

배합사료내 양파(*Allium cepa* L.)즙 부산물 첨가 함량에 따른 조피볼락 (*Sebastes schlegelii*) 치어의 성장, 사료이용성 및 항산화효소 활성에 미치는 영향

이창환 · 오화용 · 이다연 · 이태훈 · 김희성*

경상국립대학교 해양생명과학과

Effects of Diet Supplementation with Onion *Allium cepa* L. Juice Processing By-products on Juvenile Black Rockfish *Sebastes schlegelii* Growth, Feed Utilization and Antioxidant Enzymes Activity

Chang-Hwan Lee, Hwa Yong Oh, Da-Yeon Lee, Tae Hoon Lee and Hee Sung Kim*

Department of Marine Biology and Aquaculture, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

An eight-week feeding trial was conducted to evaluate the effects of a diet consisting of different onion juice processing by-product (OJPB) levels on juvenile black rockfish *Sebastes schlegelii* growth, feed utilization, and lysozyme and antioxidant enzymes activities. Juvenile rockfish (2.2 g) were randomly distributed into 15 flow-through tanks (30 fish/tank). Five experimental diets were prepared in triplicate. The experimental diets were supplemented with OJPB at different levels of 0 (control), 0.25, 0.5, 0.75 and 1% (designated as OJPB0, OJPB0.25, OJPB0.5, OJPB0.75 and OJPB1, respectively). At the end of the feeding trial, the results revealed that the fish that were fed the OJPB0.75 and OJPB1 diets showed enhancement in growth (weight gain and specific growth rate) and feed utilization (feed efficiency and protein efficiency ratio) compared with the fish that were fed other diets. Plasma lysozyme, glutathione concentration, and superoxide dismutase and catalase activities significantly increased in the fish that were fed the OJPB0.75 and OJPB1 diets. In conclusion, dietary supplementation of 0.75–1% OJPB in juvenile rockfish diet improved the growth performance and antioxidant status.

Keywords: Onion juice processing by-product (OJPB), Growth, Feed utilization, Antioxidant enzymes activity, Black rockfish

서론

조피볼락(*Sebastes schlegelii*)은 국내 양식 주요 대상종으로 2021년 국내 양식 총 생산량 및 생산금액은 각각 17,473톤과 2,193억 원으로 넙치(생산량, 41,791톤; 생산금액, 6,622억 원) 다음으로 높은 생산고를 보이는 어종이며 국내 해산어류 양식 산업에서 중요한 어종으로 자리매김하고 있다(KOSIS, 2022).

국내 조피볼락 양식은 연중 고밀도로 양식되고 있으며, 이로 인한 성장 저하 및 스트레스 증가 등의 발생에 의해 건강 및 면역력이 저하되어 각종 세균, 바이러스 등에 기인한 질병 감염

에 의한 대량 폐사가 빈번하게 발생하고 있다(Du et al., 2018; Yang et al., 2021). 이에 따라 양식현장에서는 대량 폐사에 의한 경제적 손실을 최소화하기 위해 합성항생제를 사용하고 있다(Pan et al., 2019; Huo et al., 2022). 그러나 무분별한 항생제의 사용은 항생제 내성균 발생, 환경오염 및 어체내 항생제 잔류 등과 같은 문제로 많은 나라에서 항생제 사용을 금지하고 있는 실정이다(RingØ et al., 2010; Mousavi et al., 2016). 이를 위해 합성항생제를 대체할 다양한 양어용 배합사료 사료첨가제 개발에 관한 연구가 이루어진 바 있다(Bai et al., 2001; Jeon et al., 2013; Kwon et al., 2016; Kim et al., 2019; Yang et al., 2021).

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9154 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: bluesonn@gnu.ac.kr



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.2022.0319>

Korean J Fish Aquat Sci 55(3), 319-327, June 2022

Received 8 April 2022; Revised 29 April 2022; Accepted 3 May 2022

저자 직위: 이창환(대학원생), 오화용(대학원생), 이다연(대학원생), 이태훈(대학원생), 김희성(조교수)

최근 친환경적이면서 안정적인 양어 생산을 위한 식물기원의 사료첨가제 개발에 대한 많은 연구가 보고된 바 있다(Lim et al., 2009; Lee et al., 2016; Yun et al., 2016; Kim et al., 2019; Jang et al., 2021). 특히 인간의 식품으로써 가치가 없는 다양한 식물기원 부산물[올리브유추출부산물(Banavreh et al., 2019), 포도주부산물(Peña et al., 2020), 포도주부산물(Câmara et al., 2020), 생강즙부산물(Oh et al., 2022) 등]의 양어용 사료첨가제로써 이용 가능성에 대한 몇몇 연구가 수행된 바 있다.

