

배합사료 조성비와 제조 형태(Powder, Crumble 및 Pellet)에 따른 해삼(*Apostichopus japonicus*)의 성장

이상윤 · 이상민*

강릉원주대학교 해양생물공학과

Growth of Juvenile Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* Fed Different Formulated Diets with Different Feed Types (Powder, Crumble and Pellet)

Sang-Yoon Lee and Sang-Min Lee*

Department of Marine Bioscience and Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

An experiment was conducted to investigate the effects of feeding by different feed types (powder, crumble and pellet) of two different feed formulations with simple dried (D) or extruded (E) conditions on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Triplicate groups of sea cucumber averaging 1.2 ± 0.05 g were fed each of the D1, D2, EP1 or EP2 diets for 12 weeks. Survival of sea cucumber fed D2-crumble was higher than that fed EP2-crumble diet ($P < 0.05$). Weight gain of sea cucumber fed EP1-powder was higher than that fed EP1-crumble and EP2-crumble diets ($P < 0.05$). These findings indicated that simple dried feed could use independently feed type for sea cucumber culture and powder type of extruded feed is also good for sea cucumber culture.

Key words: Sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, Feed type, Feed formulation

서 론

해삼류 중에서 돌기해삼(*Apostichopus japonicus*)은 well-being 식품으로 한국, 일본 및 중국을 포함한 동북아시아에서 주로 식용으로 이용되고 있다. 최근에 해삼에 대한 수요가 증가되고 있는 반면에, 무분별한 남획, 해양 환경오염, 수온 변화 등으로 인해 해삼 생산량이 감소되고 있어 양식에 대한 관심이 증가되고 있다(Conand, 2004). 지금까지 해삼의 생식(Tanaka, 1958a), 섭식(Tanaka, 1958b), 유생사육(Sui et al., 1986; Sui, 1989), 대사(Kashenko, 2000; Li et al., 2002) 및 추출물(Tian et al., 2005)에 대한 연구가 수행되었다. 또한, 해삼 양식에 필요한 사육 기술에 관한 연구(Seo et al., 2009)와 경제적인 배합사료를 개발하기 위한 영양소 요구 및 사료 원료의 이용성에 관한 연구(Choi et al., 2009; Choi et al., 2013; Seo and Lee, 2011; Seo et al., 2010; Seo et al., 2011a, 2011b)들이 꾸준히 수행되고 있다.

해삼은 해저 바닥에 주로 서식하면서 모래나 펄에 섞여 있는

동물과 식물의 사체를 섭취한다. 이러한 해삼의 서식지와 섭식 형태에 근거하여 양어기들은 펄 등의 부드러운 저질을 사료에 혼합하여 공급하기도 한다. 해삼 양식 시 사용되는 양성용 먹이로는 자연산 해조류 분말을 단독 또는 혼합하여 공급(Sui, 1988; Battaglene et al., 1999)하고 있는 실정이며, 배합사료 연구에 사용되는 먹이도 분말 형태의 실험사료를 공급하면서 수행되었다. 이러한 분말 상태의 사료는 해삼이 섭취하기 전에 사료의 영양소가 수중으로 쉽게 유출될 수 있거나 물의 흐름에 따라 분말 사료가 유실될 가능성이 높다. 사료 내 영양소 유출이나 분말사료의 유실은 사료의 원료 조성비, 사료 성형 조건, 사료 형태 등에 영향을 받을 수 있으므로(Lee et al., 1997a, 1997b), 이에 대한 고려가 필요하다. 또한 이러한 사료 분말의 수중 유실은 환경 오염원이 되므로 이에 대한 대책이 필요하다.

고형물 형태의 사료는 분말 형태의 사료와 비교하여 수중에서 유실되는 양과 해수에 의한 수용성 영양소의 용출이 비교적 낮다. 해삼이 pellet이나 crumble 형태의 고형사료도 적절히 섭취하여 소화할 수 있다면 실용사료 형태로 사용될 수 있을 것으로

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0785>



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.

