

사료내 약용작물 부산물이 가숭어(*Liza haematocheila*)의 성장, 혈액성상, 면역반응에 미치는 영향

이봉주[†] · 김민기[†] · 허상우 · 이승형¹ · 이진혁 · 김현종 · 김이경 · 이승한* · 김강웅*

국립수산과학원 사료연구센터, ¹부경대학교 해양바이오신소재학과

Effects of Dietary Medicinal Plant By-products on Growth Performance, Blood Biochemistry and Immune Responses of the Juvenile Red Lip Mullet *Liza haematocheila*

Bong-Joo Lee[†], Min-Gi Kim[†], Sang-Woo Hur, Seunghyung Lee¹, Jinhyeok Lee, Hyeon Jong Kim, Yikyung Kim, Seunghan Lee* and Kang-Woong Kim*

Aquafeed Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37517, Korea

¹Department of Marine Bio-Materials & Aquaculture, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

By-products produced from medicinal plants (MP) were evaluated as feed additives on growth performance, blood chemistry, and immune responses of the juvenile red lip mullet *Liza haematocheila*. A commercial diet was used as the control. Four experimental diets were prepared by combining 0.5% of MPs such as *Panax ginseng* (PG), *Schisandra chinensis* (SC), *Angelica gigas* (AG), and *Rehmannia glutinosa* (RG), via water absorption, to the control diet. Triplicate groups of fish averaging 61.8 g were fed one of experimental diets to apparent satiation for 8 weeks. Dietary supplementation of MPs did not affect the growth performance, biological indices and whole body composition of fish compared to the control. The fish fed with AG diet had an increased weight gain, and specific growth rate compared to fish in SC group. Decreased level of plasma glucose was observed in fish fed diet containing MPs. Lysozyme activity was significantly increased in the fish fed AG diet compared to that of fish in PG group. These results indicate that dietary supplementation of *Angelica gigas* may enhance growth performance and immune responses in juvenile red lip mullet.

Keywords: Red lip mullet, Medicinal plant, Additives, *Angelica gigas*

서론

숭어는 광염성 어류로 해수 및 담수에서 양식이 가능하며, 저수온에도 성장이 비교적 빠르고 근육의 탄력성이 좋아 횡감으로 소비자들의 선호도가 높은 어종이다. 숭어는 넙치, 조피볼락과 함께 우리나라에서 가장 많이 양식되는 주요 해산 어류 가운데 하나이다. 2020년을 기준으로 양식 생산량은 8,449톤을 기록하였으며(KOSIS, 2020), 높은 수요와 생산량 증가로 상업적 중요성이 높아지고 있다. 이러한 숭어의 상업적 중요성으로 인해 배합사료 내 주요 영양소 요구량 연구(Altunok and Özden, 2017; Talukdar et al., 2020), 사료 내 단백질 원료의 이

용성 평가(Luzzana et al., 2005; Jana et al., 2012; Gisbert et al., 2016) 및 면역력 향상을 위한 사료 첨가제 개발(Jahangeer et al., 2014; Akbary and Aminikhoie, 2018; Badran and Ali, 2021) 등 다양한 연구가 보고되었다.

최근까지 어류의 세균 및 바이러스성 질병에 의한 집단폐사로부터 양식어류를 효과적으로 보호하기 위해 합성 항생제들이 사용되어왔으나, 항생제 남용은 항생제 내성, 양식 수산물의 안전성 위협, 환경오염 등의 문제를 가져오고 있다. 심각한 항생제 남용 문제를 해결하기 위해 2011년부터 배합사료 내 합성 항생제 사용을 전면 금지하였음에도 불구하고, 자가치료 및 예방 목적으로 사용하는 항생제의 사용량은 줄어들지 않고 있다.

*Corresponding author: Tel: +82. 54. 230. 3635 Fax: +82. 54. 232. 3697
Tel: +82. 54. 230. 3600 Fax: +82. 54. 232. 3697

E-mail address: seunghanlee@korea.kr; kangwoongkim@korea.kr
[†]Contributed equally.



