

조피볼락 습사료에 대한 건조사료의 사육효과

이상민 · 전임기

국립수산진흥원 증식부

Evaluation of Dry Pellet on Growth of Juvenile Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*) by Comparing with Moist Pellet and Raw Fish-Based Moist Pellet

Sang-Min Lee and Im-Gi Jeon

Aquaculture Department, National Fisheries Research and Development Agency,
Pusan 619-900, Korea

Two experiments were conducted to evaluate dry pellet on growth of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) by comparing with moist pellet and raw fish-based moist pellet. In the first experiment, three replicate groups of 40 fish averaging 4.7 g were fed one of the following three experimental diets for 11 weeks : dry pellet (DP) and moist pellet (MP) diets containing 56% white fish meal (WFM) + 3% soybean meal (SM) + 5% corn gluten meal (CGM) as protein sources, or raw fish-based moist pellet (RMP, 50% frozen horse mackerel + 50% commercial fish feed). No significant differences were found among fish fed different pellet types of diets in daily weight gain and whole body composition ($P > 0.05$). In the second experiment, two replicate groups of 140 fish averaging 10.9 g were fed one of the following three experimental diets for 8 weeks : DP and MP diets containing 38% WFM + 15% SM + 10% CGM as protein sources, or RMP. Daily weight gain and feed efficiency from fish fed RMP were significantly ($P < 0.05$) higher than those from fish fed DP diet. These different growth responses between two experiments may be due to dietary protein sources and nutrient content. Findings showed that DP can be used as a practical diet for juvenile Korean rockfish.

Key words : Rockfish, Practical diet, Dry pellet, Moist pellet, Raw fish moist pellet

서론

어류 양식에 있어서 사료는 양식 경영에 매우 중요하게 고려되어야 할 요소이나, 우리나라에서는 최근까지 해산어 양식시 주로 생사료가 사용되고 있어 사료의 수급이 불안정하고, 취급과 보관에 따른 경비가 과다하게 소요되며, 영양성분이 유실되어 어장이 오염되는 등 많은 문제점이

발생되고 있다. 뿐만 아니라, 어류 양식 산업의 빠른 발전으로 인해 최근에는 양식에 필요한 생사료가 절대적으로 부족하여 가격이 급등하게 되었다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 대상 어종에 적합한 배합 사료를 이용하는 것이다. 이를 위해서는 대상 생물이 요구하는 영양소가 골고루 배합된 질 좋고 경제적인 사료를 개발하여야 하며, 개발된 배합 사료는 취급이 용

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비로 수행되었음.

이하고 안정적인 공급이 이루어질 수 있어야 한다.

실용 배합 사료의 물성이나 가공 형태는 제조 공정, 사료 가격, 유통, 수질 오염 등에 영향을 미치는 중요한 요인으로 어종마다 선호하는 사료의 형태나 물성이 다를 수 있으며, 이러한 사료의 물성 또는 가공 형태는 각각 장단점을 가지고 있는데, 현재 양어가들이 선호하고 있는 생사료나 생사료와 분말 사료를 혼합한 형태의 moist pellet (MP)는 성장도에 비하여 가공, 유통, 취급, 보관 등 많은 문제점이 있다. 담수어의 가두리나 못 양식에서는 사료 유실을 줄이고 소화율을 높이기 위하여 부상 사료(EP, expansion or extruded pellet)를 기능적으로 사용하기도 한다. EP는 전분을 α 화시켜 소화율을 높이는 대신 사료 가공 단가가 높아질 뿐 아니라 사료 제조시 고온과 고압으로 인하여 사료내의 영양소가 파괴되어 사료효율이 낮아지는 단점이 있다. 반면에 별도의 열처리 없이 가공된 단순한 형태의 dry pellet(DP) 사료는 EP가 가진 장점은 없으나 가공 단가가 낮고 가공시에 영양소 파괴가 비교적 적은 장점이 있어 대상 어종이 잘 받아먹고 소화할 수 있다면, 배합 사료로써도 손색이 없을 것으로 판단된다.