Kor J Fish Aquat Sci 47(6) 785-789, December 2014

Received 17 November 2014; Revised 6 December 2014; Accepted 8 December 2014

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

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

판단된다. 그래서, 본 연구는 수중에서 배합사료의 풀림 속도가 달라지도록 사료조성비를 달리하고, 성형 조건에 따른 배합사료 형태가 해삼의 성장과 생존에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험사료 조성을 Table 1에 나타내었다. 실험사료의 주요 단백질 원료는 가리비 분말과 대두박을 사용하였으며, 해조류로 지층이 분말, 미역 분말 및 다시마 분말을 사용하였다. 배합사료 조성물과 사료 제조 조건에 따라 수중에서 풀어지는 속도가 달라지도록 하였는데, 수중에서 잘 풀어지는 사료1의 경우 가리비 분말과 지층이 분말을 각각 20%와 50%씩 첨가하였다. 수중에서 잘 풀어지지 않은 사료2의 경우, 대두박과 지층이 분말을

Table 1. Ingredients and proximate composition of the experimental diets

	Diets	
	1	2
<i>Ingredients (%)</i>		
Scallop meal	20.0	-
Soybean meal	-	14.0
Wheat flour	-	8.0
<i>Sargassum thunbergii</i>	50.0	25.0
<i>Undaria</i> powder	10.0	10.0
<i>Laminaria</i> powder	8.0	10.0
Distillers dried grain powder	5.0	8.0
Squid liver powder	5.0	8.0
Mud		15.0
Vitamin premix ¹	1.0	1.0
Mineral premix ²	1.0	1.0
<i>Proximate analysis (% dry matter basis)</i>		
Crude protein	21.3	21.5
Crude lipid	2.5	2.7

¹Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g kg⁻¹ mix): L-ascorbic acid, 200; DL- α -tocopheryl acetate, 20; thiamin hydrochloride, 5; riboflavin, 8; pyridoxine hydrochloride, 2; niacin, 40; Ca-D-pantothenate, 12; myo-inositol, 200; D-biotin, 0.4; folic acid (98%), 1.5; p-aminobenzoic acid, 20; menadione, 4; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

²Mineral premix contained the following ingredients (g kg⁻¹ mix): NaCl, 7; MgSO₄·7H₂O, 105; NaH₂PO₄·2H₂O, 175; KH₂PO₄, 224; CaH₄(PO₄)₂·2H₂O, 140; Ferric citrate, 17.5; Ca-lactate, 21.8; ZnSO₄·7H₂O, 2.8; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.11; KIO₃, 0.05; Na₂S₂O₃, 0.007; MnSO₄·H₂O, 1.4; CoCl₂·6H₂O, 0.07.

각각 14%와 25% 첨가하였으며, 점착력이 있는 소맥분을 8% 첨가하였다. 또한, 사료2에 펄을 15% 첨가하였다. 이와 같이 배합사료 조성물이 다르게 설계된 2종류의 실험사료 제조는 각각의 배합사료 조성물을 소형 펠렛기와 extruder로 성형하였는데, 실험 사료 제조방법은 다음과 같다. D1과 D2 사료의 경우, 설계된 사료 원료들을 잘 혼합한 후 원료 100 g당 물 30 g을 첨가하여 펠렛 제조기로 압출 성형한 후, 실온에서 24시간 건조 후 pellet, crumble 및 powder 형태로 가공하였다(D1-pellet, D1-crumble, D1-powder, D2-pellet, D2-crumble, D2-powder). EP1과 EP2 사료의 경우, 설계된 원료들을 분말형태로 잘 혼합하고 Extruder Pellet Mill (Kahl OEE 08 extruder, Germany)을 사용하여 EP를 제조하였다. 제조 조건으로 extruder 속도는 60 HZ, 압력은 75-80 bar, 사출구 온도는 80-90℃의 조건으로 하여 사료를 압출 성형하였으며, 50℃의 열풍 건조기에서 건조 후, crumble 및 powder 형태(EP1-crumble, EP1-powder, EP2-crumble, EP2-powder)로 각각 분쇄하였다. Extruder를 사용하여 가공한 pellet 형태 사료는 수중에서 공급 24시간 후에도 풀어짐이 없어 실험구에 포함시키지 않았다. 이렇게 제조된 사료를 -30℃에 보관하면서 실험 수조에 공급하였다.

