

해상가두리 양식장에서 배합사료 및 생사료 공급에 따른 조피볼락 (*Sebastes schlegelii*)의 성장 및 육질 비교

손맹현 · 김경덕* · 김강웅 · 김신권 · 이봉주 · 한현섭

국립수산과학원 사료연구센터

Evaluation of Commercial Extruded Pellets and Raw Fish-Based Moist Pellets for the Growth and Quality of Korean Rockfish *Sebastes schlegelii* Cultured in Net-Cages

Maeng Hyun Son, Kyoung-Duck Kim*, Kang-Woong Kim, Shin-Kwon Kim, Bong-Joo Lee and Hyon-Sob Han

Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea

This study was conducted to compare extruded pellets (EP) and soft extruded pellets (SEP) with a raw fish-based moist pellet (MP) diet on the growth and flesh quality of Korean rockfish *Sebastes schlegelii*. Three groups of 20,000 fish (initial mean weight 133 g) per net-cage (6×12×7 m) were fed commercial EP, SEP or MP for 16 months. The survival of fish fed SEP was higher than those of fish fed EP or MP. The highest growth performances were observed in the mean weight gain, total weight gain, and feed efficiency of fish fed MP, followed by those fed EP and SEP. Among the fish fed on extruded pellets, the total weight gain of fish fed SEP was higher than that of those fed EP, while fish fed EP grew faster than those fed SEP. No notable differences in body composition, sensory scores or textural properties of the dorsal muscle were observed in fish fed on EP, SEP or MP. Thus, it is suggested that extruded pellets, rather than raw fish-based moist pellets, could be fed to Korean rockfish without compromising flesh quality.

Key words: Extruded pellet, Raw fish-based moist pellet, Korean rockfish, Growth, Flesh quality

서론

어류양식을 위해 소요되는 생산비용 중에서 사료비가 차지하는 비중은 어종에 따라 차이가 있지만, 40-60%로 다른 요인에 비해 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있다. 또한 사료는 양식장 수질환경 및 질병과 함께 가장 중요하게 고려되어야 할 요인이다. 어류양식업이 경쟁력을 갖기 위해서 양식어업인은 우량종묘를 선정하여 품질이 우수하면서도 경제적인 배합사료로 적은 노동력을 투입하여 최대한 빠른 시일 내에 상품크기로 키워 판매하여야 높은 수익을 올릴 수 있다. 배합사료는 생사료에 비해 인건비 및 각종 시설 운영경비를 절약할 수 있으며, 영양학적으로 균형 잡힌 사료를 만들 수 있고, 보관과 취급이 용이하고, 공급과 가격이 안정적이다(Kim et al. 2009).

이와 같은 배합사료의 장점과 배합사료 사용에 대한 필요성은 인식하고 있지만 양식장에서 생사료(raw fish-based moist pellet; MP)의 사용 비중이 여전히 계속 높은 이유는 배합사료가 생사료에 비해 상대적으로 고가이고, 성어기에 성장이 부진하며, 출하 시에 어체의 비만도나 육질이 생사료를 사육한 어체에 비해 떨어진다고 인식하기 때문이다. 현재 상업용 배합사료가 개발되어 판매되고 있지만 대상어종의 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않기 때문에 양식어업인으로부터 외면당하고 있는 실정이다. 그렇지만 생사료는 양식어류에 공급 시 상당량이 유실되어 수중으로 유입되게 된다. 이렇게 유실된 생사료는 수질 환경을 저하시키는 원인이 되기 때문에 해산어 양식용 먹이로써 배합사료 사용은 친환경적인 양식 측면에서도 필수적으로 늘어나야 한다고 할 수 있다. 또한 생사료 사용은 자원남획 및 어장환경 악화로 귀결되면서 자

Article history;

Received 15 February 2013; Revised 10 June 2013; Accepted 14 June 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 54. 230. 3630 Fax: +82. 54. 230. 3699

E-mail address: kimkd92@korea.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(3) 282-286, June 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0282>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fishereis and Aquatic Science. All rights reserved

원고갈과 환경 악화로 인한 질병 증가 등의 불이익을 초래할 수 있다(Lee et al. 2005).

