

조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 치어의 산소소비, 암모니아 질소배설 및 체조성에 미치는 사료내 에너지 / 단백질비의 영향

김창한 · 진 평
부산수산대학교 해양생물학과

The Effects of Dietary Energy / Protein Ratio on Oxygen Consumption, Ammonia Nitrogen Excretion and Body Composition in Juvenile Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Chang-Han KIM and Pyung CHIN

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea

Oxygen consumption (OC), ammonia nitrogen (AN) excretion and body composition were measured to study the effects of energy / protein ratio (EPR) on the utilization of protein and energy in juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. Juvenile rockfish were divided into three groups that they fed three isocaloric diets (3.5kcal/g) containing 30 (I), 40 (II) or 50% crude protein (III). EPR of the three experimental diets were 11.5 (I), 8.7 (II) and 7.0kcal/g (III), respectively. Juvenile rockfish (wet wt. 2.9~3.1g) were cultured in 50l aquaria with the constant environmental condition of 20~24°C water temperature and 34‰ salinity.

For 24 hr after feeding the diets, juvenile rockfish fed diet III had a higher OC than did the fish from groups fed diets I and II, and average OC of the fish fed diets I, II and III were 0.93 ± 0.02^a , 0.92 ± 0.02^a and 1.03 ± 0.03^b ml O₂/g/h, respectively. AN responses of juvenile rockfish to increasing levels of dietary protein (decreasing dietary EPR) were significantly different among three groups in which dietary protein at elevated levels increased the excretion of AN for 24 hr after feeding the diets. Average AN excretion of the fish fed diets I, II and III were 9.14 ± 0.39^a , 12.41 ± 0.53^b and 14.89 ± 0.55^c µg N/g/h, respectively.

The body protein content of the fish fed diet II for 59 days was significantly higher than that of the fish fed the other diets. But, there were no significant differences between three groups in body lipid, carbohydrate and ash contents.

These results indicate that EPR of 9.7kcal/g (diet II) could be a optimum EPR in juvenile rockfish diet.

Key words : energy/protein ratio, oxygen consumption, nitrogen excretion, *Sebastes schlegeli*

서 론

조피볼락, *Sebastes schlegeli*은 양볼락과 (Scorpaenidae)의 난태생어류로서 우럭이라고도 불리우며, 우리나라 남서해안과 일본 북해도 이남 및 중국의 연안암반지역에 주로 서식하는 종이다 (Chung, 1977).

조피볼락은 성장속도가 빠르고 저수온에 대한 저항

성이 아주 강하여 겨울동안 월동이 용이하고, 생존력도 강하여 해상가두리 양식대상어종으로 각광을 받고 있는 종의 하나이다. 또한 서식생태가 암초지역에 분포하는 연안 정착성으로 인공어초의 투하지역에서 방류어종으로 적합하다.

최근 연안어장의 오염으로 인한 어획자원량의 감소 추세와는 반대로 어류 단백질의 수요량은 급격히 증

가하였다. 따라서 유용어종의 경우 잡는 어업에서 고 밀도 양식업으로 발달됨에 따라 양식어류의 생산성 증대를 위해 양식어장의 효과적인 관리와 보전을 위한 양식생리학적 제연구가 절실히 요망되고 있다 (Tytler and Calow, 1985).

동물이 먹이를 통하여 획득한 모든 에너지는 체내에 축적되거나 대사과정을 통한 상실 및 배설질소와 분의 형태로 배출되어진다. 사료내 단백질 함유 정도는 동물의 산소소비율에 영향을 미치며 (Jobling and Davies, 1980), 단백질의 대사산물은 유독 질소의 형태로 배설되므로 어장의 수질환경과 밀접한 관련이 있다. 그러므로 사료 단백질함량에 따른 산소소비 및 질소배설 연구는 동물의 대사활성을 규정짓는 지표로서 양식어장의 사육밀도를 좌우하는 중요한 요인이 될 수 있다 (Kikuchi et al., 1990, 1991).

