

시판용 넙치(치어) 사료의 성분 비교분석을 통한 품질평가

최세민 · 한경민 · 왕소길 · 이승형 · 배승철*
부경대학교 양식학과/사료영양연구소

Quality Evaluation of Domestic and Foreign Extruded Pellets and Moist Pellet Based on Biochemical Analyses for Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys Olivaceus*

Se-Min Choi, Kyung-Min Han, Xiaojie Wang, Seung-Hyung Lee and Sungchul C. Bai
Department of Aquaculture/Feeds & Foods Nutrition Research Center, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

This experiment was conducted to evaluate the parameters such as nutrient requirements, POV, AnV, Totox, VBN, total plate count, dietary fatty acids and amino acids composition, that are not included in the registered standard composition items required by the Ministry of Agriculture and Forestry, of a moist pellet (MP), three domestic extruded pellets (DEP-1, DEP-2, DEP-3), and two foreign extruded pellets (FEP-1, FEP-2) that are utilized by domestic flounder farms at present. The crude protein was added in excess of the dietary protein requirement in 6 kinds of feeds. When considering the proper P/E ratio, it is obvious that protein was added in excess, especially in MP and FEP-2. Crude fat was also added in excess, especially in FEP-1. MP contained a higher dietary phosphorus content than formulated feeds, surpassing the dietary phosphorus requirement and greatly increasing the possibility for causing water pollution. The oxidation of fatty acid and decomposition of protein in MP were higher than in formulated feeds, and may also cause problems on fish farms. Also, it is difficult to store and manage MP. Among the fatty acids, EPA and DHA contents in MP were higher than those in formulated feeds. It is necessary to conduct further studies of EPA and DHA contents in formulated feeds. Lysine content in MP and FEP-2 could meet the dietary lysine requirement of flounder, however, the possibility of insufficient lysine content in the other formulated feeds was high and we considered that extra supplementation was necessary. Therefore, it is necessary to set up quality control standards according to fish species and sizes while considering the specific character of aquatic formulated feeds to restore the confidence of feed companies and aquaculturists to these feeds. This may be an opportunity to make an earlier change from MP to formulated feeds.

Keywords: Flounder, Moist pellet, Formulated feeds, Quality, Biochemical analysis

서 론

오늘날 어류 양식산업의 지속적인 발전을 위해서는 어류생산 경비의 50~70%를 차지하는 양어사료 연구를 통한 생산성 및 경제성 향상은 필수불가결한 것이다(Bai, 1996). 국내 넙치 양식산업도 양어사료에 대한 사료영양학적인 중요성 및 연구의 필요성이 1990년대 중반부터 대두되어 단백질요구량(Bai et al., 2001; Kim et al., 2002c), 단백질과 에너지 비(Kim et al., 2004), 탄수화물의 이용성(Lee et al., 2003), 지질원의 이용성(Kim et al., 2002a), 인 요구량(Bai, 2001; Park, 2000), 어분대체를 위한 대두박에 관한 연구(Lim et al., 2004), 비타민 요구량(Wang et al., 2002), 첨가제에 관한 연구(Kim et al., 2002b; Choi et al.,

2004) 등 많은 연구들이 보고되고 있다. 또한, 상업적으로 넙치용 배합사료를 생산하는 회사도 90년대 중반부터 생겨나기 시작하여 현재 6~8개 정도의 회사에서 넙치 치어기부터 육성기 전 단계를 판매하고 있다.

최근들어, 선진국을 중심으로 축산 및 양식 사료의 품질관리 는 식품의 안전관리 차원에서 이루어져야 됨이 전 세계적으로 제기되고 있다(Bremmers, 2004). 현재, 농림부는 양축용 사료 및 반추동물용 섬유질 배합사료의 성분등록을 축종과 사육시기의 특성에 따라 일반성분, 칼슘, 인, 조회분 외에 가소화영양소 총량, 대사에너지 함량, 라이신함량, 나이아신 함량, 산성세제 불용성 섬유, 중성세제 불용성 섬유 등을 포함하여 체계적으로 관리하고 있다(사료관리법령집, 2002). 하지만, 넙치 배합사료를 포함한 양어용 배합사료는 농림부에서 단지 기타동물·어류용 배합사료로 관리되고 있으며, 어종과 사육시기에 관계없

*Corresponding author: scbai@pknu.ac.kr

이 일반성분, 칼슘, 인, 조섬유에 대한 성분 등록만으로 판매가 가능하기 때문에(사료관리법령집, 2002) 양식어종별 특성에 맞는 품질평가 및 관리가 체계적으로 이루어지고 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 현재 국내 넙치 양식장에서 이용되고 있는 습사료, 국내 배합사료 3종류, 국외 배합사료 2종류에 대해서 일반분석, 칼슘, 인 등의 기존 성분구경 등록항목 외에 사료의 에너지 함량, 아미노산 조성, 불포화지방산 조성, 지방산패를 평가하는 과산화물가, 아니시딘값, 총산화물가, 단백질 부패를 평가하는 휘발성 염기태 질소, 총균수의 성분분석을 추가하고, 이러한 수치를 그동안 이루어진 넙치 사료영양관련 연구결과를 바탕으로 각각의 사료를 비교분석함으로써 품질을 평가하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

실험재료

넙치양어장에서 사용하고 있는 습사료(고등어 95%와 분말 5%), 국내에서 상업적으로 판매되고 있는 국내산 넙치치어용 배합사료 3종류, 수입산 넙치치어용 배합사료 2종류를 구매하여 이용하였으며, 이때 배합사료의 크기는 직경 4~6 mm였다.

