

실용사료 내 옥수수 주정박, 오징어간분 및 갈색어분 첨가가 어린 해삼 (*Apostichopus japonicus*)의 성장 및 체조성에 미치는 영향

김경덕* · 김강웅¹ · 이봉주² · 한현섭³ · 배기민⁴

국립수산과학원 남동해수산연구소, ¹국립수산과학원 사료연구센터, ²국립공주대학교, ³군산대학교, ⁴강원도한해성수산자원센터

Effects on Growth and Body Composition in Juvenile Sea Cucumbers *Apostichopus japonicus* of Including Corn Distillers Dried Grains with Solubles, Squid Liver Meal and Brown Fish Meal in Practical Diets

Kyoung-Duck Kim*, Kang-Woong Kim¹, Bong-Joo Lee², Hyon-Sob Han³ and Ki-Min Bae⁴

Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53085, Republic of Korea

¹Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 37517, Republic of Korea

²Kongju National University, Department of Smart Fisheries Resources, Yesan 32439, Republic of Korea

³Kunsan National University, Kunsan 54150, Republic of Korea

⁴Gangwondo Coldsea Fisheries Resource Center, Goseong 24747, Republic of Korea

Two long-term feeding trials were conducted to compare the effects on survival and growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* of experimental diets containing corn distillers dried grains with solubles, Squid *Sepioteuthis sepioidea* liver meal, and brown fish meal with a commercial die. In both first and second trials, two experimental diets and one commercial diet were assessed. After a 45-week feeding period in trial 1, survival did not differ significantly among groups. The final mean weight of sea cucumbers fed either experimental diet was significantly higher than that of sea cucumbers fed the commercial diet. After a 15-week feeding period in trial 2, survival and final mean weight of sea cucumbers fed either experimental practical diets was significantly higher than that of sea cucumbers fed the commercial diet. It was concluded that the experimental diets formulations can be used as a practical diet, and inclusion of corn distillers dried grains with solubles, squid liver meal, and brown fish meal can improve the growth of juvenile sea cucumbers.

Keywords: *Apostichopus japonicus*, Sea cucumber, Practical diet, Growth

서론

해삼은 중국, 일본 및 한국 등에서 수요가 높은 수산물 품종이며, 기능성 물질인 콘드로이친(chondroitin)과 사포닌(saponin)을 다량 함유한 것으로 알려져 있다(Fredalina et al., 1999). 해삼 국내 생산량은 2021년에 1,672톤이며, 대부분 어업생산(1,656톤)에 의한 것이나, 일부 양식(16톤)에 의해서도 생산되고 있다(Statistics Korea, 2021). 국내 해삼 양식은 종자 생산 및 어린 종자의 양성 위주로 이루어지고 있다. 대부분의 해삼 양식장에서는 중국산 해삼 사료와 사료원료를 사용하는 실정인데,

이는 국내에서 상업용으로 개발된 해삼 사료가 일부 판매된 경우도 있었으나 가격이 중국산에 비해 비싸서 사용이 제한적이었다. 또한 국내 해삼 종자 생산장은 중국인 해삼 양식 기술을 고품하여 활용하는 곳이 많은데, 이들이 기존에 사용했던 중국산 사료와 사료원료의 사용을 선호하기 때문인 것으로 판단된다. 경제적인 양식용 배합사료 개발을 위해서는 양식 대상종이 요구하는 필수영양소 종류별 요구량 및 사료원료별 이용성 조사 연구가 선행되어야 한다. 해삼용 배합사료 개발을 위한 기존 연구로는 어린 해삼 사료의 적정 단백질 및 지질함량(Seo et al., 2008; Seo and Lee, 2011), 지질 원료별 이용성(Seo et al.,

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 640. 4730 Fax: +82. 55. 641. 2036

E-mail address: kimkd92@korea.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.2022.0443>

Korean J Fish Aquat Sci 55(4), 443-448, August 2022

Received 26 April 2022; Revised 5 June 2022; Accepted 18 August 2022

저자 직위: 김경덕(연구관), 김강웅(연구관), 이봉주(교수), 한현섭(교수), 배기민(연구사)

2010) 및 탄수화물 함량(Choi et al., 2009)과 같은 영양소 요구량 구명 연구와 해조류 종류별 이용성(Kim et al., 2018) 및 펄분말 첨가 영향(Kim et al., 2016)에 관한 사료원료 이용성 연구들이 수행되어져 왔다.

