

## 부상사료의 사료조성, 공급율 및 공급횟수가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

서주영, 장현석<sup>1</sup>, 김경덕<sup>1</sup>, 김근업<sup>2</sup>, 이상민\*

강릉대학교 해양생명공학부, <sup>1</sup>국립수산과학원 양식사료연구센터, <sup>2</sup>강원도 수산양식시험장

### Effects of Dietary Composition, Feeding Satiation Rate and Feeding Frequency of Extruded Pellets on Growth and Body Composition of Flounder *Paralichthys olivaceus*

Joo-Young Seo, Hyun-Seok Jang<sup>1</sup>, Kyoung-Duck Kim<sup>1</sup>, Gun-Up Kim<sup>2</sup> and Sang-Min Lee\*

Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

<sup>1</sup>National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

<sup>2</sup>Gangwon Province Marine Culture Experimental Station, Gangneung 210-860, Korea

A feeding trial of two extruded pellets (EP1, 45% crude protein with 7% crude lipid and EP2, 47% crude protein with 10% crude lipid)×two satiation rates (satiation and 80% satiation)×three feeding frequencies (three, two and one meal a day) factorial design with three replications was carried out to investigate the optimum feeding frequency and satiation rate for growth of juvenile flounder. Flounder averaging 55 g were fed a extruded pellets for 58 days. Daily feed intake was affected by dietary composition, feeding frequency and satiation rate ( $P<0.05$ ). Weight gain of fish fed the EP1 and EP2 was not affected by both dietary composition and feeding frequency ( $P>0.05$ ), but affected by feeding satiation rate ( $P<0.05$ ). Weight gain of fish fed the each of EP1 and EP2 twice daily with satiation was the highest among treatments, but was not significantly different to that of fish fed the diets three times daily with satiation feeding. Feed efficiency and protein efficiency ratio of the fish were not affected by dietary composition, feeding frequency and satiation rate ( $P>0.05$ ). Moisture, crude protein and crude lipid contents of the muscle of fish were affected by satiation rate. Moisture and crude protein contents of the liver were affected by dietary composition. Based on fish performance results, it can be concluded that the proper feeding frequency for the growth of juvenile flounder grown from 55 g to 90 g is two meals a day with satiation feeding, regardless of dietary composition used in this study.

**Key words:** Flounder, Dietary composition, Feeding frequency, Satiation rate

## 서 론

어류 양식에 소요되는 비용 중 사료비는 다른 요인들에 비해 상대적으로 높은 비율을 차지하므로 양식장 환경 및 질병과 함께 가장 중요하게 고려되어야 할 요인이다. 특히 사료공급은 양식현장의 양어가들에 의해 조절되므로 양식성공의 중요한 변수이다. 하지만, 양식 대상종에 적합한 사료공급체계가 확립되어 있지 않을 경우에는 영양소 이용효율이 정확히 고려되지 못하기 때문에 사료가 과잉 또는 부족하게 공급되기 쉽다. 사료의

과잉 공급은 어체내 사료의 비효율적인 이용으로 사료 유실을 초래하고, 이로 인해 경제적 손실과 수질오염원을 증가시킬 수 있다. 또한, 사료를 부족하게 공급하는 것은 어류의 최대 성장에 필요한 영양소 요구를 만족시키지 못하므로, 어류의 최대 성장과 사료효율을 도출할 수 있는 적정 사료 공급횟수와 공급량을 결정하는 것은 양식 생산량의 향상과 수질오염의 감소를 위해 매우 중요하다.

어류의 사료섭취는 어중, 어류의 크기(연령), 수온 및 사료조성 등에 영향을 받기 때문에(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2000b), 이러한 요인들이 고려된 적정 사료공급체계가 양식어종별로 연구되어야 할 것이다. 이러한 요인들 중에서 사료내 영양소의 균

\*Corresponding author: smlee@kangnung.ac.kr

형은 어류의 성장과 사료단가에 영향을 미치는 가장 중요한 요소인데, 해산어류와 같은 육식성 어류의 경우에는 사료내 단백질 함량이 사료단가를 결정짓는 중요한 요인이다(NRC, 1993). 이러한 측면을 고려하여 우리나라 주요 해산양식어류인 넙치 및 조피볼락의 사료 단백질 요구량 및 단백질 절약을 위한 연구들이 수행되었다(Lee et al., 2000c; Lee et al., 2002a; Lee et al., 2002b). 지질 또한, 주 에너지원으로 쓰이는 중요한 영양소이며 어류의 성장이나 사료섭취에 영향을 미칠 수 있을 뿐 아니라, 사료내 적절한 함량은 단백질의 이용효율을 향상시켜 단백질 절약효과를 가져올 수 있는 영양소이다(Vergara et al., 1996; Company et al., 1999; Harpaz et al., 1999). 대상어종의 요구량보다 높은 에너지가 공급되면 사료의 섭취가 감소하여 성장이 지연되어(Lovell, 1989) 양식 생산 단가를 상승시킬 수 있으며, 반면에 사료의 에너지가 요구량보다 낮으면 성장에 이용될 단백질이 에너지로 이용되어 단백질이용효율이 낮아지기 때문에 사료의 단백질과 에너지(지질)의 적절한 균형은 매우 중요하게 고려되어야 한다.

Brett and Higgs (1970)은 적절한 사료의 공급횟수와 공급율이 수온, 어체 크기와 사료 물성 등에 따라 달라질 수 있다고 보고하였다. 현재 양식현장에 주로 사용되고 있는 생사료나 생사료와 분말 사료를 혼합한 형태의 moist pellet (MP)은 성장도에 비하여 가공, 유통, 및 보관 등에 많은 문제점들이 잠재되어 있을 뿐 아니라 사료 유실로 발생하는 수질오염은 매우 심각한 환경적 문제를 초래 할 수 있다. 최근에, 가두리나 육상수조 양식에서는 사료 유실을 줄이고 사료효율을 높이기 위하여 부상사료(extruded pellet, EP)를 사용하는 양어장이 늘어나는 추세에 있다. Lee et al. (1999)은 넙치 치어(1.6-4 g)에 MP사료가 EP사료보다 오히려 낮은 성장을 보였다고 보고하였으며, Seo et al. (2005)은 27-51 g의 넙치 치어를 대상으로 실험한 결과, EP가 MP 못지않은 성장결과를 보여 EP의 사용가능성을 증명하였다.