우리 나라의 해산어 양식의 경우, 1980년대 중반까지 해상 가두리에서 가장 많이 양식되었던 방어도 그 당시 생사료가 주 사료로 사용되었고, 딱딱한 DP보다는 수분 함량이 높은 사료가 더 기호성이 높은 것으로 알려져 대부분 MP가 사용되었다. 그 이후부터 가두리, 육상 수조 또는 축제식으로 가장 많이 양식되고 있는 넙치도 생사료로 사육되어 왔으나, 최근 이들의 공급 부족으로 인하여 EP 형태의 사료가 조금씩 사용되고 있다. 또한, 최근에는 일본에서도 지질함량이 높은 soft dry pellet (SDP)을 개발하여 (Watanabe et al., 1992; Viyakarn et al., 1992) 사용하기 시작하였다. 우리 나라의 해산어 양식 대상으로 넙치 다음으로 생산량이 높은 조피볼락도 대부분 생사료가 사용되어 왔기 때문에 이 종에 적합한 배합 사료의 개발이 시급한 실정이었다. 이에 Lee et al. (1993a, b, c, d; 1995; 1996a, b), Lee and Lee (1994a, b), Lee (1994)와 Lee and

Jeon (1996)은 조피볼락용 배합사료를 개발하기 위해 그 동안 각종 영양소 요구량과 사료 단백질 질원의 이용성에 대한 연구를 계속 수행하여 왔으나, 배합 사료 형태에 대한 연구는 아직까지 이루어지지 않았다.

따라서 본 실험에서는 이미 연구된 결과들을 토대로 사료 원료의 혼합비를 달리한 두 종류의 실험 배합 사료를 설계하여 각각 DP 및 MP 형태로 제조하고, 양어가들이 주로 사용하고 있는 생사료 MP (냉동 메가리와 시판용 분말 사료를 혼합한 형태)를 제조하여 사육 실험 및 사료와 어체의 성분 분석을 통해 그 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험 사료

조피볼락용 사료의 물성과 단백질원에 따른 성장차이를 구명하기 위하여 2회에 걸친 실험을 실시하였는데, Table 1에서와 같이 실험 1은 Lee et al. (1995b; 1996a)이 조피볼락 어분 사료 및 대조 사료를 평가한 결과에 따라 단백질원을 북양어분 위주로 제조하였고, 실험 2에서는 Lee et al. (1996b)과 Lee and Jeon(1996)이 어분 대체 단백원을 평가한 결과들을 토대로 경제적인 측면을 고려하여 북양어분의 배합 비율을 낮추는 대신, 대두박과 콘글루텐 밀의 비율을 늘려 배합하였다. 두 실험 모두 단백질 함량이 48% 전후가 되도록 조정하여 각각 DP와 MP 형태의 배합 사료를 제조하였다. DP 사료는 금성사료(주)에 의뢰하여 제조하였고, DP 사료와 같은 배합비를 가진 MP 사료는 원료를 혼합한 후 kg 당 400 g의 물을 첨가하여 MP 제조기로 압출 성형하였다. 그리고 실험 1과 2 모두에서 양어가들이 주로 사용하는 RMP (raw fish-based moist pellet, 냉동 생사료 : 분말 사료 = 1 : 1) 사료를 제조하여 성장도를 서로 비교하였다. 이와 같이 제조한 실험 사료들을 냉동 보관(-30°C) 하면서 사용하였다. 실험 1의 사료중 필수 아미노산을 분석한 결과 Table 1에 표시한 바와 같

이 각각의 아미노산 조성이 사료간에 거의 비슷한 수준이었다.

2. 실험어 및 사육 관리

실험 1에서는 경남 거제에서 생산된 조피분락

치어를 구입하여 예비 사육하다가 건강한 어체 (평균체중 4.7 g)를 선별하여 실험 사료마다 3 반복으로 임의 배치된 각 수조 (40 l plastic 사각수조)에 40마리씩 수용하여 11주간 사육하였다. 실험 2에서는 전남 완도에서 생산된 치어