조피볼락은 넙치와 함께 우리나라에서 가장 주요한 해수 양식어종이다. 조피볼락 양식을 위한 육성용 먹이로 생사료 대체를 위한 배합사료와 생사료 효능 평가에 관한 연구들(Lee and Jeon 1996a; 1996b; Kim et al. 2008)은 꾸준히 수행되어 왔다. 그러나 이러한 연구들은 실험실 규모의 육상 수조에서 주로 수행되었거나, 단기간의 사육실험에 의한 결과들이 대부분이다. 또한 배합사료를 사용하여 가두리 양식장에서 조피볼락을 상품크기까지 사육하며 생사료와 비교한 연구 및 어체 품질에 대하여 평가한 연구들은 매우 제한적인 실정이다. 본 연구에서는 조피볼락 양식용으로 시판되는 건조 배합사료(extruded pellet; EP) 및 반건조 배합사료(soft extruded pellet; SEP)와 생사료를 각각 공급하면서 가두리 현장 양식장에서 상업적 규모의 사육실험을 수행하여 조피볼락의 성장도, 체조성 변화, 어육의 관능검사 및 물성 평가를 비교 실시하였다.

재료 및 방법

실험설계 및 실험어 사육관리

실험사료는 조피볼락용 상품배합사료 2종(EP, SEP)과 양식 현장에서 주로 사용하는 MP로 총 3종류를 사용하였다. EP 및 SEP는 상업용으로 판매되고 있는 조피볼락용 사료를 구매하여 사용하였고, MP는 냉동 잡어와 분말사료를 95:5의 무게 비율로 혼합하여 성형, 제조한 후 냉동 보관하면서 먹이 공급시마다 사용하였다. 실험사료의 영양성분 분석결과를 Table 1에 나타내었다.

사육실험은 거제지역 양식장의 해상 가두리(6×12×7 m) 3개에 최초 평균체중 133 g의 실험어를 20,000마리씩 수용하여 2010년 3월에서 2011년 7월까지 16개월간 실시하였다. 실험어 사육관리는 일반 가두리 양식현장에서의 방식과 동일하게 실시하였고, 실험사료는 1일 1회 반복 공급하였다. 사육기간 동안의 수온은 9-24℃였다. 사육실험 시작시와 종료시 각 가두리에 수용된 모든 실험어의 전체 무게를 측정하였으며, 사육기간 동안 매일 각 실험구마다 30마리의 샘플을 채취하여 성장도 변화를 조사하였다.

성분분석

실험사료와 실험어의 수분은 135℃에서 2시간 건조 후 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP500T/TT125, KG, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기(Velp SER 148, Usmate, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다. 실험사료의 아미노산 함량은 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, England)를 사용하여 분석하였다. 지방산 분석을 위하여 Folch et al. (1957)의 방법

Table 1. Nutrient contents of the experimental diet

| | Diets | | |
|--|-------|------|------|
| | EP | SEP | MP |
| Proximate composition (dry matter basis) | | | |
| Moisture (%) | 9.8 | 23.6 | 70.6 |
| Crude protein (%) | 51.7 | 49.5 | 61.2 |
| Crude lipid (%) | 13.2 | 16.5 | 22.0 |
| Ash (%) | 10.9 | 15.8 | 13.0 |
| Major fatty acids (% of total fatty acids) | | | |
| C14:0 | 3.8 | 5.3 | 5.3 |
| C16:0 | 19.4 | 18.6 | 22.4 |
| C16:1n | 5.3 | 6.7 | 7.2 |
| C18:0 | 4.4 | 5.4 | 4.8 |
| C18:1n-9 | 19.6 | 17.7 | 17.8 |
| C18:2n-6 | 14.3 | 12.0 | 3.0 |
| C18:3n-3 | 2.2 | 3.4 | 7.7 |
| C20:1n-9 | 1.4 | 2.1 | 1.9 |
| C20:3n-3 | 1.0 | 2.2 | 2.8 |
| C20:4n-6 | 0.7 | 0.8 | 0.5 |
| C20:5n-3 | 10.7 | 9.2 | 7.2 |
| C22:5n-3 | 3.1 | 1.8 | 0.8 |
| C22:6n-3 | 11.9 | 10.9 | 11.9 |
| Essential amino acids (% of protein) | | | |
| Arginine | 5.6 | 6.0 | 5.7 |
| Histidine | 2.8 | 2.8 | 3.2 |
| Isoleucine | 4.1 | 4.2 | 4.7 |
| Leucine | 7.6 | 7.9 | 8.1 |
| Lysine | 6.9 | 7.6 | 8.8 |
| Methionine | 2.2 | 2.8 | 3.1 |
| Phenylalanine | 4.3 | 4.4 | 4.3 |
| Threonine | 4.0 | 4.2 | 4.9 |
| Valine | 4.7 | 5.1 | 5.7 |