현재 넙치의 사료 공급방법에 관한 몇몇 연구(Lee et al., 1999; Lee et al., 2000a)들이 수행된바 있지만, 아직까지 넙치 부상 배합사료의 영양소를 고려한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지질과 단백질 함량이 다른 두 종류 부상 배합사료의 공급횟수 및 공급율이 넙치 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험사료

실험사료는 지질과 단백질 함량을 달리한 2종류로 Table 1과 같이 설계하고 사료회사에 의뢰하여 Extruder Pellet Mill (EX 920, Matador, Denmark)을 이용하여 부상사료 형태로 제조되었다. 사료의 단백질원으로 어분을, 지질원으로 어유를 그리고 탄수화물원으로 소맥분을 각각 사용하였으며, 사료의 영양성분은 기존에 연구된 결과(Lee et al., 2002a)를 토대로 하였다.

**Table 1.** Ingredient and nutrient contents of the experimental diets

	Diets	
	EP1	EP2
<b>Ingredients (%)</b>		
Mackerel meal <sup>1</sup>	49.8	50.9
Wheat gluten	2.5	2.5
Soybean meal	5.0	5.0
Corn gluten meal	5.0	5.0
Wheat flour	33.1	26.5
Fish oil	0.4	5.9
Others	4.2	4.2
<b>Proximate analysis</b>		
Dry matter (%)	95.5	95.4
Crude protein (% DM)	45.4	47.0
Crude lipid (% DM)	7.4	9.7
Ash (% DM)	10.4	10.2
Nitrogen-free extract (% DM) <sup>2</sup>	36.8	33.1
Gross energy (kcal/g diet) <sup>3</sup>	4.8	5.0

<sup>1</sup>Imported from Chile.

<sup>2</sup>100-(crude protein+crude lipid+crude ash).

<sup>3</sup>Calculated based on 5.64 kcal/g protein, 9.44 kcal/g lipid and 4.11 kcal/g NFE.

### 실험어 및 사육관리

실험어로 넙치 치어를 300 L 원형수조에 수용하여 2주간 넙치용 상품사료로 예비 사육한 후, 평균체중 55.1 g의 실험어를 임의로 선별한 후 실험수조에 20마리씩 3반복으로 수용하여 2(사료)×2(사료공급율, satiation rate)×3(사료공급횟수, feeding frequency) factorial design으로 58일 동안 사육하였다. 사료 공급 횟수는 각 사료 및 사료 공급량에 대하여 각각 1일 3회 (07:00, 12:00, 17:00), 1일 2회 (07:00, 17:00) 및 1일 1회 (07:00)로 설정하였다. 사료 공급량은 각 사료마다 반복 공급구의 경우, 1일 2회 및 1일 1회 공급구는 실험어가 먹을 때까지 손으로 던져주었다. 1일 3회 공급구의 경우에는 1일 2회 반복 공급 후 3회째 공급에서 사료섭취가 거의 없었기 때문에 1일 2회 반복 공급구의 일일 사료공급량을 3회로 나누어 공급하였다. 그리고 제한 공급구는 본 실험에서의 넙치와 종은 다르지만 같은 육식성 해산어종인 조피볼락을 대상으로 실행된 Lee (1997)의 결과를 바탕으로 각각 반복 공급구의 일일 사료공급량의 80%를 공급하였다. 여과해수를 각 실험수조마다 분당 8 L로 조정하여 흘려주었으며, 사육기간 동안의 수온은 19.5±2.76°C (평균±표준 편차)였고, 비중은 1.024±0.0015였다. 실험 개시시와 종료시에 MS-222 (Tricaine methanesulfonate, Sigma, USA) 100 ppm에 마취시켜 실험수조에 수용된 실험어의 전체무게를 측정하였다.

### 위 및 장 내용물 측정

사육실험 종료 후, 실험구별로 어체의 전체무게를 측정한 후, 실험사료별 공급에 따른 사료의 장 통과 시간을 알아보기 위해 다시 각각의 수조에 수용하여 1주일간 실험수조에 적응시켰다. 그

리고 2일간 절식시킨 후, 사육실험시의 사료공급과 동일하게 실험사료를 공급하고, 사료공급 후 시간별(1, 3, 6, 10, 15, 24, 36 and 48h)로 각 실험구에서 실험어를 5마리씩 마취시켜 위와 장의 내용물 무게를 조사하였다.

### 시료채취 및 성분분석

최초 근육과 간의 성분 분석용으로 20마리를 무작위로 표본 추출하였고, 사육실험 종료시에는 각 실험수조마다 48시간 절식한 실험어를 5마리씩 냉동보관(-75°C)하였다가 사용하였다. 실험사료, 근육 및 간의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 6시간 동안 건조 후 측정하였으며, 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 총에너지는 5.64 kcal/g protein, 9.44 kcal/g lipid 및 4.11 kcal/g NFE로 계산하였다.

### 통계처리

결과의 통계 처리는 SPSS Version 10 (SPSS, Michigan Avenue,

Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였으며, two-way 및 three-way ANOVA-test로 사료, 공급횟수 및 공급율에 대한 상관요인을 분석하였다.

## 결 과

평균체중 55.1 g의 넙치 치어를 58일간 사육 실험한 결과를 Table 2에 표시하였다. 생존율은 사료 조성, 공급횟수 및 공급율 모두에 영향을 받지 않았지만(P>0.05), EP1의 1일 3회 반복 공급구가 100%로 가장 높았으며 EP1의 1일 1회 제한 공급구가 82%로 가장 낮은 값을 나타내었다.

