

사료내 개똥쑥(*Artemisia annua* L.) 첨가가 조피볼락(*Sebastes schlegelii*) 치어의 성장, 사료이용성, 체조성, 혈액성상 및 lysozyme 활성에 미치는 영향

오화용 · 이태훈 · 이규진 · 박서영 · 홍승범 · 김영옥 · 김영생* · 김희성†
경상국립대학교(학생) · *엔 바이오(대표이사) · †경상국립대학교(교수)

Effects of Sweet Wormwood (*Artemisia annua* L.) in Diet on Growth Performance, Feed Utilization, Body Composition, Blood Chemistry, and Lysozyme Activity of Juvenile Korean Rockfish (*Sebastes schlegelii*)

Hwa Yong OH · Tae Hoon LEE · Gyu Jin LEE · Seo Young PARK · Seung Beom HONG ·
Young Wook KIM · Young Saeng KIM* · Hee Sung KIM†

Gyeongsang National University(student) · *Natural Biotech(representative director) ·
†Gyeongsang National University(professor)

Abstract

This study investigated the effects of sweet wormwood (*Artemisia annua* L.) in diet on growth performance, feed utilization, body composition, blood chemistry and lysozyme activity of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). Three replicates of fish, each weighing 2.2 g, were provided with one of the following diets: control (including no additives), SWP1 (containing 1% sweet wormwood powder), and SWE0.1 (containing 0.1% sweet wormwood extract). At the end of 60 days feeding trial, the fish fed the Con, SWP1, and SWE0.1 diets showed no significant difference in final body weight, weight gain, specific growth rate, survival, feed consumption, and feed efficiency. The experimental diets did not affect the body composition and blood chemistry of the fish. However, the fish in the SWP1 group had a significantly ($P<0.05$) higher level of serum lysozyme activity than the Con and SWE0.1 groups. The findings of this study indicated that the inclusion of sweet wormwood in the diet did not have an adverse effect on growth performance, feed consumption, body composition, and blood chemistry. However, dietary 1% sweet wormwood powder supplementation improved serum lysozyme activity in juvenile Korean rockfish.

Key words : Korean rockfish, Sweet wormwood, Feed additive, Growth performance, Lysozyme activity

I. 서론

1970년대부터 우리나라 해산어류 양식은 다양한 어종에 대한 양식기술이 개발되어 이후 양식 생산량의 급격한 증가를 보였으며(Jhon et al., 2009), 2023년 국내 해산어류 양식 총생산량은

79,662 M/T (생산금액: 1조 1,194억), 그 중 조피볼락(*Sebastes schlegelii*) 양식생산량은 14,429 M/T (생산금액: 1,463억)으로 전체 양식 생산량의 약 18%를 차지하며, 넙치(*Paralichthys olivaceus*, 생산량: 39,931톤, 생산금액: 6,464억) 다음으로 많이 양식되는 육식성 해산어종이다(KOSIS, 2023). 일

† Corresponding author : 055-772-9254, bluesonn@gnu.ac.kr

찍부터 종자생산 기술이 확립된 조피볼락은 쏨뱅이목(Scorpaeniformes), 양볼락과(Scorpaenidae)에 속하는 광온 및 광염성 어종으로, 질병에 대한 높은 내성과 용이한 사육관리 등으로 인해 국내에서는 1980년대 말부터 양식이 시작되었으며(Lim et al., 2009), 이외에도 일본, 중국을 포함한 동아시아에서 많이 양식되는 어종 중 하나이다(Oh et al., 2008; Kai and Soes, 2009; Hwang et al., 2014).

전세계적으로 최근 수산물에 대한 높은 수요로 인하여 대다수의 양식장에서는 생산성을 높이기 위해 집약적 고밀도 양식이 주를 이루고 있으나, 이는 양식생물의 스트레스와 성장, 생리, 면역 등에 부정적인 영향을 미쳐 대량 폐사가 빈번하게 발생하고 있는 실정이다(Di Marco et al., 2008; Biswas et al., 2013). 이에 따라 폐사를 최소화하기 위해 합성 항산화제, 항생제 등을 사용하고 있지만(Jhon et al., 2009), 합성 화학약품의 빈번한 사용은 장내 유익세균의 불안정화, 내성균의 출현, 체내 항생제 축적 등 여러 부작용을 초래할 수 있다(Alderman and Hastings 1998; Teuber 2001; Jhon et al., 2009; Romero et al., 2012). 이에 따라 양식어류의 건강도 및 생산성 향상을 위한 해결책으로는 사육밀도, 사료공급량, 수질 관리 등의 사육관리 개선, 기능성 사료첨가제의 공급 등이 있으며, 특히, 친환경적이고 지속 이용 가능한 천연 소재의 건강 기능성 사료첨가제 개발에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

최근 수산동물용 사료첨가제로서 약용 식물의 사용은 비용적 측면과 지속 이용 가능성 등의 여러 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라(Pu et al., 2017; Abarike et al., 2018), alkaloids, flavonoids, phenolics, terpenoids, steroids 등과 같은 활성 성분 함유로 성장과 면역 촉진, 식욕 자극, 항스트레스, 항균, 질병저항성 향상 등과 같은 생산성에 효과를 보여 천연 항산화제 및 면역 촉진제로서 평가된 바 있다(Yilmaz et al., 2013; Hassan et al., 2018). 또한, 사료내 약용 식물 추출물의 첨가는

수생동물의 성장 증진과 면역능 향상을 통해 병원체 감염에 대한 질병 저항성을 향상시킬 수 있는 천연 기능성 사료첨가제로서 평가된 바 있다(Citarasu, 2010; Soltani et al., 2019). 특히, 조피볼락 사료내 약용 식물인 구기자의 첨가는 성장과 비특이적 면역능 향상에 효과적이었으며(Lim et al., 2009), 이 밖에도 함초, 부추 및 민들레(Yun et al., 2016), 손바닥선인장(Kim et al., 2019) 등과 같은 약용 식물의 사료첨가제로서의 이용 가능성에 대한 연구도 보고된 바 있다.