양식용 실용배합사료 개발을 위해서는 이와 같은 기초 연구결과들을 토대로 대상종의 사육에 적합한 경제적인 사료원료 조성비로 실용사료를 제조하여 사육효능을 검증하는 사육실험들이 수행되어야 한다. 또한 양식대상종 사육을 위한 실용사료가 개발되었다 하더라도 양식경쟁력 강화를 위해서는 사료원료별 이용성을 조사하여 사료 단가를 낮추거나, 대상종의 사육 효과를 향상시킬 수 있도록 사료의 품질을 개선시키기 위한 연구들이 지속적으로 수행되어야 한다.

본 연구에서는 어린 해삼 사육용 배합사료의 품질 향상을 위하여 실용사료 내 옥수수 주정박, 오징어간분 및 갈색어분 첨가가 어린 해삼의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험 사료

실험1에 사용된 실험사료 3종류의 사료원료 원료조성 및 영양성분 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 실험사료1은 Kim et al. (2017)의 연구에서 사육효과가 우수하였던 사료로 설정하였다. 실험사료2는 해조류 분말 원료로 실험사료1의 켈프밀(*Ascophyllum nodosum*) 대신 미역분말 첨가량을 증가시켰고, 실험사료1의 콘글루텐밀과 소맥분을 감소시키는 대신 옥수수 주정박과 동물성 원료인 오징어간분 및 갈색어분을 첨가하였다. 실험사료 3은 국내 해삼 양식장에서 주로 사용하는 중국산 상업용 해삼사료, 지층이 분말, 해조류 분말 및 영양제를 혼합하여 사용하였다.

실험2에는 3종류의 실험사료를 사용하였으며, 실험사료의 원료조성 및 영양성분 분석결과를 Table 2에 나타내었다. 실험사료1은 실험1에서 사육효과가 우수하였던 사료로 설정하였고, 실험사료2는 실험사료1이 미역분말 10%를 켈프밀로 대체하였고, 또한 실험사료1의 대두박과 옥수수 주정박의 함량을 줄이는 대신 콘글루텐밀과 소맥분 및 오징어간분과 갈색어분 함량을 증가시켰다. 실험사료 3은 중국산 상업용 해삼사료, 지층이 분말, 해조류분말 및 영양제를 혼합하여 사용하였다. 자체 제조한 실험용 사료는 각 원료들을 잘 혼합한 후 분쇄기(Pulverizer, ACM; KM Tech, Icheon, Korea)를 이용하여 100 µm 이하로 분쇄하여 사육실험에 사용하였다. 실험사료의 영양성분 분석 결과, 조단백질 함량은 실험용 사료가 32.9–35.1%로 상업용 사료의 15.7%보다 높았고, 조회분 함량은 상업용 사료가 43.7%로 실험용 사료의 14.5–14.9%보다 현저히 높았다.