일일사료섭취율은 사료 조성, 공급횟수 및 공급율 모두에 영향을 받았으며(P<0.001), 사료조성과 공급횟수, 공급횟수와 공급율 그리고 사료조성, 공급횟수 및 공급율 사이에서 모두 상호작용을 보였다(P<0.05). EP1의 1일 2회와 1일 3회 반복 공급구가 가장 높은 일일사료섭취율을 보였지만, 이 값은 EP2의 1일 3회 반복 공급구와 유의한 차이가 없었다(P>0.05). EP1 공급구의 경우, 동일한 공급율에서는 공급횟수가 1일 1회에서 1

**Table 2.** Growth performance of flounder (initial average 55.1±2.80 g) fed experimental extruded pellets (EP1 and EP2) with different feeding frequency and satiation rate for 58 days<sup>1</sup>

Diets	Feeding frequency/day	Feeding satiation (%)	Survival	DFI (%) <sup>2</sup>	WG (g/fish) <sup>3</sup>	FE (%) <sup>4</sup>	PER <sup>5</sup>
EP1	Three meals	100	100±0.0 <sup>c</sup>	1.30±0.007 <sup>g</sup>	38.9±1.77 <sup>abc</sup>	68.9±1.39 <sup>ab</sup>	1.52±0.031 <sup>ns</sup>
		80	95±2.9 <sup>abc</sup>	1.11±0.031 <sup>cde</sup>	28.2±6.10 <sup>a</sup>	56.3±9.62 <sup>ab</sup>	1.24±0.212
	Two meals	100	98±1.7 <sup>bc</sup>	1.30±0.033 <sup>g</sup>	45.7±1.34 <sup>c</sup>	75.7±1.41 <sup>ab</sup>	1.67±0.031
		80	92±4.4 <sup>abc</sup>	1.10±0.017 <sup>cde</sup>	29.3±1.03 <sup>a</sup>	61.2±4.88 <sup>ab</sup>	1.35±0.107
	One meal	100	93±1.7 <sup>abc</sup>	1.14±0.002 <sup>de</sup>	31.5±4.82 <sup>ab</sup>	60.0±8.36 <sup>ab</sup>	1.32±0.184
		80	82±7.3 <sup>a</sup>	0.99±0.021 <sup>ab</sup>	30.2±5.65 <sup>ab</sup>	52.1±9.74 <sup>a</sup>	1.15±0.215
EP2	Three meals	100	83±3.3 <sup>ab</sup>	1.25±0.018 <sup>fg</sup>	41.2±0.34 <sup>bc</sup>	61.6±4.98 <sup>ab</sup>	1.31±0.085
		80	97±3.3 <sup>abc</sup>	0.95±0.011 <sup>a</sup>	31.0±3.45 <sup>ab</sup>	76.9±4.34 <sup>ab</sup>	1.64±0.092
	Two meals	100	92±4.4 <sup>abc</sup>	1.18±0.062 <sup>ef</sup>	41.0±4.33 <sup>bc</sup>	78.4±3.55 <sup>b</sup>	1.67±0.075
		80	93±4.4 <sup>abc</sup>	0.96±0.013 <sup>a</sup>	28.9±0.92 <sup>a</sup>	68.4±4.79 <sup>ab</sup>	1.46±0.102
	One meal	100	88±7.3 <sup>abc</sup>	1.03±0.027 <sup>abc</sup>	36.9±2.97 <sup>abc</sup>	68.5±13.14 <sup>ab</sup>	1.46±0.280
		80	83±9.3 <sup>ab</sup>	1.05±0.043 <sup>bcd</sup>	30.0±3.45 <sup>ab</sup>	54.5±12.85 <sup>ab</sup>	1.16±0.274
Three-way ANOVA							
Diet (D)			P<0.2	P<0.001	P<0.7	P<0.3	P<0.5
Feeding frequency (F)			P<0.09	P<0.001	P<0.3	P<0.1	P<0.1
Feeding satiation (S)			P<0.5	P<0.001	P<0.001	P<0.2	P<0.2
D×F			P<0.7	P<0.04	P<0.5	P<1.0	P<1.0
D×S			P<0.07	P<0.6	P<1.0	P<0.4	P<0.4
F×S			P<0.3	P<0.001	P<0.1	P<0.4	P<0.5
D×F×S			P<0.7	P<0.007	P<0.6	P<0.3	P<0.3

<sup>1</sup>Values (mean±SE of three replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup>Daily feed intake=feed intake×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)/2×days fed].

<sup>3</sup>Weight gain=final fish av. weight-initial fish av. weight.

<sup>4</sup>Feed efficiency=fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter).

<sup>5</sup>Protein efficiency ratio=fish wet weight gain/protein intake.

<sup>ns</sup>Not significant (P>0.05).

일 2회까지 일일사료섭취율이 유의하게 증가되었지만( $P<0.05$ ), 1일 2회와 1일 3회 공급구는 유의한 차이가 없었고( $P>0.05$ ), 동일한 공급횟수에서는 반복 공급구가 제한 공급구보다 유의하게 높았다( $P<0.05$ ). 동일한 공급율에서 EP2 실험구의 경우, 반복 공급구에서는 공급횟수가 증가할수록 1일 2회까지 일일사료섭취율이 유의하게 증가되었지만( $P<0.05$ ), 1일 2회와 1일 3회 공급구는 유의한 차이가 없었다. 공급횟수가 동일할 때 1일 1회 공급구를 제외한 나머지 공급구에서 반복 공급구가 제한 공급구보다 유의하게 높은 일일사료섭취율을 보였다( $P<0.05$ ). 그리고 사료 공급횟수와 공급율이 동일할 때, 두 사료의 일일사료섭취율은 1일 1회 제한 공급구와 1일 3회 반복 공급구를 제외하고 EP1을 공급한 실험구가 EP2를 공급한 실험구에 비해 유의하게 높았다( $P<0.05$ ).