양파(*Allium cepa* L.)는 백합목 백합과에 속하는 식물로(Pareek et al., 2017), 전 세계적으로 재배되는 식물 중 하나이다(Roldán et al., 2008). 양파는 vitamin, saponin, phenolic compounds 등을 함유하고(Breu, 1996; Mousavi et al., 2016), flavonoid의 유도체인 quercetin을 함유하고 있어(Pês et al., 2018), 항균, 항산화, 항암 등에 효과적인 것으로 알려져 있다(Ramos et al., 2006; Jeong et al., 2009). 이에 따라 양파는 건강 식품으로써 전세계적으로 샐러드, 스프레드, 수프, 건강즙, 과자 등과 같은 다양한 형태로 섭취되고 있다(van Wyk, 2014). 특히 국내에서는 건강 증진 및 개선의 목적으로 양파즙을 건강 음료로써 섭취하는 것이 대중화되어 있고, 그 수요량과 관심은 계속적으로 증가할 것으로 예상된다(FIS, 2021). 그러나 양파즙을 가공하고 남은 상당량의 양파즙부산물(onion juice processing by-product, OJPB)은 대부분 산업 폐기물로 간주하여 매몰, 소각 등의 방법으로 처리되어 환경 오염뿐만 아니라 자원 낭비를 초래하고 있는 실정이다. 하지만 OJPB는 flavonoids, fructooligosaccharide 등과 같은 유용 물질들을 상당량 함유하고 있어(Lecain et al., 1999; Kee and Park, 2000), 기능성 소재로써 이용가능성에 대한 연구가 이루어진 바 있다(Kim et al., 2019). 특히 flavonoids는 호르몬과 같은 유사한 기능을 가져 동물의 성장 향상에 영향을 미칠 수 있으며(Baker, 1998), 약용식물로부터 추출한 flavonoids의 어류 사료내 첨가는 성장, 항산화력 및 면역력 향상에 효과적인 것으로 알려져 있다(Zhou et al., 2015; Li et al., 2019). Fructooligosaccharide 또한 수산동물사료내 prebiotics로써 그 효능이 보고된 바 있으며(RingØ et al., 2010), 어류의 성장, 사료이용성 및 면역력 향상에 효과적인 것으로 알려져 있다(Mahious et al., 2006; Grisdale-Helland et al., 2008).

OJPB의 수산동물용 배합사료내 이용성에 관한 연구로는 전복(*Haliotis discus*) 치패용 배합사료내 해조류분(미역) 대체원료로써 OJPB의 대체 첨가가 성장 향상과 공기노출에 따른 스트레스 저감에 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Jeong et al., 2020). 그러나 조피볼락 치어 배합사료내 사료첨가제로써 OJPB의 첨가 함량에 관한 연구는 미비한 실정이며, 이에 따라 본 연구에서는 배합사료내 OJPB 첨가 함량에 따른 조피볼락 치어의 성장, 사료이용성, 체조성, 혈액성상, lysozyme 및 항산화효소 활성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

양파즙부산물(OJPB) 분말 제조

양파즙부산물(OJPB)은 개인 건강즙 생산업체(Daegu, Korea)에서 공급받았으며, 이후 건조기(KED-M07D1; Kiturami Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 20°C에서 72시간 건조한 후 믹서기로 분쇄하여 분말화한 후 실험사료 제조 전까지 -20°C 냉동고에서 보관하였다.

실험사료 준비

실험사료의 조성 및 일반성분은 Table 1에 나타냈다. 실험사료의 주요 단백질원으로는 전갱이분과 발효대두박을 사용하였고 지질원으로는 어유와 대두유를 사용하였다. OJPB를 첨가하지 않은 사료는 대조구(OJPB0) 사료로 이용하였으며, 다른 실험사료는 OJPB0 사료의 소맥분 대신 OJPB를 각각 0.25%, 0.5%, 0.75% 및 1%를 첨가하여 총 5종류의 실험사료를 제조하였다. 실험사료의 조단백질 함량은 건물 기준으로 50.4-50.9%, 조지질 함량은 건물 기준으로 14.1-15.0%이었다. 실험사료 제조에 이용된 사료원료는 잘 혼합한 후 실험실용 펠렛 제조기를 이용하여 직경 3 mm 크기로 압출 성형하였다. 제조된 실험사료는 건조기를 이용하여 20°C에서 48시간 건조 후 -35°C에서 사료 공급 전까지 보관하였다. 각 실험사료는 8주간 1일 2회(09:00, 17:00) 손으로 만복 공급하였다.

실험어 및 사육실험 조건

사육실험에 사용된 조피볼락 치어는 경남 남해에 위치한 개인 양식장에서 구입하였다. 실험어는 운송 후 사육환경에 적응시키기 위해 2주간 순치하였고 순치 기간 동안 충분한 양의 시판용 침강사료(천하제일사료 3호: 조단백질 52%, 조지질 10%)를 1일 2회 공급하였다. 사육실험개시 전 하루동안 절식한 마리당 평균 2.2 g의 조피볼락 치어를 30마리씩 15개의 40 L 유수식 사각 플라스틱 수조(수량, 30 L)에 각각 무작위로 수용하였다. 8주간의 사육실험 기간동안 수조당 유수량은 평균 0.84 L/min이었으며, 각각의 수조에는 충분한 aeration을 시켜주었다. 사육기간간 수온은 21.1±0.21°C, 염도는 31.9±0.12 psu, 용존산소는 7.0±0.06 mg/L (mean±SD)이었으며, 광주기는 자연광주기 조건을 따랐다.

어체 측정

8주간의 사육 실험 종료 후 24시간 절식한 어류를 100 ppm의 tricaine methanesulfonate (MS-222; Sigma-Aldrich, St. Louis, MI, USA)로 마취시켜 각 수조당 생존한 개체 수와 최종 무게를 측정하였으며, 수조당 10마리를 무작위로 선택하여 전 어체 무게와 체장을 측정하여 어체증중가(weight gain), 일일성장률(specific growth rate, SGR), 사료효율(feed efficiency) 및 비만도(condition factor)를 평가하였다.

혈액 샘플

실험어의 혈액성상과 혈장내 lysozyme 및 항산화효소 분석을 위해 각 수조에서 10마리씩 무작위로 선택하여 MS-222 (150 ppm)로 마취시킨 후 주사기를 이용하여 미부정맥에서 채혈하였다. 채혈한 혈액은 8,000 rpm으로 10분간 원심분리 후 혈장을 분리하여 분석시까지 -80°C 초저온 냉동고에 보관하였다.