EP; extruded pellet, SEP; Soft extruded pellet, MP; raw fish-based moist pellet.

에 따라 클로로포름과 메탄올 혼합액(2:1)으로 총 지질을 추출하였고, 14% BF₃-methanol로 지방산을 methylation 시킨 후, capillary column (SPTM-2560, 100 m×0.25 mm i.d., film thickness 0.2 μm, USA)을 사용하여 gas chromatography (HP-6890 II, USA)로 지방산을 분석하였다.

육질평가

사료종류별 실험어의 육질평가를 위하여 관능평가 및 어육의 물성측정을 실시하였다. 관능평가는 양식어업인, 사료회사 및 관련 연구원 25명을 대상으로 실험어의 등근육을 분리하여 향, 색택, 맛, 질감 및 기호도에 대하여 9점 척도법으로 실시하였다. 어육의 물성측정은 실험어의 등근육(0.9×0.9×1.5 cm)을 채취하여 호일에 싼 뒤 얼음위에 1시간 올려 둔 후 Rheometer (Compac-100, Sun Scientific. Co., Japan)를 사용하여 탄력성,

검정, 경도 및 강도를 측정하였다. 각 사료별로 실험어 5마리에 대하여 1마리당 5회씩 측정하였다.

통계처리

관능평가 및 물성측정 결과의 통계처리는 SPSS (Version 11.5, USA) 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA test를 실시하였다.

결과 및 고찰

최초 체중 133 g의 조피볼락을 해사가두리에서 사료 종류별로 사육하며, 월별로 측정한 실험어의 평균체중 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 모든 실험구에서 사육실험 10개월째를 제외하고는 사육 기간 동안 직선적으로 체중이 증가하는 경향을 보였다. 사육실험 10개월째에 체중이 증가하지 않은 것은 이 기간이 연중 수온이 가장 낮은 1월로써 평균 수온 8.8°C로 상당히 낮은 수온을 나타내었다. 육상 수조에서 6.8 g의 치어기 조피볼락을 MP를 공급하며 500 g 이상의 상품 크기까지 사육한 Lee et al. (1995a)의 연구에서도 본 연구결과와 유사하게 사육기간 동안 직선적으로 체중이 증가하는 경향을 보였다.

16개월간 사육 실험 후, 생존율은 SEP 실험구가 76%, MP 실험구가 71%, EP 실험구가 66%였으며, 모든 실험구에서 전반적으로 양호한 결과를 보였다(Table 2). 본 연구의 성장도 결과 값은 반복구가 없어서 통계처리를 할 수는 없었으나, 실험어의 평균 증체량은 MP 실험구가 358 g로 가장 높았으며, EP 실험구가 323 g 및 SEP 실험구가 301 g 이었다. 최종 체중도 MP 실험구가 490 g로 가장 높았으며, EP 실험구가 457 g 및 SEP 실험구가 435 g 이었다. 총 증체량은 MP 실험구가 4,477 kg으로 가장 높았으며, SEP 실험구가 3,925 kg, EP 실험구가 3,359 kg 순이었다. 사료 종류별 최종 생산량은 MP 실험구가 6,992 kg으로 가장 많았으며, SEP 실험구가 6,607 kg, EP 실험구가 6,039