실험어 및 사육관리

본 실험에 사용된 해삼은 전라남도 완도에서 종묘 생산된 어린 해삼을 구입한 후, 강릉원주대학교 해양생물연구교육 센터로 수송하여 FRP 사각 수조(2 ton)에서 해삼용 상품사료를 2일 1회 공급하면서 2주간 적응시켰다. 사육실험은 총 30개의 사각 수조(50 L 사각수조)에 외형적으로 건강한 어린 해삼(평균 체중: 1.2±0.05 g)을 각 수조에 40 마리씩 3반복으로 수용한 후 실험사료를 해삼 체중의 5%씩 2일 1회 (17:00 h) 공급하면서 12주간 사육하였다. 사육실험 기간 동안 수온은 평균 15℃, 비중은 1.025이였으며, 각 수조마다 모래로 여과된 해수를 1 L/min씩 흘려주었다.

샘플채취 및 성분분석

실험 종료시에는 각 실험수조에 생존한 어린 해삼 모두를 일반성분 분석용으로 샘플하여 -75℃에 보관하였다. 일반성분 분석은 AOAC (1995)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 6시간 동안 건조 후 측정하였다. 회분은 600℃ 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량 하였다.

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS Version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1995)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

사육실험 종료 후, 생존율 결과를 Fig. 1에 나타냈다. 생존율에 있어서 EP2-Crumble 실험구를 제외하고 모든 실험구에서 80% 이상으로 나타났고, EP2-Crumble 실험구가 D2-Crumble 실험구보다 유의하게 낮은 생존율을 보였다($P<0.05$). 본 연구에서 나타난 어린 해삼의 생존율의 값은 다른 연구와 비슷하거나(Seo and Lee, 2011; Seo et al., 2008) 다른 연구보다 높은(Choi et al., 2009) 값이다. 이와 같이 본 연구에서의 양호한 생존율은 해삼이 요구하는 필수영양소의 종류와 함량이 실험사료에 만족되어 있고, 사육밀도 및 사육환경이 해삼의 생존에 적합하였기 때문으로 판단된다.

사육실험 12주 후, 증중율의 결과를 Fig. 2에 나타냈다. EP1-Powder 실험구에서 가장 높은 값을 보였으며, EP1-Crumble 과 EP2-Crumble 실험구들보다 유의하게 높았으며($P<0.05$), D1과 D2의 모든 실험구들과 EP2-Powder 실험구간에는 서로 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 해삼의 일반성분 분석 결과를 Fig. 3에 표시하였다. 수분과 지질의 경우 모든 실험구간에서 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). D2-Crumble 실험구의 단백질 함량은 D1-Pellet, D1-Crumble, D2-Powder 및 EP1-Powder

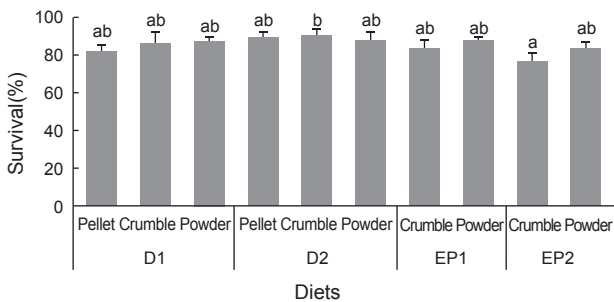


Fig. 1. Survival of juvenile sea cucumber fed the experimental diets 12 weeks. Bars having different superscripts (a-b) are significantly different ($P<0.05$) among group.

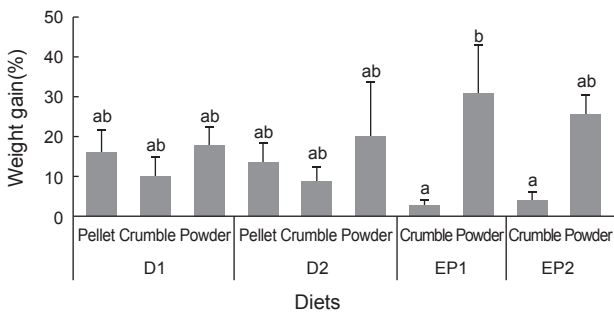


Fig. 2. Weight gain of juvenile sea cucumber fed the experimental diets 12 weeks. Bars having different superscripts (a-b) are significantly different ($P<0.05$) among group.

실험구들보다 낮았다($P<0.05$). D2-Pellet, D2-Crumble 및 D2-Powder 실험구들의 회분 함량은 EP2-Crumble 실험구보다 낮았다($P<0.05$).