일반성분분석

실험사료와 전어체의 일반성분분석은 AOAC (1990) 표준분석방법에 따라 수분은 105°C dry oven에서 24시간 동안 건조한 후 측정하였다. 조단백질은 KD200-B-1038 KjElROC Analyzer (OPSIS Liquid LINE, Furulund, Sweden)를 이용하여 분석하였고, 조지질은 에테르 추출법(ST 243 Soxtec™; Foss, Hillerod, Sweden)으로 분석하였으며, 회분은 550°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다.

혈액성상 분석

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

분석하였다.

Lysozyme 및 항산화효소 분석

혈장내 lysozyme 활성은 lysozyme assay kit (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 혈장을 0.01 M NaCl과 0.01 mg NaCl으로 구성된 1X reaction 버퍼 25 mL에 희석시킨 후 *Micrococcus lysodeikticus* (50 mg/mL)로 표시된 fluorescein isothiocyanate 50 mL를 96-well plate에 분주한 후 37°C에서 30분간 혼합하고 fluorescence reader (1420 Multi-label Counter Victor3; Perkin Elmer, Branford, CT, USA)를 이용하여 485/535 nm에서 측정하였다. Superoxide dismutase (SOD)의 활성은 Cayman Superoxide Dismutase Assay Kit (Cayman Chemical, Ann Arbor, MI, USA)를 이용하여 well plate에 혈장 10 µL, radical detector 200 µL, xanthine oxidase 20 µL를 순서대로 분주하고 20분간 배양한 후 spectrophotometer (Multiskan Go; Thermo Scientific, Vantaa, Finland)를 이용하여 440 nm에서 측정하였다. Catalase (CAT) 활성은 Cayman Catalase Assay Kit (Cayman Chemical, Ann Arbor)를 이용하여 well-plate에 혈장 20 µL와 assay buffer 100 µL 및 메탄올 30 µL와 혼합하고 H₂O₂ 20 µL를 분주한 후 상온에서 20분간 배양하였다. 배양한 혼합물을 30 µL의 potassium hydroxide

Table 1. Feed formulation of the experimental diets (DM basis, %)

	Experimental diets				
	OJPB0	OJPB0.25	OJPB0.5	OJPB0.75	OJPB1
Ingredients (%)					
Sardine meal	50	50	50	50	50
Fermented soybean meal	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Wheat flour	27	26.75	26.5	26.25	26
OJPB ¹	0	0.25	0.5	0.75	1
Fish oil	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Soybean oil	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Vitamin premix ²	1	1	1	1	1
Mineral premix ³	1	1	1	1	1
Choline	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrients (%)					
Dry matter	94.0	93.5	93.6	92.3	93.4
Crude protein	50.5	50.4	50.6	50.9	50.7
Crude lipid	15.0	14.1	14.6	14.2	14.5
Ash	8.2	10.3	10.3	9.4	9.9

¹OJPB (onion juice processing by-product) were supplied from Youngjin health food store (Daegu, Korea). ²Vitamin 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. ³Mineral premix contained the following ingredients (g/kg mix): MgSO₄·7H₂O, 80.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 370.0; KCl, 130.0; ferric citrate, 40.0; ZnSO₄·7H₂O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0.

를 첨가하여 반응을 종결시키고 30 μ L의 catalase purpaid를 첨가하여 10분간 배양한 후 catalase potassium periodate를 10 μ L 분주한 후 5분간 배양한 후 spectrophotometer (Multiskan Go; Thermo Scientific)를 이용하여 540 nm에서 측정하였다. Glutathione (GSH) 함량은 Cayman GSH Assay Kit (Cayman Chemical, Ann Arbor)를 이용하여 well-plate에 혈장을 50 μ L를 MES buffer [2-(N-morpholino) ethanesulfonic acid], cofactors, enzymes, water, and DTNB [5,5'-dithio-bis-(2-nitrobenzoic acid)]가 함유된 assay cocktail 150 μ L와 혼합한 후 spectrophotometer (Multiskan Go; Thermo Scientific)를 이용하여 405 nm에서 30분동안 5분 간격으로 측정하였다.

통계 분석

모든 데이터는 SPSS program version 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 One-way ANOVA와 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 각 실험구간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

OJPB 첨가 함량을 달리한 실험사료를 8주간 공급받은 조피볼락 치어의 성장 결과를 Table 2에 나타내었다. 사육실험 중

료시 생존율은 모든 실험구가 평균 96% 이상으로 실험구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 그러나 어체중증가 및 일일성장률은 OJPB0.75와 OJPB1 공급구가 다른 모든 실험사료 공급구보다 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 본 연구 결과와 유사하게 brown-marbled grouper *Epinephelus fuscoguttatus*에 양파 분말을 2% 첨가시 어체중 증가와 일일성장률이 무첨가구에 비해 우수한 결과를 보였다(Apines-Amar et al., 2012). 또한 나일틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 사료내 0.5% 및 1% 양파 분말 첨가는 어체중증가와 일일성장률 향상에 매우 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Younes et al., 2021). African catfish *Clarias gariepinus* 치어 배합사료내 2%, 4% 및 6%의 양파껍질 분말의 첨가는 무첨가구에 비해 성장 향상에 효과를 보였다(Aluta et al., 2021). 일반적으로 양파와 같은 약용 식물내 bioflavonoids는 어류 성장 향상에 효과를 보이는 것으로 알려져 있다(Younes et al., 2021).