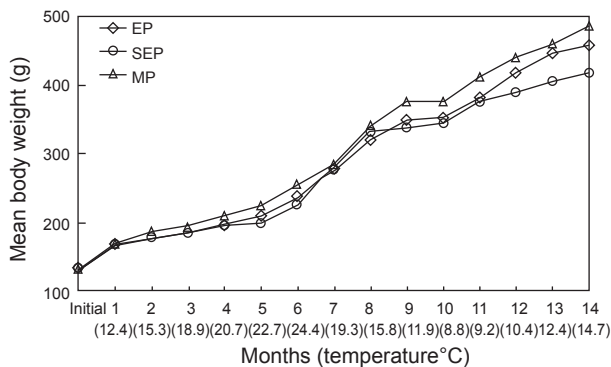


Fig. 1. Mean body weight of Korean rockfish *Sebastes schlegelii* and mean water temperature for the experimental periods.

EP; extruded pellet, SEP; Soft extruded pellet, MP; raw fish-based moist pellet.

Table 2. Growth performance of Korean rockfish *Sebastes schlegelii* fed the experimental diets

| | Diets | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|
| | EP | SEP | MP |
| Initial mean weight (g/fish) | 134 | 134 | 132 |
| Initial total weight (kg/cage) | 2,680 | 2,682 | 2,515 |
| Mean weight gain (g/fish) | 323 | 301 | 358 |
| Total weight gain (kg/cage) | 3,359 | 3,925 | 4,477 |
| Final mean weight (g/fish) | 457 | 435 | 490 |
| Final total weight (kg/cage) | 6,039 | 6,607 | 6,992 |
| Survival (%) | 66 | 76 | 71 |
| Feed efficiency (%) ¹ | 38 | 41 | 62 |

¹Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

EP; extruded pellet, SEP; Soft extruded pellet, MP; raw fish-based moist pellet.

kg 순이었다. EP 실험구와 SEP 실험구의 평균 증체량은 MP 실험구와 비교하여 각각 90% 및 84%를 나타내었으나, 총 증체량은 EP 실험구와 SEP 실험구가 MP 실험구와 비교하여 각각 75% 및 88%를 나타내었다. 이와 같이 EP 및 SEP 실험구는 MP를 공급한 실험구에 비하여 다소 낮은 성장 결과를 보였다. 본 연구에서 MP 실험구가 좋은 성장을 보인 것은 MP 사료의 영양소 중 단백질과 지질 함량이 61% 및 22%로 EP 및 SEP 사료의 단백질 함량 49.5-51.7% 및 지질 함량 13.2-16.5% 비하여 현저히 높기 때문으로 판단된다. 조피볼락은 육식성이 강하여 단백질 요구량이 높으며, 에너지원으로 탄수화물 보다는 지질 이용성이 높은 것으로 보고되었다(Lee et al. 1993; Lee and Kim 2009). Lee et al.(1993)은 broken line model로 추정된 조피볼락의 단백질 요구량을 40%로 보고하였으나, 이차회귀곡선으로 추정된 최대 성장을 위한 단백질 요구량은 51-57%로 보고하였다. 본 연구에 사용된 배합사료의 단백질 함량은 50 및 52%였으나, 사용된 단백질원의 종류에 대하여 명확히 알 수는 없지만 식물성 단백질원이 첨가되었을 경우 단백질 이용률이 감소할 수 있을 것으로 판단된다(Lee 2002). 육상수조에서 실험 배합사료 및 시판 배합사료와 MP를 공급하며 15주 동안 조피볼락(최초 체중 125 g)의 사육효과를 비교한 기존의 연구(Lee and Jeon 1996b)에서도 단백질원으로 어분과 육분, 콘글루텐밀, 대두박 및 혈분을 혼합 첨가하여 제조한 실험 배합사료 및 상품 배합사료 공급구가 MP 공급구에 비하여 성장률이 감소하는 결과를 나타내었으나, 단백질원으로 어분만을 사용한 실험 배합사료 공급구는 MP 실험구와 통계적인 차이를 보이지 않았다. 또한 단백질원으로 어분만을 사용하여 제조한 배합사료로 최초 체중 69 g의 조피볼락을 11개월간 사육하며 MP와 사육효과를 비교한 Lee et al. (1995b)의 연구에서도 배합사료와 MP 공급구간에 성장도에서 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과들로 볼 때, 조피볼락 배합사료 제조시 어분 이외의 단백질 원료를 일정 수준 이상으로 혼합할 경우 MP 사료에 비하여 성장 효능이 감소할 가능성이 높을 것으로 판단된다. 현재 조피볼