사육 실험

실험1의 사육 실험은 외형적으로 건강한 어린 해삼(평균체중

1.3 g)을 총 9개의 원형수조(400 L)에 각 40마리씩 사료별 3반 복으로 수용하여 우수식으로 45주간 실시하였다. 사육수조는 수조 중앙에 스탠드 파이프를 설치하였으며, 스탠드 파이프 상단과 수조바닥의 퇴수구에 거름망을 씌워 해삼의 수조 이탈을 방지하였고, 사육수조에 셸터(shelter)를 넣어 주어 해삼이 은신할 수 있도록 하였다(Seo et al., 2009). 실험사료는 1일 1회(

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets (experiment 1)

	Diets		
	ED1	ED2	CD
Ingredients (%)			
<i>Undaria pinnatifida</i> powder ¹	20	40	
<i>Ascophyllum nodosum</i> powder ¹	20		
Soybean meal	20	22	
Corn gluten meal	15		
Corn DDGS ²	0	20	
Squid liver meal	1	3	
Brown fish meal		2	
Wheat flour	20	10	
Squid liver oil	1	1	
Vitamin premix ³	1	1	
Mineral premix ⁴	1	1	
Calcium lactate	1		
Commercial sea cucumber feed ⁵			50
<i>Sargassum thunbergii</i> powder ⁵			23
Seaweed powder ⁵			23
Additives ⁵			4
Proximate composition (% , dry matter basis)			
Crude protein	33.6	32.9	15.7
Crude lipid	1.8	2.9	0.9
Ash	14.9	14.5	43.7

¹Supplied by E-wha Oil and Fat Ind. Co., Busan, Korea. ²Distillers dried grains with soluble (DDGS) is the co-product of ethanol production using corn (crude protein 49.0%, crude lipid 4.0%). ³Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg premix): 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. ⁴Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): NaCl, 43.3; MgSO₄·7H₂O, 136.5; NaH₂PO₄·2H₂O, 86.9; KH₂PO₄, 239; CaHPO₄, 135.3; Ferric citrate, 29.6; ZnSO₄·7H₂O, 21.9; Ca-lactate, 304; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0. ⁵Imported from China (commercial feed).

오전 11시) 체중의 1-4%를 칭량하여 10배의 해수에 잘 혼합한 후 액상 형태로 공급하였다. 각 수조에 실험사료 공급 후에는 2 시간 동안 사육수를 정치시켜 사료가 바닥에 고루 가라앉아 해삼의 사료섭취가 원활하도록 하였다. 사육수는 자연해수를 10 톤 사각수조에 수용하여 해수 찌꺼기를 침지 시킨 후 각 실험수조에 분당 3 L로 조절하여 주수하였다. 사육기간 동안의 평균 수온은 16.9°C (8.8-24.1°C)였으며, 각 수조에 산소를 공급하였다. 또한 사육수조에 빛을 최대한 차단시켜 어두운 조건에서 사

육실험을 실시하였으며, 사육기간 중 죽은 개체는 매일 제거하였고, 2일 1회 수조 청소를 실시하였다. 사육실험 시작 시, 중간 측정 시 및 종료 시에는 측정 전 48시간 절식시킨 후, 각 수조에 수용한 해삼의 전체 무게를 측정하였다.

실험2의 사육 실험은 외형적으로 건강한 어린 해삼(평균체중 1.0 g)을 총 9개의 원형수조(400 L)에 각 40마리씩 사료별 3반 복으로 수용하여 유수식으로 15주간 실시하였다. 실험사료는 1 일 1회(오전 11시) 체중의 1-2.5%를 칭량하여 10배의 해수에 잘 혼합한 후, 액상 형태로 공급하였다. 사육기간 동안의 평균 수온은 19.6°C (11.7-26.4°C)였으며, 각 수조에 산소를 공급하였다. 그 외 해삼 사육관리 및 성장 측정은 실험1과 동일한 방법으로 실시하였다.