OJPB 첨가 함량을 달리한 실험사료를 8주간 공급한 조피볼락 치어의 사료섭취량, 사료효율, 단백질전환효율 및 비만도 결과는 Table 3에 나타내었다. 사료효율과 단백질전환효율은 OJPB0.75 및 OJPB1 공급구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 사료공급량과 비만도는 OJPB 함량에 따른 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 이번 연구에서 조피

Table 2. Survival, weight gain and SGR of juvenile rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets containing different concentration of onion juice processing by-products (OJPB) for 8 weeks

Experimental diets	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Survival (%)	Weight gain (g/fish)	SGR ¹
OJPB0	2.2±0.02 ^a	9.7±0.15 ^a	97.8±1.11 ^a	7.4±0.16 ^a	2.98±0.042 ^a
OJPB0.25	2.2±0.00 ^a	9.6±0.18 ^a	98.9±1.11 ^a	7.4±0.18 ^a	2.98±0.037 ^a
OJPB0.5	2.2±0.01 ^a	9.6±0.08 ^a	100±0.00 ^a	7.4±0.09 ^a	2.97±0.022 ^a
OJPB0.75	2.2±0.01 ^a	10.2±0.09 ^b	100±0.00 ^a	8.0±0.09 ^b	3.11±0.022 ^b
OJPB1	2.3±0.06 ^a	10.3±0.06 ^b	98.9±1.11 ^a	8.1±0.10 ^b	3.09±0.057 ^b
P-values		$P < 0.001$	$P > 0.3$	$P < 0.004$	$P < 0.01$

¹Specific growth rate (SGR, %/day)=(ln final weight of fish-ln initial weight of fish)/days of feeding trial×100. Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing the different superscript letter are significantly different ($P < 0.05$).

Table 3. Feed consumption, FE, PER and CF of juvenile rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets containing different concentration of onion juice processing by-products (OJPB) for 8 weeks

Experimental diets	Feed consumption (g/fish)	FE ¹	PER ²	CF ⁴
OJPB0	9.0±0.14 ^a	0.85±0.011 ^a	1.64±0.059 ^a	1.79±0.008 ^a
OJPB0.25	8.7±0.34 ^a	0.85±0.005 ^a	1.67±0.024 ^a	1.76±0.053 ^a
OJPB0.5	8.8±0.11 ^a	0.86±0.020 ^a	1.62±0.016 ^a	1.82±0.043 ^a
OJPB0.75	8.7±0.13 ^a	0.91±0.003 ^b	1.78±0.006 ^b	1.77±0.019 ^a
OJPB1	9.0±0.15 ^a	0.91±0.013 ^b	1.75±0.028 ^b	1.82±0.076 ^a
P-values	$P > 0.8$	$P < 0.005$	$P < 0.03$	$P > 0.8$

¹Feed efficiency (FE)=Weight gain of fish/feed consumed. ²Protein efficiency rate (PER)=Weight gain of fish/protein consumed. ³Protein retention (PR)=Protein gain/protein consumed×100. ⁴Condition factor (CF)=Fish weight/total length³×100. Values (means of triplicate ± SE) in the same column sharing the different superscript letter are significantly different ($P < 0.05$).

블락 치어 실험사료내 0.75% 이상의 OJPB의 첨가는 사료효율과 단백질전환효율 증가에 효과적인 것으로 나타났다. 양파는 육상동물에 있어 소화를 촉진시키고 위장내 소화물의 이동 시간 단축한다고 알려져 있으며(Platel and Srinivasan, 2001), fructooligosaccharide와 같은 수용성 섬유질이 함유되어 있어 대장내 미생물(bifidobacteria 및 lactobacilli 등)의 특이적 성장을 자극시켜 사료이용성을 증가시킨다고 보고된 바 있다(Ernst and Feldheim, 2000; Benkeblia and Shiomi, 2006; Binaii et al., 2014). 초어(*Ctenopharyngodon idella*) 치어 배합사료내 양파분말 1%, 2% 및 3% 첨가는 대조구(0%)에 비하여 사료전환 효율 개선에 효과적이었고(Anwer et al., 2018), 양파분말 0.5

및 1% 첨가 사료를 공급한 beluga *Huso huso* 치어는 대조구(0%)보다 사료전환효율이 개선되었다(Akrami et al., 2015). 또한 climbing perch *Anabas testudineus* 치어 사료내 양파분말 2% 첨가 공급은 단백질전환효율에 유의한 효과를 보였으며(Pimpimon et al., 2018), *E. fuscoguttatu* 치어에 양파분말 1% 공급은 무첨가 공급구보다 사료효율 향상에 효과를 보였다(Apines-Amar et al., 2012). 그 밖에도 나일틸라피아 치어 사료내 양파분말의 첨가 함량이 증가함에 따라 단백질전환효율이 향상되는 것으로 각각 나타났다(Seden, 2013). 특히 Aluta et al. (2021)은 *C. gariepinus* 치어 배합사료내 2%, 4% 및 6%의 양파 껍질 분말 첨가는 사료전환효율과 단백질전환효율 개선에 효과

Table 4. Proximate composition (% wet weight basis) of whole body of juvenile rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets containing different concentration of onion juice processing by-products (OJPB) for 8 weeks

Experimental diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
OJPB0	72.2±0.12 ^a	16.6±0.00 ^a	5.9±0.12 ^a	4.3±0.06 ^a
OJPB0.25	72.3±0.17 ^a	16.7±0.07 ^a	5.7±0.12 ^a	4.1±0.12 ^a
OJPB0.5	72.0±0.23 ^a	16.9±0.12 ^a	5.9±0.19 ^a	4.2±0.07 ^a
OJPB0.75	72.4±0.27 ^a	16.8±0.28 ^a	5.8±0.12 ^a	4.3±0.09 ^a
OJPB1	72.3±0.23 ^a	16.8±0.21 ^a	5.7±0.23 ^a	4.1±0.09 ^a
P-values	P>0.7	P>0.8	P>0.8	P>0.3

Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing the different superscript letter are significantly different (P<0.05).

