

조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 치어 사료내 어분대체원으로서 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)의 이용성

정성목 · 김에스더 · 장태호 · 이용석¹ · 이상민*

강릉원주대학교 해양생물공학과, ¹순천향대학교 생명시스템학과

Utilization of Mealworm *Tenebrio molitor* As a Replacement of Fishmeal in the Diet of Juvenile Rockfish *Sebastes schlegeli*

Seong-Mok Jeong, Esther Kim, Tae-Ho Jang, Yong Seok Lee¹ and Sang-Min Lee*

Department of Marine Biotechnology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

¹Department of Life Science and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 31538, Korea

A feeding trial was conducted to evaluate the effects of partial replacement of fishmeal (FM) protein in a practical diet for rockfish *Sebastes schlegeli* juveniles with mealworm *Tenebrio molitor* meal (WM), in terms of growth performance, feed utilization, whole body composition and hematological parameters. Four isonitrogenous and isoenergetic diets were formulated to contain 8, 16, 24 and 32% WM (designated as WM8, WM16, WM24 and WM32). A FM-based diet without WM inclusion was used as a control. Triplicate groups of rockfish (2.6±0.07 g) were hand fed one of the experimental diets to visual satiation twice a day for 8 weeks. Weight gain of fish fed the WM32 diet was lower than that of control. No significant differences were found in daily feed intake, feed efficiency and protein efficiency ratio. The whole-body protein content of fish fed WM0 and WM8 diets were significantly higher than that of fish fed WM32 diet. No statistical differences were observed in hematological parameters. These results indicate that WM has potential as alternative to FM in practical diets for juvenile rockfish and can be used at an inclusion level of up to 24% without having a significant negative effects on growth and feed efficiency.

Key words: *Sebastes schlegeli*, Rockfish, Mealworm *Tenebrio molitor*, Fishmeal

서론

조피볼락(*Sebastes schlegeli*)은 국내에서 넙치 다음으로 양식생산량이 높은 상업적으로 중요한 어종이다. 2016년에는 18,032톤이 생산되었으며, 국내 어류 양식 생산량의 22.5%를 차지하였다(Statistics Korea, 2016). 그동안 조피볼락 양식에 적합한 배합사료를 개발하기 위해 조피볼락의 영양요구에 대한 일련의 연구(Lee, 2001; Yan et al., 2007)와 조피볼락 사료의 주 단백질원으로 여러 종류의 어분에 대한 이용성(Lee et al., 1996)에 대해 연구되어왔다. 해산어류는 육상동물이나 담수어에 비하여 탄수화물의 이용성이 낮으며, 단백질 요구량이 높아 배합사료내 단백질이 차지하는 비중이 높다(Kim et al., 2011). 사료내 단백질은 어류의 성장에 중요하며(Lovell, 1989), 배합사료내 단백질 함량을 증가시키면 어류의 성장 및 사료 효율이

항상 된다고 보고되었다(NRC, 1993). 해산어류 배합사료의 단백질원으로 어분이 주로 사용되어 왔으며, 어분은 단백질함량과 기호성이 높다는 장점을 가지고 있다. 하지만 어분은 가격이 비쌀 뿐만 아니라, 어획량의 변동으로 인하여 공급이 불안정하며, 앞으로도 자원량의 부족으로 인해 사용이 제한적일 것이라 전망된다. 이를 해결하기 위해 어분을 대신하는 품질이 좋은 단백질원을 개발하기 위해 식물성 원료(Lee and Yoo, 1996; Kim et al., 2000) 및 동물성 원료(Song et al., 1995; Bai et al., 1998)에 대한 연구가 수행되어 왔다. 하지만 대두박과 같은 식물성 원료에는 영양소의 소화와 흡수를 저해시키는 protease inhibitor, tannins, lectins, non-starch polysaccharides 등의 항영양인자(antinutritional factors, ANF)가 함유되어 있어 어류의 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 양어사료 원료로서의 사용에 많은 제약이 따른다(Francis et al., 2001). 따라서 식물성

