

- 단 보 -

넙치용 습사료에 있어서 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비

지승철* · 정관식 · 유진형
여수대학교 수산생명과학부

Optimum Dietary Ratio of Raw Fish and Commercial Compound Meal in Moist Pellet for Flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Seung-Cheol Ji*, Gwan-Sik Jeong and Jin-Hyung Yoo
Dept. of Aqua Life Science, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea

Dietary optimum ratio of frozen raw fish and commercial compound meal (CCM) in moist pellet (MP) were investigated to improve the growth rate, and feed and economical efficiency in the flounder, *Paralichthys olivaceus*. Experimental fish (average body weight, about 48 g) were divided into 6 groups and each group was fed with raw fish (FRF), and MPs (ratio of raw fish and CCM=9:1, 8:2, 7:3, 6:4 and 5:5) for 10 weeks. The 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5 groups showed no significant difference in weight gain as 203.5~217.3%, while the FRF group showed significantly low growth rate as 183.1% (P<0.05). The feed efficiency gradually increased with the increase in the ratio of CCM and was the highest in the 5:5 group as 89.7%. As a result of analysis of body composition after the experiment, moisture was significantly low in the 7:3 group (P<0.05) and crude protein was significantly low in the 9:1 group (P<0.05). The crude lipid increased as the ratio of raw fish increased, and it was the highest in the raw fish group (8.3%) and the lowest in the 5:5 group (4.6%). There were no significant difference in hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) among the experimental groups. Visceralsomatic index (VSI) increased with the increase in the ratio of raw fish and was significantly high in the raw fish group as 5.49 (P<0.05). For the unit cost of feed, it was found that raw fish was economical when mackerel, a source of raw feed, was 400 won/kg, while the ratio of 5:5 was economical when it was more than 500 won/kg. Results of this study concluded that sole use of raw feed is not desirable in view of growth, environment and economy, and the 5:5 group showed highest effect under the least use of raw feed.

Keywords: Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, Moist pellet, Growth, Feed cost

서 론

우리나라에서 양식되고 있는 넙치는 빠른 성장과 높은 사료 효율 및 시장성 등의 특성(Kim, 1994)으로 1980년대를 전후로 양식이 활발해졌다. 또한, 인공종묘 생산과 사육기술의 확립(국립수산진흥원, 1991)으로 생산량이 급격히 증가하여 조피볼락과 더불어 총 해산어 양식 생산량의 90% 이상을 차지하는 매우 중요한 양식어류로 자리잡았다.

사료 비용은 어류양식에 있어서 생산량의 증가와 더불어 양식 경영비의 절반 이상을 차지하며, 생산원가를 좌우하는 중요한 요인으로 작용한다. 넙치양식에 있어서 주로 사용되는 사료의 형태는 생사료, 습사료(Moist pellet; MP) 및 배합사료(Expanded pellet; EP) 등이며, 이중 생사료와 분말배합사료를 적정 비율로 혼합하여 사용하는 습사료가 가장 많이 사용되는 사료 형태이다.

MP사료는 생사료에 부족되기 쉬운 영양성분을 첨가할 수 있고, 생사료와 배합사료의 혼합비를 어류의 성장이나 환경, 영양 요구량 변화에 따라 조절할 수 있어 생사료 단독 투여시 보다 영양적 균형을 고루 갖출 수 있다. 또한, 어류의 성장에 따라 사료의 크기를 마음대로 조절할 수 있어 사료의 유실을 최대한 방지하면서 어류에게 사료를 공급시키는 이점이 있다.

그러나, 현재 양식현장에서는 영양적 균형을 전혀 고려하지 않은 채 생사료 함량을 일방적으로 높게 하고 분말배합사료는 점결제 형태로만 배합하여 공급하는 것이 일반화되어 있는 실정이다. 특히, 생사료원에 따른 정확한 영양학적 검토나 성장에 미치는 영향에 대한 올바른 인식 없이 가격이 싸고 수급이 용이한 생사료원을 공급함으로써 고품질 양식어 생산에 저해요인으로 작용하고 있다. 이러한 생사료 위주의 사료 공급체계는 사료 유실로 인한 수질오염의 증가를 가져와 양어장 자가오염을 가중시키고 적조를 유발하는 등 여러 가지 환경적인 문제를 발생시키는 원인이 되기도 한다.