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.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0411>

Korean J Fish Aquat Sci 54(4), 411-417, August 2021

Received 29 June 2021; Revised 14 July 2021; Accepted 10 August 2021

저자 직위: 이봉주(연구사), 김민기(인턴연구원), 허상우(연구사), 이승형(조교수), 이진혁(인턴연구원), 김현종(인턴연구원), 김이경(인턴연구원), 이승한(연구사), 김강웅(연구관)

따라서 최근에는 친환경 사료 첨가제로써, 천연 유래의 소재를 개발하여 합성 항생제를 대체할 수 있는 물질을 개발하려는 연구가 국내에서 다수 수행되고 있다(Kim et al., 2014; Lee et al., 2015; Yun et al., 2016; Bang et al., 2019). 특히, 면역 및 항산화 물질이 다량 존재하고 있는 한약재 등 천연식물 제제가 축산 및 양어 사료의 첨가제로써 다수 연구되었다. 국내에서 많이 재배되고 있는 약용작물인 인삼(*Panax ginseng*)은 암, 고혈압, 산화적 스트레스, 당뇨 등을 억제하고 면역 효능이 있는 것으로 보고되었고(Park et al., 2005), 오미자(*Schisandra chinensis*)는 항산화, 항균, 항암 및 면역 효과(Park and Lee, 2017; Li et al., 2018), 참당귀(*Angelica gigas*)는 항산화, 항당뇨, 항염증 효능(Jeong et al., 2015; Lee et al., 2015), 지황(*Rehmannia glutinosa*)은 항산화, 항염증 및 면역활성(Awad and Awaad, 2017; Bae and Seo, 2019)이 있는 것으로 보고되었다. 특히 참당귀를 제외한 인삼, 오미자, 지황은 사료 첨가제로써 넉치, 흰다리새우, 잉어 등에 공급할 경우 어체내 항산화 및 면역 활성을 높이는 것으로 보고되었다(Liu et al., 2011; Wang et al., 2016; Feng et al., 2020).

따라서, 본 연구는 국내에서 생산되는 약용작물 중 면역, 항산화 활성을 갖는 한약재를 가송어의 사료에 첨가함으로써 어류의 성장 및 면역반응을 증강시키고자 수행되었다. 기존 연구에서 항균성이 밝혀진 각종 한약재 중 인삼, 오미자, 참당귀, 지황을 시판용 송어사료에 첨가 및 공급하여 송어의 성장, 체조성, 혈액성상 및 면역반응에 미치는 영향을 조사함으로써 가송어의 사료 첨가제로서의 사용 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

실험어의 사육관리 및 샘플 수집은 국립수산물과학원 동물실험 계획(2020-NIFS-IACUC-21)에 따라 국립수산물과학원 사료연구센터(Pohang, Korea)에서 수행되었다.

실험사료

실험사료는 시중에서 판매되는 송어 전용 배합사료(Cyber S, WoosungFeed, Daejeon, Korea)를 구매하여 대조군으로 사용하였으며, 일반성분 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 첨가제로 사용된 4종의 약용작물인 인삼, 오미자, 참당귀, 지황은 수확 후 부산물로 발생하는 비 식용부위(잎, 줄기)를 동결건조 후 파쇄하여 분말형태로 준비되었다(National Institute of Horticultur-

al and Herbal Science, Wanju, Korea). 약용작물의 일반성분 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 실험사료는 무게 기준으로 물 30% 또는 약용작물 분말 0.5%와 혼합 후 사료에 흡착하여 제조되었다. 1회 흡착 시 3일간 공급량을 계산하여 준비하였고, 흡착된 실험사료는 사료공급 전까지 4°C 냉장고에 보관되었다.

실험어 및 사육관리

실험어는 경상남도 하동군에 소재한 송어 양식장(Daehan farm, Hadong, Korea)에서 국립수산물과학원 사료연구센터로 운반되어 3톤 수조에서 2주간 예비사육이 진행되었다. 예비사육 후, 평균 무게 61.8±2.6 g인 가송어는 300 L PE (polyester) 원형수조에 70마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 무작위 배치되었다. 사육수는 자연해수를 이용한 유수식 시스템이 사용되었고 유수량은 10 L/min로 공급되었다. 실험기간 동안 평균 수온은 21.2±0.7°C, 염분은 32±1 psu, 용존산소는 6.3-6.7 mg/L의 범위로 나타났다. 실험사료는 총 8주 동안 1일 2회(09:00, 16:00) 반복 공급되었다.

어체 측정

실험어의 무게는 실험 종료 시점에서 전수 측정되었다. 측정은 24시간 절식시킨 어류를 MS-222 (100 ppm; Sigma-Aldrich, St. Louis, MI, USA)로 마취시켜 수조 별 전체 실험어의 무게를 측정하였다. 생물학적 지표 측정을 위해 수조 별로 5마리씩을 무작위 선별하여 전어체 무게, 체장, 내장 및 간 무게를 측정하였다. 측정 후, 증체율(weight gain), 일간성장률(specific growth rate), 사료계수(feed conversion ratio), 비만도(condition factor, CF), 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 내장중량지수(viscerosomatic index, VSI)를 조사하였다.