성분분석

습사료 및 배합사료의 일반성분은 AOAC (2000)방법에 따라 수분은 상압가열건조법(125°C, 3시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 Soxtec system 1046 (Ticator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다. 또한 칼슘과 인은 ICP (Perkinelmer ICP-OES 2000DV, 미국)를 이용하여 분석하였으며, 지방산은 GC (Gas Chromatography, Thermo finnigan trace GC, 미국)를 이용하여 분석하였다. 아미노산은 아미노산 전용 분석기(Sykam amino acid analyer S433, 독일)을 이용하여 Ninhydrin방법으로 분석하였다.

과산화물가(Peroxide value, POV)

POV는 AOAC(2000)방법에 따라, 실험사료에서 추출한 유지 5g을 250 ml 삼각플라스크에 취하고 chloroform-acetic acid (2:3, v/v) 용액 30 ml와 함께 교반하여 용해시킨다음, 포화 KI 용액을 0.5 ml 첨가하여 마개를 하고 1분간 심하게 흔들어 준다. 1분 후에 증류수 30 ml를 첨가, 교반한다음 1% 전분용액 1 ml를 첨가하고 0.01 N Na₂S₂O₃으로 청남색이 무색으로 변할 때까지 적정하여 측정하였다.

아니시딘값(Anisidine value, AnV)

유지(油脂)의 산패가 진행되면 알데히드의 양이 증가하게 되며 아세트산 존재하에서 p-anisidine은 알데히드와 반응하여

황색의 복합체를 형성하는데, 이를 UV-VIS spectrophotometer로 350 nm에서 흡광도 수치를 산출하는 IUPAC (International union pure and applied chemistry, 1987)방법에 따라 AnV를 측정하였다.

총산화물가(Total oxidation value, Totox)

IUPAC에서는 유지에 함유된 산화물의 총량을 구하기 위해 Totox를 규정하였으며 2배의 POV에 AnV를 더하여 그 값을 산출하였다(IUPAC, 1987).

VBN 분석

실험사료의 단백질 산패정도를 조사하기 위해 Conway법(高坂和久, 1990)을 이용하여 휘발성 염기태 질소(VBN)를 측정하였다.

총균수 측정

실험사료의 총균수는 식품공전(2000)의 표준평판법을 이용하여 측정하였다. 시료를 단계별로 희석한 희석액 0.1 ml를 취하여 Tryptic soy agar 배지에 삼각병으로 도말한 다음, 36°C에서 48시간동안 배양후 colony의 수치를 측정하였다.

통계처리

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN, USA)로 분산분석 (ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD : Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

결 과

습사료(MP), 국내산 넙치 치어용 상업사료 3종류(DEP-1, DEP-2, DEP-3), 수입산 넙치 치어용 상업사료 2종류(FEP-1, FEP-2)에 대한 일반성분, 칼슘, 인, 단백질과 에너지비에 대한 결과를 Table 1에 나타내었다. 사료내 수분함량에 있어 MP가 67.2%로 유의적으로 가장 높게 나타났으며(P<0.05), 5종류의 상업용 배합사료들의 경우 5.0~9.2% 범위로 나타났다. 사료내 단백질 함량은 FEP-2가 60.1%로 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05). MP와 나머지 상업용 사료는 52.8~54.9%로 나타났다. 사료내 인 함량은 MP가 3.8%로 유의적으로 가장 높게 나타났으며(P<0.05), 상업용 배합사료들은 1.3~2.0%로 나타났다. 사료내 단백질에 대한 에너지 비율(Protein/Energy ratio, P/E)에 있어서 FEP-2가 125 mg protein/kcal로 유의적으로 높게 나타났으며, FEP-1은 유의적으로 가장 낮게 나타났다(P<0.05). 그리고, MP 및 나머지 배합사료들은 102~119 mg protein/kcal로 나타났다.