*Corresponding author: jsc0414@hanmail.net

MP 사료의 효율적인 사용을 위해 최근 생사료 원료별 이용성, 생사료와 일정 비율로 사용되는 분말배합사료의 이용성 및 MP 사료의 저장성에 관한 연구들(정과 지, 1998a, b; Jeong et al., 1998)이 수행되었으나 성장에 효율적이고 경제적인 MP사료에 대한 연구는 미흡하여 현장 활용도가 낮은 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 넙치에 있어 생사료와 분말배합사료의 비율을 달리한 MP 사료를 제조하여 어류의 성장을 증대시킬 수 있는 최적의 경제적 혼합비를 구명함으로써 생사료의 적절한 사용을 유도하고 MP 사료의 효율성을 높이고자 한다.

재료 및 방법

실험어 및 사육

실험어는 전남 여천군에 위치한 개인 양어장에서 중간 육성 중인 평균체중 48 ± 0.4 g의 넙치(*Paralichthys olivaceus*)를 사용하였다. 실험어는 MP사료(생사료: 분말사료=5:5)로 4주간 예비 사육 후 크기가 고른 것을 선별하여 실험어로 사용하였다. 실험어는 150 L 사육수 용량에 각각 30 마리씩 2반복으로 무작위 수용하여 10주간 사육 실험을 실시하였다. 사육기간중의 수온은 16.5~23.8°C, pH는 7.3~8.6, DO는 7.8~8.2 ppm 범위였다. 유수량은 각 실험 수조마다 4 L/min.으로 조정하였으며, 사료 공급은 1일 2회(8:00, 17:00)로 먹지 않을 때까지 공급하였다.

실험사료

실험사료는 생사료단독구(frozen raw fish; FRF)와 생사료와 분말배합사료의 혼합비를 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 및 5:5로 조정된 총 6개의 실험구를 배치하였다(Table 1). 실험사료 원료로 생사료는 양식현장에서 일반적으로 사용되는 고등어(전장 25 cm 내외)를 사용하였으며, 분말사료는 시판되는 넙치 전용 분말배합사료(조단백질 48%)를 사용하였다. 실험사료 제조는 생사료 원료인 고등어를 초피기로 작게 절단 후 분말배합사료와 고루 혼합하여 MP 제조기로 압출 성형하였다. FRF구는 고등어를 냉동 상태에서 꼬리를 제외한 나머지 부분만을 손으로 직접 절단하여 다시 냉동 후 사용하였다. 제조된 사료는 -25°C에 냉동 보관하면서 공급하였으며, 실험어가 성장함에 따라 사료크기를 조절하였다.

어체측정

실험어 측정은 실험 개시시와 10주 후 실험 종료시에 각 실험 수조에 수용된 실험어를 24시간 절식후 MS-222 100 ppm으로 마취시켜 전체 무게를 측정하였다. 실험전 실험어중 무작위로 10마리를 추출하여 전어체 성분분석용으로 사용하였다. 실험 종료 후 성장률(weight gain; WG), 사료효율(feed efficiency; FE), 단백질전환효율(protein efficiency ratio; PER), 일간사료섭취율(daily feed intake; DFI), 간중량지수(hepatosomatic index; HSI), 내장중량지수(visceralsomatic index; VSI), 비만도(condition

Table 1. Composition of experimental diets for flounder (*P. olivaceus*)

Ingredients	Diet					
	FRF	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
Frozen raw fish (mackerel, %)	100	90	80	70	60	50
Commercial compound meal (%) ¹	-	10	20	30	40	50
Nutrients composition (wet matter basis)						
Moisture (%)	66.2	51.6	49.2	47.5	36.6	31.4
Crude protein (%)	18.0	23.9	25.0	26.9	33.9	36.7
Crude lipid (%)	13.3	17.6	16.3	13.0	11.4	10.1
Crude ash (%)	2.3	3.4	5.2	6.4	8.9	9.0
Crude fiber (%)	0	0.4	1.0	1.5	2.0	2.5
NFE ²	0	3.1	3.3	4.7	7.3	10.3
DE ³	200.7	275.3	269.1	252.2	277.1	287.0
Nutrients composition (dry matter basis)						
Crude protein (%)	48.7	49.4	49.2	51.2	53.4	53.4
Crude lipid (%)	36.1	36.4	32.1	24.8	18.0	14.7
Crude ash (%)	6.4	7.0	10.2	12.2	14.0	13.1
Crude fiber (%)	0	1.0	2.0	2.8	3.2	3.6
NFE ²	0	6.4	6.5	9.0	11.4	15.0
DE ³	544.1	569.1	529.8	480.6	436.5	417.6
DE/P ratio ⁴	11.2	13.6	10.8	9.4	8.2	7.8

¹Provided by Purina Korea Co. LTD.