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

| Ingredient | Type : | Exp. 1 | | | Exp. 2 | | |
|--|--------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | DP ¹ | MP ² | RMP ³ | DP ¹ | MP ² | RMP ³ |
| White fish meal ⁴ | | 56 | 56 | | 38 | 38 | |
| Soybean meal | | 3 | 3 | | 15 | 15 | |
| Corn gluten meal | | 5 | 5 | | 10 | 10 | |
| Wheat flour | | 19.5 | 19.5 | | 22.8 | 22.8 | |
| Yeast | | 3 | 3 | | 3 | 3 | |
| Fish oil ⁵ | | 3 | 3 | | 3 | 3 | |
| Vitamin and mineral premixes ⁵ | | 7.5 | 7.5 | | 8.2 | 8.2 | |
| Sodium alginate | | 3 | 3 | | | | |
| Raw fish (frozen horse mackerel) | | | | 50 | | | 50 |
| Commercial binder meal | | | | 50 | | | 50 |
| Proximate analysis (% , dry basis) | | | | | | | |
| Crude protein | | 47.4 | 48.9 | 47.8 | 49.1 | 50.5 | 57.0 |
| Crude lipid | | 8.1 | 7.6 | 11.5 | 5.7 | 7.4 | 6.2 |
| Crude ash | | 16.4 | 17.5 | 13.7 | 13.3 | 11.6 | 13.3 |
| Crude fiber | | 0.8 | 1.3 | 0.2 | 2.2 | 2.3 | 0.2 |
| N-free extract ⁶ | | 27.3 | 24.7 | 26.8 | 29.7 | 28.2 | 23.3 |
| Digestible energy (kcal/100g) ⁷ | | 368 | 363 | 399 | 361 | 379 | 382 |
| Cost (won) per kg diet ⁸ | | 500 | 500 | 1200 | 450 | 450 | 1200 |
| Essential amino acids composition (% in protein) | | | | | | | |
| Arg | | 6.9 | 6.9 | 6.8 | | | |
| His | | 1.8 | 2.0 | 2.1 | | | |
| Ile | | 3.3 | 3.3 | 3.6 | | | |
| Leu | | 8.2 | 8.1 | 8.5 | | | |
| Lys | | 4.6 | 4.7 | 4.7 | | | |
| Met | | 3.0 | 3.0 | 2.9 | | | |
| Cys | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | | | |
| Phe | | 4.7 | 4.6 | 4.7 | | | |
| Tyr | | 3.5 | 3.5 | 3.6 | | | |
| Thr | | 4.8 | 4.8 | 4.8 | | | |
| Val | | 3.8 | 3.9 | 4.0 | | | |

¹ Dry pellet, provided by Kumseong Feeds Co., Pusan, Korea.

² Moist pellet.

³ Raw fish-based moist pellet.

⁴ Produced by steam dry method.

⁵ Provided by Kumseong Feeds Co., Pusan, Korea.

⁶ Calculated by difference.

⁷ Based on 4.5 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid and 3 kcal/g NFE.

⁸ Cost of ingredients except for prices of vitamin and mineral premixes based on the price in 1994.

를 구입하여 예비 사육한 후 실험 사료마다 각각 2반복으로 중간 크기의 건강한 어체(평균체중 10.9 g)를 선별하여 각 실험 수조(300 l FRP 원형수조) 마다에 140마리씩 수용하여 8주간 사육하였다. 각 수조마다 여과된 해수를 2 l/min (실험 1)와 10 l/min (실험 2)로 조정하여 주수하면서 산소를 약하게 공급하였으며, 사료는 아침(0900)과 저녁(1600)에 하루 2회 반복으로 급여하였다. 실험 시작시와 종료시에 각 수조에 수용된 실험어를 100 ppm의 MS222 (Sigma, USA)에 마취시켜 총무게를 측정하였다. 실험 1에서는 어체 분석용 시료로 실험 시작시 40마리, 실험 종료시 각 수조 10마리씩 추출하여 냉동보관(-30°C)하였다. 사육기간 중의 수온은 실험 1에서 18.0~25.0°C (21.4±1.84°C)였고, 실험 2에서 18.0~23.0°C (21.2±1.21°C)였다.