평균 증중량은 사료 조성 and 공급횟수에는 영향을 받지 않았지만( $P>0.05$ ), 공급율에 영향을 받았다. EP1의 1일 2회 반복 공급구가 가장 높은 증중량을 보였으며, EP1의 1일 2회 및 3회 제한 공급구와 EP2의 1일 2회 제한 공급구가 가장 낮았다. 사료 조성 and 공급횟수가 동일할 때 반복 공급구가 제한 공급구에 비해 높은 결과를 보였는데, EP1의 1일 2회 및 EP2의 1일 2회 공급구에서는 반복 공급구가 제한 공급구보다 유의하게 높았다( $P<0.05$ ).

사료효율은 사료 조성, 공급횟수 및 공급율 모두 영향을 받지 않았지만( $P>0.05$ ), EP2의 1일 2회 반복 공급구가 가장 높았

고 EP1의 1일 1회 제한 공급구가 가장 낮은 값을 보였으며, 나머지 실험구들 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 단백질 효율은 사료효율과 마찬가지로 사료조성, 공급횟수 및 공급율 모두 영향을 받지 않았으며, 모든 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

사육실험 종료시 어체로부터 채취한 근육과 간의 일반성분을 분석한 결과를 Table 3과 4에 각각 나타내었다. 근육의 단백질과 지질 함량은 모든 실험구에서 유의한 차이가 없었지만( $P>0.05$ ), 수분 함량은 사료 공급율에 영향을 받아 동일한 사료 조성 and 공급횟수에서 제한 공급구가 반복 공급구에 비해 높은 경향을 보였다. 간의 지질 함량은 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았지만( $P>0.05$ ), 수분과 단백질 함량은 사료에 영향을 받았다( $P<0.05$ ). 동일한 사료 공급횟수와 공급율에서 두 사료를 비교하였을 때, 수분과 단백질 함량 모두 EP1 공급구가 EP2 공급구에 비해 높은 값을 보였다. 그리고 지질 함량의 경우 실험구간에 유의한 차이는 없었지만, EP1 공급구가 EP2 공급구에 비해 수치상으로 낮은 값을 보였으며 사료 공급횟수가 증가할수록 EP2 공급구는 1일 3회까지 지질함량이 증가하는 경향을 보였다.

EP1과 EP2를 먹인 후의 시간에 따른 위와 장의 함량변화를 Fig. 1과 2에 각각 나타내었다. 위 내용물 함량은 사료공급 후 10시간까지 증가하는 경향을 보이면서 그 이후 서서히 감소하여 36시간과 48시간 이후 처음과 동일한 함량을 보였다. 그러

**Table 3.** Proximate composition (%) in the muscle of flounder (initial average  $55.1\pm 2.80$  g) fed experimental extruded pellets (EP1 and EP2) with different feeding frequency and satiation rate for 58 days<sup>1</sup>

Diets	Feeding frequency/day	Feeding satiation (%)	Moisture	Crude protein	Crude lipid
EP1	Three meals	100	76.7±0.18 <sup>ab</sup>	21.7±0.23 <sup>ns</sup>	0.4±0.05 <sup>ns</sup>
		80	77.1±0.17 <sup>bc</sup>	21.1±0.31	0.3±0.05
	Two meals	100	76.6±0.18 <sup>a</sup>	21.7±0.20	0.3±0.06
		80	77.1±0.12 <sup>bc</sup>	21.2±0.18	0.2±0.04
	One meal	100	77.0±0.11 <sup>abc</sup>	21.1±0.15	0.3±0.06
		80	77.2±0.11 <sup>c</sup>	21.3±0.25	0.2±0.05
EP2	Three meals	100	76.6±0.20 <sup>a</sup>	21.9±0.34	0.2±0.06
		80	77.2±0.10 <sup>c</sup>	21.4±0.19	0.3±0.05
	Two meals	100	76.6±0.20 <sup>ab</sup>	22.0±0.30	0.3±0.03
		80	77.1±0.15 <sup>bc</sup>	21.3±0.27	0.2±0.05
	One meal	100	76.9±0.12 <sup>abc</sup>	21.7±0.29	0.3±0.05
		80	77.1±0.15 <sup>bc</sup>	21.2±0.32	0.2±0.03

Three-way ANOVA

Diet (D)	P<0.8	P<0.2	P<0.7
Feeding frequency (F)	P<0.2	P<0.5	P<1.0
Feeding satiation (S)	P<0.001	P<0.004	P<0.02
D×F	P<0.7	P<1.0	P<0.9
D×S	P<1.0	P<0.4	P<0.3
F×S	P<0.3	P<0.5	P<0.3
D×F×S	P<0.9	P<0.6	P<0.4

<sup>1</sup>Values (mean±SE of three replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