한편, 사료내 단백질 함량은 환경요인과 더불어 어류의 성장에 직접적인 영향요인으로 작용하므로 채널메기 (Page and Andrew, 1973; Garling and Wilson, 1976), 무지개송어 (Higashi et al., 1964; Shimma and Shimma, 1972; Lee and Putnam, 1973; Zeitoun et al.,

1973; Ogino et al., 1976; Takeuchi et al., 1978a, 1978b; Austreng and Refstie, 1979; Ogino, 1980; Pieper and Pfeffer, 1980a, 1980b; Kaushik and Teles, 1985; Beamishi and Medland, 1986) 및 조피볼락 (Ikehara et al., 1980; Ikehara and Nagahara, 1980) 등의 양식어종을 대상으로 사료내 적정단백질 함량, 적정에너지에 대한 단백질비 및 사료효율과 체조성에 관한 연구가 많이 수행되어 왔다. 이러한 보고들은 주로 사료내 단백질함량에 따른 어류의 성장률을 검토하고, 단백질 절감의 측면에서 균형된 배합사료를 제조하기 위한 영양적 연구에 집중되어 있다. 사료내 단백질함량이 어류의 대사에 미치는 영향에 관한 연구는 Gallagher and Matthews (1987)가 보고한 뱀장어 치어의 산소소비 및 암모니아 배설에 관한 연구외에는 희소하다.

본 연구는 조피볼락 치어에서 사료내 에너지/단백질비의 비를 달리한 먹이를 일정기간 공급시켜 사육하면서 산소소비율, 암모니아 질소배설률 및 어체의 화학적조성에 미치는 사료내 에너지/단백질비의 영향을 파악할 목적으로 실시하였다.

Table 1. The percent composition (wet weight) of the experimental diets

Nutrient	Diet	I	II	III
	Protein level (%)	30	40	50
Ingredients				
White fish meal		39.0	52.0	65.0
Dextrin		34.5	25.0	15.5
Yeast		2.0	2.0	2.0
Squid oil		8.5	6.0	3.5
Vitamine mixture		3.0	3.0	3.0
Mineral mixture		4.0	4.0	4.0
Sodium alginate		2.0	2.0	2.0
Cellulose		7.0	6.0	5.0
Proximate analyses				
Protein		30.3	40.0	49.8
Lipids		11.4	9.8	8.2
Digestible carbohydrate		37.1	26.9	16.7
Metabolizable energy (kcal/g) ¹		3.50	3.49	3.48
ME/P ratio ²		11.5	8.7	7.0

¹Calculated based on 4.5, 9.0 and 3.0kcal/g for protein, lipid and digestible carbohydrate (from Lee et al., 1993a).

²Metabolizable energy (kcal/g) / Protein (%) × 100 (from Lee et al., 1993a)

재료 및 방법

1. 실험사료의 제조

본실험에 사용한 사료는, Lee et al. (1993a)이 보고한 조피볼락 치어의 사료내 최적 단백질 함량 40%를 기준으로 단백질함량이 30, 40, 50%가 되도록 제조하였다. 그리고 사료의 대사에너지는 등에너지 (약 3.50 kcal/g)가 되도록 하였다. 이 때 에너지/단백질비는 각각 11.5, 8.7, 7.0 (사료 I, II, III) 이었다 (Table 1). 실험사료는 전원료를 잘 혼합한 후 직경 약 2mm의 크기로 성형 및 제조하였고, -25°C의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 실험어의 사육

실험에 사용한 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)의 치어는 경남 통영군 산양면 곤리도의 종묘배양장내 육상 수조에서 사육중인 개체중에서 건강한 개체를 선별하여 용량 200l의 수조에 분리수용하였다. 산출후 약 50일이 경과한 개체는 직경 1mm가량의 치어용 상품펠렛을 활발하게 섭이하였다. 이후 일정크기 (습중, 2.9~3.1g)의 개체를 선별하여 용량 50l의 수조에 시험사료마다 3개의 수조를 설치하여 각각 60마리씩 수용하여 상기한 시험사료 I, II, III을 14일간 투이하여 (먹이투이량, 약 0.12g/마리)적용시켰다. 사료적용 후 전실험기간 (59일)동안 폐사 개체는 없었으며, 사육해수는 시간당 약 50l의 유량으로 환수하면서 충분한 산소를 공급하였다. 또한 사육수온은 20~24°C가 되도록 유지시켰다.

3. 측정방법

1) 산소소비

산소소비율은 산소검량장치 (Fig. 1)내에 실험동물 (평균습중, 약 3.5g)을 2미씩 투입하고 준비된 여과해수 (공경, 1 μ m)를 실험온도 (24°C)로 맞추어 일정시간 유수시킨 후 산소검량기 (YSI 58형)를 사용하여 2시간 간격으로 24시간 연속측정하였다.