3. 성분 분석 및 통계 처리

사료 및 어체의 일반성분은 AOAC(1984) 방법에 따라 분석되었고, 아미노산은 Lee et al. (1996b)이 사용한 방법을 이용하여 분석되었다. 실험 결과의 통계 처리는 ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Lnc., 1993) program을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

조피볼락 사료로써 DP의 이용 가능성을 검토하기 위하여 1차 실험에서는 백색 어분을 주 단백질원으로 한 DP와 MP 배합비와 동일한 MP를 제조하여 RMP 사료와 그 효과를 서로 비교하였다. 4.7 g 전후의 치어를 11주간 사육 실험한 결과(Table 2와 3), 최종적으로 평균체중과 일일 증체율이 DP, MP 및 RMP 사료 구간에서 서로 유의차가 없었으며, 전어체의 단백질, 지질 및 수분 함량도 사료간에 차이가 없었다(P>0.05). 그러나 사료효율은 세 실험구중에서 RMP구가 가장 높았고(P<0.05), 사료 조

성비가 같은 DP와 MP사이에서는 유의차가 없었다. 일일 사료 섭취율, 단백질 섭취율 및 지질 섭취율은 실험구간에 유의한 차이를 보였는데(P<0.05), 사료 섭취율은 DP, MP, RMP순으로 높았고, 단백질 섭취율은 DP와 MP구가 서로 비슷하고 RMP구가 가장 낮았으나, 지질 섭취율은 RMP, DP, MP구 순으로 높았다. 단백질 축적율은 RMP구가 가장 높았고, DP와 MP구 사이에서는 서로 유의차없이 비슷하였으며, 지질 축적율은 MP, DP, RMP구 순으로 높았다(P<0.05).

이와 같이 영양소 섭취율, 사료효율 및 영양소 이용율이 사료간에 차이가 나는 것은 실험 사료의 영양 성분이 서로 다르기 때문으로 생각된다. 즉, 세 실험구의 단백질 함량은 비슷하지만, RMP 사료의 지질 함량이 타 실험 사료보다 높기 때문에 이 사료의 에너지 함량이 높아져 사료 섭취율과 단백질 섭취율이 타 실험구보다 낮아졌고, 지질 섭취율이 상대적으로 높아진 것으로 판단된다. 또한, 성장과는 달리 사료효율이 RMP구에서 높은 것도 역시 사료 성분중 RMP구의 지질 함량이 다른 실험구보다 3-4% 더 높았기 때문으로 간주된다. 즉, RMP 사료의 에너지 함량이 다른 사료에 비해 높기 때문에 성장이나 체유지에 필요한 사료 섭취량이 DP나 MP구에 비해 상대적으로 낮아진 것으로 생각된다. 따라서 사료의 단백질 이용효율을 최대로 하기 위하여 지질이나 탄수화물 함량을 증가시켜 사료의 에너지 값을 높이는 다른 연구 (Beamish and Medland, 1986; De Silva et al., 1991; Degani and Viola, 1987)에서와 같이 조피볼락에서도 사료의 지질 함량을 8%에서 10% 이상으로 증가시키면 사료효율 및 단백질 이용율이 보다 개선될 수 있을 것으로 보인다.

실험 1의 결과로부터 조피볼락은 아주 어린 시기부터 딱딱한 형태의 사료를 잘 받아먹고 성장과 체성분도 서로 차이가 없는 것으로 나타나, 이 종에 적합한 사료 조성비가 개발되면 영양소 이용율도 MP나 RMP와 비교해 손색이 없을

것으로 예상되며, 실용 배합 사료로써 DP를 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

2차 실험에서는 대체 단백질의 이용성을 조사하고자 사료내 백색어분의 비율을 줄이고 대신 대두박과 콘글루텐 밀의 비율을 증가시킨 사료로 11 g 전후의 조피블락을 8주간 사육하였다. 그 결과, 성장 및 일일 증체율은 RMP구가 DP구보다 높았지만, MP구와는 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 반면에 사료효율은 유의하게 DP구가 가장 낮고 RMP구가 가장 양호한 결과를 보였다 ($P<0.05$). 일일 사료 섭취율 및 지질 섭취율도 처리구간에 유의한 차이를 보여($P<0.05$) RMP구가 가장 낮은 것으로 나타난 반면, 단백질 섭취율은 차이가 없었다.

이와 같이 DP 사료구의 성장율이 나쁜 것은 사료 단백질 중 식물성 대체 단백질(대두박, 콘글루텐밀)이 차지하는 비율이 25% 정도로 높아 이용효율이 떨어진 것으로 생각된다. 더욱이 RMP 실험구는 사료 성분에서도 실험 1과는 달리 사료의 단백질 함량이 57%로 다른 사료보다 6~8% 더 높아 성장 및 사료효율이 좋았던 것으로 판단된다. Lee et al. (1993a)은 조피블락 치어(실험시작시: 8 g, 종료시: 20 g)의 최대 성장에 필요한 단백질 함량이 57%라고 보고하고 있는 점으로 미루어 보아, 본 실험 2의 DP 및 MP 실험구는 사료의 단백질 함량이 그에 비해서 다소 낮아 성장율이 떨어진 것으로 생각된다.