²NFE: Nitrogen free extract [100-(moisture+crude protein+crude lipid+crude ash+crude fiber)].

³Digestible energy: basd on 4.5 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid, 3 kcal/g NFE (from Lee and Lee, 1996).

⁴DE/P ratio: digestible energy (kcal/100 g)/protein (%).

factor; CF)를 조사하였으며, 전어체 일반성분 분석을 위하여 각 수조당 5마리씩을 무작위로 추출하여 분석 전까지 냉동보관(-45°C) 하였다.

경제성 검토

사료단가 산출은 본 연구의 사육실험 결과인 성장률과 사료 효율을 토대로 동일한 100 g의 어체 증육에 필요한 사료량을 계산한 후 사료원료의 가격 변동에 따른 사료단가를 산출하였다. 사료단가 산출에서 비타민, 어유 등의 첨가제 가격과 사료 제조 및 보관경비 등에 소요되는 경비는 제외하였다.

생사료원으로 사용된 고등어는 2002년 하반기에 여수, 여천 양식장을 대상으로 생사료를 주로 공급하고 있는 냉동보관 업체에서 구입시의 단가를 근거로 하여 수급에 따른 가격의 변동을 고려하여 400, 500 및 600원/kg의 3가지의 생사료 가격으로 계산하였다. 참고로 이시기의 전갱이, 정어리, 멸치 및 강달이의 생사료 어종들은 각 kg당 가격이 각각 600원, 600원, 300원 및 300원으로 조사되었다. 분말배합사료와 EP사료는 제조회사에 따라 가격 차이가 있어 넙치 양성용 배합사료에 대한 5개 회사의 현금 판매 가격의 평균값으로 계산하였다.

성분분석 및 통계처리

실험에 사용된 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 Soxhlet 추출법(ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다(AOAC, 1990).

모든 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's

multiple range test(Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1997) program을 사용하여 검정하였다.

결 과

성장효과

10주간의 사육실험 결과는 Table 2에 나타내었다. 성장률은 FRF구가 183.1%로 유의적으로 낮았으며(P<0.05), 비율별 실험구에서는 203.5~217.3% 범위로 실험구간에 유의적인 차이는 없었다(P>0.05).

사료효율은 5:5구가 89.7%로 가장 높았으며, 생사료 비율이 증가할수록 점차 감소하여 FRF구와 9:1구가 각각 59.7%, 57.5%로 유의적으로 낮았다(P<0.05).

단백질 전환효율은 FRF구가 2.98로 가장 높았으며, 분말배합 사료 비율이 증가할수록 점차 감소하여 5:5구가 2.44로 가장 낮았다(P<0.05). 7:3구는 2.97로 FRF구와 거의 비슷한 값을 나타냈다.

일간사료섭취율에 있어서는 9:1구가 2.92%로 FRF구의 2.76%보다 높았으며, 분말배합사료 비율이 증가할수록 점차 감소하여 5:5구는 1.88%로 유의적으로 낮았다(P<0.05).

어체성분

실험 개시시의 종료후의 전어체 일반성분분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 전어체 수분 함량에 있어서는 실험전 77.3%였으나, 실험 종료시에는 전체 실험구에서 66.3~71.9%로 모두 감소하는 경향을 나타내었는데, 그중 7:3구가 66.3%로 유의적

Table 2. Growth performance of flounder (*P. olivaceus*) fed the experimental diets for 10 weeks¹