6가지 사료에 대한 지방산패도에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다. 사료의 과산화물가(Peroxide value, POV)에 있어서

Table 1. Proximate analysis, Calcium, phosphorus and energy of moisture pellet, domestic and foreign commeral diet for juvenile olive flounder (% of Dry matter basis, DM)

| Proximate analysis | Diet ^{1,2} | | | | | | Pooled SEM ³ |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| | MP | DEP-1 | DEP-2 | DEP-3 | FEP-1 | FEP-2 | |
| Moisture | 67.2 ^a | 9.2 ^b | 5.8 ^c | 5.5 ^c | 5.0 ^c | 9.2 ^b | 6.8 |
| Crude protein | 54.9 ^b | 54.2 ^b | 54.8 ^b | 52.8 ^c | 54.3 ^b | 60.1 ^a | 0.7 |
| Crude lipid | 15.9 ^b | 14.3 ^c | 11.6 ^d | 10.9 ^e | 17.4 ^a | 6.5 ^f | 1.1 |
| Crude ash | 11.9 ^c | 10.7 ^d | 15.8 ^a | 10.9 ^d | 9.9 ^e | 12.8 ^b | 0.6 |
| Calcium & Phosphorus | | | | | | | |
| Calcium | 2.6 ^b | 1.9 ^e | 2.2 ^c | 2.0 ^d | 1.7 ^f | 4.0 ^a | 0.2 |
| Phosphorus | 3.8 ^a | 1.3 ^d | 1.5 ^c | 1.3 ^d | 1.3 ^d | 2.0 ^b | 0.3 |
| Energy & Protein Energy ratio | | | | | | | |
| Energy (Kcal) | 4601 ^e | 5059 ^c | 5145 ^{bc} | 5176 ^b | 5503 ^a | 4793 ^d | 87 |
| Protein / Energy (mg protein / kcal) | 119 ^b | 107 ^c | 106 ^c | 102 ^d | 99 ^e | 125 ^a | 17 |

¹Means of duplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²MP, Moisture pellet; DEP-1, Domestic extrude pellet 1; DEP-2, Domestic extrude pellet 2; DEP-3, Domestic extrude pellet 3; FEP-1, Foreign extrude pellet 1; FEP-2, Foreign extrude pellet 2.

³Pooled standard error of mean.

Table 2. Peroxide value and anisidine value of moisture pellet, domestic and foreign commeral diet for juvenile olive flounder

| Analysis | Diet ^{1,2} | | | | | | Pooled SEM ³ |
|--------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| | MP | DEP-1 | DEP-2 | DEP-3 | FEP-1 | FEP-2 | |
| Peroxide value (meq/kg) | 47.6 ^a | 13.0 ^b | 6.1 ^c | 2.0 ^e | 1.9 ^e | 4.4 ^d | 4.9 |
| Anisidine value (meq/kg) | 311.9 ^a | 8.0 ^e | 48.6 ^c | 25.7 ^d | 76.7 ^b | 34.1 ^d | 31.4 |
| Totox value (meq/kg) | 407.1 ^a | 55.6 ^b | 60.7 ^d | 29.7 ^f | 80.5 ^c | 42.9 ^e | 39.3 |

¹Means of duplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²MP, Moisture pellet; DEP-1, Domestic extrude pellet 1; DEP-2, Domestic extrude pellet 2; DEP-3, Domestic extrude pellet 3; FEP-1, Foreign extrude pellet 1; FEP-2, Foreign extrude pellet 2.

³Pooled standard error of mean.

MP가 47.6 meq/kg로 유의적으로 가장 높게 나타났으며($P<0.05$), 상업용 배합사료들은 1.9~13.0 meq/kg으로 나타났다. 또한, 사료의 아니시딘값(Anisidine value, AnV)에 있어서도 MP가 311.6 meq/kg으로 상업용 배합사료들에 비해 4~10배 정도로 유의적으로 가장 높게 나타났으며($P<0.05$). 상업용 배합사료들은 8.0~76.7 meq/kg로 나타났으며, 이 중에서 DEP-1이 8.0 meq/kg으로 가장 낮게 나타났으며, FEP-1은 76.7 meq/kg로 가장 높게 나타났으며($P<0.05$). 사료의 총산화물가(Total oxidation value, Totox)에 있어서도 POV, AnV와 마찬가지로 MP가 407.1 meq/kg으로 상업용 배합사료들에 비해 5~10배 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$). 반면에 상업용 배합사료들은 29.7~60.7 meq/kg으로 나타났으며, 이 중에서 DEP-3이 29.7 meq/kg로 가장 낮았고, FEP-1이 80.5 meq/kg으로 가장 높게 나타났으며($P<0.05$).

6가지 사료에 대한 사료내 지방산 함량에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 본 실험에서 DHA와 EPA를 포함하는 다불포화지방산(Poly unsaturated fatty acids, PUFA)의 조성은 FEP-2가 22.66%로 가장 낮게 나타났으며($P<0.05$), 나머지 사료들은 36.44~39.10%으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 PUFA와 포화지방산(saturated fatty acids, SFA)의 비율과 DHA/C16:0 비율에 있어서도 FEP-2는 0.49와 0.44로 가장 낮게 나타났으며($P<0.05$), 나머지 사료들은 각각 1.22~1.33와 0.54~0.90

의 범위로 나타났다.

6가지 사료에 대한 VBN과 총균수에 대한 결과를 Table 4에 나타내었다. 본 실험에서 MP의 VBN은 상업용 배합사료들에 비해 0.5배 높은 28 mg%로 나타났으며($P<0.05$), 상업용 배합사료들은 17~19 mg%를 나타냈다. 사료내 총균수에 있어서 MP가 1.2×10^5 CFU/cm²로 가장 높게 나타났으며($P<0.05$). 상업용 배합사료는 8.0×10^2 CFU/cm²~ 4.9×10^4 CFU/cm²로 나타났으며, 이 중에서 FEP-1이 7.0×10^2 CFU/cm²로 가장 낮게 나타났으며($P<0.05$).