Table 5. Hematological parameters of whole body of juvenile rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets containing different concentration of onion juice processing by-products (OJPB) for 8 weeks

Experimental diets	AST ¹ (U/L)	ALT ² (U/L)	T-CHO ³ (mg/dL)	TP ⁴ (g/dL)	GLU ⁵ (mg/dL)
OJPB0	153.00±31.56 ^a	34.67±3.33 ^a	209.33±36.41 ^a	4.37±0.43 ^a	60.00±4.93 ^a
OJPB0.25	153.33±60.20 ^a	39.33±4.84 ^a	199.00±19.97 ^a	5.47±0.37 ^a	49.00±9.64 ^a
OJPB0.5	139.00±31.50 ^a	39.33±0.88 ^a	219.33±49.78 ^a	5.97±0.99 ^a	39.67±4.81 ^a
OJPB0.75	113.33±11.33 ^a	37.00±2.08 ^a	225.33±47.80 ^a	5.77±0.72 ^a	46.00±9.07 ^a
OJPB1	158.00±37.11 ^a	37.67±1.86 ^a	262.00±18.36 ^a	5.50±0.42 ^a	56.67±8.37 ^a
P-values	P>0.9	P>0.7	P>0.7	P>0.4	P>0.3

¹AST, Aspartate aminotransferase. ²ALT, Alanine aminotransferase. ³T-CHO, Total cholesterol. ⁴TP, Total protein. ⁵GLU, Glucose. Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing the different superscript letter are significantly different (P<0.05).

Table 6. Plasma lysozyme and antioxidant enzymes activities of juvenile black rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets containing different concentration of onion juice processing by-products (OJPB) for 8 weeks

Experimental diets	Lysozyme (U/mL)	SOD ¹ (U/mL)	GSH ² (μm)	CAT ³ (nmol/min/mL)
OJPB0	54.7 ± 2.14 ^a	5.0 ± 0.35 ^a	15.2 ± 0.73 ^a	2.1 ± 0.10 ^a
OJPB0.25	54.9 ± 1.80 ^a	5.2 ± 0.26 ^a	15.3 ± 0.61 ^a	2.1 ± 0.07 ^a
OJPB0.5	56.0 ± 2.38 ^a	5.0 ± 0.40 ^a	15.4 ± 0.61 ^a	2.1 ± 0.08 ^a
OJPB0.75	64.4 ± 2.10 ^b	6.7 ± 0.35 ^b	18.3 ± 0.64 ^b	2.7 ± 0.13 ^b
OJPB1	62.6 ± 1.67 ^b	6.4 ± 0.34 ^b	17.4 ± 0.43 ^b	2.4 ± 0.07 ^b
P-values	P<0.009	P<0.009	P<0.02	P<0.003

¹SOD, Superoxide dismutase. ²GSH, Glutathione. ³CAT, Catalase. Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing the different superscript letter are significantly different (P<0.05).

적이며, 이는 양파 껍질내 bioflavonoids와 같은 생활성물질에 의한 소화 자극으로 인하여 소화 개선 및 소화물 이동 단축에 의한 것으로 보고하였다. 또한 European sea bass *Dicentrarchus labrax* 치어에 사료내 양파분말 0.5%와 1%의 첨가는 사료전환효율과 단백질전환효율 향상에 효과적인 것으로 나타났으나 (Saleh et al., 2015), 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 치어의 단백질전환효율과 단백질축적율은 양파분말 첨가 함량에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다(Cho and Lee, 2012). 이와 같이 본 연구에서 0.75%와 1%의 OJPB 첨가는 조피볼락 치어의 사료 이용성 향상에 의해 성장 개선에 효과를 보인 것으로 사료된다. 그러나 배합사료내 사료첨가제로써 양파의 첨가가 성장과 사료 이용성에 미치는 효과는 대상 어종이나 개체의 크기, 첨가 함량, 어종의 영양생리학적 상태, 사육 조건 등에 따라 달라질 수 있다 (Cho and Lee, 2012; Akrami et al., 2015).

8주간의 사육실험 종료시 전어체의 일반성분분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 전어체의 일반성분은 배합사료내 OJPB의 함량에 따른 유의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다 ($P>0.05$). 본 연구결과와 유사하게 양파분말 함량(0.5%, 1%, 2%, 3% 및 5%)을 달리 공급한 넙치 치어 가식부의 체조성은 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났으나(Cho and Lee, 2012), 유럽바다농어 치어에 있어 배합사료내 양파분말의 첨가 함량은 어체의 조단백질 함량에 유의한 영향을 보였으며, 이는 사육 대상어종, 첨가제의 종류 및 함량, 어류의 건강상태 및 사육조건의 차이 때문으로 보고한 바 있다(Saleh et al., 2015).