	Diets					
	FRF	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
Initial mean body w.t (g)	48.0±1.2	48.0±0.8	48.1±0.6	48.1±1.0	48.1±1.6	48.0±0.5
Final mean body w.t (g)	135.9±2.2 ^a	145.7±6.1 ^b	152.5±3.3 ^b	150.8±7.6 ^b	148.3±4.2 ^b	147.6±2.6 ^b
WG (%) ²	183.1±2.4 ^a	203.5±6.8 ^b	217.3±4.8 ^b	213.5±7.9 ^b	209.0±5.5 ^b	207.5±4.1 ^b
FE (%) ³	59.7±0.1 ^a	57.5±0.1 ^a	68.2±1.1 ^b	80.1±2.6 ^c	84.5±2.0 ^{cd}	89.7±2.9 ^d
PER ⁴	2.98±0.14 ^b	2.89±0.08 ^b	2.73±0.12 ^{ab}	2.97±0.23 ^b	2.49±0.07 ^a	2.44±0.15 ^a
DFI (%) ⁵	2.76±0.06 ^c	2.92±0.09 ^c	2.67±0.03 ^c	2.20±0.01 ^b	1.96±0.04 ^{ab}	1.88±0.08 ^a

¹Values (mean±S.E. of replicate group) with a different superscript with the same row are significantly different (P<0.05).

²Weight gain: (final body wt.-initial body wt.)/(initial body wt.)×100.

³Feed efficiency: (fish wt. gain×100)/total feed intake.

⁴Protein efficiency ratio: body wt. gain(g)/protein intake.

⁵Daily feed intake: (feed intake×100)/[(initial body wt.+final body wt.)/2]×days fed.

Table 3. Proximate analysis of whole body of flounder (*P. olivaceus*) after 10 weeks of feeding trial (%)^{*}

	Diets						
	Initial	FRF	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
Moisture	77.3±0.1 ^c	69.8±0.3 ^b	71.9±0.1 ^b	69.7±0.2 ^b	66.3±0.2 ^a	71.6±0.3 ^b	72.1±0.3 ^b
Crude protein	15.3±0.4 ^a	17.2±0.1 ^b	15.2±0.4 ^a	17.2±0.3 ^b	17.9±0.2 ^b	18.6±0.2 ^b	18.4±0.1 ^b
Crude lipid	0.9±0.4 ^a	8.3±0.7 ^d	7.2±0.2 ^{cd}	7.0±0.3 ^c	6.1±0.3 ^c	5.9±0.1 ^{bc}	4.6±0.3 ^b
Crude ash	4.6±0.1 ^b	3.5±0.1 ^a	3.2±0.2 ^a	3.4±0.1 ^a	3.4±0.1 ^a	3.8±0.1 ^a	3.7±0.1 ^a

^{*}Values (mean±S.E. of replicate group) with a different superscript with the same row are significantly different (P<0.05).

Table 4. Hepatosomatic index (HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor (CF) of flounder (*P. olivaceus*) fed the experimental diets for 10 weeks¹

	Diets					
	FRF	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
HSI(%) ²	1.67±0.08 ^a	1.69±0.05 ^a	1.76±0.15 ^a	1.53±0.11 ^a	1.60±0.11 ^a	1.68±0.13 ^a
VSI(%) ³	5.49±0.21 ^b	5.05±0.16 ^b	4.75±0.24 ^{ab}	4.26±0.16 ^a	4.20±0.15 ^a	4.47±0.27 ^a
CF ⁴	0.94±0.03 ^a	1.03±0.02 ^a	1.06±0.02 ^a	1.10±0.03 ^a	1.09±0.03 ^a	1.03±0.03 ^a

¹Values (mean±S.E. n=10) with a different superscript within the same row are significantly different (P<0.05).

²Hepatosomatic index (%): liver wt.×100/body wt.

³Visceralsomatic index (%): (visceral wt.+liver wt.)×100/body wt.

⁴Condition factor: (body wt./total length³)×100.

으로 낮았다(P<0.05).

조단백질 함량에 있어서는 실험 개시시 15.3%였으나 실험종료시에는 9:1구가 15.2%로 유의적으로 낮았으며, 분말배합사료 비율이 증가할수록 어체내 단백질 함량도 증가하여 6:4, 5:5구가 각각 18.6%, 18.4%로 높은 값을 나타냈다.

조지방 함량에 있어서는 실험 개시시 0.9%로 낮았으나, 실험 종료시에는 4.6~8.3%로 모든 실험구에서 증가하는 경향을 나타냈다. 특히, 생사료의 비율이 증가할수록 증가하여 FRF구가 8.3%로 가장 높은 값을 나타냈다(P<0.05).