혈액 샘플

실험어의 혈액 분석을 위해 24시간 공복 상태의 어류를 수조마다 10마리씩 무작위 선별하여 MS-222 (200 ppm)로 마취한 후 3 mL 주사기를 사용하여 실험어의 미부 동맥에서 채혈하였다. 채취한 혈액은 수조 별로 EDTA-tube (9 mL)에 pooling 시킨 후, 1시간 30분간 상온에서 방치한 뒤 3,600 rpm으로 15분간 원심 분리하여 혈구세포와 혈장을 분리하였다. 분리된 혈장은 혈액성상 및 면역활성 분석 전까지 초저온 냉동고(-70°C)에 보관되었다.

Table 1. Proximate composition (% dry matter) of control diet and by-products produced from medicinal plants¹

	Control diet	<i>Panax ginseng</i>	<i>Schisandra chinensis</i>	<i>Angelica gigas</i>	<i>Rehmannia glutinosa</i>
Moisture	6.88	3.36	2.63	3.64	3.37
Crude protein	41.55	7.77	10.56	12.97	16.2
Crude lipid	6.67	2.09	5.83	5.57	3.18
Ash	8.83	11.57	6.58	12.43	8.74

¹Values are mean of triplicate.

성분분석

실험어의 일반성분은 AOAC (2000) 방법에 따라 분석되었다. 수분은 상압가열건조법(135°C, 2시간), 조단백질은 Auto Kjeldahl System (VAP500T/TT125; C. Gerhardt GmbH & Co. KG, C., Königswinter, Germany) 질소정량법(N×6.25)을 사용하여 분석되었고, 조회분은 550°C에서 6시간 동안 회화 후 측정 되었다. 조지질은 조지질 추출기(SER 148 Solvent Extractors; Velp Scientifica™, Usmate Velate, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정되었다. 분리된 혈장은 total protein, glucose, cholesterol, triglyceride 분석을 위해 사용되었고, 전자동 습식 생화학 분석기(clinical chemistry analyzer; Thermo Fisher Scientific, Vantaa, Finland)를 이용하여 제조사의 메뉴얼에 따라 분석되었다.

혈액내 면역 및 항산화 관련 효소인 lysozyme (LZM), immunoglobulin M (IgM), interleukin 1 beta (IL-1 beta), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx)를 분석하였으며, ELISA Kit (Mybiosource, USA) 제조사의 방법에 따라 분석되었다. 면역 및 항산화 분석 Kit 정보는 다음과 같다: LZM ELISA Kit (MBS705758), IgM ELISA Kit (MBS700823), IL-1beta ELISA Kit (MBS700230), SOD ELI-

SA Kit (MBS705758), GSH-PX ELISA Kit (MBS705700).

통계처리

모든 자료의 통계처리는 IBM SPSS 19 software package를 이용하여 One-way ANOVA test를 실시하였으며, 실험구간의 비교를 위한 사후검정은 Duncan's multiple range test 방법으로 평균간의 통계적 유의성을 결정하였다(P<0.1).

결과 및 고찰

실험사료를 8주간 공급한 가승어의 성장, 사료계수 및 생물 지표 결과를 Table 2에 나타내었다. 모든 실험구의 생존율은 96.2% 이상으로 그룹 간에 차이가 없었다(P>0.1). 가승어의 최종 무게는 79.8-86.2 g, 증체율은 28.0-38.1%, 일간성장률은 0.44-0.58%/day, 사료섭취량은 5.95-61.8 g, 사료계수는 2.60-3.15 범위였다. 비록 약용작물을 첨가한 실험구의 성장률이 대조구와 차이는 없었으나, 참당귀 실험구는 모든 성장지표에서 가장 높은 값을 보였고, 오미자 실험구와 비교 시 성장속도가 빠른 것으로 나타났다(P<0.1). 비만도, 내장중량지수, 간중량지수는 모든 실험구간에 유의적이 차이가 나타나지 않았다. 전어체의 일반성분 분석 결과를 Table 3에 나타내었으며, 모든 실험

Table 2. Growth performance and biological indices of the fish fed the experimental diets for 8 weeks¹