개똥쑥(sweet wormwood, *Artemisia annua* L.)은 쑥 속에 속하는 식물로 국내에서는 길, 들판, 강가 등에 자생하고 있으며, 국내를 포함한 아시아, 유럽 등지에 널리 분포되어 있다(Ryu et al., 2011). 개똥쑥에는 artemisinin류의 화합물(dihydroartemisinin, artesunate, deoxyartemisinin, artemether)뿐만 아니라 aliphatics, flavonoids, phenolics, lipids, coumarins, sterols, triterpenoids, purines 등을 포함한 총 600여종의 화합물을 함유하고 있어(Brown, 2010), 항균(Kim and Yun, 2016), 항산화(Cai et al., 2004), 항암(Efferth, 2017), 항박테리아(Donato et al., 2015) 등 다양한 활성을 보이는 것으로 나타났다. 특히, 국내 주요 양식대상 품종인 넙치 사료내 개똥쑥 추출물 첨가는 성장과 비특이적 면역능 향상에 효과적인 것으로 보고되었다(Hwang et al., 2015). 그러나, 조피볼락 치어 사료내 개똥쑥 첨가(분말, 농축액)에 따른 사육 효능을 평가한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 천연 사료첨가제로서 개똥쑥의 이용 가능성을 평가하기 위해 조피볼락 치어 사료내 개똥쑥 분말(sweet wormwood powder, SWP)과 농축액(sweet wormwood extract, SWE)을 첨가하여 성장, 사료이용성, 체조성, 혈액성상 및 lysozyme 활성에 미치는 영향을 평가하였다.

II. 연구 방법

1. 실험어 및 사육 조건

사육실험에 사용된 조피볼락 치어는 개인 양어장(경상남도, 남해)에서 구입하였다. 실험어는 경상국립대학교 해양생물교육연구센터(경상남도, 통영)로 운송 후 사육환경에 적응시키기 위해 2주간 순치하였고, 순치 기간 동안 1일 2회 충분한 양의 시판용 침강사료(천하제일사료, 조단백질: 52%, 조지질: 10%)를 공급하였다. 사육실험 개시 전 마리당 평균 2.2 g의 조피볼락 치어를 24시간 절식한 후 9개의 50 L 직사각형 유수식 플라스틱 수조(유수량: 2.7 L/min)에 각각 30마리씩 3반복으로 무작위로 수용하였다. 60일간의 사육실험 기간 동안 각 수조에는 충분한 aeration을 시켜주었고, 수온, 염도 및 용존산소는 각각 $21.06 \pm 1.15^\circ\text{C}$, 30.70 ± 0.48 psu 및 5.94 ± 0.35 mg/L 이었으며, YSI Pro Plus multiparameter (YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA)를 사용하여 매일 측정하였다.

2. 개똥쑥 분말(SWP) 및 농축액(SWE) 제조

실험에 사용한 개똥쑥은 개인 업체로부터 공급 받았고, 건조기를 사용하여 48시간동안 40°C 에서 건조한 후 분쇄하여 얻은 SWP는 사료 제조시까지 -20°C 에서 보관하였다. SWE를 제조하기 위해 SWP 20 g과 80% 에탄올 200 mL를 정용한 후 60°C 에서 2시간 교반하고 감압 깔때기를 이용하여 걸러진 시료를 다시 에탄올 200 mL 정용하였다. 추가적으로 60°C 에서 2시간 교반하고 감압 깔때기를 이용하여 걸러낸 후 냉장실에서 저장 보관하였으며, 회전진공농축기(Eyela N-1300V-W, Tokyo Rikakikai Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 50°C 에서 감압농축한 후 얻은 SWE는 냉장고(4°C)에 보관하였다.

3. 실험사료

실험사료 구성과 일반성분은 <Table 1>과 같다. 실험사료의 주요 단백질원으로는 전갱이분과 탈피대두박을 사용하였고 지질원으로는 어유와 대두유를, 탄수화물원으로는 소맥분을 사용하였다. 대조구(Con)사료는 개똥쑥 분말(SWP)과 농축액(SWE)을 첨가하지 않았고, 나머지 실험사료는 대조구 사료에 첨가한 소맥분과 증류수를 대신하여 각각 SWP 1% (SWP1)와 SWE 0.1% (SWE0.1)를

<Table 1> Formulation and proximate composition of the experimental diets (DM basis, %)

	Experimental diets		
	Con	SWP1	SWE0.1
Jackmackerel meal	60	60	60
Dehulled soybean meal	8	8	8
Wheat flour	22.5	21.5	22.5
SWP ¹	-	1.0	-
SWE ²	-	-	0.1
Fish oil	3.5	3.5	3.5
Soybean oil	3.5	3.5	3.5
Vitamin premix ³	1.0	1.0	1.0
Mineral premix ⁴	1.0	1.0	1.0
Choline	0.5	0.5	0.5
<i>Proximate composition (%)</i>			
Dry matter	91.6	91.7	92.0
Crude protein	52.9	52.8	52.3
Crude lipid	13.4	12.8	12.7
Ash	9.9	9.6	9.7

¹SWP (sweet wormwood powder) and ²SWE (sweet wormwood extract) were supplied from the local store. ³Vitamin 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. ⁴Mineral premix contained the following ingredients (g/kg mix): $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 80.0; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 370.0; KCl, 130.0; ferric citrate, 40.0; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.15; KI, 0.15; $\text{Na}_2\text{Se}_2\text{O}_3$, 0.01; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 2.0; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 1.0.

사료내 개똥썩(*Artemisia annua* L.) 첨가가 조피볼락(*Sebastes schlegelii*) 치어의 성장, 사료이용성, 체조성, 혈액성상 및 lysozyme 활성에 미치는 영향

첨가하여 총 3종류의 실험사료를 제조하였다. 실험사료 제조를 위해 실험원료는 잘 혼합한 후 실험실용 펠렛 제조기를 이용하여 직경 3 mm 크기로 압출 성형하였고, 건조기를 이용하여 48시간 동안 24℃에서 건조 후 사료공급 전까지 -35℃에서 보관하였다. 각 실험사료 공급은 60일간 1일 2회 (09:00, 17:00), 만복 공급하였다.