표준대사율은 측정전에 실험동물을 하루동안 절식시킨 다음 24시간동안 측정하였다. 공급대사율은 시험사료 I, II, III을 측정전 30분동안 각각 충분한 공급시킨 다음 상기한 방법으로 연속측정하였다. 배측정마다 용기내의 시수는 전량 환수하였으며, 배출된

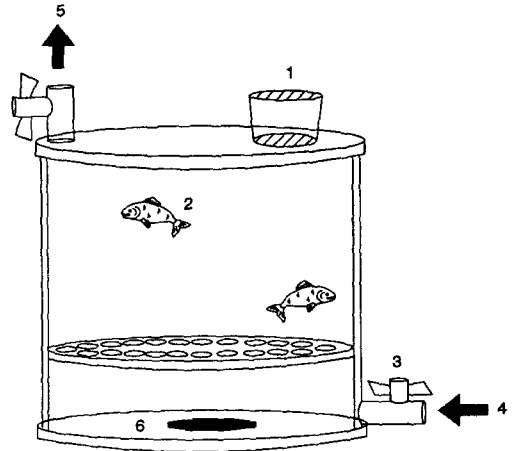


Fig. 1. The closed chamber system for measuring oxygen consumption and ammonia nitrogen excretion. 1: plug, 2: fish, 3: spigot, 4: water inlet, 5: water outlet, 6: magnetic bar.

분은 스포이드로 제거시켰다. 한편 주야에 따른 대사율의 변동을 최소화하기 위해 (Gallagher and Matthews, 1987) 시험사료에 적용된 이후부터 전실험동안 형광등을 사용하여 명기상태를 유지시켰다.

2) 암모니아 질소배설률

조피볼락 치어의 암모니아 질소배설률은 Degobbis (1973)의 방법으로 냉장보관한 후 Solorzano (1969)의 분석법에 따라 암모니아를 정량하였다. 한편, 산소소비율과 질소배설률간의 O : N 원자비는 Omori and Ikeda (1976)가 제시한 방법으로 계산하였다.

4. 체물질 화학적조성

어체의 화학적조성 분석은 실험개시전 (평균습중, 약 2.9g)과 종료후 (평균습중, 약 4.0g)각 수조로부터 10미씩 무작위로 추출하여 조단백질은 micro-Kjeldahl법 (Winberg, 1971), 조지질은 Soxhlet유출법 (Winberg, 1971), 그리고 조회분은 常法으로 분석하였다. 탄수화물은 어체내 총유기물과 무기물함량 (100%)에서 단백질, 지질 및 회분함량을 공제하고 그 차이로서 나타내었다.

5. 통계분석

산소소비율과 질소배설률에 미치는 사료내 에너지 / 단백질비의 영향을 평가하기 위하여 통계분석을 실

시하였다. 사료 I, II, III의 공급군에 대한 산소소비율과 암모니아 질소배설률의 평균측정값 유의성 검정은 ANOVA 분석 후 최소유의차 (LSD)검정을 하였다.

결 과

1. 산소소비 및 질소배설률에 미치는 영향

절식시킨 조피볼락의 산소소비율과 질소배설률 모두 시간경과에 따라 다소 차이를 보였으나 절대량에는 큰 변동이 없는 것으로 나타났다 (Fig. 2). 조피볼락 치어의 1시간동안 비체중 산소소비율은 평균 $0.84 \pm 0.01 \text{ ml O}_2$, 질소배설률은 $6.98 \pm 0.11 \mu\text{g N/g/h}$ 이었다.

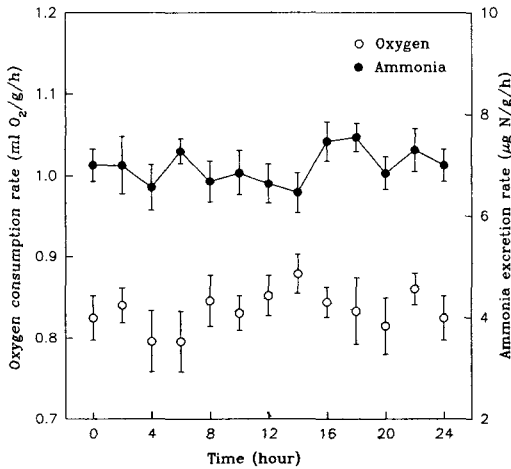


Fig. 2. Diurnal patterns of oxygen consumption and ammonia nitrogen excretion rates in starved juvenile rockfish (wet weight 3.5 g), expressed as mean values \pm SE.