조회분은 실험개시시의 4.6%보다 모두 감소하여 3.2~3.8%를 나타냈으나, 실험구간의 유의적인 차이는 없었다(P>0.05).

간중량비, 내장중량비, 비만도

간중량비, 내장중량비 및 비만도 측정 결과를 Table 4에 나타내었다. 실험 종료후의 간중량비에서는 대체적으로 생사료 비율이 높을수록 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 없었으며, 내장중량비도 생사료 비율이 높을수록 높아져 FRF구가 5.49로 유의적으로 높은 값을 나타냈다(P<0.05). 비만도는 7:3, 6:4구가 1.10, 1.09로 타 실험구에 비해 약간 높았으며, FRF구가 0.94로 가장 낮았으나 실험구간의 유의적인 차는 없었다(P>0.05).

경제성 검토

본 연구 결과를 바탕으로 성장률과 사료효율을 토대로 동일한 100 g의 어체 증육에 필요한 사료비 산출 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 생사료 단가가 400원/kg일 경우 FRF구가 67.2원으로 가장 낮았고, 다음은 7:3구로 76.3 원이었으며, 나머지 구들은 79.4~83.3원 이었다.

생사료 단가가 500원/kg 일 경우에는 FRF구는 84.0원으로 생사료 단가가 400원/kg 일 때 보다 높은 가격 상승폭을 나타냈다. 분말배합사료의 비율이 증가할수록 가격 상승폭은 점차 감소하여 7:3, 6:4 및 5:5구는 85.0, 87.3 및 88.8원으로 생사료 단독구와 큰 차이를 보이지 않았다.

생사료 단가가 600원/kg 일 경우는 FRF구는 100.8원으로 더욱 높은 가격 상승폭을 보였으며, 9:1구와 8:2구도 생사료 비율이 높은 관계로 112.5 원과 102.9 원으로 높은 사료비를 나타냈다. 그러나, 7:3, 6:4 및 5:5구는 93.8, 94.4 및 94.4원으로 생

사료 단독구와 9:1, 8:2구보다 낮은 사료단가를 나타내 생사료 단가가 상승할 경우 배합사료의 비율이 증가할수록 경제적인 것으로 나타났다.

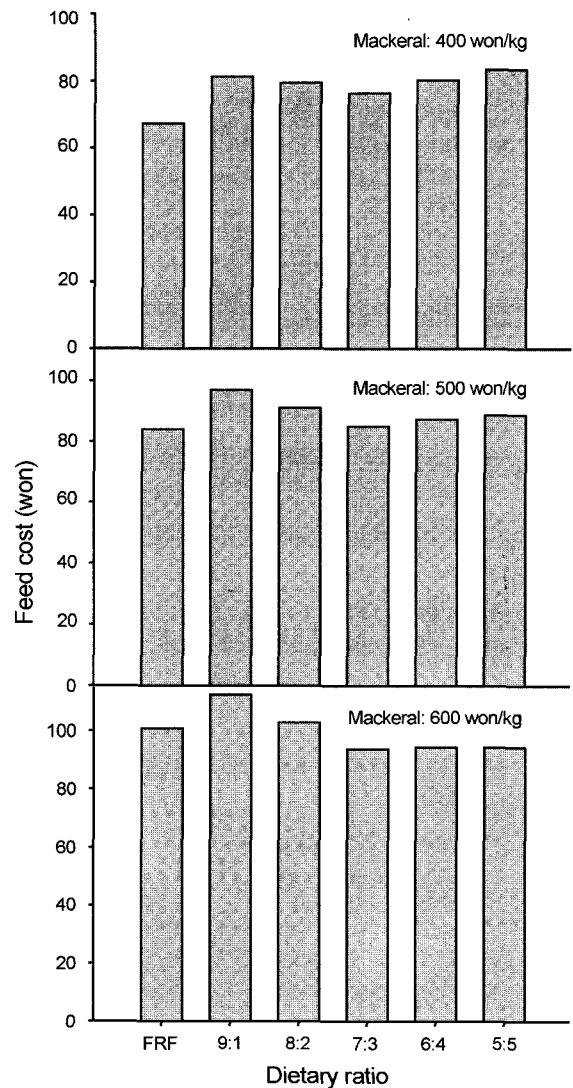


Fig. 1. Feed cost (won/100g fish weight gain) of the six experimental diets based on the price of the frozen raw fish at 400 won/kg, 500 won/kg and 600 won/kg. Commercial compound meal : crude protein 48~49%, 1100 won/kg (22,000 won/20kg pack).