4. 어체 측정

60일간의 사육실험 종료시 어체 측정을 위해 모든 실험어는 24시간 절식한 후 100 ppm의 tricaine methanesulfonate (MS-222; Sigma-Aldrich, St. Louis, MI, USA)로 마취시켜 각 수조의 최종 무게 및 생존한 개체 수를 측정하였다. 어체중증가(weight gain, WG), 일일성장률(specific growth rate, SGR), 사료효율(feed efficiency, FE), 비만도(condition factor, CF)를 평가하기 위해 각 수조당 무작위로 10마리를 선택하여 전어체 무게와 체장을 측정하였다. 간중량지수(hepatosomatic index, HSI) 및 내장중량지수(viscerosomatic index, VSI)를 계산하기 위해 간과 내장을 박리하여 무게를 측정하였다.

5. 혈액 샘플

실험어의 혈액성상과 lysozyme 활성 분석을 위해 각 수조당 무작위로 10마리를 선택하여 MS-222 (100 ppm)로 마취시킨 후 헤파린 처리한 1 mL 주사기와 처리하지 않은 1 mL 주사기를 이용하여 미부정맥에서 채혈하였다. 채혈한 혈액은 8,000 rpm으로 10분간 원심분리 후 혈장 및 혈청을 분리하여 분석시까지 -80℃에 보관하였다.

6. 일반성분분석

전어체의 일반성분분석을 위해 각 수조당 무작위로 20마리씩 샘플하였고, AOAC (2005) 표준분

석방법에 따라 수분, 조단백질, 조지질, 및 회분 함량을 분석하였다. 수분은 105℃ dry oven에서 24시간 동안 건조한 후 측정하였고, 조단백질은 KD310-A-1015 KjelROC Analyzer (OPSIS Liquid LINE, Swden)를 사용하여 분석하였다. 조지질과 회분은 각각 에테르 추출법(ST 243 Soxtec TM; FOSS, Hillerod, Denmark)과 550℃ 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하여 분석하였다.

7. 혈액성상 분석

자동혈액분석기(FUJI Dri-Chem NX500i; Fujifilm, Tokyo, Japan)를 이용하여 혈장내 aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), total cholesterol (T-CHO), glucose (GLU) 및 total protein (TP)을 분석하였다.

8. Lysozyme 활성 분석

혈청 lysozyme 활성은 Lange et al. (2001)에 따라 분석하였다. *Micrococcus lysodeikticus*를 pH 6.2 인 50 mM Phosphate Buffer로 현탁하여 0.4 mg/mL 농도의 균액을 제조하였다. 25 μ l 혈청 시료 와 75 μ l 균액을 96 well plate에 첨가하여 상온에서 0분 반응한 후 spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, Tewksbury, MA, USA)를 사용하여 흡광도를 측정하고 5분 간격으로 30분 동안 600 nm에서 측정하였다.

9. 통계 분석

본 실험의 모든 결과값은 mean \pm SE로 나타내었다. 각 실험구간의 유의성(P<0.05)을 검증하기 위해 One-way analysis of variance (ANOVA)와 Tukey's HSD test를 이용하여 검증하였고, 모든 통계 분석은 SPSS version 27.0 (SPSS Michigan Avenue, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 성장 및 사료이용성

<Table 2> Growth performance and feed utilization of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) fed experimental diets for 60 days

Experimental diets	Con	SWP1	SWE0.1
IBW ¹ (g/fish)	2.2±0.00 ^a	2.2±0.00 ^a	2.2±0.00 ^a
FBW ² (g/fish)	16.9±0.26 ^a	16.8±0.52 ^a	16.8±0.32 ^a
WG ³ (g/fish)	14.7±0.25 ^a	14.6±0.51 ^a	14.6±0.32 ^a
SGR ⁴ (%/day)	3.45±0.024 ^a	3.44±0.051 ^a	3.44±0.034 ^a
Survival (%)	96.7±1.92 ^a	100.0±0.00 ^a	98.9±1.11 ^a
FC ⁵ (g/fish)	15.1±0.54 ^a	14.7±0.30 ^a	14.8±0.28 ^a
FE ⁶	0.99±0.017 ^a	1.00±0.030 ^a	0.99±0.005 ^a
CF ⁷	1.90±0.007 ^a	1.90±0.035 ^a	1.92±0.055 ^a
VSI ⁸	10.93±0.228 ^a	9.94±0.592 ^a	10.52±0.305 ^a
HSI ⁹	3.63±0.177 ^a	3.35±0.237 ^a	3.56±0.144 ^a

Values are mean of triplicate groups and presented as mean±SE. The lack of superscript letter indicates no significant differences among treatments. The test diets were prepared to contain 1% sweet wormwood powder (SWP1), and 0.1% sweet wormwood extract (SWE0.1) in the control (Con) diet. ¹IBW, initial body weight; ²FBW, final body weight; ³Weight gain (WG, g/fish)=final body weight-initial body weight; ⁴Specific growth rate (SGR, %/day)=(In final weight of fish-In initial weight of fish)/days of feeding trial × 100; ⁵Feed consumption (FC, g/fish)=dry feed consumed; ⁶Feed efficiency (FE)=weight gain of fish/feed consumed; ⁷Condition factor (CF)=fish weight/total length³; ⁸Viscerosomatic index (VSI, %)=100 × (visceral weight/body weight); ⁹Hepatosomatic index (HSI, %)=100 × (hepatopancreas weight/body weight).

개똥썩 첨가 실험사료를 60일간 공급시 조피볼락 치어의 성장 및 사료이용성 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 성장(최종 무게, 어체중증가, 일일 성장률), 사료이용성(사료공급량, 사료효율), 생체 지수(비만도, 내장중량지수, 간중량지수), 생존율은 실험구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다 (P>0.05).

2. 체조성

사육실험 종료시 실험사료 공급에 따른 조피볼락 치어 전어체의 일반성분분석 결과는 <Table 3>에 나타내었다. 어체의 수분, 조단백질, 조지질 및 회분함량은 실험구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다(P>0.05).