6가지 사료에 대한 사료내 아미노산 함량에 대한 결과를 Table 5에 나타내었다. 본 실험에서 MP와 FEP-2가 각각 사료내 아미노산 함량이 54.94%와 53.12%로 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), DEP-2는 사료내 아미노산 함량이 47.59%로 가장 낮게 나타났다.

고 찰

본 연구는 현재 국내 넙치 양식장에서 이용되고 있는 MP, DEP-1, DEP-2, DEP-3, FEP-1, FEP-2에 대해서 농림부에서 규정하고 있는 성분규격 등록항목 외에 사료의 P/E ratio, POV, AnV, Totox, VBN, 총균수, 사료내 지방산 및 아미노산 조성과 그동안 이루어진 넙치 사료영양관련 연구결과를 바탕으로 비교

Table 3. Fatty acid composition of total lipid of moisture pellet, domestic and foreign commeral diets for juvenile olive flounder

| Fatty acids | Diets ¹ | | | | | | Pooled SEM ³ |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| | MP | DEP-1 | DEP-2 | DEP-3 | FEP-1 | FEP-2 | |
| 14:0 | 4.30 ^b | 3.97 ^b | 4.12 ^b | 4.18 ^b | 6.05 ^{ab} | 9.02 ^a | 0.64 |
| 15:0 | 21.23 ^b | 21.06 ^b | 20.83 ^b | 19.11 ^b | 22.95 ^b | 30.23 ^a | 1.37 |
| 18:0 | 5.78 ^{ab} | 4.73 ^{bc} | 3.94 ^{bc} | 4.48 ^{bc} | 3.53 ^c | 7.05 ^a | 0.41 |
| SFA | 31.31 ^b | 29.76 ^b | 28.89 ^b | 27.77 ^b | 32.35 ^b | 46.3 ^a | 2.25 |
| 15:1 | 5.19 | 5.67 | 4.59 | 4.99 | 5.83 | 4.28 | 0.24 |
| 18:1 | 19.99 ^a | 22.85 ^a | 20.59 ^a | 23.06 ^a | 13.33 ^b | 17.87 ^{ab} | 1.12 |
| 20:1 | 0.00 ^b | 0.31 ^b | 1.15 ^a | 1.89 ^a | 1.40 ^a | 1.83 ^a | 0.23 |
| Monoene | 25.18 ^{ab} | 28.83 ^{ab} | 26.33 ^{ab} | 29.94 ^a | 20.56 ^b | 23.98 ^{ab} | 1.19 |
| 18:2 | 4.22 ^b | 13.89 ^a | 11.41 ^a | 13.88 ^a | 6.84 ^b | 1.10 ^c | 1.49 |
| 18:3 | 2.03 ^a | 1.81 ^{ab} | 1.47 ^{bc} | 1.39 ^c | 1.37 ^c | 0.93 ^d | 0.11 |
| 20:3 | 0.00 ^b | 0.14 ^a | 0.01 ^b | 0.00 ^b | 0.00 ^b | 0.00 ^b | 0.02 |
| 20:5 | 13.50 ^a | 9.20 ^{bc} | 10.67 ^b | 9.00 ^c | 12.56 ^a | 7.52 ^d | 0.76 |
| 22:6 | 19.11 ^a | 11.46 ^b | 14.90 ^b | 11.73 ^b | 18.33 ^a | 13.11 ^b | 1.14 |
| Polyene | 38.86 ^a | 36.44 ^a | 38.46 ^a | 36.00 ^a | 39.10 ^a | 22.66 ^b | 1.88 |
| PUFA/SFA | 1.23 ^b | 1.22 ^b | 1.33 ^a | 1.30 ^a | 1.21 ^b | 0.49 ^c | 0.13 |
| DHA/C16:0 | 0.90 ^a | 0.54 ^d | 0.72 ^c | 0.62 ^d | 0.80 ^b | 0.44 ^c | 0.05 |

¹Means of duplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²MP, Moisture pellet; DEP-1, Domestic extrude pellet 1; DEP-2, Domestic extrude pellet 2; DEP-3, Domestic extrude pellet 3; FEP-1, Foreign extrude pellet 1; FEP-2, Foreign extrude pellet 2.

³Pooled standard error of mean.