8주간의 사육실험 종료시 조피볼락 치어의 혈장내 ALT, AST, T-CHO, TP 및 GLU의 함량은 Table 5에 나타내었다. 분석된 모든 항목은 배합사료내 OJPB 함량에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다($P>0.05$). 이번 연구결과와 유사하게 넙치 치어 배합사료내 양파 가루의 함량별(0%, 0.5%, 1%, 3% 및 5%) 첨가에 따른 혈청내 TP, GLU, AST, ALT, T-CHO 및 triglyceride는 실험구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았고(Cho and Lee, 2012), *C. gariepinus* 배합사료내 양파 추출물 첨가 공급시 혈장내 TP, albumin 및 globulin 함량은 유의한 차이를 보이지 않았다(Bello et al., 2014).

OJPB 첨가 함량을 달리한 실험사료를 8주간 공급받은 조피볼락 치어의 혈장내 lysozyme, SOD와 CAT 활성 및 GSH 함량은 Table 6에 나타내었다. 혈장내 lysozyme활성은 OJPB0.75 및 OJPB1 공급구가 다른 실험사료 공급구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). Lysozyme은 세균의 세포벽내 peptidoglycan의 가수분해를 촉매하여 세포벽의 성분을 용해시켜 세균 성장 억제 또는 사멸에 작용하는 비특이적 방어 메커니즘을 측정하는 지표로 알려져 있다(Yin et al., 2006; Saurabh and Sahoo, 2008; Li et al., 2021). 본 연구결과와 유사하게 사료내 양파분말 0.5% 및 1% 첨가는 나일틸라피아 치어의 lysozyme 활성 향상에 효과적인 결과를 보였으며(Younes et al., 2021), 사료내 양파분말의 첨가 함량이 증가할수록 *H. huso*의 lyso-

zyme 활성이 증가하는 경향을 보였다(Arkami et al., 2015). 특히 Shin et al. (2010)에 의하면 양파에서 추출한 quercetin을 배합사료내 0.25% 및 0.5% 첨가시 넙치의 혈장내 lysozyme 활성 향상에 효과적인 것으로 보고하였으며, quercetin과 lysozyme 활성 사이의 밀접한 상관관계를 강조하였다. 본 연구에서 혈장내 SOD와 CAT 활성 및 GSH 함량은 OJPB0.75 및 OJPB1 공급구가 다른 실험사료 공급구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 양파내 유용물질로 알려진 allicin과 같은 유기황화합물은 항산화기능을 가지고 hydroxyl radical과 과산화 음이온을 소거함으로써 동물세포의 항산화능을 증가시켜 lipoxygenase 효소를 억제하고 항산화효소를 증가시키는 것으로 알려져 있다(Metwally, 2009; Aluta et al., 2021). 본 연구결과와 유사하게 양파분말 또는 양파 추출물을 사료내 첨가시 나일틸라피아 치어의 SOD 및 CAT 활성 증가를 보였고, 양파분말 0.5% 공급은 다른 첨가구에 비하여 GSH 함량을 증가시키는 것으로 나타났다(Younes et al., 2021). 이외에도 *C. gariepinus*의 CAT 활성과 GSH 함량은 사료내 양파껍질 분말의 첨가 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다(Aluta et al., 2021).

이상의 결과를 고려하면 배합사료내 0.75–1% OJPB 첨가는 조피볼락 치어의 성장, 사료이용성, lysozyme 및 항산화효소 활성 개선에 효과적인 것으로 판단된다. 그러나 추후 OJPB가 조피볼락의 비특이적 면역력, 질병방어력 등에 미치는 영향과 같은 연구와 사료첨가제로써 양식현장 규모로의 적용 가능성에 대한 현장적용시험 등과 같은 추가적인 연구를 통하여 식품으로써 가치가 없고 폐기물로 간주되고 있는 양파즙부산물인 양어사료산업으로의 적용 가능성에 대한 현장검증 연구가 반드시 이루어질 필요가 있을 것으로 사료된다.

사 사

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020R1G1A1006483).

References

- Akrami R, Gharaei A, Mansour MR and Galeshi A. 2015. Effects of dietary onion (*Allium cepa*) powder on growth, innate immune response and hemato-biochemical parameters of beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1754) juvenile. Fish Shellfish Immunol 45, 828-834. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.06.005>.
- Aluta UP, Aderolu AZ, Lawa MO and Olutola AA. 2021. Inclusion effect of onion peel powder in the diet of African catfish, *Clarias gariepinus*: Growth, blood chemistry, hepatic antioxidant enzymes activities and SOD mRNA responses. Sci Afr 12, e00780. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00780>.
- Anwer I, Hafeez-ur-Renman M, Abbas F, Javid A, Hussain A,