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0372>



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

Korean J Fish Aquat Sci 50(4) 372-377, August 2017

Received 2 June 2017; Revised 21 July 2017; Accepted 25 July 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 640. 2414 Fax: +82. 33. 640. 2955

E-mail address: smlee@gwnu.ac.kr

원료의 단점을 보완할 수 있는 동물성 원료의 탐색과 이용성 평가에 대한 연구도 계속 수행되어야 한다. 최근에는 배합사료내 어분대체 원료로 곤충자원의 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 식용곤충(edible insect)인 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)는 딱정벌레목 거저리과에 속하며, 한국을 비롯한 전 세계에 분포되어 있다. 갈색거저리는 다른 곤충들과 달리 적응력이 강하고, 번태 기간이 비교적 짧으며 사육이 쉬워 연중 사육이 가능하다. 그리고 현재 갈색거저리를 대량으로 생산하는 사육농가가 증가되고 있다(Chung et al., 2013). 갈색거저리는 단백질이 약 50%로 함유량이 높고, 총 지방산 중 불포화지방산의 함유 비율이 76-80%이다(Yoo et al., 2013). 어류용 배합사료에 곤충분에 대한 연구로는 잉어와 메기 사료에 번데기 이용성에 대한 결과가 발표되었다(Hickling, 1962; Loyacano, 1974). 또한, 최근에 무지개송어, African catfish 및 Gilthead sea bream의 사료내 갈색거저리의 이용성 연구가 보고되었다(Ng et al., 2001; Belforti et al., 2015; Piccolo G et al., 2017). 하지만 조피볼락에 대한 갈색거저리의 사료원료로서의 활용에 관한 연구는 많이 부족한 실정이다. 본 연구는 어분 대체원으로 갈색거저리를 첨가한 배합사료가 조피볼락 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험어 및 사육관리

실험어류로 조피볼락 치어를 통영에 위치한 개인 양식장에서 구입하여 강릉원주대학교 해양생물연구교육센터로 수송한 후 사용하였다. 2주간 실험수조에서 상업 사료를 공급하며 실험어를 실험 환경에 순치시켰으며, 평균 체중 2.65 g 전후의 조피볼락 치어를 사각수조(50 L)에 각각 35마리씩 3반복으로 수용하여 8주간 사육 실험하였다. 실험 사료는 1일 2회(9:00, 17:00)만복으로 공급하였으며, 매일 실험 수조를 청소하여 배설물 및 찌꺼기를 제거해 주었다. 사육기간 중 죽은 개체는 즉시 제거하였으며, 매일 일일사료섭취량과 폐사어 무게 등을 기록하였다. 사육기간 동안 평균 수온은 $17.6 \pm 3.6^{\circ}\text{C}$ 였으며, 각 수조마다 적절한 폭기로 산소를 공급하였다.

실험사료

실험원료로 사용된 곤충분은 농촌진흥청에서 제공받은 갈색거저리 유충으로, 이를 동결건조 후 분쇄하여 사용하였다. 실험사료에 사용한 멸치어분, 소맥분 및 갈색거저리의 일반성분 및 아미노산 조성을 Table 1에 나타내었으며, 실험사료의 원료 조성물 및 일반성분은 Table 2에 나타내었다. 주단백질원으로 멸치어분을 사용하였다. 곤충분 첨가에 따른 사료의 지질함량은 대두유를 사용하여 조절하였다. 사료내 멸치어분과 대두유 첨가비를 감소시키면서, 갈색거저리(worm meal, WM)를 0, 8, 16, 24 및 32% 각각 첨가하고, 조피볼락의 영양소 요구(Lee et