	Control	<i>Panax ginseng</i>	<i>Schisandra chinensis</i>	<i>Angelica gigas</i>	<i>Rehmannia glutinosa</i>	P-value
FBW ²	82.8±0.9	81.1±4.0	79.8±0.7	86.2±2.6	84.3±2.0	0.051
WG ³	33.9±5.7 ^{ab}	31.7±3.8 ^{ab}	28.0±5.8 ^b	38.1±0.7 ^a	37.6±3.5 ^{ab}	0.086
SGR ⁴	0.52±0.08 ^{ab}	0.49±0.05 ^{ab}	0.44±0.08 ^b	0.58±0.01 ^a	0.57±0.05 ^a	0.073
FI ⁵	61.4±2.8	61.0±4.3	59.5±3.3	61.8±1.9	60.6±2.6	0.911
FCR ⁶	2.98±0.52	3.15±0.40	3.07±0.27	2.60±0.05	2.65±0.26	0.188
Survival ⁷	96.2±4.4	99.0±1.6	99.5±0.8	100.0±0.0	99.5±0.8	0.266
CF ⁸	0.88±0.01	0.89±0.02	0.90±0.02	0.93±0.04	0.93±0.04	0.347
VSI ⁹	6.11±0.29	6.46±0.33	6.12±0.37	6.10±0.44	6.42±0.17	0.503
HSI ¹⁰	1.54±0.06	1.57±0.19	1.44±0.09	1.50±0.27	1.42±0.17	0.785

¹Values are mean of triplicate (mean±SD). Values in the same row having different superscript letter are significantly different (P<0.1). The lack of superscript letter indicates no significant differences among treatments. ²FBW (final body weight, g/fish). ³WG (weight gain, %)=(final weight-initial weight)×100/initial weight. ⁴SGR(Specific growth rate, %/day)=[(log_e final weight-log_e initial weight)/days]. ⁵FI (feed intake, g/fish)=dry feed consumed (g)/fish. ⁶FCR (feed conversion ratio)=dry feed intake/wet weight gain. ⁷Survival (%).⁸CF (condition factor)=fish weight×100/total body length³. ⁹VSI (viscerosomatic index, %)=100×(visceral weight/body weight). ¹⁰HSI (hepatosomatic index, %)=100×(liver weight/body weight).

Table 3. Whole body composition (% of wet weight) of the fish fed experimental diets for 8 weeks¹

	Initial	Control	<i>Panax ginseng</i>	<i>Schisandra chinensis</i>	<i>Angelica gigas</i>	<i>Rehmannia glutinosa</i>	P-value
Moisture	67.4	67.0±0.7	67.4±0.9	67.0±1.2	66.6±1.0	66.1±0.6	0.479
Crude protein	16.4	16.6±0.3	16.8±0.5	17.2±0.1	16.6±0.2	17.2±0.6	0.237
Crude lipid	11.8	11.7±1.7	11.6±1.0	11.5±1.4	12.4±1.0	12.0±1.1	0.911
Ash	3.38	3.26±0.42	3.02±0.24	3.45±0.04	3.31±0.22	3.47±0.26	0.307

¹Values are mean of triplicate (mean±SD). The lack of superscript letter indicates no significant differences among treatments.

구에서 수분 66.1-67.4%, 조단백질 16.6-17.2%, 조지방 11.5-12.4%, 회분 3.02-3.47% 범위로 그룹간에 차이가 나타나지 않았다($P>0.1$). 이전의 연구결과에서는 본 실험과 유사하게 사료내 항산화제로써 다양한 식물유래 첨가제 공급 시 어류의 생존율 또는 성장에 차이를 보이지 않는다고 보고되었다(Cho and Lee, 2012; Yun et al., 2016). 이와는 반대로 넙치 치어 사료내 인삼 부산물을 0.5% 수준으로 공급할 경우, 대조구 보다 성장 및 사료효율이 감소하는 것으로 나타났다(Choi et al., 2010). 본 실험에서는 약용작물을 사료내 0.5% 수준으로 공급할 경우, 가송어의 성장, 생물지표 및 체조성에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