<Table 3> Whole-body composition of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) fed experimental diets for 60 days

Experimental diets	Con	SWP1	SWE0.1
Moisture (%)	70.1±0.04 ^a	70.1±0.10 ^a	70.0±0.15 ^a
Crude protein (%)	17.0±0.07 ^a	16.1±0.21 ^a	15.1±0.16 ^a
Crude lipid (%)	10.1±0.16 ^a	9.8±0.06 ^a	9.8±0.10 ^a
Ash (%)	3.7±0.08 ^a	3.4±0.10 ^a	3.5±0.04 ^a

Values are mean of triplicate groups and presented as mean±SE. The lack of superscript letter indicates no significant differences among treatments. The test diets were prepared to contain 1% sweet wormwood powder (SWP1), and 0.1% sweet wormwood extract (SWE0.1) in the control (Con) diet.

3. 혈액성상

사육실험 종료시 개똥썩의 첨가 형태와 함량에 따른 조피볼락 치어의 건강상태를 확인하기 위한 혈액성상 분석 결과는 <Table 4>에 나타내었다. 혈장내 AST, ALT, T-CHO, GLU 및 TP 함량은 실험구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다

사료내 개똥쑥(*Artemisia annua* L.) 첨가가 조피볼락(*Sebastes schlegelii*) 치어의 성장, 사료이용성, 체조성, 혈액성상 및 lysozyme 활성에 미치는 영향

($P>0.05$).

<Table 4> Hematological parameters of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) fed experimental diets for 60 days

Experimental diets	Con	SWP1	SWE0.1
AST ¹ (U/L)	107.00±20.82 ^a	73.00±6.03 ^a	78.67±5.70 ^a
ALT ² (U/L)	53.00±14.00 ^a	24.00±0.58 ^a	23.33±1.86 ^a
T-CHO ³ (mg/dL)	298±3.46 ^a	277±37.11 ^a	262±18.82 ^a
GLU ⁴ (mg/dL)	49.00±6.66 ^a	42.67±6.89 ^a	43.00±1.73 ^a
TP ⁵ (g/dL)	4.87±0.09 ^a	4.60±0.56 ^a	4.40±0.23 ^a

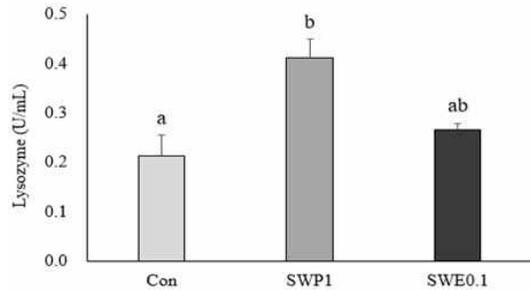
Values are mean of triplicate groups and presented as mean±SE. The lack of superscript letter indicates no significant differences among treatments. The test diets were prepared to contain 1% sweet wormwood powder (SWP1), and 0.1% sweet wormwood extract (SWE0.1) in the control (Con) diet. ¹AST, aspartate aminotransferase; ²ALT, alanine aminotransferase; ³T-CHO, total cholesterol; ⁴GLU, glucose; ⁵TP, total protein.

4. Lysozyme 활성

60일간의 사육실험 종료에 따른 조피볼락 치어 혈청내 lysozyme 활성은 [Fig. 1]에 나타내었다. 혈청 lysozyme 활성은 Con 사료를 공급한 실험구에 비해 SWP1 사료를 공급한 실험구에서 유의적으로 높게 나타났으나($P<0.05$), SWE0.1 사료를 공급한 실험구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$).

IV. 결론

양식업에서 항생제와 같은 합성 화학물질의 사용은 여러 부정적인 영향으로 인해 수산동물용 사료내 사용이 제한적인 실정임에 따라, 이를 대체할 친환경적이고 안전한 약용 식물의 사용은



[Fig. 1] Lysozyme activity (U/mL) of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) fed experimental diets for 60 days. All data are shown as mean ± SE of three replicates. The bars assigned with different letters denote that differences are statistically significant ($P<0.05$). The test diets were prepared to contain 1% sweet wormwood powder (SWP1), and 0.1% sweet wormwood extract (SWE0.1) in the control (Con) diet.

건강능 향상 관점에서 최근 많은 관심을 받고 있다(Awad and Awaad, 2017). 또한, 약용 식물은 다양한 영양소와 생활성화합물(steroids, phenolics, saponins, flavonoids, terpenoids 등)을 함유하고 있어 사료첨가제로 사용되고 있으며(Chang, 2000), 성장, 사료섭취 촉진 및 면역 자극 등 여러 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(Gatlin et al., 2007; Awad and Awaad, 2017). 본 연구에서 성장(최종 무게, 어체중증가, 일일성장률), 생체지수(비만도, 내장중량지수, 간중량지수), 생존율은 실험구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 이는 사료첨가제로서 개똥쑥은 조피볼락 치어의 성장 개선에 효과를 보이지 않았으며, 본 연구와 유사하게 Kim et al. (2019)의 연구에서도 조피볼락 치어의 성장은 사료내 0.1, 0.5 및 1.0% 손바닥선인장 줄기 분말과 1.0% 열매액 첨가에 따른 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며, 잉어(*Cyprinus carpio*) 사료내 0.1% Aloe vera 추출물의 첨가는 성장에 영향을 미치지 않았다

(Mahdavi et al., 2013). 그러나 조피볼락 치어 사료내 구기자 분말의 첨가는 어체중증가와 일일성장률에 유의한 영향을 미쳤으며(Lim et al., 2009), 나일 틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 사료내 로즈마리 잎 분말 10 g/kg 첨가는 성장에 효과적인 것으로 나타났다(Naief et al., 2020). 그러나 Rolin et al. (2015)의 연구에 의하면 메기(*Pangasianodon hypophthalmus*) 사료내 시나몬 잎 추출물 첨가 함량이 증가함에 따라 성장 감소를 보였다. 이와 같이 이전 연구와 본 연구에서 각 약용 식물의 사료첨가체로서 이용성 차이는 어류의 소화 및 흡수를 돕는 생리활성 물질의 종류, 함량 등에 의한 것(An et al., 2012)으로 판단된다.