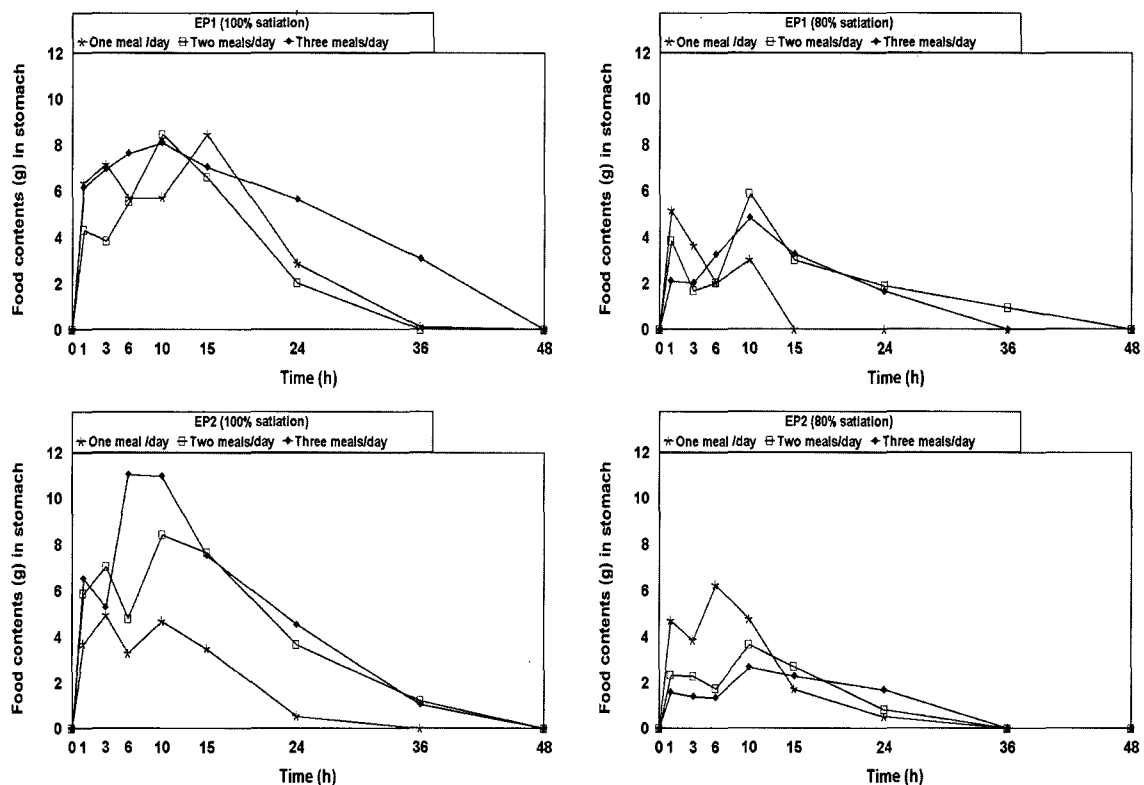
<sup>ns</sup>Not significant ( $P>0.05$ ).

**Table 4.** Proximate composition (%) in the liver of flounder (initial average 55.1±2.80 g) fed experimental extruded pellets (EP1 and EP2) with different feeding frequency and satiation rate for 58 days<sup>1</sup>

Diets	Feeding frequency/day	Feeding satiation (%)	Moisture	Crude protein	Crude lipid
EP1	Three meals	100	70.7±1.55 <sup>abc</sup>	11.5±0.30 <sup>abc</sup>	11.3±1.30 <sup>ns</sup>
		80	72.3±1.76 <sup>c</sup>	12.8±0.52 <sup>c</sup>	9.9±1.50
	Two meals	100	70.9±1.78 <sup>bc</sup>	12.0±0.38 <sup>abc</sup>	11.3±1.45
		80	72.4±0.51 <sup>c</sup>	12.4±0.48 <sup>bc</sup>	10.1±1.26
	One meal	100	73.1±0.96 <sup>c</sup>	12.4±0.80 <sup>bc</sup>	8.4±1.59
		80	71.0±0.56 <sup>bc</sup>	12.2±0.48 <sup>bc</sup>	10.2±0.77
EP2	Three meals	100	68.0±0.70 <sup>ab</sup>	10.4±0.46 <sup>a</sup>	12.9±0.99
		80	70.1±0.89 <sup>abc</sup>	10.9±0.92 <sup>ab</sup>	11.0±0.73
	Two meals	100	66.9±1.45 <sup>a</sup>	10.5±0.20 <sup>a</sup>	12.7±1.15
		80	70.5±1.20 <sup>abc</sup>	11.8±0.43 <sup>abc</sup>	10.6±1.10
	One meal	100	70.0±0.81 <sup>abc</sup>	11.7±0.27 <sup>abc</sup>	10.2±0.78
		80	69.4±1.15 <sup>abc</sup>	11.6±0.45 <sup>abc</sup>	9.6±0.89

Three-way ANOVA

Diet (D)	P<0.001	P<0.002	P<0.2
Feeding frequency (F)	P<0.7	P<0.3	P<0.08
Feeding satiation (S)	P<0.2	P<0.08	P<0.2
D×F	P<0.6	P<0.9	P<0.9
D×S	P<1.0	P<0.4	P<0.3
F×S	P<1.0	P<0.4	P<0.3
D×F×S	P<0.4	P<0.6	P<0.4

<sup>1</sup>Values (mean±SE of three replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).<sup>ns</sup>Not significant (P>0.05).**Fig. 1.** Stomach evacuation of juvenile flounder fed experimental extruded pellets (EP1 and EP2) with different feeding frequency and satiation rate.