이와 같은 어린 해삼의 성장은 공급된 사료형태에 영향을 받았으나, 본 연구에 사용된 배합사료 조성비에는 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 본 실험에 사용한 단백질 함량은 21.3-21.5% 범위로, 이는 기존 해삼 단백질 요구량 실험(Seo and Lee, 2011)에서 사료내 단백질 함량이 20-22%에서 좋은 성장을 나타내었다고 보고한 범위이다. 해저에서 퇴적된 유기물이나 해조류를 섭취하는 해삼의 식성을 고려할 때, 해삼은 초식 또는 잡식성에 가깝다는 것을 알 수 있다. 이러한 점에서 볼 때, 식물성 원료인 지충이와 대두박은 해삼 사료의 좋은 단백질 원료로 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 우리나라의 대부분의 양어가들은 지충이를 해삼 종묘생산에서부터 육성 단계까지 먹이로 사용하고 있는 실정이다. 하지만, 지충이는 공급이 불안정하고 가격이 상승하는 등의 불안 요소가 잠재되어 있어, 이 원료를 대체할 수 있는 연구가 필요하다. 양식사료 원료로 가장 많이 연구되어 있는 대두박은 단백질 함량이 높게 함유하고 있을 뿐 아니라 저렴한 가격으로 공급도 안정적이다(Pham et al., 2005). 그래서 대두박은 어분을 대체할 수 있는 단백질원으로 가장 많이 이용되고 있는 원료로서 담수어류(Jackson et al., 1982; Viola et al., 1983) 뿐 아니라 해산어류(Shimeno et al., 1993; Cowey et al., 1974)를 대상으로도 많은 연구가 수행되어 왔다. 본 연구에서 동물성 단백질원인 가리비 분말이나 지충이 대신 대두박이나 소맥분과 같은 식물성 단백질을 첨가한 실험구에서의 증중율이 저하되지 않은 것으로 보아, 대두박과 소맥분을 어분과 같은 값비싼 동물성 원료와 동등한 가치를 지닌 해삼 배합사료의 원료로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 배합사료의 물성과 형태에 따라 해삼의 성장이

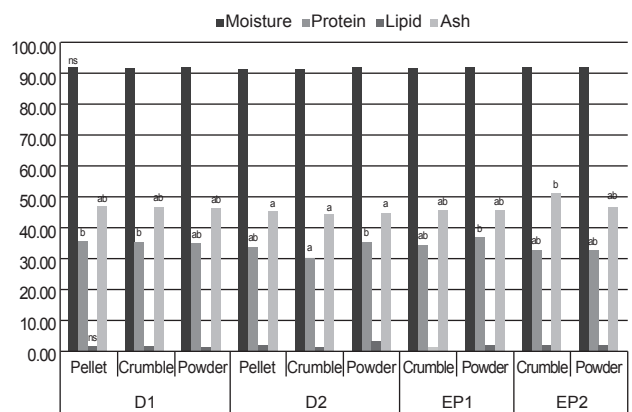


Fig. 3. Proximate compositions of whole body in sea cucumber fed the experimental diets for 12 weeks. Bars having different superscripts (a-b) are significantly different ($P<0.05$) among group.

차이를 보였는데, 열을 가하지 않고 성형된 배합사료(D1, D2) 들은 사료 형태에 영향을 받지 않는 것으로 보아, 해삼을 사육하는 양식장의 환경조건에 따라 적절한 형태의 사료를 사용할 수 있을 것으로 전망된다. 반면에, EP 사료의 경우에는 powder 형태의 사료를 공급한 해삼 증중율이 crumble 사료를 공급한 것보다 양호하였다. 이처럼 사료 성형 조건에 따라 해삼의 성장이 다른 것은 배합사료의 water solubility가 다르기 때문으로 생각된다. EP 사료는 extruder의 barrel에서 고압과 고온의 조건에서 사료가 팽화되면서 성형되기 때문에 물속에서 풀어지는 속도가 상대적으로 느다. 본 연구에서 사용된 배합사료가 수중에서 풀어지는 시간을 관찰해 본 결과, 사육 수조에서 EP 사료의 crumble의 풀어지는 시간이 펠릿으로 성형한 D 사료의 pellet이나 crumble보다 매우 느렸다. 따라서 물에 풀리지 못한 사료를 해삼이 섭취할 수 있는 기회가 상대적으로 줄어들어 성장이 낮아진 것으로 해석된다.