송어의 혈액학적 성상 결과를 Table 4에 나타내었다. Total protein, cholesterol 및 triglyceride는 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.1$). 그러나 glucose 함량은 약용작물 부산물을 첨가한 모든 실험구에서 대조구 보다 약 2배 이상 감소한 것으로 나타났다($P<0.1$). 일반적으로 어류의 혈액성상은 외부 자극에 대한 생리변화 및 건강 지표로 사용된다(Lee et al., 2003; Min et al., 2006). Glucose는 생체 내에서 항상성 유지에 필요한 에너지원으로 사용되는데, 외부 자극에 의한 내분비계 반응으로 코티솔이 분비되고, 이는 당 신생합성을 유도하여 코티솔과 혈당이 함께 증가한다고 보고되었다(Munck et al., 1984; Kim et al., 2010). 어류를 대상으로 한 이전 연구결과에서는 수온 하강 시 넙치의 혈당이 증가하였고(Kim et al., 2010), 염분 변화에 의해 틸라피아의 코티솔과 혈당이 동반 상승하였으며(Chang and Hur, 1999), 크롬 노출에 의해 송어의 혈당이 증가(Ahn et al., 2013)하는 것으로 보고되었다. 본 연구결과에

서는 약용작물을 섭취한 실험어의 혈당이 34-45 mg/dL 범위를 보인 반면, 대조구는 93.5 mg/dL로 높게 나타났다. 이러한 결과는 실험 종료시점에서 수온 하강에 의한 스트레스 영향으로 판단되며, 사료내 약용작물이 가송어의 글루코스 대사 또는 항상성 유지에 관여하는 것으로 사료된다. 이와 유사한 연구결과가 틸라피아에서 보고되었는데, 인삼을 첨가한 사료를 공급할 경우, 대조구 보다 혈당 수치가 감소하는 것으로 나타났다(Hwang et al., 1999). 넙치에서는 사료내 인삼 부산물을 0.5% 수준으로 공급한 결과, 혈청 glucose 및 triglyceride 함량은 낮추고, lysozyme 활성은 높이는 것으로 보고되었다(Choi et al., 2010). 마우스 실험에서도 ginsenoside 및 참당귀 잎 추출물을 당뇨병에 걸린 쥐에게 주사 및 공급하였을 때 혈당 수치가 감소하는 결과를 보였다(Lee et al., 2008; Jeong et al., 2015).

가송어의 혈장내 면역 및 항산화 활성 결과는 Table 5에 나타내었다. LZM은 46.6-71.2 ng/mL, IgM 0.77-1.69 µg/mL, IL-1 beta 4.54-5.85 pg/mL, SOD 3.04-3.84 U/mL, GPx 1,298-1,481 ng/mL 범위로 나타났다. 본 연구에서는 약용작물 첨가 사료를 가송어에 공급할 경우 대조구 보다 비특이적 면역활성 및 항산화 활성을 높일 수는 없었다. 그러나 사료에 참당귀를 첨가할 경우 인삼 보다 유의적으로 높은 LZM 활성을 보였다($P<0.1$). 이와 유사한 연구결과가 무지개송어에서 보고되었는데, 인삼 에탄올 추출물을 사료에 0.01-0.03%로 첨가할 경우, 어류의 성장, 사료효율, 체조성, 혈액성상, 면역활성 및 *Yersinia ruckeri* 인위감염에 의한 상대생존율에 아무런 영향을 주지 않았다(Bulfon et al., 2017). 그러나 일부 수산동물을 대상으로 한 연구에서는 인삼, 오미자, 지황을 사료에 첨가할 경우, 체내 항

Table 4. Blood chemistry of the fish fed the experimental diets for 8 weeks¹

	Control	<i>Panax ginseng</i>	<i>Schisandra chinensis</i>	<i>Angelica gigas</i>	<i>Rehmannia glutinosa</i>	P-value
Total protein (g/dL)	4.05±0.34	4.43±0.29	3.92±0.58	4.13±0.25	4.12±0.13	0.531
Glucose (mg/dL)	93.5±18.4 ^a	40.0±5.2 ^b	33.9±3.8 ^b	38.2±7.6 ^b	44.7±12.6 ^b	0.000
Cholesterol (mg/dL)	545±16	501±63	534±21	535±32	552±13	0.469
Triglyceride (mg/dL)	470±24	360±62	425±58	432±62	420±58	0.259

¹Values are mean of triplicate (mean±SD). Values in the same row having different superscript letter are significantly different ($P<0.1$). The lack of superscript letter indicates no significant differences among treatments.