Table 4. Changes of total plate count and VBN of moisture pellet, domestic and foreign commeral diets for juvenile olive flounder

| | Diets ^{1, 2} | | | | | | Pooled SEM ³ |
|--|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| | MP | DEP-1 | DEP-2 | DEP-3 | FEP-1 | FEP-2 | |
| VBN mg% | 28.0 ^a | 12.3 ^d | 12.3 ^d | 17.1 ^c | 13.3 ^d | 18.5 ^b | 1.7 |
| Total plate count (CFU/cm ²) | 1.2×10 ^{5b} | 4.9×10 ^{4a} | 4.5×10 ^{3cd} | 3.0×10 ^{3de} | 7.0×10 ^{2c} | 8.0×10 ^{2e} | 1.3×10 ⁴ |

¹Means of duplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²MP, Moisture pellet; DEP-1, Domestic extrude pellet 1; DEP-2, Domestic extrude pellet 2; DEP-3, Domestic extrude pellet 3; FEP-1, Foreign extrude pellet 1; FEP-2, Foreign extrude pellet 2.

³Pooled standard error of mean.

분석을 통하여 국내 시판중인 넙치 사료의 품질을 평가하기 위해서 이루어졌다.

현재, 넙치 양어장에서는 아직까지도 약 90% 이상이 고등어, 카나리, 전갱이 등 냉동형태의 잡어를 3~5% 분말사료와 기타 첨가제를 혼합한 MP 형태로 넙치를 사육하고 있다. 그래서, 본 연구에서는 실제 양어장에서 사용하고 있는 고등어 95%에 분말사료 5%를 첨가한 MP를 이용하였다. MP의 수분함량은 배합사료에 비해 7~11배 높게 나타났다. 사료내 수분함량은 영양소의 소화를 돕는데 도움을 주지만 과잉 들어 있을 경우 세균들이 번식할 수 있는 조건을 제공하기 때문에 적절한 수분이 첨가되는 것이 중요하다는 보고가 있다. 아직까지 단백질의 품질을 평가하는 VBN (高坂, 1990)과 총균수에 대한 기준이 마련되어 있지 않지만, 아마도 MP의 높은 수분함량으로 인해 VBN과 총균수가 상업용 배합사료에 비해 높게 나타난 것으로 생각된다. MP의 단백질 함량은 Kim et al. (2002c)이 보고한 넙치 4~20 g에 있어서 사료내 단백질 요구량인 46~51%보다 높게 나타났으며, MP의 지질함량은 Kim et al. (2002a)이 보고한 어유

를 이용한 적정지질 첨가수준인 10% 미만보다 매우 높게 나타났다. MP의 높은 단백질함량으로 인해 아미노산 조성은 양호했으며, 특히 가공이나 저장시에 탄수화물 등과 반응하여 amadori 화합물을 형성하여 이용할 수 없는 형태로 변화기 쉬운 라이신 (Finot, 1982)은 사료내 4.3%로 FEP-2를 제외하고 가장 높게 나타났다. Forster and Ogata (1998)는 치어기 넙치에 있어서 라이신 요구량을 일간성장율, 사료효율, 질소축적율을 기준으로 하였을때, 단백질내 3.3, 4.2, 4.6%라는 보고하였다. MP의 경우, 일간성장율과 사료효율 측면에서 라이신요구량을 충족하는 것으로 사료된다. MP의 지방산 조성은 높은 지질함량으로 인해 양호했으며, 반면에, MP의 P/E ratio는 Kim et al. (2004)이 보고한 적정 P/E ratio인 100~117 g protein/kcal보다 높게 나타났다. 이러한 결과로 볼때, MP는 단백질과 지질이 모두 과잉 공급된 것으로 생각된다. MP의 인 함량은 3.8%로 Park (2000)이 보고한 치어기 넙치의 NaHPO₄*2H₂O를 이용한 사료내 인요구량 0.46%보다 약 8배나 높게 나타났으며, 이로 인해 조류의 성장을 촉진하여 부영양화를 야기시키고 수질오염을 일으킬 가능

Table 5. Amino acid composition of moisture pellet, domestic and foreign commeral diets for juvenile olive flounder (% of Dry matter basis, DM)