이상의 결과로부터, 어린 해삼의 배합사료에 대두박과 소맥분 같은 식물성 원료를 사용할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 열을 가하지 않고 성형된 배합사료를 섭취한 해삼은 사료 형태에 영향을 받지 않았으므로 해삼 사육 조건에 따라 적절히 사용할 수 있을 것이다. 반면에 extruder로 성형한 경우에는 powder 형태의 사료를 해삼에게 공급하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학연공동기술개발사업(과제번호 00042312)에 의해 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

References

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, U.S.A.
- Battaglione SC, Seymour EJ and Ramofafia C. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178, 293-322.
- 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*. *Fish Aquat Sci* 12, 203-208.
- Choi J, Rahman MM and Lee SM. 2013. Distillers dried grain from makgeolli by-product is useful as a dietary ingredient for growth of juvenile sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. *Fish Aquat Sci* 16, 279-283.
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview. (in) Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J F and Mercier A, eds. *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Italy, 13-23.
- Cowey CB, Adron JW, Blair A and Shanks AM. 1974. Studies on the nutrition of marine flatfish. Utilization of various dietary proteins to plaice (*Pleuronectes platessa*). *Br J Nutr* 31, 297-306.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple *F*-tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Jackson AJ, Capper BS and Matty AJ. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture* 27, 97-109.
- Kashenko SD. 2000. Acclimation of sea cucumber *Apostichopus japonicus* to decreased salinity at the blastula and gastrula stages: its effect on the desalination resistance of larvae at subsequent stage of development. *Russian J Mar Biol* 26, 422-426.
- Lee SM, Jeon IG and Kim KS. 1997a. Effects of extruded-floating, slow-sinking, fast-sinking or moist pellet diets on the growth and body composition in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J Aquacult* 10, 163-169.
- Lee SM, Lee GA, Jeon IG and Yoo SK. 1997b. Effects of experimental formulated diets, commercial diet and natural diet on growth and body composition of abalone (*Haliotis discus hannai*). *J Aquacult* 10, 417-424.
- Li B, Yang H, Zhang T, Zhou Y and Zhang C. 2002. Effect of temperature on respiration and excretion of sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Oceanol Limnol Sin* 33, 182-187.
- Pham MA, Lee KJ, Lim SJ, Lee BJ, Kim SS, Park YJ and Lee SM. 2005. Fish meal replacement by cottonseed and soybean meal in diets for early juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J Aquacult* 18, 215-221.
- Seo JY and Lee SM. 2011. Optimum dietary protein and lipid levels for growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquacult Nutr* 17, e56-e61. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00728.x>.
- Seo JY, Shin IS and Lee SM. 2011a. Effect of various protein sources in formulated diets on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquacult Res* 42, 623-627.
- Seo JY, Shin IS and Lee SM. 2011b. Effect of dietary inclusion of various plant ingredients as an alternative for *Sargassum thunbergii* on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquacult Nutr* 17, 549-556.
- 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.
- Shimeno S, Mima T, Yamamoto O and Ando Y. 1993. Effects

- of fermented defatted soybean meal in diet on growth, feed conversion and body composition of juvenile yellowtail. Nippon Suisan Gakkaishi 59, 1883-1888.
- Sui X. 1988. Culture and enhance of sea cucumber. Agriculture Press, Beijing, China, 54-55.
- Sui X. 1989. The main factors influencing the larval development and survival rate of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Oceanol Limnol Sin 20, 314-321.
- Sui X, Hu Q and Chen Y. 1986. A study on technology for rearing of postlarvae and juvenile of sea cucumber *Apostichopus japonicus* in high density tanks. Oceanol Limnol Sin 17, 513-520.
- Tanaka Y. 1958a. Seasonal changes occurring in the gonad of *Stichopus japonicus*. Bull Fac Fish Hokkaido Univ 9, 29-36.
- Tanaka Y. 1958b. Feeding and digestive processes of *Stichopus japonicus*. Bull Fac Fish Hokkaido Univ 9, 14-28.
- Tian F, Zhang X, Tong Y, Yi Y, Zhang S, Li L, Sun P, Lin L and Ding J. 2005. PE, a new sulfated saponin from sea cucumber, exhibits anti-angiogenic and anti-tumor activities in vitro and in vivo. Can Biol Ther 4, 874-882.
- Viola S, Mokady S and Arieli Y. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp *Cyprinus carpio*. Aquaculture 32, 27- 38.