나 EP1의 1일 1회 제한 공급구의 경우에는 사료를 공급한 후 15시간 이후에 위가 완전히 비워지는 결과를 보였다. 장 내용

물 함량은 모든 실험구에서 사료공급 후 1시간 이후부터 증가하였고, 1일 1회 공급구의 경우에는 15시간 이후부터, 1일 2회

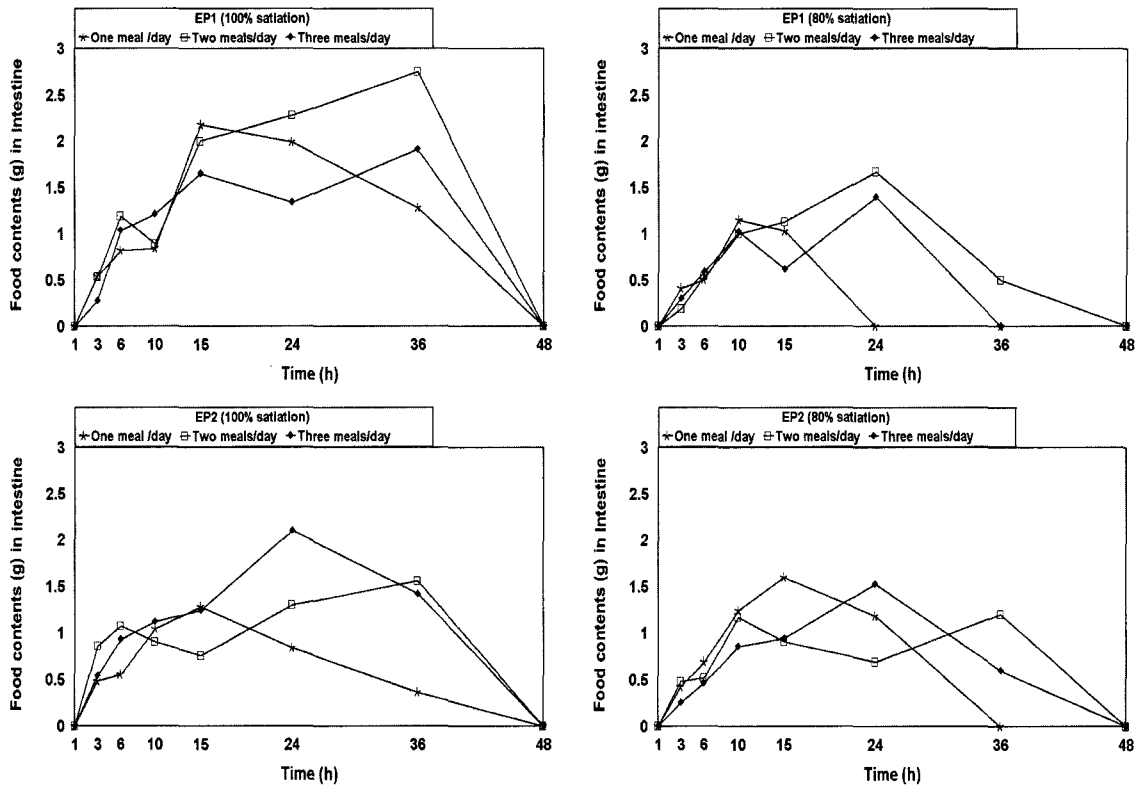


Fig. 2. Intestine evacuation of juvenile flounder fed experimental extruded pellets (EP1 and EP2) with different feeding frequency and satiation rate.

및 3회 공급구의 경우에는 24~36시간 이후부터 감소하는 경향을 보이면서 36~48시간 이후에는 처음과 동일하였다. EP1의 1일 1회 제한 공급구에서는 24시간만에 장이 완전히 비워지는 결과를 보였다.

### 고 찰

동일한 사료 조성과 공급횟수에서 1일 1회 공급구를 제외한 나머지 실험구에서 반복 공급구가 제한 공급구에 비해 성장이 유의하게 높은 결과를 보여 평균체중 55~90 g의 넙치를 사육할 때 제한 공급보다는 반복 공급이 더 효율적임을 알 수 있었으며, 이러한 결과는 Seo et al. (2005)의 실험결과와 유사하였다. 그리고 동일한 공급율에서 두 사료 모두 1일 2회 반복 공급구의 성장이 1일 3회 반복 공급구에 비해 비슷하거나 오히려 높은 값을 보인 것은 본 실험에 사용된 조건에서 부상사료를 1일 3회 반복으로 공급할 필요가 없음을 암시한다. Kim et al. (2005)은 45 g 전후의 넙치 치어를 대상으로 실험한 결과, 본 실험과 유사하게 사료의 적정 공급횟수가 1일 2회 반복 공급이라고 보고하였다. 그러나 Lee et al. (1999)은 1.6-4 g인 넙치 치어의 경우, EP를 1일 3회 공급하는 것이 적절하다고 보고 하였으며, Lee et al. (2000b)은 1.5-3.5 g의 넙치 치어를 대상으로 DP (dry pellet)의 에너지 함량에 따라 1일 2회 또는 1일 3회 공급이 적절하다고 보고 하였다. 이는 같은 어종이라 할지

라도 어체 크기와 사료 물성 및 영양소 함량에 따라 적정 사료 공급횟수가 달라질 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 평균체중 25 g 전후인 조피볼락 치어에 대한 DP의 적정 공급율은 반복 공급의 70-85% (Lee, 1997)였고 적정 공급횟수는 사료의 품질에 따라 1일 1회 또는 2일 1회 (Lee et al., 1996)였으며, 평균체중 5.7 g 전후의 조피볼락 치어의 경우 사료를 1일 1회 반복으로 공급하는 것이 적절하다고 보고되어 있다 (Lee et al., 2000a). 이처럼 어종에 따라서도 사료의 적절한 공급방법이 달라질 수 있으므로 사료 공급시 이에 대한 고려가 반드시 필요하겠다. 그리고 어종, 어체의 크기, 사료내 영양소 종류와 함량 및 사육조건 등에 의해서도 어류의 최대성장을 위한 사료의 적정 공급횟수는 달라질 수 있다고 이전 연구들에서도 보고되어 있다 (Wang et al., 1998; Lambert and Dutil, 2001; Dwyer et al., 2002; Riche et al., 2004).

단백질 요구량을 만족 하면서 어류가 요구하는 양만큼의 에너지를 비단백질 에너지로 섭취한다면 단백질이 성장에 효율적으로 이용될 수 있을 뿐 아니라 단백질 절약효과로 사료 비용을 최소화 할 수 있을 것이다. 넙치 치어의 경우, 동일한 공급 횟수에서 1일 2회 공급까지 낮은 에너지보다 높은 에너지가 함유된 사료를 먹은 실험구에서 양호한 성장결과를 보였다고 보고되어 있다 (Lee et al., 2000a). 하지만 본 실험에서 증중량이 동일한 사료 공급횟수와 공급율에서 사료 조성에 대한 차이를 인정하지 않았으므로 두 사료 중 단백질과 지질 함량이 다소

낮은 EP1을 사용하는 것이 경제적으로 좋을 것으로 판단된다. 금후, EP의 가공 물성과 영양소 함량 등에 따른 구체적인 연구가 계속 수행되어야 할 것이다.