Table 5. Hematological immune responses and antioxidant activities of the fish fed the experimental diets for 8 weeks¹

	Control	<i>Panax ginseng</i>	<i>Schisandra chinensis</i>	<i>Angelica gigas</i>	<i>Rehmannia glutinosa</i>	P-value
LZM ²	57.9±9.8 ^{ab}	46.6±7.8 ^b	61.5±8.1 ^{ab}	71.2±9.9 ^a	51.9±3.5 ^{ab}	0.035
IgM ³	0.88±0.14	0.77±0.05	1.08±0.53	0.84±0.10	1.69±0.89	0.183
IL-1beta ⁴	5.10±1.16	4.54±0.96	4.67±0.04	4.77±0.99	5.85±1.61	0.658
SOD ⁵	3.84±0.12	3.19±0.66	3.63±1.17	3.69±0.39	3.04±0.47	0.687
GPx ⁶	1,298±281	1,481±491	1,408±397	1,369±200	1,350±237	0.977

¹Values are mean of triplicate (mean±SD). Values in the same row having different superscript letter are significantly different ($P<0.1$). The lack of superscript letter indicates no significant differences among treatments. ²Lysozyme (ng/mL). ³Immunoglobulin M (ug/mL). ⁴Interleukin 1 beta (pg/mL). ⁵Superoxide dismutase (U/mL). ⁶Glutathione peroxidase (ng/mL).

산화 및 면역 활성을 높이는 약리효과가 보고되었다. 인삼 뿌리와 다당류를 흰다리새우 사료내 0.4% 수준으로 첨가하여 공급한 결과, 아가미의 acid phosphatase, alkaline phosphatase, 아가미 및 간체장의 SOD, GPx 활성을 높이고, 아가미 및 간체장의 cytosolic SOD, catalase, GPx 관련 mRNA 발현량을 증가시키는 등 전반적인 면역활성을 향상시키는 것으로 나타났다(Liu et al., 2011). 오미자에서 추출한 다당류를 사료내 500 mg/kg 첨가하여 잉어에게 공급한 결과, 선천성 면역활성을 증가시키고, *Aeromonas hydrophila* 인위감염에 대한 상대 생존율을 42.1%까지 높이는 것으로 나타났다(Wang et al., 2016). 지황 다당류를 잉어 사료내 0.25-1 ppm 수준으로 공급할 경우, IL-10, TGF- β , LZM 등의 면역활성과 다양한 항산화 효소의 활성을 증가시키고(Feng et al., 2020), 잉어의 장내 미생물 균총을 변화시켜 면역활성에 긍정적으로 기여하는 것으로 나타났다(Chang et al., 2018). 또한, 지황을 원물, 건조물 또는 추출물 상태로 첨가하여 잉어에 공급할 경우, 원료의 상태 및 첨가 농도에 따라서 증체율, 면역활성 및 병원체 감염에 대한 생존율 등이 다르게 나타났다(Wang et al., 2015). 이처럼 인삼, 오미자, 지황에 대한 약리효과는 어종별로 약용작물 부위(뿌리, 잎, 줄기), 상태(원물, 건조물, 추출물) 및 첨가 농도에 따라서 다르게 나타나며, 본 연구에서는 최초로 가승어를 대상으로 참당귀에 대한 면역활성이 증가하는 결과를 보였다. 즉, 사료내 0.5% 첨가 시 인삼 실험구보다 LZM 활성을 유의적으로 높이는 것으로 나타났다. 이와 유사하게 인삼 첨가에 의한 LZM 활성 증가는, 넙치 및 틸라피아에서만 보고되었다(Hwang et al., 1999; Choi et al., 2010).

이상의 결과를 종합하면, 본 실험에 사용된 4종의 약용작물은 어종, 부산물의 상태에서 따라서 그 약용효과가 다르게 나타나는 것으로 보이며, 특히 약용작물 부산물인 잎, 줄기의 경우 기존의 열매, 뿌리 및 추출물에 비하여 약용효과가 상대적으로 떨어지는 것으로 판단된다. 본 연구에서는 사료내 인삼, 오미자, 참당귀 및 지황을 사료에 첨가하여 가승어에 공급할 경우 성장, 생물지표, 체조성 변화에 영향을 주지 않았으나, 항상성 유지에 관여하는 혈중 glucose 함량을 조절하는 것으로 보인다. 특히, 참당귀는 다른 약용작물에 비해 가승어의 성장 및 면역활성을 높이는 경향을 보였다. 첨가제로 개발할 경우 상대적으로 낮은 생산단가로 개발이 가능하기 때문에 승어용 첨가제로써의 개발 가능성이 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2021년도 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2021016)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

Ahn TY, Sang JD, Kim JH and Kang JC. 2013. Changes of he-

matological constituents in the mullet *Mugil cephalus* exposed to chromium. *J Fish Pathol* 26, 89-79.