Table 2. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets (experiment 2)

	Diets		
	ED1	ED2	CD
Ingredients (%)			
<i>Undaria pinnatifida</i> powder ¹	40	30	
<i>Ascophyllum nodosum</i> powder ¹		10	
Soybean meal	22	5	
Corn gluten meal		5	
Corn DDGS ²	20	13	
Squid liver powder	3	10	
Brown fish meal	2	10	
Wheat flour	10	15	
Squid liver oil	1		
Vitamin premix ³	1	1	
Mineral premix ⁴	1	1	
Commercial sea cucumber feed ⁵			50
<i>Sargassum thunbergii</i> powder ⁵			23
Seaweed powder ⁵			23
Additives ⁵			4
Proximate composition (% dry matter basis)			
Crude protein	32.9	35.1	15.7
Crude lipid	2.9	5.7	0.9
Ash	14.5	12.8	43.7

¹Supplied by E-wha Oil and Fat Ind. Co., Busan, Korea. ²Distillers dried grains with soluble (DDGS) is the co-product of ethanol production using corn. ³Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg premix): 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. ⁴Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): NaCl, 43.3; MgSO₄·7H₂O, 136.5; NaH₂PO₄·2H₂O, 86.9; KH₂PO₄, 239; CaHPO₄, 135.3; Ferric citrate, 29.6; ZnSO₄·7H₂O, 21.9; Ca-lactate, 304; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0. ⁵Imported from China (commercial feed).

성분 분석

실험사료와 해삼의 일반성분 중 수분은 상압가열건조법으로 135°C에서 2시간 건조 후 측정하였고, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (VAP500T/TT125; Gerhardt GmbH & Co., Königswinter, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지질은 조지질추출기(SER148; VELP Scientifica Srl, Usmate Velate, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 회화로를 사용하여 600°C에서 6시간 동안 태운 후 정량하였다.

통계 분석

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 ANOVA-test를 실시한 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

결 과

실험1의 실험용 사료와 상업용 사료로 최초 체중 1.3 g의 어린 해삼을 45주 동안 장기간 사육 실험한 결과를 Table 3에 나타내었다. 사육 기간 45주 후의 생존율은 모든 실험구에서 83-92%였으며, 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 사료별 해삼의 평균체중은 사육기간에 따라서 차이를 보였다. 사육 8주 후, 사료별 해삼의 평균체중은 실험구간에 유의한 차이를 보였지만 (P<0.05), 사육 13주, 18주 및 23주에는 유의한 차이가 없었으며, 사육 28주, 34주, 40주 및 45주에는 다시 실험구간에 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 사육 45주 후의 최종체중은 실험용 사료2 실험구가 가장 높았으며, 실험용 사료1 및 상업용 사료 순의 최종체중을 보였다(P<0.05). 실험1의 사육 실험 종료 시, 해삼의 일반성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 해삼의 수분, 조단백질, 조지질 및 조회분 함량은 실험구간에 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 수분 함량은 실험용 사료2 실험구가 상업용 사료 실험구에 비하여 유의하게 높았다(P<0.05). 조단백질 및 조회분 함량은 상업용 사료 실험구가 실험용 사료1 및 실험용 사료2 실험구에 비해 유의하게 높았다(P<0.05). 조지질 함량은 실

Table 3. Growth performance of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed the experimental diets for 45 weeks (experiment 1)

	Diets			MWT (°C)	
	ED1	ED2	CD		
Body weight (g)	Initial	1.3±0.00 ^{ns}	1.3±0.00	1.3±0.00	
	8 week	4.0±0.03 ^b	4.4±0.03 ^c	3.2±0.15 ^a	14.7
	13 week	5.1±0.18 ^{ns}	6.0±0.73	4.6±0.12	20.8
	18 week	8.2±0.69 ^{ns}	8.8±2.00	8.3±0.20	18.6
	23 week	8.4±0.47 ^{ns}	9.4±1.10	7.8±0.22	23.6
	28 week	8.3±0.12 ^a	10.0±0.44 ^b	7.5±0.41 ^a	21.8
	34 week	15.6±1.21 ^b	18.1±1.27 ^b	11.7±0.85 ^a	17.4
	40 week	19.6±1.35 ^b	23.3±1.23 ^b	14.1±0.88 ^a	11.5
	45 week	21.7±1.65 ^b	28.0±1.82 ^c	12.7±0.61 ^a	9.9
Survival (%)	90±1.4 ^{ns}	83±5.5	92±4.6		