Table 1. Compositions of proximate and essential amino acid of the ingredients

	Ingredients		
	Anchovy meal	Wheat flour	<i>Tenebrio molitor</i>
Dry matter (%)	92.2	87.3	96.4
Crude protein (DM %)	70.6	15.1	52.5
Crude lipid (DM %)	9.5	1.8	34.1
Ash (DM %)	16.4	0.6	3.5
Energy (kcal/g)	4.7	3.6	6.4
Essential amino acid composition (% in protein)			
Arg	6.1	6.9	5.2
His	2.8	2.4	3.2
Ile	4.1	2.3	3.8
Leu	7.5	4.2	6.5
Lys	8.4	6.0	6.0
Met	3.1	0.9	0.7
Cys	1.7	1.3	3.6
Phe	4.3	3.3	4.0
Tyr	3.9	1.2	9.7
Thr	4.7	4.4	4.1
Val	7.1	7.0	6.4

al., 2002)가 충족 되도록 단백질 함량을 48%, 지질 함량을 15%로 조절한 5개의 실험사료(WM0, WM8, WM16, WM24 및 WM32)를 설계하였다. 사료는 원료들을 혼합한 후 원료 1 kg 당 물을 300 g 전후 첨가하여 pellet 제조기로 성형하였다. 열풍 건조기에서 건조된 실험 사료를 -30°C 에 냉동고에 보관하면서 조피볼락 치어에게 공급하였다.

어체측정 및 성분분석

어체 측정은 사육실험 시작시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 tricaine methanesulfonate (MS 222, Sigma, St. Louis, MO, USA) 100 ppm 수용액에 마취시켜 실험어의 무게를 측정하였다. 또한, 어체의 성분분석을 위하여 사육실험 종료시에 각 실험수조에서 10마리씩 시료로 취하여 냉동보관(-25°C)하였다.

실험사료, 전어체 및 등근육의 일반성분과 간의 조지질함량은 AOAC (1995)의 방법에 따라 조단백질($\text{N} \times 6.25$)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지질은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C 의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였다. 조회분은 600°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 사료의 총에너지량은 Bomb Calorimeter (Parr, 6100, USA)로 측정하였다.

Table 2. Ingredient and proximate compositions of experimental diets

	Diets				
	WM0	WM8	WM16	WM24	WM32
Ingredients (%)					
Anchovy meal	63.0	57.0	51.0	45.0	39.0
Mealworm meal	0.0	8.0	16.0	24.0	32.0
Wheat flour	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3
Potato-starch	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Soybean oil	8.0	6.0	4.0	2.0	0.0
Vitamin premix ¹	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral premix ²	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vitamin C (50%)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vitamin E (25%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Choline (50%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Proximate composition (% dry matter)					
Dry matter	95.0	94.5	92.0	90.5	94.9
Crude protein	48.3	47.9	48.0	48.3	48.0
Crude lipid	14.7	15.3	15.3	15.5	15.6
Ash	11.6	10.7	9.9	9.4	8.7
NFE ³	25.4	26.1	26.8	26.8	27.7
Gross energy (Kcal/g)	6.1	6.3	6.2	6.2	6.5

¹Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): 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 (98%), 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003. ²Mineral 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; CuCl₂, 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. ³Nitrogen free extract=Calculated, 100-(crude protein+crude lipid+ash).

혈액분석

혈장성분의 변화를 조사하기 위해 사육실험 종료시에 각 실험 수조 조피볼락 치어 10마리씩 무작위로 추출하여 헤파린이 처리된 1 mL 주사기를 사용하여 실험어의 미부 혈관에서 채혈하였다. 채혈한 혈액을 5,500 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 혈장을 -70℃에서 동결보존하면서 화학성분을 분석하였다. 혈액은 혈액자동분석기(DRI-CHEM NX500i, FUJIFILM, Japan)를 사용하여 total protein (TP), total cholesterol, glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), alkaline phosphatase (ALP), triglyceride, total bilirubin 및 albumin을 분석하였다.

