, Tokuda H, Masuda K, Arai Y, Shiojima K and Ageta H. 1999. Anti-carcinogenic activity of *Taraxacum* plant. I. Biol Pharm Bull 22, 602-5.
- Tang S, Kerry JP, Sheehan D and Buckley DJ. 2001. A comparative study of tea catechins and  $\alpha$ -tocopherol as antioxidants in cooked beef and chicken meat. Eur Food Res Technol 213, 286-289. <http://dx.doi.org/10.1007/s002170100311>.
- Turan F and Akyurt I. 2005. Effects of red clover extract on growth performance and body composition of African catfish *Clarias gariepinus* (Bruchell, 1822). Fish Sci 71, 618-620. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.01006.x>.
- Turan F, Güürek M, Yaglioglu D. 2007. Dietary red clover (*Trifolium pratense*) on growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*). J Ani Vet Adv 6, 1429-1433.
- Wang X, Kim K, Park G, Choi S, Jun H and Bai SC. 2003. Evaluation of L-ascorbyl-2-glucose as the source of vitamin C for juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf). Aquacult Res 34, 1337-1341. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00953.x>.
- Wenzel U, Kuntz S, Brendel MD and Daniel H. 2000. Dietary flavone is a potent apoptosis inducer in human colon carcinoma cells. Cancer Res 60, 3823-3831.
- Won K, Kim S and Park S. 2004. The effects of  $\beta$ -1,3/1,6-linked glucan in the diet on immune responses of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* by oral administration. J Fish Pathol 17, 29-38.
- Yoon T. 2008. Effect of water extracts from foot of *Taraxacum officinale* in innate and adaptive immune responses in mice. Korean J Food Nutr 21, 275-282.