일일사료섭취율은 EP1의 경우 동일한 공급율에서 1일 2회 공급구가 1일 1회 공급구보다 높았지만 1일 3회 공급구와 유의한 차이를 보이지 않아 1일 3회가 과잉 공급횟수임을 암시하고 있으며, 사료를 1일 2회만 공급하여도 넉치의 영양소 요구량을 충족시킬 수 있을 것이라 생각된다. 그리고 사료 공급율은 사료내 지질 함량에 따라 달라질 수 있는데 (Marais and Kissil, 1979; Munsiri and Lovell, 1993), 본 실험에서는 1일 1회 제한 공급구를 제외한 모든 실험구를 비교해 보았을 때 동일한 공급횟수와 공급율에서 사료의 지질함량이 다소 낮았던 EP1의 공급구가 EP2의 공급구에 비해 높은 사료 섭취율을 보였다. 이것은 EP1의 에너지 함량이 EP2보다 더 낮아서 에너지 요구량을 충족시키기 위해 그만큼 사료 섭취율이 높게 나타난 것으로 판단된다. 이처럼 사료의 에너지 함량과 사료섭취량은 어류 성장과 상관관계가 있는 것으로 보고되고 있으며(Lee et al., 2002b), 넉치치어의 경우에도 낮은 에너지함량의 사료에서는 1일 3회 공급이 적절하였지만 높은 에너지 함량에서는 사료의 적정 공급횟수가 1일 2회라고 보고하였다(Lee et al., 2000a). 차넬메기(Garling and Wilson, 1976) 및 무지개송어(Takeuchi and Watanabe, 1982)에서도 사료내 동일한 단백질 함량에서 지질 함량을 조절함으로써 성장과 사료효율이 개선되었다고 보고된 바 있다. 하지만 잉어(Murai et al., 1985)와 European sea bass (Peres and Oliva, 1999)와 같이 몇 어종에서는 지질 첨가에 따른 성장개선의 효과가 없거나 아주 적다는 보고도 있으며, Lie et al. (1988)은 Atlantic cod의 경우 다량의 지질첨가에 의한 고에너지 사료는 단백질과 지질의 소화율을 낮추어 성장 감소 뿐 아니라, 어체의 지질함량이 증가함에 따라 품질을 저하시킨다고 보고했다. 이처럼 영양소 요구량은 어종에 따라 다르므로 각 어종마다 이에 대한 연구가 개별적으로 수행되어야 할 것이다.

통계적인 차이는 없었으나 EP2 공급구가 EP1 공급구에 비해 간의 지질 함량이 수치상으로 높았고 EP2 공급구에서 사료 공급횟수가 1일 3회까지 증가할수록 지질함량이 증가하는 경향을 보였다. 이는 지질의 과잉 섭취로 과잉의 에너지가 간에 지질로 축적된 것으로 생각되며 어체의 지질함량 증가는 상품의 질을 저하시킬 수 있다. Lee et al. (2000a)의 실험에서도 공급횟수가 증가할수록 어체 지질함량이 높아져 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보였으며, 타 어종에 관한 몇몇 연구에서도 공급횟수가 증가할수록 어체내 지질함량이 증가된다고 보고되어 있다(Grayton and Beamish, 1977; Kayano et al., 1993; Yao et al., 1994; Lee et al., 1996).

사료 공급시간과 사료 공급횟수는 장의 내용물이 비워지는 시간과 밀접한 관계를 가지며(Holmgren et al, 1983), 어류가 이용할 수 있는 사료 섭취량은 위의 포만과 장 배설시간에 따

라 달라질 수 있다고 보고되어 있다(Grove and Grawford, 1980; Grove et al., 1985). 식욕이 되돌아오는 시간을 알 수 있으면 적절한 사료 공급으로 사료 섭취와 사료효율을 향상시킬 수 있어(Lee et al., 2000b) 결국, 최대성장을 이룰 수 있을 것이다. 조피볼락(Lee et al., 2000b)의 경우 24시간 만에 장이 비워지는 결과를 보였는데 본 실험에서의 넉치는 사료 공급 후 48시간 이후에 위와 장이 모두 비워지는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 어종에 따라 장의 길이나 내용물 통과시간이 다를 수 있으며, 또한 어종별, 크기별, 사육환경에 따른 소화능력이 다르다는 것을 의미하며 넉치의 장 통과시간에 대한 구체적인 연구가 계속 수행되어야 할 것이다. 이상의 결과들로 미루어 보아 평균체중 55~90 g인 넉치의 성장을 위해 본 실험에 사용된 부상사료의 경우, 1일 2회 반복으로 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 최근에 인건비는 계속 상승하고 있고 양식은 판매가격이 하락하고 있는 추세이기 때문에 양식에 투자되는 노동적인 비용을 최소한으로 하는 것이 합리적인 양식경영으로 판단된다. 지금까지 연구된 넉치의 영양적 요구량을 바탕으로 EP 공급방법에 관련한 연구들이 진행되어 적정 공급횟수 및 공급율이 확립된다면 사료 공급의 자동화로 인해 인건비와 노동시간의 최소화 및 수질오염 감소 등의 효과를 올릴 수 있어 경제적이고 환경친화적인 양식산업이 형성될 수 있을 것으로 기대된다.