통계분석

실험결과 자료의 통계처리는 SPSS Ver. 23 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

갈색거저리 함량을 달리한 배합사료로 조피볼락 치어를 8주간 사육 실험 후, 어체의 성장 및 사료이용효율을 Table 3과 4에 각각 나타내었다. 생존율은 94%이상으로 모든 실험구에서 통계적인 차이는 없었다($P > 0.05$). 실험어의 최종 무게, 증체율 및 일간성장율은 사료내 갈색거저리 함량이 증가할수록 낮아지는 경향을 나타내어, WM32 실험구가 대조구보다 유의하게 낮았다($P < 0.05$). WM8, WM16 및 WM24 실험구의 성장은 대조구인 WM0 실험구와 통계적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 사료효율, 일일사료섭취율, 일일단백질섭취율 및 단백질효율은 사료의 갈색거저리 첨가량에 영향을 받지 않았다($P > 0.05$).

본 연구의 성장 및 사료이용효율 결과를 고려하였을 때, 사료내 갈색거저리 함량은 24%까지 첨가가 가능할 것으로 판단된다. Gilthead sea bream (Piccolo G et al., 2017) 및 European sea bass (Gasco et al., 2016) 사료내 갈색거저리를 25%까지 성장에 부정적인 영향 없이 첨가할 수 있는 것으로 보고된 반

Table 3. Growth performances of juvenile rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets for 8 weeks¹

Diets	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Weight gain (%) ²	SGR (%/day) ³	Survival (%)
WM0	2.65±0.01 ^{ns}	10.95±0.36 ^b	313±13.51 ^b	2.53±0.06 ^b	94.3±5.67 ^{ns}
WM8	2.66±0.01	10.15±0.30 ^{ab}	281±10.97 ^{ab}	2.39±0.05 ^{ab}	98.0±2.00
WM16	2.67±0.02	9.96±0.53 ^{ab}	275±17.69 ^{ab}	2.36±0.09 ^{ab}	99.0±1.00
WM24	2.65±0.01	9.94±0.24 ^{ab}	274±8.93 ^{ab}	2.36±0.04 ^{ab}	95.0±1.00
WM32	2.65±0.01	9.55±0.43 ^a	260±15.60 ^a	2.28±0.08 ^a	99.0±1.00

¹Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

²Weight gain=(final body weight-initial body weight)×100/initial body weight. ³Specific growth rate=[(ln final fish weight - ln initial fish weight)]×100/days reared]. ^{ns}Not significant ($P > 0.05$).

면, African catfish 자어 사료내 갈색거저리 함량 40%(Ng et al., 2001) 및 Gilthead sea bream 사료내 갈색거저리 함량 50%(Piccolo G et al., 2017)를 초과한 경우에 어류의 성장에 부정적인 영향을 미친다고 보고되었다. 이처럼 과다한 곤충분의 첨가로 인해 어류의 성장과 영양소 이용성이 낮아지는 것은 곤충에 존재하는 불용성 탄수화물인 키틴의 함량이 증가한 것이 중요한 원인으로 생각된다. 키틴은 동물피막조직의 표피층을 구성하는 주요 성분으로 곤충, 곰팡이, 갑각류 및 효모 등에 의해서 생합성되며, cellulose 다음으로 풍부한 천연 고분자 유기화합물로 척추동물들은 이를 소화시키지 못하는 것으로 보고되었다(Ruiz-Herrera, 1978; Chung et al., 1996). 어류의 경우, 나일 틸라피아(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)에게 키틴을 첨가

한 사료를 공급하였을 때 키틴 첨가량이 증가함에 따라 증체율이 낮아졌다고 보고되었다(Shiau and Yu., 1999). 반면에 참돔, 뽕장어 및 방어의 경우에는 사료 내 10%의 키틴을 첨가하여도 성장은 감소되지 않았다고 보고되었다(Kono et al., 1987). 따라서, 키틴에 따른 소화생리적인 장애는 추가적인 연구를 통해서 밝혀야 한다고 생각된다.