한편, 실험 1과 2에서 RMP 사료의 영양 성분 차이가 나는 것은 사료 제조 시기가 다르고, 그 시기에 따라 생사료의 조성분이 다르기 때문에 사료 제조시마다 성분 차이가 난 것으로 판단된다. 그러므로 앞에서도 언급했던 바와 같이 생사료의 생산 시기나 종류에 따라 어체 영양 성분의 변화가 심하고, 수급이 불안정할 뿐 아니라 사료 급여시 수중으로 유실되기 쉬워 수질 오염 등 많은 문제점이 잠재되어 있으므로 하루빨리 생사료에서 경제적인 실용 배합 사료로 전환하는 것이 시급하다. 또한, 사료 단가도 RMP 사료가 배합 사료(DP, MP)보다 2배 이상 높아서(Table

1), 어체 1 kg 생산하는데 소요되는 비용도 2배 정도 높은 것으로 나타났다. 더욱이 앞으로 생사료 가격이 더 상승할 것으로 예상되므로 보다 질 좋은 경제적인 배합비 개발에 대한 연구가 계속 수행되어야 할 것이다. 그리고 실험 2에서 MP구가 증체율 및 사료효율이 DP구보다 유의하게 높았고($P<0.05$), 최종 평균체중 및 일일 사료 섭취율도 유의차는 없었지만 MP구가 높았다. 실험 1에서 DP와 MP 사료 사이의 영양 성분은 서로 비슷하여 성장이 차이가 없는 것으로부터 판단하여 보면, Table 1에 표시된 것처럼 실험 2의 DP와 MP 사료간에 영양 성분 중 단백질, 지질 및 에너지 함량이 MP구가 DP구보다 더 높은 것으로 분석되어 성장 차이 역시 사료의 영양 성분 차이에서 기인된 것으로 보인다. 따라서 실험 2에서도 DP와 MP 사료구 사이의 영양 성분이 동일하였다면, 성장이나 영양소 이용율이 차이가 없었을 것으로 예상되나, 이러한 차이에 대해서는 가공시의 영양소 변성 등을 고려하여 보다 상세한 고려가 있어야 할 것으로 보인다.

위의 결과들로부터 딱딱한 DP도 조피블락이 잘 받아먹기 때문에 이 종에 보다 적합한 실용 배합비가 개발되면, 사료 제조시 영양 성분의 파괴가 EP보다 낮고 가공 단가가 싼 DP도 경제적인 배합 사료로써 손색이 없는 것으로 전망된다. 하지만 DP 사료의 사용시 한가지 고려되어야 할 것은 사료 급여시 수중에서의 침강속도가 MP나 반 부상 사료보다 빠르기 때문에 양식어가 미처 먹지 못한 사료의 유실이 쉬운 점이다. 따라서 DP 사료를 급여할 때는 매우 주의 깊게 사료를 던져 주어야 할 것이며, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 사료의 침강속도 등을 고려한 경제적인 사료 개발과 함께 개발된 사료에 대하여 어체 크기별, 수온별에 따른 먹이 급여율이 체계적으로 연구되어야 할 것이다. 어체 크기별, 시간당 사료 섭취율이 결정되면, MP 사료로는 실행할수 없는 자동화된 사료 급여 체계 등이 적극 활용될 수 있을 뿐 아니라 배합사료의 질