고 찰

FRF구와 9:1 및 8:2구는 일반적으로 양식어가에서 가장 많이 사용되고 있는 혼합비이다. 생사료와 분말배합사료의 비율을 달리한 MP사료를 제조하여 사육실험을 실시한 결과, FRF구가 가장 낮은 성장율을 나타냈으며, 혼합 비율별 실험구의 경우 성장에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Lee et al.(1995)은 조피볼락에 EP, MP 및 생사료를 공급하여 사육하였을 때 성장 차이가 없었다고 보고하였으며, Lee et al.(2000)도 조피볼락에 DP(Dry pellet)와 MP 공급시 사료형태보다는 공급횟수에 성장차이를 나타낸다고 보고하여 본 연구결과와는 차이를 나타냈다. FRF는 사료중에 60~70% 정도의 수분을 함유하고 있어 대상어류가 먹이 섭취 후 포만감을 느낀다고 하더라도 실제 영양소 섭취량 자체는 상대적으로 줄어들 수 있을 것이다 (Lee et al., 1996). 본 연구에서 FRF구가 성장이 뒤쳐진 것은 습중량 사료 섭취량은 상대적으로 많으나, 건중량으로 사료 섭취량은 오히려 배합사료가 첨가된 실험구보다 적게 됨으로써 필요한 영양소의 섭취량이 상대적으로 줄었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 생사료와 분말 사료의 비율이 달라지는 MP 사료 공급시는 사료 공급량과 횟수도 많은 고려가 있어야 할 것으로 판단된다. 특히, 생사료는 소화시간이 배합사료가 첨가된 MP보다 빨라 사료공급횟수가 많아져야 하며, 많은 양의 사료를 공급해야 함으로써 사료 준비시 많은 시간과 비용을 부담하여야 할 것으로 판단된다.

MP사료 혼합 비율 중 9:1구의 경우, FRF구보다 성장면에서 앞섰지만 사료효율이 다소 저조하였었으며, 8:2구에 비해서도 사료효율이 현저히 낮았다. 이러한 현상은 높은 생사료 함량에 의한 사료유실에 그 원인이 있는 것으로 판단된다. 9:1구의 경우 사료허실을 최소화하고자 사료제조 후 완전 냉동 상태에서 단시간에 공급하여도 해동되는 현상을 보였으며, 사료 공급시 실험어가 사료를 섭취하기 위해 다투는 과정에서도 사료 자체의 물성으로 인해 사료유실이 다량 발생함으로써 사료효율에서 저조했던 것으로 판단된다. 이러한 사료유실은 경제적인 손실 뿐만 아니라 수질오염을 가중시키게 된다(Cho and Bureau, 2001). 본 실험에서도 사료공급 후 FRF구를 비롯해 생사료 비율이 높을수록 수조내의 탁도가 증가하였을 뿐만 아니라 부유물질도 다량 발생되었고, 수조내 지방질 침적으로 높은 생사료 비율에 따른 수질오염 가능성을 나타냈다.

MP사료는 제조시 생사료의 비율이 증가하면 생사료의 유통, 보관 및 제조과정에서 시간과 인력면에서 많은 투자가 필요한 반면, 분말배합사료의 비율이 증가하면 배합사료내 첨가된 탄수화물의 증가로 어류의 소화와 흡수에 장애를 일으킬 수 있으며(Shimeno, 1982), 사료 제조시 성형에도 문제가 발생한다. 5:5구의 경우 성장도 가장 뛰어났을 뿐 아니라 사료효율에서도 가장 좋은 결과를 보여주었다. 또한, 사료제조 과정에서도 생사료의 첨가로 성형에 큰 문제가 발생되지 않았을 뿐만 아니라 실

험과정에서도 소화장애를 나타내는 어떠한 외관적 증상도 발생되지 않아 적절한 배합비로 판단된다.