EP, Experimental diet; CD, Commercial diet; MWT, Mean water temperature; ^{ns}Not significant ($P>0.05$). Values (mean±SE of three replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Proximate composition (%) of whole body in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed the experimental diets for 45 weeks (experiment 1)

	Diets		
	ED1	ED2	CD
Moisture	88.6±0.2 ^{ab}	89.1±0.2 ^b	88.3±0.2 ^a
Crude protein	5.7±0.1 ^a	5.5±0.1 ^a	6.3±0.2 ^b
Crude lipid	0.82±0.09 ^b	0.36±0.05 ^a	0.26±0.02 ^a
Ash	3.2±0.03 ^a	3.3±0.0 ^a	3.6±0.05 ^b

EP, Experimental diet; CD, Commercial diet. Values (mean±SE of three replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

험용 사료1 실험구가 실험용 사료2 및 상업용 사료 실험구에 비해 유의하게 높았다($P<0.05$).

실험2의 실험용 사료와 상업용 사료로 최초 체중 1.0 g의 어린 해삼을 15주간 사육 실험한 결과를 Table 5에 나타내었다. 생존율은 실험용 사료1 및 실험용 사료2 실험구가 상업용 사료 실험구에 비해 유의하게 높았다($P<0.05$). 해삼의 평균체중은 사육

5주 후부터 실험구간에 유의한 차이를 보였으며($P<0.05$), 사육 실험 15주 후의 평균체중은 실험용 사료1 및 실험용 사료2 실험구가 상업용 사료 실험구에 비해 유의하게 높았다($P<0.05$).

실험2의 사육실험 종료 시, 해삼의 일반성분 분석 결과를 Table 6에 나타내었다. 해삼의 수분 및 조지방 함량은 실험구간에 유의한 차이가 없었으나, 조단백질 및 조회분 함량은 사료별로 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 조단백질 함량은 실험용 사료2 실험구가 상업용 사료 실험구가 비해 유의하게 높았다($P<0.05$). 조회분 함량은 상업용 사료 실험구가 실험용 사료1 및 실험용 사료2 실험구에 비하여 유의하게 높았다($P<0.05$).

고 찰

본 연구의 사육실험 결과, 실험용 사료를 공급한 해삼의 생존율은 45주간 사육한 실험1에서는 83~90% 였으며, 15주간 사육한 실험2에서는 95~96%였다. 이와 같이 장기간 사육한 경우에도 높은 생존율을 보여, 본 연구에 사용된 실험용 사료는 어린 해삼 사육을 위한 실용사료로 사용하여도 손색이 없을 것으로 판단된다.

Table 5. Growth performance of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed the experimental diets for 15 weeks (experiment 2)

	Diets			MWT (°C)	
	ED1	ED2	CD		
Body weight (g)	Initial	1.0±0.0 ^{ns}	1.0±0.0	1.0±0.0	
	5 week	1.5±0.1 ^b	1.4±0.1 ^{ab}	1.2±0.0 ^a	15.6
	10 week	2.4±0.1 ^b	2.5±0.1 ^b	1.4±0.0 ^a	18.8
	15 week	4.0±0.1 ^{bc}	4.5±0.2 ^c	1.5±0.0 ^a	18.9
Survival (%)	96±0.8 ^b	95±1.4 ^b	76±4.4 ^a		

EP, Experimental diet; CD, Commercial diet; MWT, Mean water temperature; ^{ns}Not significant ($P>0.05$). Values (mean±SE of three replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

Table 6. Proximate composition (%) of whole body in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed the experimental diets for 15 weeks (experiment 2)

	Diets		
	ED1	ED2	CD
Moisture	89.3±0.25 ^{ns}	88.3±0.42	89.3±0.18
Crude protein	4.1±0.11 ^{ab}	4.4±0.06 ^b	3.9±0.16 ^a
Crude lipid	0.37±0.07 ^{ns}	0.42±0.00	0.29±0.03
Ash	3.8±0.03 ^a	3.7±0.03 ^a	4.1±0.16 ^b