## 요 약

본 연구는 지질과 단백질 함량이 다른 두 종류 부상사료의 적정 공급횟수와 공급율을 조사하기 위해 평균 체중 55.1 g의 넉치를 각 수조마다 20 마리씩 3반복으로 수용하여 58일 동안 사육하였다. 사료 공급횟수는 1일 3회, 1일 2회 및 1일 1회로 설정하였으며 사료 공급량은 반복 및 반복의 80%로 각각 설정하였다. 생존율은 모든 실험구에서 82% 이상이였으며, 평균 증중량은 EP1의 1일 2회 반복 공급구가 가장 높은 증중량을 보였으며, EP1의 1일 2회 및 3회 제한 공급구와 EP2의 1일 2회 제한 공급구가 가장 낮았다. 일일사료섭취율은 EP1의 1일 2회와 1일 3회 반복 공급구가 가장 높았고, EP2의 1일 3회 반복 공급구와 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 사료효율과 단백질효율은 사료 조성, 공급횟수 및 공급율 모두 영향을 받지 않았다( $P>0.05$ ). 사육실험 종료시, 근육의 수분 함량은 동일한 사료와 공급횟수에서 제한 공급구가 반복 공급구에 비해 높았다. 이상의 결과들로 보아 평균체중 55~90 g인 넉치의 성장을 위해 EP1과 EP2를 1일 2회 반복으로 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298 pp.
- Brett, J. R. and D. A. Higgs, 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. J. Fish. Res. Board Can., 27, 1767-1779.
- Company, R., J. A. Caldach-Giner, S. Kaushik and J. Perez-Sanchez, 1999. Growth performance and adiposity in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): risks and benefits of high energy diets. Aquaculture, 171, 279-292.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1-42.
- Dwyer, K., J. Brown, C. Parrish and S. Lall, 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). Aquaculture, 213, 279-292.
- Garling, D. L. and R. P. Wilson, 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. J. Nutr., 106, 1368-1375.
- Grayton, B. D. and F. W. Beamish, 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, 11, 159-172.
- Grove, D. J. and C. Crawford, 1980. Correlation between digestion rate and feeding frequency in the stomachless teleosts, *Blennius pholis* L. J. Fish Biol., 16, 235-247.
- Grove, D. J., M. A. Moctezuma, H. R. J. Flett, J. S. Foott, T. Watson and M. W. Flowerdew, 1985. Gastric emptying and the return of appetite in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* L., fed on artificial diets. J. Fish Biol., 18, 245-259.
- Harpaz, S., S. Sklaň, I. Karplus, A. Barki and Y. Noy, 1999. Evaluation of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* (Mitchell) nutritional needs using high- and low-protein diets at two feeding levels. Aquacult. Res., 30, 603-610.
- Holmgren, S., D. J. Grove and D. J. Fletcher, 1983. Digestion and control of gastrointestinal motility. In: Rankin, J. C., T. J. Pitcher and R. T. Dugan, (Eds.), Control Processes in Fish Physiology. Wiley, New York, NY, USA, pp. 23-40.
- Kayano, Y., S. Yao, S. Yamamoto and H. Nakagawa, 1993. Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Aquaculture, 110, 271-278.
- Kim, G-U., H.-S. Jang, J.-Y. Seo and S.-M. Lee, 2005. Effect of feeding frequency of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the winter season. J. Aquacult., 18, 31-36.
- Lambert, Y. and J. Dutil, 2001. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and size-grading. Aquaculture, 192, 233-247.
- 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. Aquacult., 9, 385-394.
- Lee, S.-M., 1997. Effects of feeding rates on growth, feed efficiency and body composition of the juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Kor. J. Anim. Nutr. Feed., 21, 327-334.
- Lee, S.-M., C. H. Seo and Y. S. Cho, 1999. Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. J. Kor. Fish. Soc., 32, 18-21.
- Lee, S.-M., S. H. Cho and D. J. Kim, 2000a. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). Aquacult. Res., 31, 917-921.
- Lee, S.-M., U.-G. Hwang and S. H. Cho, 2000b. 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.
- Lee, S.-M., S. H. Cho and K. D. Kim, 2000c. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. World Aquacult. Soc., 31, 306-315.
- Lee, S.-M., C. S. Park and I. C. Bang, 2002a. Dietary protein requirement of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. Fish. Sci., 68, 158-164.
- Lee, S.-M., I. G. Jeon and J. Y. Lee, 2002b. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 211, 227-239.
- Lie, O., E. Lied and G. Lambertsen, 1988. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed. Aquaculture, 69, 333-341.
- Lovell, R. T., 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- Marais, J. F. K. and G. W. Kissil, 1979. The influence of energy level on the feed intake, growth, food conversion and body composition of *Sparus aurata*. Aquaculture, 17, 203-219.
- Munsiri, P. and R. T. Lovell, 1993. Comparison of satiate and restricted feeding of channel catfish with diets of varying protein quality in production ponds. J. World Aquacult. Soc., 24, 459-465.
- Murai T., T. Akiyama, T. Watanabe and T. Nose, 1985. Effects of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. Bull. Jap. Soc. Fish, 8, 54, 605-608.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements Fishes. National Academy Press, Washington DC, 114 pp.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles. 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 179, 325-334.
- Riche, M. D., I. Haley, M. Oetker, S. Garbrecht and D. L. Garling, 2004. Effect of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture, 234, 657-673.
- Seo, J.-Y., J. H. Lee, G-U. Kim and S.-M. Lee, 2005. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 18, 26-30.
- Takeuchi, T. and T. Watanabe. 1982. The effect of starvation and



- environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 8, 1307–1316.
- Vergara, J. M., H. Fernandez-Palacios, L. Robaina, K. Jauncey, M. De La Higuera and M. Izquierdo, 1996. The effects of varying dietary protein level on the growth, feed efficiency, protein utilization and body composition of gilthead sea bream. *Fish. Sci.*, 62, 520–623.
- Wang, N., R. S. Hayward and D. B. Noltie, 1998. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. *Aquaculture*, 165, 261–267.
- Yao, S. J., T. Umino and H. Nakagawa, 1994. Effect of feeding frequency on lipid accumulation in ayu. *Fish. Sci.*, 60, 667–671.
- 

원고접수 : 2005년 2월 23일

수정본 수리 : 2005년 3월 29일