본 연구에서 사료이용성(사료공급량, 사료효율)은 실험구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 이와 유사하게 나일 틸라피아 사료내 루핀, 망고, *Urtica dioica*를 각각 0, 1 및 2% 첨가시 사료전환효율과 사료섭취량은 실험사료에 따른 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며(Awad et al., 2012), 잉어 사료내 *Epilobium hirsutum* 추출물의 첨가는 사료전환효율에 영향을 미치지 않았다(Pakravan et al., 2012). 그러나 본 연구 결과와 대조적으로 grouper (*Epinephelus coioids*) 사료내 katuk 잎 추출물 첨가는 사료섭취량과 사료전환효율은 실험구간의 유의한 차이를 보였으며(Santoso et al., 2013), Setiawati et al. (2016)에 따르면 Asian catfish 사료내 *Cinnaamomum burmannii* 잎 분말 1%와 추출물 0.1% 첨가는 무첨가구에 비해 사료효율 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구에서는 사료내 1% SWP와 0.1% SWE 첨가에 따른 성장과 사료이용성의 개선이 나타나지 않았는데, 이는 약용 식물인 개똥썩의 생리활성과 효능(항균, 항산화, 항암 등)은 잘 알려져 있지만 어종, 원료 공급원 및 부위, 가공방법(Kim et al., 2019), 사육 환경(Song et al., 2002), 추출 방법(첨가체 형태), 첨가체의 농도 등에 따라 미치는 영향이 다를 것으로 판단된다.

본 연구에서 전어체의 수분, 조단백질, 조지질

및 회분함량은 실험구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았으며($P>0.05$), 이는 사료내 개똥썩의 첨가가 조피볼락 체조성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 조피볼락 치어(*Artemisia asiatica*와 *Epimedium koreanum* 혼합물, Seo et al., 2009), Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*) (페퍼민트 추출물, Adel et al., 2015), African catfish (*Clarias gariepinus*) (로즈마리 추출물, Turan and Yiğitarşlan, 2016), largemouth bass (*Micropterus salmoides*) (*Foeniculum vulgare*와 *Artemisia annua* 혼합물, He et al., 2022)에서도 본 연구와 유사한 결과가 보고된 바 있다. 그러나 hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀) 사료내 *Panax notoginseng* 추출물의 첨가는 전어체의 수분 함량에 영향을 미치지 않았지만, 조단백질, 조지질 및 회분 함량은 영향을 받은 것으로 나타났다(Sun et al., 2018).

혈액학적 매개변수는 어류의 건강 상태, 체내에서 발생하는 생리학적 및 병리학적인 변화를 나타내는 지표로 작용한다(Ahmed et al., 2020). 어류는 연령, 영양 상태, 건강 상태, 종의 차이 등의 내재적 요인과 온도, 스트레스, 수질, 밀도 등의 외적 요인에 의해 혈액학적 매개변수의 변화가 나타난다(Ahmed et al., 2020). 본 연구에서 조피볼락 치어 혈장내 AST, ALT, T-CHO, GLU 및 TP 함량은 실험구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$), 이는 사료내 개똥썩의 첨가가 조피볼락 치어의 영양대사, 건강 상태 등에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 이와 유사하게 사료내 송이 첨가는 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)의 혈액성상에 유의한 영향을 미치지 않았고(Ko et al., 2008), 조피볼락 사료내 생강 첨가에 따른 혈액성상도 유의한 차이를 보이지 않았다(Oh et al., 2022). 또한, 사료내 black mulberry 첨가가 나일 틸라피아의 혈액성상에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다(Yilmaz et al., 2020). 이와 대조적으로 사료내 민들레 추출물 첨가 함량에 따라 hybrid grouper의

cholesterol, ALT 및 ALP 활성은 영향을 받았으며 (Sun et al., 2019), 잉어 사료내 올리브 잎 추출물 첨가는 GLU 및 TP 함량이 유의한 영향을 받은 것으로 나타났다(Zemheri-navruz et al., 2019). 또한, Sun et al. (2021)에 따르면, 사료내 *Bupleurum edulis*, 민들레 및 은행나무 혼합 추출물의 첨가 함량이 증가함에 따라 hybrid grouper의 ALT와 AST 함량이 감소하는 경향을 보였다. 더욱이 Citarasu (2010)는 사료내 약용 식물의 첨가가 수산동물의 건강도 향상을 위한 방법 중 하나인 것으로 보고하였으나, 본 연구에서 사료첨가제로서 개똥쑥의 사용은 조피볼락 치어의 혈액 건강 개선에는 효과를 보이지 않았다.

Lysozyme은 다양한 미생물, 동물, 식물에서 발견되는 일종의 선천면역인자로 항균 활성을 갖는 효소이고(Wu et al., 2019; Song et al., 2021), 수생 동물에서 병원성 미생물 감염에 대항하는 중요한 역할을 하여(Hikima et al., 2003; Simser et al., 2004) 면역 상태를 측정하는 지표로 사용된다 (Zheng et al., 2006; Saurabh and Sahoo, 2008). 본 연구에서 조피볼락 치어 혈청 lysozyme 활성은 Con 사료를 공급한 실험구에 비해 SWP1 사료를 공급한 실험구에서 유의적으로 높게 나타났으나 ($P < 0.05$), SWE0.1 사료를 공급한 실험구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 이는 조피볼락 치어의 비특이적 면역능 향상에 있어 1% SWP가 효과적인 것으로 보이고, 이와 유사하게 사료내 gotu kola 분말의 첨가는 나일 틸라피아의 lysozyme 활성 향상에 효과적으로 나타났으며 (Srichaiyo et al., 2020), 이 밖에도 다양한 약용 식물[*Toona sinensis* (Wu et al., 2010), *Azadirachta indica* (neem) 잎(Talpur and Ikhwanuddin, 2013), *Sophora flavescens* (Wu et al., 2013), 페퍼민트 (Talpur, 2014)] 분말 또는 추출물 첨가는 식세포, 보체, 호흡 폭발 및 lysozyme 활성 등 면역학적 매개변수를 향상시키는 것으로 보고된 바 있다. 이러한 면역능 향상은 사료첨가제로서 이용된 약용식물 내 phyto-chemical (alkaloids, phenolic

compounds, steroids)의 존재에 의한 것으로 판단된다(Reverter et al., 2014). 본 연구에서도 SWP1 실험구의 lysozyme 활성 향상은 1% SWP내 phyto-chemical의 존재 때문인 것으로 생각되며, Kim et al. (2019)에 따르면, 조피볼락 사료내 손바닥선인장 줄기 분말 0.1% 첨가구에 비해 열매액 1% 첨가구에서 lysozyme 활성 감소가 나타났다. 또한, 진피추출물은 어류의 선천성 면역에 영향을 미치지 않았으나, 오히려 높은 농도에서는 세포 독성을 유발시킬 수 있는 것으로 보고되었다(Bang et al., 2019). 따라서 본 연구에서도 SWP에 비해 SWE내 함유된 생활성물질의 함량이 높아 독성으로 작용하여 조피볼락 비특이적 면역에 긍정적인 영향을 미치지 못한 것으로 판단되며, phyto-chemicals의 종류와 함량이 어류의 비특이적 면역능에 미치는 메커니즘 규명에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