EP, Experimental diet; CD, Commercial diet; ^{ns}Not significant (P>0.05). Values (mean±SE of three replications) in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

실험1에서 해삼의 평균체중은 사육기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였지만 사육 23주 및 사육 28주에는 성장율이 현저히 낮아지거나, 체중이 오히려 감소하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 이 시기에 평균수온이 23.6°C 및 21.8°C로 해삼의 성장에 적합한 수온보다 높았기 때문으로 판단된다. Kim et al. (2017)의 연구에서도 본 연구 결과와 유사하게 평균수온 20.8°C 및 23.4°C의 사육기간 동안에는 해삼이 거의 성장하지 않거나 체중이 감소하는 결과를 보였다. Dong et al. (2006)의 연구에서 해삼의 성장을 위한 최적 수온은 16–18°C로 보고되었다. 또한 Yang et al. (2005)의 연구에서 해삼은 수온 20°C 이상에서는 사료섭취 및 성장이 감소하고, 25°C 이상에서는 하면(aestivation)을 하는 것으로 보고되었다.

본 연구의 실험1 및 실험2 모두에서 해삼의 성장은 실험용 사료 공급구들이 상업용 사료 공급구에 비하여 높았다. 이러한 성장 차이는 사료별 조단백질 및 조회분과 같은 영양소 함량 차이에 영향을 받은 것으로 판단된다. 본 연구의 실험용 사료들은 조단백질 함량이 32.9–35.1%로 상업용 사료의 15.7% 보다 높았다. Seo and Lee (2011)의 연구에서 어린 해삼의 적정 성장을 위한 사료 내 단백질 요구량은 20% 이상인 것으로 보고되어, 본 연구에 사용된 상업용 사료는 어린 해삼의 최대 성장을 위해서는 사료의 조단백질 함량이 다소 부족한 것으로 판단된다. 또한 본 연구의 상업용 사료에는 조회분 함량이 47.7%로, 실험용 사료의 12.8–14.9%에 비해 3배 정도 높았다. Kim et al. (2016) 연구에서 어린 해삼에게 펄을 30% 첨가하여 조회분 함량이 37.5%인 사료를 공급한 실험구는 펄을 첨가하지 않은 조회분 함량 13.4% 사료 공급구에 비하여 최종체중이 유의하게 감소하는 결과를 보여, 조회분 함량이 높은 상업용 사료 공급구가 성장이 감소한 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

본 연구의 실험1에서 실험용 사료2 공급구가 실험용 사료1 공급구 보다 높은 성장을 보였으나, 두 실험용 사료의 조단백질 함량은 각각 33.6% 및 32.9%였고, 조지질 함량은 1.8% 및 2.9%로 사료 간에 큰 차이는 없었다. 따라서 실험용 사료1 및 2 실험구간의 성장 차이는 두 실험용 사료의 영양소 함량 차이에 의한

것이기는 실험용 사료의 원료 조성비의 또는 원료별 이용성 차이에 의한 것으로 판단된다. 실험용 사료2는 사료1의 콘글루텐밀 대신 옥수수주정박을 사용하였고, 소맥분 함량을 감소하는 대신 오징어간분과 갈색어분 함량을 증가시켜 제조하였다. 사료의 단백질원으로 식물성(대두박, 콘글루텐밀, 소맥글루텐밀, 옥수수주정박) 및 동물성(오징어간분, 갈색어분) 단백질원을 단독으로 첨가한 사료로 어린 해삼의 사육한 기존의 연구(미발표)에서 오징어간분 및 갈색어분 첨가 사료 공급구가 가장 높은 증체량을 보였으며, 식물성 단백질원 중에서는 주정박을 첨가한 사료 공급구가 다소 높은 증체량을 보여 사료에 사용된 단백질원의 종류에 따른 성장 차이를 보였다. 이러한 결과로 볼 때 실험용 사료2 공급구의 증체량 증가는 오징어간분 및 갈색어분과 같은 동물성 단백질원의 증가 및 식물성 단백질원으로 옥수수주정박 첨가에 의한 것으로 판단된다.