Table 2. Performance of Korean rockfish fed the experimental diets¹

| | Diet types | | |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Dry pellet (DP) | Moist pellet (MP) | Raw fish MP |
| | Exp. 1 | | |
| Initial mean weight (g) | 4.7 ± 0.01 | 4.7 ^a ± 0.03 | 4.7 ^a ± 0.05 |
| Final mean weight (g) | 22.5 ^a ± 2.00 | 23.3 ^a ± 0.95 | 24.7 ^a ± 1.65 |
| Daily growth rate (%) | 2.842 ^a ± 0.099 | 2.859 ^a ± 0.027 | 2.880 ^a ± 0.074 |
| Feed efficiency (%) | 77.7 ^a ± 3.05 | 81.1 ^a ± 0.60 | 90.3 ^b ± 0.65 |
| Daily feed intake ² | 3.537 ^c ± 0.008 | 3.459 ^b ± 0.031 | 3.208 ^a ± 0.040 |
| Daily protein intake ² | 1.677 ^b ± 0.003 | 1.691 ^b ± 0.015 | 1.533 ^a ± 0.019 |
| Daily lipid intake ² | 0.286 ^b ± 0.001 | 0.263 ^a ± 0.002 | 0.369 ^c ± 0.005 |
| Protein retention (%) ³ | 26.3 ^a ± 1.26 | 27.0 ^a ± 0.86 | 32.1 ^b ± 0.52 |
| Lipid retention (%) ³ | 84.3 ^{ab} ± 11.85 | 96.3 ^b ± 3.20 | 78.9 ^a ± 6.91 |
| | Exp. 2 | | |
| Initial mean weight (g) | 10.9 ^a ± 0.07 | 10.8 ^a ± 0.28 | 10.9 ^a ± 0.07 |
| Final mean weight (g) | 29.0 ^a ± 1.62 | 33.5 ^{ab} ± 3.11 | 36.9 ^b ± 0.63 |
| Daily growth rate (%) | 1.753 ^a ± 0.062 | 2.099 ^b ± 0.017 | 2.157 ^b ± 0.139 |
| Feed efficiency (%) | 68.8 ^a ± 2.47 | 83.6 ^b ± 6.64 | 110.0 ^c ± 1.27 |
| Daily feed intake ² | 2.541 ^b ± 0.192 | 2.320 ^b ± 0.051 | 1.891 ^a ± 0.015 |
| Daily protein intake ² | 1.248 ^a ± 0.192 | 1.172 ^a ± 0.025 | 1.078 ^a ± 0.009 |
| Daily lipid intake ² | 0.145 ^b ± 0.011 | 0.174 ^c ± 0.004 | 0.117 ^a ± 0.001 |

¹ Values (mean ± s.d. of replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P < 0.05).

² (Feed, protein or lipid intake × 100) / [(Initial body wt. + final body wt.) / 2] × days fed.

³ [Protein (or lipid) gain × 100] / Protein (or lipid) intake.

Table 3. Proximate analysis (%) of the whole body after 11 weeks feeding trials (exp. 1)¹

| | Initial | Diet types | | |
|---------------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Dry pellet (DP) | Moist pellet (MP) | Raw fish MP |
| Moisture | 72.5 | 69.5 ^a ± 0.65 | 69.4 ^a ± 0.10 | 69.0 ^a ± 0.15 |
| Crude protein | 15.8 | 16.6 ^a ± 0.06 | 16.6 ^a ± 0.20 | 16.6 ^a ± 0.15 |
| Crude lipid | 6.0 | 8.2 ^a ± 0.65 | 8.2 ^a ± 0.15 | 8.4 ^a ± 0.25 |
| Crude ash | 4.6 | 4.2 ^a ± 0.35 | 4.3 ^a ± 0.01 | 4.2 ^a ± 0.06 |

¹ Values (mean ± s.d. of replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P < 0.05).

을 향상시켜 양식어의 품질을 개선시킬 수 있을 것이다.

요 약

조피볼락 배합 사료로써 dry pellet (DP)의 사용 가능성을 조사하기 위하여, 2회에 걸쳐 사육 실험을 실시하였다. 두 실험에 사용된 사료 조성은 단백질원으로 북양어분이 56% 첨가된 사료(실험 1)와 경제적인 측면을 고려하여 북양어분을 38%

로 줄이는 대신, 대두박과 콘글루텐 밀을 25% 첨가한 사료(실험 2)를 설계하여 각각 DP 및 moist pellet (MP) 형태로 제조하였고, 양어가들이 주로 사용하고 있는 생사료(냉동 메가리)와 시판 분말 사료를 1 : 1로 혼합한 생사료 MP (raw fish-based MP : RMP)를 제조하였다.