| Amino acid | Diets ^{1,2} | | | | | | Pooled SEM ³ |
|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| | MP | DEP-1 | DEP-2 | DEP-3 | FEP-1 | FEP-2 | |
| Aspartic acid | 5.24 ^b | 5.14 ^b | 5.22 ^b | 4.81 ^b | 5.17 ^b | 5.81 ^a | 0.10 |
| Threonine | 2.68 ^a | 2.07 ^c | 2.07 ^c | 1.90 ^c | 2.18 ^{bc} | 2.43 ^{ab} | 0.08 |
| Serine | 2.90 ^a | 2.25 ^b | 2.00 ^c | 2.19 ^b | 2.07 ^{bc} | 2.08 ^{bc} | 0.09 |
| Glutamic acid | 10.43 ^a | 9.28 ^b | 8.65 ^{bc} | 9.94 ^a | 8.91 ^{bc} | 8.38 ^c | 0.22 |
| Proline | 2.96 ^{bc} | 3.25 ^{ab} | 2.65 ^{cd} | 3.45 ^a | 2.64 ^{cd} | 2.43 ^d | 0.12 |
| Glycine | 5.58 ^a | 2.99 ^d | 3.67 ^c | 3.06 ^d | 3.23 ^d | 4.10 ^b | 0.27 |
| Alanine | 2.80 ^d | 4.41 ^a | 3.70 ^c | 4.09 ^b | 3.84 ^c | 4.24 ^{ab} | 0.16 |
| Valine | 2.90 ^a | 2.34 ^b | 1.92 ^d | 1.92 ^d | 2.01 ^d | 2.20 ^c | 0.10 |
| Isoleucine | 2.50 ^b | 2.15 ^c | 2.41 ^b | 2.53 ^b | 2.57 ^b | 2.80 ^a | 0.06 |
| Leucine | 3.87 ^e | 5.92 ^a | 4.26 ^d | 5.49 ^b | 4.56 ^c | 4.56 ^c | 0.21 |
| Tyrosine | 1.59 ^c | 1.84 ^{ab} | 1.71 ^{bc} | 2.00 ^a | 1.74 ^{bc} | 1.96 ^a | 0.05 |
| Phenylalanine | 2.16 ^d | 2.92 ^a | 2.32 ^{cd} | 2.48 ^b | 2.34 ^{bc} | 2.42 ^{bc} | 0.07 |
| Histidine | 1.19 ^c | 2.10 ^a | 1.40 ^b | 1.37 ^{bc} | 1.54 ^b | 2.12 ^a | 0.11 |
| Lysine | 4.30 ^a | 3.21 ^c | 3.28 ^{bc} | 2.97 ^c | 3.62 ^b | 4.48 ^a | 0.17 |
| Arginine | 2.84 ^{ab} | 2.87 ^{ab} | 2.37 ^c | 3.02 ^a | 2.41 ^{bc} | 3.15 ^a | 0.10 |
| Total | 54.94 ^a | 52.70 ^{ab} | 47.59 ^d | 51.18 ^{bc} | 49.73 ^{cd} | 53.12 ^{ab} | 0.73 |

¹Means of duplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²MP, Moisture pellet; DEP-1, Domestic extrude pellet 1; DEP-2, Domestic extrude pellet 2; DEP-3, Domestic extrude pellet 3; FEP-1, Foreign extrude pellet 1; FEP-2, Foreign extrude pellet 2.

³Pooled standard error of mean.

성이 높은 것으로 생각된다(Watanabe, 1991). MP의 지방산패도와 관련하여 POV는 47.6 meq/kg, AnV는 311.9, Totox는 407.1 meq/kg로 상업용 배합사료에 비해 모두 유의적으로 높게 나타났다. Lee (1993)는 치어기 넙치에서 POV가 90.4 meq/kg인 사료를 공급하였을 때, 60일까지는 성장감소는 없더라도 간세포의 변성이 나타나기 시작하며, 그 이후부터는 성장저하현상도 나타난다고 하였다. 또한 180일때부터는 폐사도 발생했다고 보고하였다. 그리고 POV 36.9 meq/kg의 사료 급이시에 6개월 이후부터 간세포의 변성이 일어난다고 하였다. 그러므로, MP는 특히, 산패될 환경에 노출되어 있으므로 배합사료에 비해서 관리 및 보관시에 더욱더 주의해야 될 것으로 생각된다.

DEP-1은 사료내 단백질 및 지질 함량이 과잉첨가 된 것으로 나타났으며(Kim et al., 2002c; Kim et al., 2004), 사료내 P/E ratio는 적합한 것으로 나타났다(Kim et al., 2002a). DEP-1의 지방산과 관련하여 PUFA는 36.44%로 FEP-2보다 높게 나타났으며, PUFA/SFA는 1.22가 나타났다. DEP-1의 라이신 함량은 Forster and Ogata (1998)가 보고한 치어기 넙치에 있어 라이신 요구량을 충족시키지 못했으며, 추가첨가가 필요한 것으로 사료된다. DEP-1의 지방산패도에 있어서는 MP에 비교해서 낮게 나타났지만, 아직 치어기 넙치에 있어서 사료의 지방산패 수준 별 실험을 통한 POV, AnV, Totox의 기준이 마련되어 있지 않아 DEP-1의 지방산패에 대한 품질평가를 단정내리기는 어려웠다. 단백질 부패를 나타내는 VBN과 총균수의 경우에도 아직 그 기준이 마련되어 있지 않아, 단지 DEP-1의 VBN과 총균수가 MP보다 낮기 때문에 단백질 부패에 의한 영향이 적을 가능

성이 높은 것으로 생각된다.

DEP-2는 사료내 단백질, 및 지질함량은 과잉 공급된 것으로 나타났으며(Kim et al., 2002c; Kim et al., 2002a), 사료내 P/E ratio의 함량은 적합한 것으로 나타났다(Kim et al., 2004). 사료내 인 함량은 요구량을 충족하였으며, MP보다 수질오염에 미치는 영향이 적을 것으로 생각된다. 사료내 PUFA 함량은 지질내 38.46%로 높았으나, 라이신 함량은 3.28%로 Forster and Ogata (1998)의 결과를 토대로 부족할 가능성이 있다. 지방산패 및 단백질 부패에 대한 것은 더 많은 고찰이 필요하겠지만 MP보다 안전한 것으로 판단된다.