본 연구에서 어린 해삼의 일반성분은 사료별로 유의한 차이를 보였다. 이는 실험사료의 원료 조성 및 사료원료 종류에 따라 어린 해삼의 체성분에 차이를 보인 기존 연구(Kim et al., 2017, 2018)와 유사한 결과를 보였다.

본 연구의 결과에서 실험용으로 자체 제조된 사료들은 상업용 사료에 비하여 우수한 사육효과를 보여 실용사료의 원료 조성비로 사용하여도 좋을 것으로 판단되며, 사료원료로 옥수수주정박, 오징어간분 및 갈색어분의 첨가는 어린 해삼 성장개선에 효과가 있는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물품질관리원 수산과학연구소(R20220017) 및 해양수산부의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

Choi J, Seo JY and Lee SM. 2009. Effects of sources and levels of dietary carbohydrate on growth and body composition of juvenile sea cucumbers, *Apostichopus japonicus*. Korean J Fish Aquat Sci 12, 203-208. <https://doi.org/10.5657/fas.2009.12.3.203>.

Dong Y, Dong S, Tian X, Wang F and Zhang M. 2006. Effects of diet temperature fluctuations on growth, oxygen consumption and proximate body composition in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka. Aquaculture 255, 514-521. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.12.013>.

Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics 11, 1-42.

Fredalina BD, Ridzwan BH, Abidin AZ, Kaswandi MA, Zaiton H, Zali I and Jais AM. 1999. Fatty acid compositions in local sea cucumber, *Stichopus chloronotus*, for wound healing. Gen Pharmacol 33, 337-340. [http://doi.org/10.1016/S0306-3623\(98\)00253-5](http://doi.org/10.1016/S0306-3623(98)00253-5).

- Kim KD, Bae KM, Han HS, Kim KW, Lee BJ, Kim SS and Kwon ON. 2016. Effects of the dietary inclusion of sea mud on the growth and body composition of juvenile sea cucumbers *Apostichopus japonicus*. Korean J Fish Aquat Sci 49, 26-29. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0026>.
- Kim KD, Bae KM, Kim KW, Lee BJ, Hur SW, Jang JW and H HS. 2017. Evaluation of experimental practical diets for juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Korean J Fish Aquat Sci 50, 366-371. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0366>.
- Kim KD, Kim KW, Lee BJ, Han HS and Bae KM. 2018. Effects of practical diets containing different seaweed powders on the growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Korean J Fish Aquat Sci 51, 142-147. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0142>.
- Seo JY and Lee SM. 2011. Optimum dietary protein and lipid levels for growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Aquac Nutr 17, 56-61. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00728.x>.
- Seo JY, Choi J, Kim GU, Cho SS, Park HG and Lee SM. 2008. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Stichopus japonicus*. J Aquacult 21, 19-25.
- Seo JY, Kim DG, Kim GU, Cho SS, Park HG and Lee SM. 2009. Effect of different substrates in the rearing tank on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. J Aquacult 22, 118-121.
- Seo JY, Choi J and Lee SM. 2010. Influences of dietary lipid source on the growth and fatty acid composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Fish Aquat Sci 13, 127-132. <https://doi.org/10.5657/fas.2010.13.2.127>.
- Statistics Korea. 2021. Fishery Production Survey. Statistics Korea, Daejeon, Korea. Retrieved from <http://kosis.kr> on Apr 8, 2022.
- Yang HX, Yuan Y, Zhou U, Mao T, Zhang and Y Liu. 2005. Effects of body size and water temperature on food consumption and growth in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) with special reference to aestivation. Aquac Res 36, 1085-1092. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01325.x>.