락을 양식하는 우리나라 대부분의 양어가들이 생사료를 사용하고 있다는 점을 감안할 때, 조피볼락 배합사료의 단백질원 선택에 더욱더 신중하여야 하며, 배합사료 단가를 낮추기 위한 어분 대체 단백질원 이용성에 관해서는 단기간의 사육실험에 의한 결과 도출 보다는 양식현장에 적용이 가능한 보다 더 실용적인 연구들이 요구된다.

본 실험에 사용된 두 종류의 배합사료를 섭취한 실험어 중 개체별 평균 중체량은 EP 실험구가 SEP 실험구에 비하여 높았지만, 총 중체량은 오히려 SEP 실험구가 EP 실험구 보다 높은 결과를 보였는데, 이는 SEP 실험구의 생존율이 타 실험구에 비하여 높았기 때문이다. 이와 같이 개체별 성장도는 EP 실험구가 우수하였지만 생존율에서는 SEP가 더 나은 결과를 보였는데, 이러한 차이가 EP 및 SEP와 같은 사료의 형태 및 수분 함량의 차이에 의한 것인지 본 연구의 결과만으로 판단하기는 어렵다. 또한 두 사료의 단백질 함량은 EP와 SEP가 각각 51.7 및 49.5%였으며 지질 함량은 각각 13.2 및 16.5%로 다소 차이는 있으나, 두 사료의 단백질 및 지질 함량과 같은 영양성분 조성만으로 실험어의 성장 및 생존율 차이에 원인을 판단하기는 어렵다. Lee et al. (2000a)은 동일한 사료조성으로 수분 함량만 10.2 및 36.1%로 각기 다른 사료로 조피볼락을 사육한 결과 실험어의 생존율, 성장도 및 사료효율에 차이가 없는 것으로 보고한 바 있어, 본 연구 결과의 이러한 차이의 대해서는 금후 사료 중의 수분함량 및 사료형태에 따른 장기 사육실험들을 통한 상세한 연구가 수행될 필요가 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 사료효율은 MP 실험구가 62%였으며, SEP 실험구와 EP 실험구는 각각 41% 및 38%로, MP 실험구가 SEP 및 EP 실험구에 비하여 높은 결과를 보였다. 이와 유사하게 육상수조에서 조피볼락을 11개월간 사육한 기존의 연구(Lee et al. 1995b)에서 배합사료와 생사료 실험구의 사료효율은 각각 71%와 91%였다. 그리고 Lee and Jeon (1996b)의 실험 배합사료, 시판 배합사료 및 습사료를 공급하며 육상수조에서 조피볼락 사육효과를 비교한 연구에서도 사료효율은 실험 배합사료 공급구가 63-79%, 시판 배합사료 공급구가 54-83%, 습사료 공급구가 101%로 나타나, MP 실험구가 EP 실험구에 비하여 높은 사료효율을 보였다. 이와 같이 MP 실험구의 높은 사료효율 또한 MP 사료의 영양소 중 단백질과 지질 함량이 EP 및 SEP 사료에 비하여 현저히 높기 때문으로 판단된다. 또한 육상

Table 3. Proximate composition of whole body in Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets

| | Diets | | |
|-------------------|-------|------|------|
| | EP | SEP | MP |
| Moisture (%) | 65.8 | 64.8 | 64.8 |
| Crude protein (%) | 17.9 | 18.1 | 17.3 |
| Crude lipid (%) | 12.7 | 12.8 | 14.0 |
| Ash (%) | 4.5 | 4.4 | 3.8 |

EP; extruded pellet, SEP; Soft extruded pellet, MP; raw fish-based moist pellet.