본 연구에서는 제한 아미노산의 보충없이 사료를 설계하여 사육실험을 실시하였다. 갈색거저리에 부족한 필수아미노산인 methionine 함량이 낮은 것도 성장 저하의 하나의 원인으로 작용하였을 것으로 판단된다. 식물성 단백질원인 대두박에도 methionine이 제한아미노산으로 알려져 있으며, 대두박 첨가 사료 내 부족한 아미노산의 보충효과를 연구한 바 있다(Murai

Table 4. Feed utilization of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets for 8 weeks¹

Diets	FE (%) ²	DFI (%) ³	DPI (%) ⁴	PER ⁵
WM0	95.6±0.61 ^{ns}	2.21±0.03 ^{ns}	1.07±0.01 ^{ns}	1.98±0.02 ^{ns}
WM8	93.4±1.14	2.21±0.05	1.06±0.02	1.95±0.02
WM16	90.0±1.19	2.26±0.02	1.09±0.01	1.89±0.03
WM24	88.8±3.73	2.26±0.08	1.09±0.04	1.85±0.07
WM32	92.1±2.29	2.19±0.08	1.05±0.04	1.92±0.05

¹Values are mean±SE of three replications. ²Feed efficiency=fish wet weight gain×100/feed intake. ³Daily feed intake=feed intake×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)×days reared/2]. ⁴Daily protein intake=protein intake×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)×days reared/2]. ⁵Protein efficiency ratio=(wet weight gain /total protein intake). ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

Table 5. Proximate composition (%) of whole body in juvenile rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets for 8 weeks¹

Diets	Whole body			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
WM0	68.7±0.42 ^{ns}	16.5±0.38 ^a	7.87±0.51 ^{ns}	4.53±0.15 ^{ab}
WM8	69.1±0.88	16.4±0.61 ^a	7.56±0.13	4.35±0.06 ^a
WM16	70.2±0.58	17.2±0.73 ^{ab}	7.27±0.46	4.56±0.08 ^{ab}
WM24	68.0±0.48	16.7±0.54 ^{ab}	8.11±0.14	4.78±0.45 ^{ab}
WM32	67.7±1.36	18.4±0.22 ^b	8.28±0.58	5.16±0.13 ^b

¹Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$). ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

Table 6. Proximate composition (%) of dorsal muscle and lipid composition of liver in juvenile rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets for 8 weeks¹

Diets	Liver	Dorsal muscle			
	Crude lipid	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
WM0	19.6±2.3 ^a	76.3±0.58 ^{ns}	18.9±0.58 ^b	2.51±0.18 ^{ns}	1.29±0.15 ^{ns}
WM8	22.5±1.5 ^{ab}	75.4±0.68	16.9±0.68 ^a	2.90±0.75	1.31±0.06
WM16	22.0±1.1 ^{ab}	76.0±0.37	18.8±0.34 ^b	2.31±0.34	1.32±0.08
WM24	25.8±1.1 ^b	76.6±0.46	19.3±0.46 ^b	2.09±0.24	1.27±0.45
WM32	23.9±1.0 ^{ab}	75.8±1.36	19.1±0.14 ^b	2.14±0.40	1.30±0.13

¹Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$). ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

Table 7. Plasma chemical composition of rockfish *Sebastes schlegeli* fed experimental diets for 8 weeks¹

Diets	T P (mg/dl)	GOT (U/L)	GPT (U/L)	TG (U/L)	TBIL (mg/dl)	ALB (g/dl)	TCHO (mg/dl)
WM0	63.7±6.4 ^{ns}	7.33±0.33 ^{ns}	47.3±4.1 ^{ns}	1.13±0.20 ^{ns}	182.3±1.8 ^{ns}	428.7±34.7 ^{ns}	4.03±0.29 ^{ns}
WM8	59.3±11.1	8.00±0.58	58.3±3.2	1.47±0.19	194.0±22.5	436.7±32.8	4.53±0.28
WM16	65.0±6.1	8.00±1.00	67.3±14.4	1.37±0.41	197.7±30.0	470.0±15.7	4.47±0.22
WM24	79.7±9.7	8.67±0.33	56.7±5.6	1.20±0.15	200.7±13.7	476.0±13.3	4.40±0.21
WM32	78.3±16.6	10.33±2.91	66.7±16.3	2.03±0.54	171.0±17.3	438.3±28.6	4.30±0.17