사료 I 공급군의 산소소비 일주변동은 표준대사율 (Fig. 2)과 비교하여 변동폭은 적었다. 그러나 사료 공급 종료후 12시간째에는 다소 높은 산소소비율을 보인 후 현저히 감소하여 표준대사율로 복귀하였다. 한편, 암모니아 질소배설률은 사료공급후 서서히 증가하여 6시간째 높은 값을 보였다. 그리고 공급 종료 10시간후부터 감소하여 22시간째에 표준대사율에 도달하였다 (Fig. 3).

사료 II 공급군의 비체중 산소소비율은 공급 종료 후 2시간째에 높은 대사율을 보인 이후 점차 감소하였다. 그리고 공급후 10시간 이후 산소소비량은 다시

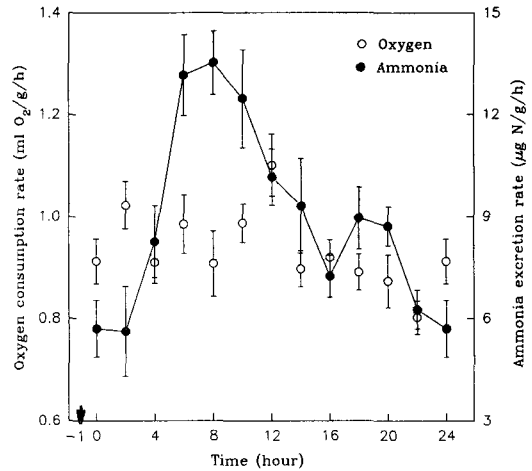


Fig. 3. Diurnal patterns of oxygen consumption and ammonia nitrogen excretion rates after feeding (\downarrow) juvenile rockfish (wet weight 3.5 g), *S. schlegeli* with diet I, expressed as mean values \pm SE.

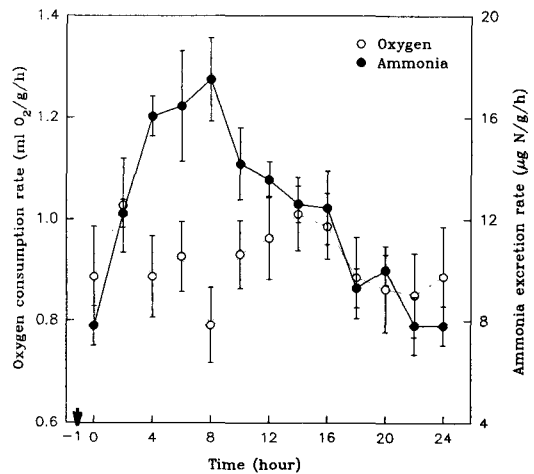


Fig. 4. Diurnal patterns of oxygen consumption and ammonia nitrogen excretion rates after feeding (\downarrow) juvenile rockfish (wet weight 3.5 g), *S. schlegeli* with diet II, expressed as mean values \pm SE.

증가하여 14시간째에 높은 대사율을 보이다가 점차 감소하였다. 암모니아 질소배설률은 공급후 2시간째에 높은 배설률을 나타내었고, 공급후 10시간이후 현저히 감소하였다 (Fig. 4).

사료 III 공급군의 비체중 산소소비율은 공급종료후 2시간째 높은 대사율을 보인 후 점차 감소하였다. 그리고 공급후 8시간후에 다시 증가하여 12시간째에 높

은 대사율을 보이다가 점차 감소하였다. 또한 암모니아 질소배설률은 공급후 차츰 증가하여 공급후 8시간째에 높은 대사율을 나타내었다. 그 후 점차 감소하여 공급후 24시간째에 아주 낮은 대사율을 나타내었다 (Fig. 5). 단백질함량이 상이한 사료의 공급군간의 산소소비율과 암모니아 배설률은 다소 차이가 있었지만 일주변동은 대체로 유사하였다.

사료 I, II 및 III을 공급한 군의 평균산소소비율은 각각 0.93 ± 0.02^a , 0.92 ± 0.02^a 및 1.03 ± 0.03^b ml O₂/g/h로서 (Table 2), 최소유의차 검정결과 사료 I 과 III, II와 III의 공급군간에는 유의한 차를 보였으며 (P<0.05), 사료 I 과 II의 공급군간에는 유의한 차가 없었다 (P>0.05).