- Khan N, Akmal M, Abbas G, Rasool F and Azmat H. 2018. Effect of onion powder as feed additive on the growth, hematology and biochemical profile of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Pak J Zool 13, 58-64.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, U.S.A.
- Apines-Amar MJS, Amar EC, Faisan Jr JP, Pakingking Jr RV and Satoh S. 2012. Dietary onion and ginger enhance growth, hemato-immunological responses, and disease resistance in brown-marbled grouper, *Epinephelus fuscoguttatus*. AACI Bioflux 5, 231-239.
- Bai SC, Koo JW, Kim KW and Kim SK. 2001. Effects of chlorella powder as a feed additive on growth performance in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). Aquac Res 32, 92-98. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00008.x>.
- Banavreh A, Soltani M, Kamali A, Yazdani-Sadati MA and Shamsaie M. 2019. Effects of olive pomace on growth performance, digestibility, body composition and fatty acid profile in yearling Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* (Brandt 1896). Aquac Nutr 25, 333-342. <https://doi.org/10.1111/anu.12858>.
- Bello OS, Olaifa FE and Emikpe. 2014. Haematological and blood biochemical changes in African catfish, *Clarias gariepinus* fed walnut (*Tetracarpidium conophorum* Mull Arg) leaf and onion (*Allium cepa* Linn) bulb supplemented diets. J Exp Agric Int 4, 1593-1603. <https://doi.org/10.9734/ajea/2014/6622>.
- Benkeblia N and Shiomi N. 2006. Hydrolysis kinetic parameters of DP 6, 7, 8 and 9-12 fructooligosaccharides (FOS) of onion bulb tissues. Effect of temperature and storage time. J Agric Food Chem 54, 2587-2592. <https://doi.org/10.1021/jf052848i>.
- Binaii M, Ghiasi M, Farabi SMV, Pourgholam R, Fazli H, Safari R, Alavi SE, Taghavi MJ and Bankehsaz Z. 2014. Biochemical and hematoimmunological parameters in juvenile beluga (*Huso huso*) following the diet supplemented with nettle (*Urtica dioica*). Fish Shellfish Immunol 36, 46-51. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.10.001>.
- Breu W. 1996. *Allium cepa* L. (onion). Part 1: Chemistry and analysis 1, 2. Phytomedicine 3, 293-306. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(96\)80069-9](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(96)80069-9).
- Câmara JS, Lourenço S, Silva C, Lopes A, Andrade C and Perestrelo R. 2020. Exploring the potential of wine industry by-products as source of additives to improve the quality of aquafeed. Microchem J 155, 104758. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.104758>.
- 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>.
- Du X, Wang G, Sun Y, Zhang M and Hu Y. 2018. Black rockfish C-type lectin, SsCTL4: a pattern recognition receptor that promotes bactericidal activity and virus escape from host immune defense. Fish Shellfish Immunol 79, 340-350. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.05.033>.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11, 1-42. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Ernst M and Feldheim WJ. 2000. Fructans in higher plants and in human nutrition. Angew Bot 74, 5-9.
- FIS (Food Information Statistics System). 2021. Part 3: Production of processed food. In: Statistics of the Food and Dining Industry. FIS, Naju, Korea, 94-100.
- Grisdale-Helland, B, Helland SJ and Gatlin DM. 2008. The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 283, 163-167. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.012>.
- Huo HJ, Yang TZ, Gao CB, Cao M, Xue T, Fu Q and Li C. 2022. Molecular characterization, antibacterial activity and mechanism analyzation of three different piscidins from black rockfish, *Sebastes schlegelii*. Dev Comp Immunol 131, 104394. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2022.104394>.
- Jang JW, Lee S, Jeon M, Kim T, Lee JM, Hasan MT, Lee, H, Park J, Lee B, Hur SW, Lee S, Kim KW and Lee E. 2021. Characterization of a *Bacillus* sp. KRF-7 isolated from the intestine of rockfish and effects of dietary supplementation with mannan oligosaccharide in rockfish aquaculture. Fish Shellfish Immunol 119, 182-192. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.09.039>.
- 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 schlegeli*. Korean J Aquat Sci 46, 546-551. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0546>.
- Jeong HS, Cho SH and Lee KW. 2020. Dietary substitution effect of *Undaria pinnatifida* with onion extract byproduct on growth, chemical composition and air exposure stress of juvenile abalone (*Haliotis discus*, Reeve 1846). Aquaculture 529, 735718. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735718>.
- Jeong C, Heo HJ, Choi S and Shim K. 2009. Antioxidant and anticancer properties of methanolic extracts from different parts of white, yellow, and red onion. Food Sci Biotechnol 18, 108-112.
- Kee H and Park Y. 2000. Preparation and quality properties of extruded snack using onion pomace and onion. Korean J Soc Food Sci Technol 32, 578-583.
- Kim H, Lee J, Moon J and Ryu C. 2019. Optimal conditions of saccharification added with onion juice and pomace and efficacy of saccharified products. J Agric Life Sci 53, 129-139.