¹Values are mean ± SE of three replications. ^{ns}Not significant ($P>0.05$). TP, total protein; GOT, glutamic oxaloacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvic transaminase; TG, triglyceride; TBIL, total bilirubin; ALB, albumin; TCHO, total cholesterol.

et al., 1989; Lee and Jeon, 1996). 따라서, 조피볼락 배합사료 내 갈색거저리 첨가에 따른 methionine의 보충 효과에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

사육실험 종료 후, 전어체의 일반성분 분석결과를 Table 5에 나타내었다. 전어체의 수분과 조지질은 사료내 갈색거저리 첨가에 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 조단백질 및 회분 함량은 WM32 실험구가 대조구인 WM0에 비해 유의적으로 높았다($P<0.05$). 등근육의 일반성분과 간의 조지질 함량 분석결과를 Table 6에 나타내었다. 등근육의 수분, 지질 및 회분은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 단백질함량은 WM8 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P<0.05$), WM8을 제외한 실험구간에서는 유의한 차이가 없었다. 간의 조지질 함량은 19.6-25.8%의 범위로 높은 값을 나타내었으며, WM24 실험구가 대조구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다($P<0.05$). 이처럼 간의 지질 함량이 모든 실험구에서 다소 높게 나타나는 것은 활동성이 강한 적색육 어류에 비해 백색근을 가진 정착성 어류인 조피볼락이 상대적으로 지질을 내장이나 간에 더 많이 축적하기 때문으로 판단된다(Moon et al., 2011; Moon et al., 2013). 8주간의 사육실험종료시 조피볼락 혈장의 total protein (TP), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), triglyceride (TG), total bilirubin (TBIL), albumin (ALB) 및 total cholesterol (TCHO)의 결과를 Table 7에 나타내었다. 측정된 모든 항목의 함량은 사료내 갈색거저리 첨가에 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 이상의 결과로부터, 조피볼락 치어 사료내 어분대체원으로 갈색거저리를 24% 까지 첨가할 수 있을것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원(양식사료 어분대체원으로서 식용곤충의 이용성 평가, D11516116H480000111)에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

References

AOAC. 1995. Official methods of analysis. Association of Of-

- ficial Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA, U.S.A.
- Bai SC, Jang HK and Cho ES. 1998. Possible use of the animal by-product mixture as a dietary fish meal replacer in growing common carp (*Cyprinus carpio*). J Korean Fish Soc 31, 380-385.
- Belforti M, Gai F, Lussiana C, Renna M, Malfatto V, Rotolo L, De Marco M, Dabbou S, Schiavone A, Zoccarato I and Gasco L. 2015. *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. Ital J Anim Sci 14, 4170. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.4170>.
- Chung GH, Kim BS, Hur JW and No HK. 1996. Physicochemical properties of chitin and chitosan prepared from lobster shrimp shell. Korean J Food Sci Technol 28, 870-876.
- Chung MY, Kwon EY, Hwang JS, Goo TW and Yun EY. 2013. Pre-treatment conditions on the powder of *Tenebrio molitor* for using as a novel food ingredient. J Seric Entomol Sci 51, 9-14. <https://doi.org/10.7852/jses.2013.51.1.9>.
- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics 11, 1-42. <http://doi.org/10.2307/3001478>.
- Francis G, Makkar HPS and Becker K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture 199, 197-227. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9).
- Gasco L, Henry M, Piccolo G, Marono S, Gai F, Renna M, Lussiana C, Antonopoulou E, Mola P and Chatzifotis S. 2016. *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and *in vivo* apparent digestibility. Anim Feed Sci Technol 220, 34-45. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.003>.
- Hickling CF. 1962. Fish culture. Faber and Faber, London, UK. 259.
- Kim YS, Kim BS, Moon TS and Lee SM. 2000. Utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Korean J Fish Aquat Sci 33, 469-474.
- Kim KW, Kim KD, Son MH and An CM. 2011. Evaluation of squid liver powder as a dietary protein source replacing fish meal in juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Fish Mar Sci Edu 23, 461-467.