DEP-3은 사료내 단백질 및 지질함량은 과잉첨가된 것으로 생각되며(Kim et al., 2002c; Kim et al., 2002a), 사료내 P/E ratio의 함량은 적합한 것으로 판단된다(Kim et al., 2004). 사료내 인 함량은 요구량 수준 이상으로 들어 있었으며, MP보다 오염도가 낮게 나타날 것으로 생각된다. 사료내 PUFA 함량은 지질내 36.0%, PUFA/SFA도 1.30으로 높았다. 하지만, 사료내 라이신 함량은 2.97%로 추가 첨가가 필요한 것으로 판단된다(Forster and Ogata, 1998). 지방산패 및 단백질 부패에 대한 것은 더 많은 고찰이 필요하겠지만 MP에 비해서는 안전한 것으로 생각된다.

FEP-1은 사료내 단백질 및 지질함량은 과잉첨가된 것으로 생각되며(Kim et al., 2002c; Kim et al., 2002a), 사료내 P/E ratio의 함량이 낮게 나타난 것으로 볼 때(Kim et al., 2004) 특히, 사료내 지질함량이 과잉첨가 된 것으로 생각된다. 사료내 인 함량은 요구량 수준 이상으로 들어 있었으며, MP보다 오염도가

낮게 나타날 것으로 생각된다. 사료내 PUFA 함량은 지질내 19.10%, 지질의 PUFA/SFA는 1.21로 높게 나타났다. 그리고, 사료내 라이신 함량은 3.62%로 일간성장율을 기준으로 한 요구량에는 충족되지만, 사료효율 및 질소축적율을 기준으로 한 요구량에는 부족한 것으로 생각된다(Forster and Ogata, 1998). 지방산패 및 단백질 부패에 대한 것은 POV에 비해 AnV가 높아 이에 대한 고찰이 필요할 것으로 생각되며, MP에 비해서는 안전한 것으로 나타났다.

FEP-2는 사료내 단백질은 과잉 첨가된 것으로 나타났으며(Kim et al., 2002c), 사료내 지질함량은 부족한 것으로 나타났다(Kim et al., 2002a). 아마도 본 사료는 사료내 지질을 추가 첨가 하지 않은 가능성이 높은 것으로 생각된다. 이로 인해, 사료내 P/E ratio의 함량은 특히, 단백질함량이 과잉첨가된 것으로 나타났다(Kim et al., 2004). 사료내 인 함량은 요구량 수준 이상으로 들어 있었으며, MP보다 오염도가 낮게 나타날 것으로 생각된다. 사료내 PUFA 함량은 지질내 22.66%, 지질의 PUFA/SFA는 0.49로 낮게 나타나 이에 대한 고찰이 필요할 것으로 생각된다. 하지만, 사료내 라이신 함량은 4.48%로 요구량을 충족하는 것으로 나타났다(Forster and Ogata, 1998). 지방산패 및 단백질 부패에 대한 것은 고찰이 필요할 것으로 생각되며, MP에 비해서는 안전한 것으로 나타났다.

본 연구를 통하여 현재, 농림부에서 관리하고 있는 양어용 배합사료 성분 등록항목인 일반성분, 인과 칼슘만으로 사료의 품질을 올바르게 평가하기가 어려우며, 특히, 사료내 지방산패, 단백질부패, 지방산함량, 아미노산함량에 대한 적정범위나 기준을 위한 연구가 필요한 것으로 생각된다. 또한, 농림부에서 양축용 사료 및 반추동물용 섬유질 배합사료의 성분등록을 축종과 사육시기별 품질관리 기준과 같이 양어용 배합사료의 특성을 고려하여 어종별, 크기별 품질관리 기준이 마련되어야 사료회사 및 양식업자가 배합사료에 대한 신뢰성을 회복하고, 이를 통하여 생사료에서 배합사료로 전환을 앞당길 수 있는 계기가 될 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 현재 국내 넙치 양식장에서 이용되고 있는 MP, DEP-1, DEP-2, DEP-3, FEP-1, FEP-2에 대해서 농림부에서 규정하고 성분규격 등록항목 외에 사료의 P/E ratio, POV, AnV, Totox, VBN, 총균수, 사료내 지방산 및 아미노산 조성과 그동안 이루어진 넙치 사료영양관련 연구결과를 바탕으로 비교분석하여 국내 시판중인 넙치 사료의 품질을 평가하기 위해서 이루어졌다.