실험 종료 후의 어체 성분 분석결과, 생사료 비율이 높을수록 어체내 지방 함량이 높은 값을 나타냈다. 또한, 간중량지수도 높은 값을 나타냈는데 이는 지방 축적이 원인으로 판단된다. Lee and Lee(1999)는 자연산과 양식산 도미의 어육 품질의 차이는 지방 함량이며, 양식산의 과도한 지방 함량이 자연산과의 맛과 촉감의 차이를 유발한다고 하였다. 따라서, 일방적인 생사료의 사용은 사료내 높은 지방 함량으로 간과 어체내 많은 양의 지질이 축적되는 결과를 나타내 양식어의 품질저하가 우려되므로 생사료의 단독적인 사용은 자제되어야 할 것이다.

사료별 경제성 검토 결과, 생사료 단가 변동에 따라 혼합 비율별로 많은 차이를 나타냈다. 생사료 단가가 400원/kg일 경우, 생사료 공급이 경제적인 것으로 나타났으나, 500원/kg을 넘을 경우 생사료 공급이 비경제적인 결과를 보였다. 최근 생사료는 연안자원의 감소와 어업협정 등에 따른 어장 축소로 사료용으로 사용되는 고등어 가격은 500~600원/kg 이상을 상회하고 있다. 또한, 넙치 양성에서 주로 사용되던 전갱이의 경우도 600~700원/kg 이상의 공급가격이 형성되고 있어 높은 비율의 생사료 사용은 비효율적인 것으로 판단된다.

생사료나 생사료 함량이 높은 MP사료는 공급시 많은 양의 허실이 발생한다(Watanabe, 1991; Sakamoto, 1997). 본 연구에서는 생사료를 냉동상태에서 일정크기로 절단하여 사료 허실이 많이 발생하지 않았으나, 현장에서 공급하는 방식은 rince 형태로 가공하여 공급하므로 많은 양의 허실이 발생할 것으로 예상되므로 사료 단가는 더욱 증가할 것이다. 여기에 생사료 보관료와 사료 준비시 필요한 인력과 시간을 감안한다면 더 많은 사료제조 비용을 지출해야 할 것이다. 또한, 사료허실에 의한 수질오염으로 양식장 노후화, 생산성 저하 및 어병발생 등을 유발할 수 있어 생사료 사용은 자제되어야 한다고 판단된다.

MP 사료 제조시는 생사료와 함께 분말배합사료가 사용된다. Kim et al.(1993)은 시판 분말배합사료와 실험실에서 제조한 배합사료의 품질 평가에서 시판 사료가 낮은 성장을 보였다고 보고하였으며, 정과 지(1998b)는 국내 사료회사에서 현재 시판되는 넙치용 분말배합사료의 이용성 평가에서 각 회사별로 성장효과와 사료효율이 다르게 나타나 품질의 균일화와 개선의 필요성을 지적하였다. 따라서, 생사료의 사용을 줄이고 분말사료를 비롯한 배합사료의 사용을 늘이기 위해서는 배합사료의 질적 개선이 요구된다. 분말배합사료는 생사료와 함께 사용되므로 그 배합 비율에 따른 영양소 함량도 크게 달라질 것으로 판단되므로 MP사료에 첨가되는 분말배합사료는 또 다른 각도에서 그 개발이 이루어져야 할 것이다.

본 연구결과, 넙치 양성 과정에서의 무분별한 생사료 사용은 성장효과와 경제적, 환경적 측면에서 비효율적인 것으로 판단되었으며, MP 사료의 적정 배합비는 5:5로 평가되었다. 그러나, 이러한 MP사료 역시 환경문제가 어느 정도 내재되어 있을 뿐

만 아니라 최근 연안오염 및 자원량 감소로 인해 양질의 생사료 수급이 매우 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 완전 해소시키기 위해서는 넙치의 영양 요구량과 소화생리에 적합한 EP 사료가 개발되어 사용되어야 하나, 현재의 시판되는 EP 사료는 가격과 품질의 신뢰성에서 어민들의 욕구를 충족시키지 못하고 있는 것이 현실이다. 따라서, 당면 과제를 단계적으로 해결하기 위해서는 현재 국내 넙치 양식에 있어서 사료 사용 현황을 고려하여 생사료를 첨가하지 않은 단독형 MP사료나 연결고형배합사료화로의 단계적 연구가 실행되어야 할 것이다.