시험사료 I, II, III 공급군의 1시간동안 비체중 평균 암모니아배설률은 각각 9.14 ± 0.39^a , 12.41 ± 0.53^b , 14.89 ± 0.55^c µg N으로 나타났다 (Table 2). 또한 최소유의차 검정의 결과 사료 I, II, III의 공급군간에는 모두 유의한 차를 보였다 (P<0.05).

2. 체물질의 화학적조성

사료 II 공급군의 어체내 단백질 함량은 62.2%로 최소유의차 검정결과 사료 I, III의 공급군에 비해 유의하게 높았다 (P<0.05, Table 3). 그리고 지질은

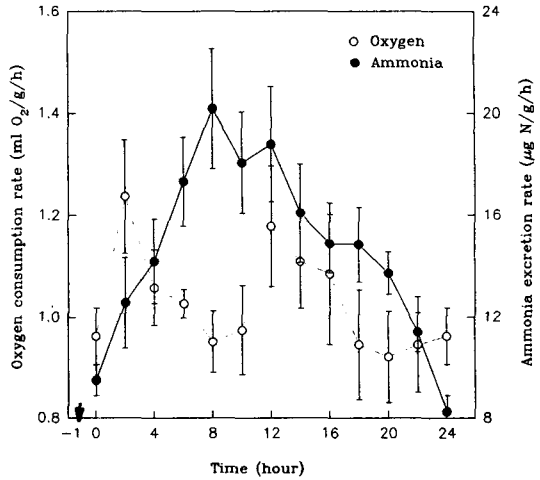


Fig. 5. Diurnal patterns of oxygen consumption and ammonia nitrogen excretion rates after feeding (↓) juvenile rockfish (wet weight 3.5 g), *S. schlegelii* with diet III, expressed as mean values ± SE.

사료 II의 공급군에서 18.2%로 가장 낮게 나타났으며, 사료 I 공급군은 23.2%의 높은 함량을 보였다. 탄수화물은 사료 I을 공급한 개체에서 5.5%로 높은 함량을 보유하는 한편, 회분함량은 사료 I, II, III의 공급군간에서 대체로 비슷한 함량을 보였다. 그러나 지질, 탄수화물 및 회분함량은 사료 I, II, III의 공

Table 2. Mean oxygen consumption (ml O₂/g/h) and ammonia nitrogen excretion (µg N/g/h) in rockfish fed diets having three different energy/protein ratios (Mean ± SE)

Diet	Oxygen consumption (ml O ₂ /g/h)	Ammonia excretion (µg N/g/h)	E/P ratio	Protein (%)
I	0.93 ± 0.02^a	9.14 ± 0.39^a	11.5	30
II	0.92 ± 0.02^a	12.41 ± 0.53^b	8.70	40
III	1.03 ± 0.03^b	14.89 ± 0.55^c	7.00	50

^{a,b,c} Mean values with different letters in the same column are significantly different from one another (p<0.05).

Table 3. The percent proximate composition of whole body of rockfish fed three diets having different energy/protein ratios

	Initial (wet wt. 2.9 g)	Final (wet wt. 4.0 g)		
		I	II	III
Protein	65.6	55.7	62.2	59.6
Lipid	16.3	23.2	18.2	19.5
Ash	14.6	15.6	16.0	16.7
Carbohydrate	3.5	5.5	3.6	4.2

급군간에 최소유치 측정결과 유의한 차이를 보이지는 않았다 ($P>0.05$).

3. O : N 원자비

사료 I, II, III을 먹인 실험군 모두 O : N 원자비는 공급직후 서서히 감소하여 8시간째에 가장 낮은 값을 나타내었다. 그 이후 시간경과에 따라 증가하기 시작하여 공급후 24시간째에 가장 높은 값을 나타내었다. 한편, 사료 I, II, III 공급군의 평균 O : N 원자비는 각각 128, 92, 87로 나타났다 (Fig. 6).