6가지 사료 모두 요구량 이상으로 단백질이 과잉첨가된 것으로 생각되며, MP, DEP-1, DEP-2, FEP-1은 사료내 지질 함량도 과잉첨가된 것으로 나타났다. 그리고 P/E ratio를 기준으로 볼때, MP와 FEP-2는 특히 단백질 함량이 과잉 첨가된 것

로 나타났으며, FEP-1은 특히 지방이 너무 많이 첨가된 것으로 판단된다. 그리고 MP가 배합사료에 비해 사료내 인함량이 요구량 이상으로 과잉 첨가되어 있어 수질오염을 일으킬 가능성이 높은 것으로 판단된다. 지방산패 및 단백질 부패는 MP가 배합사료에 비해 높게 나타났으며, 이로 인한 문제가 발생할 가능성이 높으며, 더욱더 취급시에 보관 및 관리에 신경을 쓰야 될 것으로 생각된다. 그리고 지방산의 조성에 있어서는 DHA와 EPA 모두 MP가 배합사료보다 높게 나타났으며, 배합사료는 이에 대한 고찰이 필요할 것으로 생각된다. 사료내 라이신 함량은 MP와 FEP-2가 요구량 수준으로 첨가되어 있는 것으로 생각되며, 그 외 사료들은 요구량기준으로 라이신 함량이 부족할 가능성이 높기 때문에 추가첨가가 필요할 것으로 생각된다.

따라서, 농림부에서 양축용 사료 및 반추동물용 섬유질 배합사료의 성분등록을 축종과 사육시기별 품질관리 기준과 같이 양어용 배합사료의 특성을 고려하여 어종별, 크기별 품질관리 기준이 마련되어야 사료회사 및 양식업자가 배합사료에 대한 신뢰성을 회복하고, 이를 통하여 생사료에서 배합사료로 전환을 앞당길 수 있는 계기가 될 것으로 사료된다.

사 사

본 연구를 진심어린 마음으로 도와주신 부경대학교 사료영양연구소의 노고에 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

- AOAC, 2000. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Bai, Sungchul. C., 1996. Utilization of low Quality protein sources in fish feed production, Proceedings of the international symposium on aquaculture, pp 121-127, Ocean University of Qingdao, China, November.
- Bai, Sungchul C., 2001. Control of dietary phosphorus in flounder culture. Global Aquaculture Advocate, **4**: 51-52.
- Bai, Sungchul C., Young-Taeg Cha and Xiaojie Wang, 2001. A preliminary study on the dietary protein requirement of Japanese flounder larvae, *Paralichthys olivaceus* North American J. of Aquaculture, **63**: 92-98.
- Brenfermers, R. P. M., 2004. 'Safety first' focus of new EU feed regulation. Feed international, **39**: 19-21.
- Choi, S. M., S. H. Go, G. J. Park, S. R. Lim, G. Y. Yu, J. H. Lee and Sungchul C. Bai, 2004. Utilization of Song-Gang stone as the dietary additive in Juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. of Aquaculture, **17**: 39-45.
- Finot, P. A., 1982. Nonenzymatic browning products: physiologic effects and metabolic transit in relation to chemical structure. Diabetes **31**: 22-28.
- Forster, I. and H. Y. Ogata, 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream, *Pagrus major*, Aquaculture, **161**: 131-142.
- IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry),

- 1987, Standard methods for the analysis of oil, fats and derivatives, Oxford, UK: Blackwell Science Publications.
- Kim, K. D., S. M. Lee, H. G. Park, S. C. Bai and Y. H. Lee, 2002a. Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile Japanese flounder (*paralichthys olivaceus*). J. of World Aquaculture Society, **33**: 432-440.
- Kim, K. W., S. C. Bai, J. W. Koo, X. J. Wang and S-K Kim, 2002b. Effects of Dietary *Chlorella ellipsoidea* Supplementation on growth, blood characteristic and whole-body composition in juvenile Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, J. of World Aquaculture Society, **33**: 425-431.
- Kim, K. W., X. J. Wang and Sungchul C. Bai, 2002c. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile Olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel), Aquaculture research, **33**: 673-679.
- Kim, K. W., X. J. Wang, S. M. Choi, G. J. Park and Sungchul C. Bai, 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel), Aquaculture research, **35**: 250-255.
- Lee, C. H., 1993. The development of ceroidosis in cultured flounder, *paralichthys olivaceus*. Journal of Fish Pathology, **6**: 143-161.
- Lee, S. M., K. D. Kim and S. P. Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, **221**: 427-438.
- Lim, S. R., K. W. Kim, S. M. Choi, X. J. Wang, S. C. Bai and I. S. Shin, 2004. Effects of dietary dehulled soybean meal as a fish meal replacer in fingerling and growing olive flounder, *paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel), Aquaculture, **231**: 457-468.
- Park S. H., 2000. Studies to develop low pollute diet for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* reared in the recirculating system. Master dissertation. Pukyong National University, Busan, Korea.
- Wang, X. J., K. W. Kim and Sungchul C. Bai, 2002. Effects of different dietary levels of L-ascorbyl-2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, Aquaculture research, **33**: 261-267.
- Watanabe, T. 1991. Past and present approaches to aquaculture waste management in Japan, (in) Nutritional Strategies and Management of Aquaculture Waste. (ed.) Cowey, C.B. and C.Y. Cho. pp. 137-154. Fish Nutrition Research Lab., Ontario, Canada.
- 식품공전, 2000. 한국공업협회.
- 사료관리법령집, 2002. 농림부.
- 高坂和久. 1990. 畜産物の鮮度保持 范波書房. p 52.

원고접수 : 2004년 3월 9일

수정본 수리 : 2004년 4월 28일

책임편집위원 : 김강웅