- <https://doi.org/10.14397/jals.2019.53.6.129>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2022. Status of Fish Culture. Retrieved from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EW0004&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=K2_7&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do on Feb 24, 2022.
- Kwon M, Seo JS, Youn HJ, Park C, Jeong J and Bae J. 2016. Effect of the polychaete antimicrobial peptide as feed additives on olive flounder and black rockfish immune activity. *JFMSE* 28, 1640-1650. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.6.1640>.
- Lecain S, Ng A, Parker ML, Smith AC and Waldron KW. 1999. Modification of cell-wall polymers of onion waste. Part I. Effect of pressure-cooking. *Cabohydr Polym* 38, 59-67. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(98\)00080-0](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(98)00080-0).
- Lee KW, Yun A, Kim J, Kim HS and Cho SH. 2016. Effect of dietary additives on growth, feed utilization, and body composition of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli*. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 683-688. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0683>.
- Li L, Cardoso JCR, Félix RC, Mateus AP, Canário AVM and Power DM. 2021. Fish lysozyme gene family evolution and divergent function in early development. *Dev Comp Immunol* 114, 103772. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2020.103772>.
- Lim DK, Yoo KY, Shin DG, Kim JE, Bae J, Bai SC and Lee JY. 2009. Effects of dietary Kugija *Lycium chinense* supplementation on juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Korea J Fish Aqua Sci* 42, 250-256. <https://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.3.250>.
- Mahious AS, Gatesoupe FJ, Hervi M, Metailler R and Ollevier F. 2006. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima* (Linnaeus, C. 1758). *Aquac Int* 14, 219-229. <https://doi.org/10.1007/s10499-005-9003-4>.
- Metwally MAA. 2009. Effects of garlic (*Allium sativum*) on some antioxidant activities in tilapia nilotia (*Oreochromis niloticus*). *World J Fish Mar Sci* 1, 56-64.
- Mousavi E, Mohammadiazarm H, Mousavi SM and Ghatrami ER. 2016. Effects of inulin, savory and onion powders in diet of juveniles carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758) on gut micro flora, immune response and blood biochemical parameters. *Turk J Fish Aquat Sci* 16, 831-838. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_4_09.
- Oh HY, Lee TH, Lee D, Lee C, Joo M, Kim HS and Kim K. 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>.
- Pan Y, Zheng L, Mao Y, Wang J, Lin L, Su Y and Li Y. 2019. The antibacterial activity and mechanism analysis of piscidin 5 like from *Larimichthys crocea*. *Dev Comp Immunol* 92, 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2018.10.008>.
- Pareek S, Sagar NA, Sharma S and Kumar V. 2017. Onion (*Allium cepa* L.). In: *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*. Boboken NJ and Black W, eds. John Wiley and Sons, Ltd., Hoboken, NJ, U.S.A., 1145-1162. <https://doi.org/10.1002/9781119158042.ch58>.
- Peña E, Badillo-Zapata D, Viana MT and Correa-Reyes G. 2020. Use of grape pomace in formulated feed for the rainbow trout fry, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *J World Aquac Soc* 51, 542-550. <https://doi.org/10.1111/jwas.12669>.
- Pês TS, Saccol EMH, Londero ÉP, Bressan CA, Ourique GM, Rizzetti TM, Prestes OD, Zanella R, Baldisserotto B and Pavanato MA. 2018. Protective effect of quercetin against oxidative stress induced by oxytetracycline in muscle of silver catfish. *Aquaculture* 484, 120-125. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.043>.
- Pimpimon T, Klaha R and Chitmanat C. 2018. The effects of garlic, banana, and onion as prebiotic supplementation on growth performances, feed utilization, and survival rate of *Anabas testudineus*. *Asia Pac J Sci Technol* 23, 1-6. <https://doi.org/10.14456/apst.2018.20>.
- Platel K and Srinivasan K. 2001. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. *Nutr Res* 21, 1309-1314. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(01\)00331-1](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(01)00331-1).
- Ramos FA, Takaishi Y, Shirotori M, Kawaguchi Y, Tsuchiya K, Shibata H, Higuti T, Tadokoro T and Takeuchi M. 2006. Antibacterial and antioxidant activities of quercetin oxidation products from yellow onion (*Allium cepa*) skin. *J Agric Food Chem* 54, 3551-3557. <https://doi.org/10.1021/jf060251c>.
- Ringø E, Olsen RE, Gifstad TØ, Dalmo RA, Amlund H, Hemre GI and Bakke AM. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquac Nutr* 16, 117-136. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x>.
- Roldán E, Sánchez-Moreno C, de Ancos B and Cano MP. 2008. Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-product as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. *Food Chem* 108, 907-916. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.058>.
- Saleh NE, Michael FR and Toutou MM. 2015. Evaluation of garlic and onion powder as phyto-additives in the diet of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Egypt J Aquat Res* 41, 211-217. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2015.03.008>.
- Saurabh S and Sahoo PK. 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>.
- Seden MEA. 2013. Effect of onion powder used as a feed additive on growth performance, feed utilization and whole body composition of Nile tilapia fingerlings challenged with

- pathogenic *Aeromonas hydrophila*. *Abbassa Int J Aqua* 6, 389-406.
- Shin HS, Yoo JH, Min TS, Lee J and Choi CY. 2010. Effect of quercetin on the activity and mRNA expression of anti-oxidant enzymes and physiological responses in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) exposed to cadmium. *Asian-Australas J Anim Sci* 23, 742-749. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.10006>.
- Van Wyk BE. 2014. *Culinary herbs and spices of the world*. University of Chicago Press, Chicago, IL, U.S.A. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226091839.001.0001>.
- Yang Y, Lim J, Li C, Lee S and Hong S. 2021. Effects of sulfated polysaccharides isolated from *Codium fragile* on inflammatory cytokine gene expression and *Edwardsiella tarda* infection in rockfish, *Sebastes schlegelii*. *Fish Shellfish Immunol* 112, 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.03.001>.
- Yin G, Jeney G, Pacz T, Xu P, Jun X and Jeney Z. 2006. Effect of two Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Scutellaria radix*) on non-specific immune response of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 253, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.038>.
- Yun A, Kim HS, Seo Y, Cho SH and Bae JY. 2016. Effects of dietary antioxidant supplementation 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>.
- Younes AM, Gaafar AY, Abu-Bryka AEZ, Awad ES, Abo-Aziza FA, Abd El-Aziz Tamer, Darwish DA, Authman MMN and Abbas WT. 2021. Effects of onion (*Allium cepa*) in diets of *Oreochromis niloticus*: Growth improvement, antioxidant, anti-inflammatory and disease resistance perspectives. *Aquac Res* 52, 2324-2334. <http://doi.org/10.1111/are.15084>.
- Zhou C, Lin H, Ge X, Niu J, Wang J, Wang Y, Chen L, Huang Z, Yu W and Tan X. 2015. The Effects of dietary soybean isoflavones on growth, innate immune responses, hepatic antioxidant abilities and disease resistance of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus*. *Fish Shellfish Immunol* 43, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.12.014>.