Table 4. Fatty acids composition (% of total fatty acids) of whole body in Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets

| Fatty acids | Diets | | |
|-------------|-------|------|------|
| | EP | SEP | MP |
| C14:0 | 2.7 | 3.0 | 2.8 |
| C16:0 | 19.3 | 18.4 | 18.5 |
| C16:1n-7 | 6.2 | 6.5 | 6.7 |
| C17:0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| C18:0 | 5.1 | 4.5 | 4.7 |
| C18:1n-9 | 20.4 | 23.3 | 23.6 |
| C18:2n-6 | 6.8 | 8.0 | 2.8 |
| C18:3n-3 | 0.9 | 1.1 | 0.8 |
| C20:1n-9 | 1.3 | 0.9 | 1.0 |
| C20:3n-6 | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| C20:3n-3 | 1.6 | 2.0 | 2.0 |
| C20:4n-6 | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| C20:5n-3 | 11.7 | 8.4 | 9.2 |
| C22:3n-3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 |
| C22:5n-3 | 3.2 | 2.8 | 2.4 |
| C22:6n-3 | 19.0 | 19.2 | 23.7 |

EP; extruded pellet, SEP; Soft extruded pellet, MP; raw fish-based moist pellet.

수조에서 수행된 기존의 연구들(Lee et al. 1995b; Lee and Jeon 1996b)과 비교하여 본 연구에서의 사료효율은 다소 낮은 결과를 보였는데, 이와 같이 사료효율이 감소한 것은 어체 크기, 사료 품질 및 사육수온과 같은 실험 조건의 차이를 배제할 수는 없지만, 본 연구에 사용된 가두리의 깊이가 7 m 인 점을 감안하여 볼 때 가두리에 공급된 침강 형태의 배합사료 중 육안으로 관찰이 불가능한 사료 유실에 영향을 받았을 것으로 판단된다.

사육실험 종료 후, 실험어 전어체의 일반성분 분석결과를 Table 3에 나타내었다. 전어체의 조단백질 함량은 EP 및 SEP 실험구가 MP에 비하여 다소 높은 값을 보였으나, 조지질 함량은 MP 실험구가 EP 및 SEP 실험구에 비하여 높은 결과를 보였다. 수분 및 회분 함량은 각 실험구간에 큰 차이가 없었다. 어체의 지질 함량은 양식어의 품질에 영향을 미칠 수 있으며, 사료내 지질 함량 증가에 따른 어체내 과잉의 지질 축적은 양식어의 품질을 떨어뜨릴 수 있다(Hillestad and Jonhsen 1994).

전어체의 지방산 분석결과를 Table 4에 나타내었다. 모든 실험구에서 어체의 지방산 중 C16:0, C18:1n-9, C20:5n-3 및 C22:6n-3이 가장 많은 함량을 차지하고 있었다. 실험사료에 따른 어체의 각 지방산들은 큰 차이를 보이지는 않았으나, C18:2n-6은 EP 및 SEP 실험구가 MP 실험구에 비하여 현저하게 높은 결과를 보였다. 이는 실험사료 중에 함유되어 있는 C18:2n-6 함량의 차이에 의한 것으로 판단된다. 일반적으로 어체의 지방산 조성에 사료 지질의 지방산 조성에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며(Kim et al. 2002; Kim and Lee 2004), 조피볼락을 대상으로 한 기존의 연구에서도 본 연구와 유사한 결과가 보고되었다(Lee et al. 2000b).

Table 5. Sensory scores of dorsal muscle in Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets

| | Diets | | | Pooled SEM ¹ |
|-----------------------|-------|-----|-----|-------------------------|
| | EP | SEP | MP | |
| Flavor | 5.8 | 5.9 | 6.0 | 0.17 |
| Color | 6.4 | 6.2 | 6.3 | 0.14 |
| Taste | 6.8 | 6.5 | 6.3 | 0.16 |
| Texture | 6.6 | 6.3 | 6.0 | 0.16 |
| Overall acceptability | 6.6 | 6.9 | 6.3 | 0.15 |

¹Pooled standard error of means: SD/ \sqrt{n} .

EP; extruded pellet, SEP; Soft extruded pellet, MP; raw fish-based moist pellet.