이상의 결과로부터 사료내 개똥쑥의 첨가는 조피볼락 치어의 성장, 사료이용성, 체조성 및 혈액성상에 개선 효과를 보이지 않았으나, 1% SWP의 첨가는 lysozyme 활성 향상에 효과적인 것으로 판단된다. 그러나 본 연구는 실험 디자인에 있어 첨가 함량의 범위가 제한적임을 고려할 때 사료내 개똥쑥의 첨가 함량별 사육을 통한 추가적인 영양학적, 생리학적, 질병저항능 분석 등을 평가하여 개똥쑥의 효능을 재평가할 필요성은 있는 것으로 사료된다.

References

- Abarike ED, Jian J, Tang J, Cai J, Yu H, Lihua C and Jun L(2018). Influence of traditional Chinese medicine and *Bacillus* species (TCMBS) on growth, immune response and disease resistance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquac Res, 49, 2366~2375. <https://doi.org/10.1111/are.13691>
- Adel M, Amiri AA, Zorriehzaha J, Nematollahi A and Esteban MA(2015). Effects of dietary

- peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance, chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus Frisii kutum*). Fish Shellfish Immunol, 45, 841~847.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.06.010>
- Ahmed I, Reshi QM and Fazio F(2020). The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: a review. Aquac Int, 28, 869~899.
- Alderman DJ and Hastings TS(1998). Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance - potential for consumer health risks. Int J Food Sci Technol, 33, 139~155.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.1998.3320139.x>
- An CM, Kim KW, Kim KD, Kim YM, Kim IH, Park SJ, Choi YH and Nam TJ(2012). Effect of Supplementing the Diet of Flounder *Paralichthys olivaceus* with Sea Mustard *Undaria pinnatifida* Glycoprotein on Growth and the Immune System. Kor J Fish Aquat Sci, 45, 423~429.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0423>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International, 18th ed. Gaithersburg, MD, U.S.A.
- Awad E, Austin B and Lyndon A(2012). Effect of dietary supplements on digestive enzymes and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). J Am Sci, 8, 858~864.
<http://www.jofamericanscience.org>
- Awad E and Awaad A(2017). Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. Fish Shellfish Immunol, 67, 40~54.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034>
- Bang SJ, Lee CH, Kang TY, Choi JH, Jung SM, Kang IS, Park KH and Choi SH(2019). Effects of *Citrus unshiu* Markovich on growth performance and bactericidal activity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. J. Fish Pathol, 32, 105~111.
<https://doi.org/10.7847/jfp.2019.32.2.105>
- Biswas G, Ghoshai TK, Natarajan M, Thirunavukkarasu AR, Sundaray JK, Kailasam M and Ponniah AG(2013). Effects of stocking density and presence or absence of soil base on growth, weight variation, survival and body composition of pearispot. *Etroplus suratensis* (Bloch) fingerlings. Aquac Res, 44, 1266~1276.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03132.x>
- Brown GD(2010). The biosynthesis of Artemisinin (Qinghaosu) and the phytochemistry of *Artemisia annua* L. (Qinghao). Molecules, 15, 7603~7698.
<https://doi.org/10.3390/molecules15117603>
- Cai Y, Luo Q, Sun M and Corke H(2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. Life Sci, 74, 2157~2184.
<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2003.09.047>
- Chang J(2000). Medicinal herbs: drugs or dietary supplements?. Biochemical pharmacology, 59, 211~219.
[https://doi.org/10.1016/S0006-2952\(99\)00243-9](https://doi.org/10.1016/S0006-2952(99)00243-9)
- Citarasu T(2010). Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. Aquac Int, 18, 403~414.
- Di Marco P, Priori A, Finoia MG, Massari A, Mandich A and Marino G(2008). Physiological responses of European seabass *Dicentrarchus labrax* to different stocking densities and acute stress challenge. Aquaculture, 275, 319~328.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.12.012>
- Donato R, Santomauro F, Bilia AR, Flamini G and Sacco C(2015). Antibacterial activity of Tuscan *Artemisia annua* essential oil and its major components against some foodborne pathogens. LWT-Food Sci Technol, 64, 1251~1254.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.014>
- Efferth T(2017). From ancient herb to modern drug: *Artemisia annua* and artemisinin for cancer therapy. Sem Cancer Biol, 46, 65~83.
<https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2017.02.009>
- Gatlin III DM, Barrows FT, Brown P, Dabrowski K, Gaylord TG, Hardy RW and Wurtele E(2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquac Res, 38, 551~579.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x>
- Hassan AAM, Yacout MH, Khalel MS, Hafsa SHA, Ibrahim MAR, Mocuta DN and Dediu L(2018). Effects of some herbal plant supplements on growth performance and the immune response in Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). Sciendo, 1, 134-141.