Akbary P and Aminikhoei Z. 2018. Effect of water-soluble polysaccharide extract from the green alga *Ulva rigida* on growth performance, antioxidant enzyme activity, and immune stimulation of grey mullet *Mugil cephalus*. *J Appl Phycol* 30, 1345-1353. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1299-8>.

Altunok M and Özden O. 2017. Effect of dietary protein on the growth of mullet *Chelon labrosus*, reared in sea cage. *Fish Aquat Life* 25, 157-164. <https://doi.org/10.1515/aopf-2017-0015>.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official methods of analysis (17th edn). The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, U.S.A.

Awad E and Awaad A. 2017. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish Shellfish Immun* 67, 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034>.

Badran MF and Ali MA. 2021. Effects of folic acid on growth performance and blood parameters of flathead grey mullet *Mugil cephalus*. *Aquaculture* 536, 736459. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736459>.

Bae HK and Seo BI. 2019. Inhibitory activities of rehmanniae radix 30% ethanol extract on acute gastritis and peptic ulcers. *Kor J Herbology* 34, 1-14. <https://doi.org/10.6116/kjh.2019.34.2.1>.

Bang SJ, Lee CH, Kang TY, Choi JH, Jung SM, Kang IS 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>.

Bulfon C, Bongiorno T, Messina M, Volpatti D, Tibaldi E and Tulli F. 2017. Effects of *Panax ginseng* extract in practical diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* on growth performance, immune response and resistance to *Yersinia ruckeri*. *Aquac Res* 48, 2369-2379. <https://doi.org/10.1111/are.13072>.

Chang X, Feng J, Guo X, Huang M, Nie G and Zhang J. 2018. Dietary supplementation with *Rehmannia glutinosa* affects the composition of intestinal microorganisms in common carp. *J Basic Microbiol* 58, 1023-1032. <https://doi.org/10.1002/jobm.201800254>.

Chang YJ and Hur JW. 1999. Physiological responses of grey mullet *Mugil cephalus* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* by rapid changes in salinity of rearing water. *J Kor Fish Soc* 32, 310-316.

Cho SH and Lee SM. 2012. Onion powder in the diet of the olive flounder *Paralichthys olivaceus*: Effects on the growth, body composition, and lysozyme activity. *J World Aquac Soc* 43, 30-38. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00489.x>.

Choi IC, Kim KT, Bang IC, Kwon MG, Lee JH, Lee BI and Cho SH. 2010. Effects of dietary inclusion on red ginseng by-