4.7 g 전후의 치어를 11주간 3반복으로 사육한 실험 1의 결과, 최종적으로 평균체중 및 일일 증체율이 DP, MP 및 RMP 사료간에서 서로 유의차가 없었으며, 전어체의 단백질, 지질 및 수

분 함량도 사료간에 차이가 없었다($P>0.05$). 사료효율은 세 실험구 중에서 RMP구가 가장 높았고($P<0.05$), 사료 조성비가 같은 DP와 MP 사이에서는 유의차가 없었다. 11 g 전후의 조피볼락을 8주간 사육한 실험 2에서는 성장 및 일일 증체율이 RMP 실험구가 DP 실험구보다 좋았지만, MP와 RMP 실험구간에서는 유의한 성장 차이가 없었다($P>0.05$). 사료효율은 DP구가 가장 낮고 RMP구가 가장 높은 결과를 보였다($P<0.05$). 이러한 차이는 사료 단백질 중 식물성 대체 단백질(대두박, 콘글루텐 밀)이 차지하는 비율과 RMP구의 단백질 함량이 57%로 타 실험구보다 높았기 때문인 것으로 판단된다.

실험 1과 2의 결과들로부터 실험 배합 사료의 물성은 조피볼락의 성장이나 사료효율에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 보여, 보다 적합한 실용 배합 사료가 개발되면, DP도 조피볼락의 배합 사료로써 손색이 없을 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV. 1141 pp.

Beamish, F. W. G. and T. E. Medland, 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture*, 55 : 35-42.

De Silva, S. S., R. M. Gunasekera and K. F. Shim, 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia : evidence of protein sparing. *Aquaculture*, 95 : 305-318.

Degani, G. and S. Viola, 1987. The protein sparing effect of carbohydrates in the diet of eels (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 64 : 283-291.

Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.

Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. -M. Lee and I. -B. Kim, 1993a. Protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 6 : 13-27 (in Korean with English abstract).

Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. -M. Lee and I. -

B. Kim, 1993b. Optimum digestible energy to protein ratio in diets for the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 6 : 29-46 (in Korean with English abstract).

Lee, J. Y. and S. -M. Lee, 1994a. Nutritional studies and feed development for Korea rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Proceedings of FOID, '94 The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters*. pp. 75-92.

Lee, S. -M., J. Y. Lee, Y. J. Kang, H. D. Yoon and S. B. Hur, 1993c. n-3 highly unsaturated fatty acid requirement of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26 : 477-492 (in Korean with English abstract).

Lee, S. -M., J. Y. Lee and Y. J. Kang, 1993d. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and water temperatures on growth and body composition of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, 48 : 107-124 (in Korean with English abstract).

Lee, S. -M., 1994. Effects of dietary beef tallow, soybean oil and squid liver oil on growth and body composition of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli* and biochemical changes with starvation. *J. Aquacult.*, 7 : 63-67 (in Korean with English abstract).

Lee, S. -M., and J. Y. Lee, 1994b. Effects of dietary α -cellulose levels on the growth, feed efficiency and body compositions of Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 7 : 97-107 (in Korean with English abstract).

Lee S. -M., J. Y. Lee and S. B. Hur, 1994. Essentiality of dietary EPA (eicosapentaenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid), and importance of dietary EPA/DHA ratio in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26 : 477-492.

Lee, S. -M., J. Y. Lee and I. -G. Jeon, 1995. Effects of a practical Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) diet ; comparison with raw fish and moist pellet diet. *J. Aquacult.*, 8 : 261-269 (in Korean with English abstract).

Lee S. -M., I. -G. Jeon and J. Y. Lee, 1996a.

- Comparison of various fish meals as dietary protein sources for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J. Korean Fish. Soc.*, 29 : 135 - 142 (in Korean with English abstract).
- Lee S. -M., J. H. Yoo and J. Y. Lee, 1996b. The use of soybean meal, corn gluten meal, meat meal, meat and bone meal, or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.*, 20 : 21 - 30 (in Korean with English abstract).
- Lee S. -M. and I. -G. Jeon, 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 : in press.
- SPSS for Window, 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Viyakarn V., T. Watanabe, H. Aoki, H. Tsuda, H. Sakamoto, N. Okamoto, N. Iso, S. Satoh, and T. Takeuchi, 1992. Use of soybaen meal as a substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58 : 1991 - 2000.
- Watanabe T., V. Viyakarn, H. Kimura, T. Ogawa, N. Okamoto, and N. Iso, 1992. Utilization of soybaen meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58 : 1761 - 1773.