사료내 개똥쑥(*Artemisia annua* L.) 첨가가 조피볼락(*Sebastes schlegelii*) 치어의 성장, 사료이용성, 체조성, 혈액성상 및 lysozyme 활성에 미치는 영향

- He G, Sun H, Liao R, Wei Y, Zhang T, Chen Y and Lin S(2022). Effects of herbal extracts (*Foeniculum vulgare* and *Artemisia annua*) on growth, liver antioxidant capacity, intestinal morphology and microorganism of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquac Rep*, 23, 101081.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101081>
- Hikima S, Hikima JI, Rojtinakorn J, Hirono I and Aoki T(2003). Characterization and function of kuruma shrimp lysozyme possessing lytic activity against *Vibrio* species. *Gene*, 316, 187-195.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1119\(03\)00761-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1119(03)00761-3)
- Hwang HK, Son MH, Myeong JI, Kim CW and Min BH(2014). Effects of stocking density on the cage culture of Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture*, 434, 303~306.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.08.016>
- Hwang JY, Kwon MK, Seo JS, Kim KD, Lee YS and Jung SH(2015). Effect of Herbs on Vaccine Efficacy to Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *The Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, 27, 1491~1498.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2015.27.5.1491>
- Jhon BK, Kim MC, Kim YH and Heo MS(2009). Effects of the Culture Broth of Lactic Acid Bacteria Cultured in Herb Extracts on Growth Promotion and Nonspecific Immune Responses of Aquacultured Fish. *Journal of Life Science*, 19, 87~93.
<https://doi.org/10.5352/JLS.2009.19.1.087>
- Kai Y and Soes DM(2009). A record of *Sebastes schlegelii* Hilgendorf, 1880 from Dutch coastal waters. *Aquat Invasions*, 4, 417~419.
- Kim ES and Yun HK(2016). In vitro and in vivo antimicrobial activities of medicinal plants against crown gall in grapevine. *J Horti Sci Technol*, 34, 537~548.
<https://doi.org/10.12972/kjhst.20160055>
- Kim KD, Seo JS, Hur SW, Kim KW, Lee BJ and Bae KM(2019). Effects of Dietary Supplementation of Cactus *Opuntia ficus-indica* on Growth, Flesh Quality, Lysozyme Activity and Histological Change of Growing Korean Rockfish *Sebastes schlegelii*. *Kor J Fish Aquat Sci*, 52, 358~365.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0358>
- Ko GY, Lim SJ, Kim SS, Oh DH and Lee KJ(2008). Effects of Dietary Supplementation of Scoria on Growth and Protein Digestibility in Juvenile Parrot Fish *Oplegnathus fasciatus* and Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Aquac*, 21, 133~138.
- KOSIS (Korean statistical information service)
<http://kosis.kr/index/index.do>
- Lange S, Gudmundsdottir BK and Magnadottir B (2001). Humoral immune parameters of cultured Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Fish Shellfish Immunol*, 11, 523~535.
<https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0333>
- Lee DY, Lee TH, Lee CH, Oh HY and Kim HS(2022). Effect of blueberry pomace supplementation in diet on growth, feed utilization, antioxidant enzyme activity and challenge test with *Streptococcus iniae* of juvenile black rockfish *Sebastes schlegelii*. *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 34, 435.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739383>
- Lim DK, Yoo KY, Shin DG, Kim JE, Bae JY, Bai SC and Lee JY(2009). Effects of Dietary Kugija *Lycium chinense* Supplementation on Juvenile Korean Rockfish *Sebastes schlegelii*. *Kor J Fish Aquat Sci*, 42, 250~256.
<https://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.3.250>
- Mahdavi M, Hajimoradloo A and Ghorbani R(2013). Effect of *Aloe vera* extract on growth parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *World Journal of Medical Sciences*, 9, 55~60.
<https://doi.org/10.5829/idosi.wjms.2013.9.1.75128>
- Naiel MA, Ismael NE, Negm SS, Ayyat MS and Al-Sagheer AA(2020). Rosemary leaf powder-supplemented diet enhances performance, antioxidant properties, immune status, and resistance against bacterial diseases in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 526, 735370.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735370>
- Oh HY, Lee TH, Lee CH, Lee DY, Sohn MY, Kwon RW and Kim HS(2023). Effects of by-products from producing yacon (*Smallanthus sonchifolius*) juice as feed additive on growth performance, digestive enzyme activity, antioxidant status, related gene expression, and disease resistance against *Streptococcus iniae* in juvenile

- black rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture*, 569, 739383.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739383>
- Oh HY, Lee TH, Lee DY, Lee CH, Joo MS, Kim HS and Kim KD(2022). Dietary Supplementation with Ginger (*Zingiber officinale*) Residue from Juice Extraction Improves Juvenile Black Rockfish (*Sebastes schlegelii*) Growth Performance, Antioxidant Enzyme Activity, and Resistance to *Streptococcus iniae* Infection. *Animals*, 12, 546.
<https://doi.org/10.3390/ani12050546>
- Oh S, Noh CH, Kang R, Kim C, Cho SH and Jo J(2008). Compensatory growth and body composition of juvenile black rockfish *Sebastes schlegelii* following feed deprivation. *Fish Sci*, 74, 846~852.
- Pakravan S, Hajimoradloo A and Ghorbani R(2012). Effect of dietary willow herb, *Epilobium hirsutum* extract on growth performance, body composition, haematological parameters and *Aeromonas hydrophila* challenge on common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquac Res*, 43, 861~869.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02901.x>
- Pu H, Li X, Du Q, Cui H and Xu Y(2017). Research progress in the application of Chinese herbal medicines in aquaculture: a review. *Engineering*, 3, 731~737.
<https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.017>
- Reverter M, Bontemps N, Lecchini D, Banaigs B and Sasal P(2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture*, 433, 50~61.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>
- Ryu JH, Lee SJ, Kim MJ, Shin JH, Kang SK, Cho KM and Sung NJ(2011). Antioxidant and anticancer activities of *Artemisia annua* L. and determination of functional compounds. *Journal of Korean society of food science and nutrition*, 40, 509~516.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.4.509>
- Rolin F, Setiawati M and Jusadiiii D(2015). Evaluation of the addition of cinnamon *Cinnamomum burmannii* leaves extract in diet for growth performance and fat content of catfish *Pangasianodon hypophthalmus* flesh. *Journal Iktiologi Indonesia*, 15, 201~208.
<https://doi.org/10.32491/jii.v15i3.56>
- Romero J, Feijoó CG and Navarrete P(2012). Antibiotics in aquaculture-use, abuse and alternatives. *Health and environment in aquaculture*, 159, 159~198.
- Santoso U, Lee MC and Nan FH(2013). Effects of dietary katuk leaf extract on growth performance, feeding behavior and water quality of grouper *Epinephelus coioides*. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 2, 17~25.
- Saurabh S and Sahoo P(2008). Lysozyme: An important defence molecule of fish innate immune system. *Aquac Res*, 39, 223-239.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01883.x>
- Seo JY, Kim KD and Lee SM(2009). Effects of supplemental herb medicines in the diets on growth, feed utilization and body composition of juvenile and grower rockfish *Sebastes schlegelii*. *J Aquac*, 22, 112-117.
- Setiawati M, Jusadi D, Laheng S, Suparayudi MA and Vinasyiam A(2016). The enhancement of growth performance and feed efficiency of Asian catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* fed on *Cinnamomum burmannii* leaf powder and extract as nutritional supplementation. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation*, 9, 1301-1309.
- Shiau SY and Yu YP(1999). Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*, 179, 439-446.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00177-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00177-5)
- Simser JA, Macaluso KR, Mulenga A and Azad AF(2004). Immune-responsive lysozymes from hemocytes of the American dogtick, *Dermacentor variabilis* and an embryonic cell line of the Rocky Mountain wood tick, *D. andersoni*. *Insect Biochem Mol Biol*, 34, 1235-1246.
<https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2004.07.003>
- Soltani M, Lymbery A, Song SK and Hosseini Shekarabi P(2019). Adjuvant effects of medicinal herbs and probiotics for fish vaccines. *Rev Aquac*, 11, 1325-1341.
<https://doi.org/10.1111/raq.12295>
- Song YB, Moon SW, Kim SJ and Lee YD(2002). Effect of EM-fermented Orange in Commercial