- Kono M, Matsui T and Shimzu C. 1987. Effect of chitin, chitosan, and cellulose as diet supplements on the growth of cultured fish. *Nippon Suisan Gakk* 53, 125-129. <https://doi.org/10.2331/suisan.53.125>.
- Lee SM, Jeon IG and Lee JY. 1996. Comparison of various fish meals as dietary protein sources for Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Korean J Fish Aquat Sci* 29, 135-142.
- Lee SM and Yoo JH. 1996. Evaluation of cotton seed meal or rapeseed meal as a partial substitute for fish meal in formulated diets for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Korean J of Anim Nutr Feed* 20, 128-135.
- Lee SM and Jeon IG. 1996. Evaluation of soybean meal as a partial substitute for fish meal in formulated diets for Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J Korean Fish Soc* 29, 586-594.
- Lee SM. 2001. Review of the lipid and essential fatty acid requirements of rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture Res* 32, 8-17. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00047.x>.
- Lee SM, Jeon IG and Lee JY. 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture* 211, 227-239. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00880-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00880-8).
- Lovell RT. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand-Reinhold, New York, U.S.A., 260. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-1174-5>.
- Loyacano Jr HA. 1974. Pupae of facefly as food for channel catfish. *Proc Annu Conf South-East Assoc Game Fish Comm* 28, 228-231.
- Moon SK, Kim IS, Hong SN and Jeong BY. 2011. Food components of the muscle and liver of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides*. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 451-455. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2011.0451>.
- Moon SK, Kang JY, Kim IS and Jeong BY. 2013. Changes in proximate composition and lipid components in chub mackerel *Scomber japonicas* and Japanese jack mackerel *Trachurus japonicas* with various cooking methods. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 708-716. <https://doi.org/10.5657/kfas.2013.0708>.
- Murai T, Daozun W and Ogata H. 1989. Supplementation of methionine to soy flour diets for fingerling carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 77, 373-385. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(89\)90221-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90221-4).
- Ng WK, Liew F, Ang L and Wong K. 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquac Res* 32, 273-280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements fish. National Academy Press, Washington DC, U.S.A., 114. <https://doi.org/10.17226/2115>.
- Piccolo G, Iaconisi V, Marono S, Gasco L, Loponte R, Nizza S, Bovera F and Parisi G. 2017. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, *in vivo* nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Anim Feed Sci Technol* 226, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.007>.
- Ruiz-Herrera J. 1978. The distribution and quantitative importance of chitin in fungi. In proceedings of the first international conference on chitin/chitosan. MIT Sea Grant Report MITS78-7, 11-21.
- Shiau SY and Yu YP. 1999. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture* 179, 439-446. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00177-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00177-5).
- Song MH, Lee KJ and Bai SC. 1995. Effects of dietary blood meal as a protein source in growing common carp (*Cyprinus carpio*). *J Aquaculture* 8, 343-354.
- Statistics Korea. 2016. Result of fish farm trends survey in 2016. Retrieved from http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/7/1/index.board?bmode=read&aSeq=359717 on Feb 12, 2017.
- Yan Q, Xie S, Zhu X, Lei W and Yang Y. 2007. Dietary methionine requirement for juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture Nutr* 13, 163-169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00461.x>.
- Yoo JM, Hwang JS, Goo TW and Yun EY. 2013. Comparative analysis of nutritional and harmful components in Korean and Chinese mealworms (*Tenebrio molitor*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42, 249-254. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.2.249>.