- product on growth, body composition, serum chemistry, and lysozyme activity in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Fish Aqua Sci 13, 300-307. <https://doi.org/10.5657/fas.2010.13.4.300>.
- Feng JC, Cai ZI, Zhang XP, Chen YY, Chang XI, Wang XF, Qin CB, Yan X, Ma X, Zhang JX and Nie GX. 2020. The effects of oral *Rehmannia glutinosa* polysaccharide administration on immune responses, antioxidant activity and resistance against *Aeromonas hydrophila* in the common carp, *Cyprinus carpio* L. Front Immunol 11, 904. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00904>.
- Gisbert E, Mozanzadeh MT, Kotzamanis Y and Estévez A. 2016. Weaning wild flathead grey mullet *Mugil cephalus* fry with diets with different levels of fish meal substitution. Aquaculture 462, 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.04.035>.
- Hwang MH, Park SI and Kim IC. 1999. Effect of dietary herb medical stuff on the non-specific immune response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. J Fish Pathol 12, 7-15.
- Jahangeer M, Hussain SM, Siddiqui PJA and Immink A. 2014. Haematological, biochemical and immunological changes on growth enhancement of grey mullet fingerlings (*Mugil cephalus* L.) on shrimp head protein hydrolysate and macroalgae based diets. World J Fish Mar Sci 6, 295-304. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfm.2014.06.04.84163>.
- Jana SN, Sudesh GSK, Sabhlok VP and Bhatnagar A. 2012. Nutritive evaluation of lysine-and methionine-supplemented raw vs heat-processed soybean to replace fishmeal as a dietary protein source for grey mullet *Mugil cephalus*, and Milkfish *Chanos chanos*. J Appl Aquac 24, 69-80. <https://doi.org/10.1080/10454438.2012.652032>.
- Jeong HJ, Hong SY, Lee KY, Lee JH, Lim SH, Heo NK and Kim HY. 2015. Diabetic effect of *Angelica gigas* nakai leaf extracts in diabetes mellitus type II model mice by high fat-fed and streptozotocin-treated rats. J Agri Life Environ Sci 27, 6-14.
- Kim SM, Jun LJ, Yeo IK, Jeon YJ, Lee KJ, Jeong HD and Jeong JB. 2014. Effects of dietary supplementation with garlic extract on immune responses and diseases resistance of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. J Fish Pathol 27, 35-45. <https://doi.org/10.7847/jfp.2014.27.1.035>.
- Kim WJ, Kim YS and Chang YJ. 2010. Comparison of hematological properties in cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* on different growth stages and seasons. Dev Reprod 14, 131-141.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2020. Status of fish culture. KOSIS, Daejeon, Korea.
- Lee C, Kim Y and Lee KJ. 2015. Dietary supplementation of citrus and fermented citrus by-product for juvenile red seabream *pagrus major* at low water temperature. Korean J Fish Aquat Sci 48, 454-458. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0454>.
- Lee KY, Hong SY, Jeong HJ, Lee JH, Lim SH, Heo NK and Kim HY. 2015. Biological activities of extract from aerial parts of *Angelica gigas* nakai. J Agri Life Environ Sci 27, 15-22.
- Lee MJ, Kim EH and Lee DK. 2008. Effects of *Panax ginseng* on stress. J Ginseng Res 32, 8-14. <https://doi.org/10.5142/JGR.2008.32.1.008>.
- Lee SM, Lee JH and Kim KD. 2003. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder *Palalichthys stellatus*. Aquaculture 225, 269-281. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00295-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00295-3).
- Li Z, He X, Liu F, Wang J and Feng J. 2018. A review of polysaccharides from *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera*: Properties, functions and applications. Carbohydr Polym 184, 178-190. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.058>.
- Liu XL, Xi QY, Yang L, Li HY, Jiang QY, Shu G, Wang SB, Gao P, Zhu XT and Zhang YL. 2011. The effect of dietary *Panax ginseng* polysaccharide extract on the immune response in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Fish Shellfish Immunol 30, 495-500. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.11.018>.
- Luzzana U, Valfrè F, Mangiarotti M, Domeneghini C, Radaelli G, Moretti VM and Scolari M. 2005. Evaluation of different protein sources in fingerling grey mullet *Mugil cephalus* practical diets. Aquac Int 13, 291-303. <https://doi.org/10.1007/s10499-004-3099-9>.
- Min BH, Noh GA, Jeong MH, Kang DY, Choi CY, Bang IC and Chang YJ. 2006. Effect of oral administration of thyroid hormone on physiological activity and growth of black porgy reared in freshwater or seawater. J Aquacult 19, 149-156.
- Munck A, Guyre PM and Holbrook J. 1984. Physiological functions of glucocorticoid in stress and their relationship to pharmacological action. Endocr Rev 5, 25-44. <https://doi.org/10.1210/edrv-5-1-25>.
- Park BN and Lee JW. 2017. Antioxidation activity of residue after omija *Schisandra chinensis* juice extract. J Appl Biol Chem 60, 95-100. <https://doi.org/10.3839/jabc.2017.016>.
- Park JD, Rhee DK and Lee YH. 2005. Biological activities and chemistry of saponins from *Panax ginseng* C. A. Meyer. Phytochem Rev 4, 159-175. <https://doi.org/10.1007/s11101-005-2835-8>.
- Talukdar A, Deo AD, Sahu NP, Sardar P, Aklakur M, Prakash S and Kumar S. 2020. Effects of dietary protein on growth performance, nutrient utilization, digestive enzymes and physiological status of grey mullet *Mugil cephalus* L. fingerlings reared in inland saline water. Aquac Nutr 26, 921-935. <https://doi.org/10.1111/anu.13050>.
- Wang E, Chen X, Wang K, Wang J, Chen D, Geng Y, Lai W and Wei X. 2016. Plant polysaccharides used as immunostimulants enhance innate immune response and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in fish. Fish

Shellfish Immunol 59, 196-202. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.10.039>.

Wang JL, Meng XI, Lu RH, Wu C, Luo YT, Yan X, Li XJ, Kong XH and Nie GX. 2015. Effects of *Rehmannia glutinosa* on growth performance, immunological parameters and disease resistance to *Aeromonas hydrophila* in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* 435, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.004>.

Yun AY, Kim HS, Seo Y, 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>.