요 약

양식현장에서의 효율적인 생사료 사용을 위해 경제적이며, 성장효과가 뛰어난 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비를 구명하고자 넙치(평균체중 48 g)를 대상으로 사육실험을 실시하였다. 생사료 단독구(FRF)를 대조구로 설정하였으며, 생사료와 분말배합사료의 배합비율은 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 및 5:5로 설정하였다. 10주간 사육실험 결과, 성장률은 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 및 5:5 구는 203.5~217.3%로 유의적인 차이가 없었으나, FRF구는 183.1%로 유의적으로 낮은 성장을 나타냈다($P < 0.05$). 사료효율은 분말배합사료의 비율이 증가함에 따라 점차 증가하여 5:5 구가 89.7%로 가장 높았다. 실험 종료 후 어체 분석 결과, 수분은 7:3구가 유의적으로 낮았으며($P < 0.05$), 조단백질은 9:1구가 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 조지방 함량은 생사료의 비율이 증가할수록 증가하여 FRF구가 8.3%로 가장 높았으며, 5:5 구가 4.6%로 가장 낮았다. 간중량지수(HSI)와 비만도(CF)는 실험구간의 유의적인 차이가 없었으며, 내장중량지수(VSI)는 생사료 비율이 증가할수록 높아져 생사료가 5.49로 유의적으로 높은 값을 나타냈다($P < 0.05$). 사료단가에서는 생사료원인 고등어가 400원/kg 일때는 생사료가 경제적인 것으로 나타났으나 500원/kg 이상일 때는 5:5가 경제적인 것으로 나타났다.

본 연구결과, 생사료의 일방적인 사용은 성장, 환경 및 경제적 측면에서 바람직하지 못하며, 5:5구가 생사료의 최소한의 사용으로 높은 효과를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행된 연구 결과이며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

AOAC., 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemicals, 15th Ed., Arlington, Virginia, 1298 pp.

Cho, C. Y. and D. P. Bureau, 2001. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aqua. Res.*, **32**: 349-360.

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

Jeong, K. S., K. R. Seo, Y. S. Ju, C. B. Ahn and T. S. Shin, 1998. Evaluation of stability moist pellet diet for Olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and rockfish (*Sebastes schlegeli*) in storage conditions. *Bull. Yosu Nat'l. Univ.*, **13**: 227-236.

Kim, I. B., 1994. Present status of fish culture of marine-fish culture in Korea with emphasis on dietary regime. 111 pp.

Kim, K. I., H. M. Park, Y. S. Hyun and C. J. Yang, 1993. Evaluation of commercial diets and replacement of raw fish with formulated diets in moist pellet of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. of Aquaculture*, **6**: 213-219 (in Korean).

Lee, J. K. and S. M. Lee, 1996. Effects of the dietary protein and energy levels on growth in fat cod (*Hexagrammos otakii*). *J. Korean Fish. Soc.*, **29**(4): 464-473.

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

Lee, K. H. and Y. S. Lee, 1999. Muscle quality of cultured and wild red sea bream (*Pagrosomus auratus*). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **15**: 639-644.

Lee, S. M., S. H. Kim, I. G. Jeon, S. M. Kim and Y. J. Chang, 1996. Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and body composition of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J. of Aquaculture*, **9**: 385-394 (in Korean).

Lee, S. M., U. K. Hwang and S. H. Cho, 2000. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, **187**: 399-409.

Sakamoto, H., 1997. Development of a soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **63**: 518-525.

Shimeno, S., 1982. Studies on carbohydrate metabolism in fish (Translated by A.K. Barat). A. A. Balkema. Rotterdam, 123 pp.

SPSS Inc., 1997. SPSS for windows Release 7.5.2 K SPSS Korea.

Watanabe, T., H. Sakamoto and M. Abiru, 1991. Development of a new type of dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**: 891-897.

국립수산진흥원, 1991. 연보 제23호, 133 pp.

정관식·지승철, 1998a. 넙치용 고효율 습사료 개발에 관한 연구. I. 생사료 원료별 이용성 평가. 여수대학교 수산과학연구소 연구보고, **7**: 25-33.

정관식·지승철, 1998b. 넙치용 고효율 습사료 개발에 관한 연구. II. 시판분말배합사료의 이용성 평가. 여수대학교 수산과학연구소 연구보고, **7**: 35-45.

원고접수 : 2003년 1월 27일

수정본 수리 : 2003년 7월 8일

책임편집위원 : 김강웅