사료 종류별 어체 등근육의 관능평가 결과를 Table 5에 나타내었다. 등근육의 냄새, 색택, 맛 및 질감 평가 결과는 사료 종류에 따른 차이를 보이지 않았으며, 전반적인 기호도 역시 평가자의 평균값이 6점(조금좋다)과 7점(좋다) 사이로 나타났으며, 실험구간에 통계적인 차이를 보이지 않았다. 어체 등근육의 물성 측정결과, 사료 종류별로 등근육의 탄력성, 검성, 경도 및 강도에 유의한 차이가 없어, EP, SEP 및 MP 공급에 따른 조피볼락의 어체 물성에는 차이가 없는 것으로 판단된다(Table 6).

이와 같이 본 연구에서 EP 및 SEP 실험구의 성장도가 MP에 비하여 다소 낮기는 하였으나, 각 사료별로 사육된 조피볼락의 어체 품질은 차이가 없었으므로 배합사료의 단백질 및 에너지 함량 등을 조절하여 사료 품질을 향상시킨다면 충분히 생사료의 효능과 유사한 배합사료 제조가 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(친환경 실용배합사료 개발 및 품질 관리 연구, RP-2013-AQ-111)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Folch J, Lees M and Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226, 497-509.
- Hillestad M and Jonhson FT. 1994. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture* 124, 109-116.
- Kim KD and Lee SM. 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 229, 315-323.
- Kim KD, Lee SM, Park HG, Bai SC and Lee YH. 2002. Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J World Aquacult Soc* 33, 432-440.
- Kim KD, Kang YJ, Lee JY, Kim KW, Lee HY, Kim KM and Lee SM. 2008. Evaluation of extruded pellets for grower Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J Aquaculture* 21, 107-110.

Table 6. Textural properties of dorsal muscle in Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets

| | Diets | | |
|-------------------------------|------------------------|----------|----------|
| | EP | SEP | MP |
| Springiness (%) | 83±1.4 ^{ns} | 82±2.6 | 82±0.9 |
| Gumminess (g) | 228±11.3 ^{ns} | 247±29.7 | 259±11.0 |
| Hardness (g/cm ²) | 232±12.3 ^{ns} | 257±35.5 | 266±13.9 |
| Strength (g/cm ²) | 180±9.3 ^{ns} | 201±28.5 | 207±10.8 |

^{ns}; Not significant ($P>0.05$).

EP; extruded pellet, SEP; Soft extruded pellet, MP; raw fish-based moist pellet.

Kim KD, Kang YJ, Lee HY, Kim KW, Jang MS, Kim SK and Son MH. 2009. Evaluation of extruded pellets containing different protein and lipid levels, and raw fish-based moist pellet for growth of flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 476-480.

Lee SM. 2002. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture* 207, 79-95.

Lee SM and Jeon IG. 1996a. Evaluation of dry pellet on growth of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) by comparing with moist pellet and raw fish based moist pellet. *J Aquaculture* 9, 247-254.

Lee SM and Jeon IG. 1996b. Evaluation of experimental formulated diets and commercial diets for growing Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J Aquaculture* 9, 377-384.

Lee SM and Kim KD. 2009. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of juvenile and grower rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquacult Res* 40, 1830-1837.

Lee JY, Kang YJ, Lee SM and Kim IB. 1993. Protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J Aquaculture* 6, 13-17.

Lee SM, Lee JY and Jeon IG. 1995a. Growth pattern of Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) from the indoor culture system. *J Aquaculture* 8, 221-229.

Lee JY, Lee SM and Jeon IG. 1995b. Effect of a practical Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) diet; Comparison with raw fish and moist pellet diet. *J Aquaculture* 8, 261-269.

Lee SM, Hwang UG and Cho SH. 2000a. Effect of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture* 187, 399-409.

Lee SM, Lee JY and Jeon IG. 2000b. Dietary squid liver oil and soybean oil ratio on growth and body composition of Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J Aquaculture* 13, 207-213.

Lee SM, Seo JY, Lee YW, Kim KD, Lee JH and Jang HS. 2005. Evaluation of experimental extruded pellet, commercial pellet and raw fish-based moist pellet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*, *J Aquaculture* 18, 287-297.