사료내 개똥쑥(*Artemisia annua* L.) 첨가가 조피볼락(*Sebastes schlegelii*) 치어의 성장, 사료이용성, 체조성, 혈액성상 및 lysozyme 활성에 미치는 영향

- Diet on Growth of Juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of Aquaculture Korean Aquaculture society, 15, 103-110.
- Song Q, Xiiiiao Y, Xiiiiao Z, Liu T, Li J, Li P and Han F(2021). Lysozyme in fish. J Agric Food Chem, 69, 15039-15051.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c06676>
- Srichaiyo N, Tongsiri S, Hoseinifar SH, Dawood MA, Jaturasitha S, Esteban MA and Van Dooan H(2020). The effects gotu kola (*Centella asiatica*) powder on growth performance, skin mucus, and serum immunity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. Aquac Rep, 16, 100239.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100239>
- Sun Z, Liu Y, Wei Z, Mai H, Liu Q, Liu B and Ye C(2021). The effects of dietary compound plant extracts on growth performance, liver and intestine health, and immune related genes expression in hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). Fish Shellfish Immunol, 119, 11~18.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.09.013>
- Sun Z, Tan X, Xu M, Liu Q, Ye H, Zou C and Ye C(2019). Effects of dietary dandelion extracts on growth performance, liver histology, immune-related gene expression and CC14 resistance of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). Fish Shellfish Immunol, 88, 126~134.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.031>
- Sun Z, Tan X, Ye H, Zou C, Ye C and Wang A(2018). Effects of dietary *Panax notoginseng* extract on growth performance, fish composition, immune responses, intestinal histology and immune related genes expression of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀) fed high lipid diets. Fish Shellfish Immunol, 73, 234~244.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.11.007>
- Talpur AD and Ikhwanuddin M(2013). *Azadirachta indica* (neem) leaf dietary effects on the immunity response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* challenged with *Vibrio harveyi*. Fish Shellfish Immunol, 34, 254~264.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.11.003>
- Talpur AD(2014). *Mentha piperita* (Peppermint) as feed additive enhanced growth performance, survival, immune response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch) against *Vibrio harveyi* infection. Aquaculture, 420, 71~78.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.10.039>
- Teuber M(2001). Veterinary use and antibiotic resistance. Curr Opin Microbiol, 4, 493~499.
[https://doi.org/10.1016/S1369-5274\(00\)00241-1](https://doi.org/10.1016/S1369-5274(00)00241-1)
- Turan F and Yiğitarıslan D(2016). The effects of rosemary extract (*Rosemaria officinalis*) as a feed additive on growth and whole-body composition of the African catfish (*Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)). Natural and Engineering Sciences, 1, 49~55.
<https://doi.org/10.28978/nesciences.286313>
- Wu CC, Liu CH, Chang YP and Hsieh SL(2010). Effects of hot-water extract of *Toona sinensis* on immune response and resistance to *Aeromonas hydrophila* in *Oreochromis mossambicus*. Fish Shellfish Immunol, 29, 258~263.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.04.021>
- Wu T, Jiang Q, Wu D, Hu Y, Chen S, Ding T and Chen J(2019). What is new in lysozyme research and its application in food industry? A review. Food chemistry, 274, 698~709.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.017>
- Wu YR, Gong QF, Fang H, Liang WW, Chen M and He RJ(2013). Effect of *Sophora flavescens* on non-specific immune response of tilapia (GIFT *Oreochromis niloticus*) and disease resistance against *Streptococcus agalactiae*. Fish Shellfish Immunol, 34, 220~227.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.10.020>
- Yilmaz S, Ergun S and Soytaş N(2013). Herbal supplements: useful tools for preventing streptococcal disease during first-feeding of tilapia fry, *Oreochromis mossambicus*. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh (in press).
- Yilmaz S, Ergun S, Yigit M, Yilmaz E and Ahmadifar E(2020). Dietary supplementation of black mulberry (*Morus nigra*) syrup improves the growth performance, innate immune response, antioxidant status, gene expression responses, and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish Shellfish Immunol, 107, 211~217.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.09.041>

Yun AY, Kim HS, Seo YW, Cho SH and Bae JY(2016). Effects of dietary antioxidant supplementation on the growth, serum chemistry, body composition and challenge test results of juvenile rockfish *Sebastes schlegelii*. Korean J Fish Aquat Sci, 49, 323~329.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0323>

Zemheri-Navruz F, Acar Ü and Yılmaz S(2019). Dietary supplementation of olive leaf extract increases haematological, serum biochemical parameters and immune related genes expression

level in common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles. Fish Shellfish Immunol, 89, 672~676.

<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.04.037>

Zheng Q, Wu R and Ye X(2006). The research advance of lysozyme in aquatic animals. Journal of Shanghai Fisheries University, 15, 483~487.

-
- Received : 07 May, 2024
 - Revised : 29 May, 2024
 - Accepted : 04 June, 2024