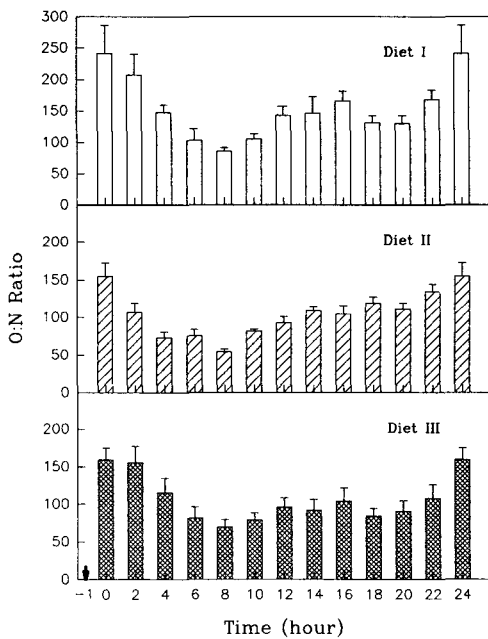


Fig. 6. Diurnal patterns of O : N ratio (as a relative rate of OC: AN excretion) after feeding (↓) with diets having three different energy/protein ratios, expressed as mean values \pm SE.

고 찰

동물이 섭취한 먹이내의 단백질에 대한 에너지의 비가 적정할 경우 동물의 성장과 먹이전환효율은 최적의 효과를 나타내게 된다. 그러나 먹이내에 에너지 함량이 과다할 경우 소화효율은 감소하여 오히려 성장이 저하된다 (Lovell, 1989). 특히 상업적인 양식의 경우 에너지/영양물질비가 높은 사료를 공급시켰을

때 어체의 조직내에 과다한 지방축적으로 상품의 질은 오히려 떨어진다.

양식어종에 대한 사료내 적정 단백질/에너지비에 관한 연구는 무지개송어 (Takeuchi et al., 1978a, 1978b), 잉어 (Takeuchi et al., 1979), 차넬메기 (Page and Andrew, 1973; Garling and Wilson, 1976), 틸라피아 (Winfrey and Stickney, 1981; Wang et al., 1985), 방어 (Takeda et al., 1975; Shimeno et al., 1980), 조피볼락 (Lee et al., 1993b), brook trout (*Salvelinus fontinalis*; Ringrose, 1971), striped bass (*Morone saxatilis*; Millikin, 1982, 1983) 등에 대하여 많이 연구되었으며 어류의 사료내 적정 에너지/단백질비는 약 8~9로 보고되어 있다 (Lovell, 1989). 그리고 Lee et al. (1993)의 연구에서 조피볼락 사료내 적정 에너지/단백질비는 약 8로 추정하였다. 본 연구에서는 이를 기준으로 11.5, 8.7 및 7.0이 되도록 그 비를 올리거나 내려서 (Table 1) 산소소비율에 미치는 에너지/단백질비의 영향을 측정할 때 사료내 단백질 함량이 증가함에 따라 사료 I 과 II의 공급군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 그러나 사료의 에너지 함량을 각각 등 에너지가 되도록 제조한 사료일지라도 단백질 함량이 적정 에너지/단백질비를 초과한 사료 III을 공급한 실험군의 대사율은 사료 I 과 II 공급군의 대사율보다 유의하게 높았다. 또한 암모니아 질소배설률은 사료내 단백질 함량이 높을수록 유의하게 높았다. 이러한 결과는 영양물질을 등에너지로 구배시킨 사료의 경우 적정 에너지/단백질비 이하에서 단백질 함량을 높이거나 낮추어도 뱀장어의 산소소비율에는 차이가 없었으나 암모니아배설률에는 유의한 차이를 보였다. 이는 Gallagher and Matthews (1987)의 연구결과와 대체로 일치하였다. 본 실험의 시험사료 III에서 보인 높은 대사율은 사료내 에너지/단백질비가 7로서 과량의 단백질에 대한 대사적 부하에 기인한다고 보여진다.

본 실험에서 사료 I, II, III 공급군의 산소소비율은 공급후 2시간째에 최대값을 나타내었다. 이와같은 산소소비율의 초기증가는 공급에 따른 특이동적 작용 (Tytler and Calow, 1985)의 결과이며 후기증가는 물질대사에 따른 결과로 생각된다. 공급 후 24시간동안 산소소비율의 일주변화는 2회의 정점을 형성하게 되는데 이는 Brett and Zala (1975)의 붉은 송어 (*Onc-*

rhynchus nerka)와 Gallagher and Matthews (1987)의 American eel (*Anguilla rostrata*)를 이용한 연구결과와 유사하였다.

에너지 / 단백질비가 다른 사료를 각각 공급한 실험군의 암모니아 질소배설률은 사료내 단백질 함량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이는 Gallagher and Matthews (1987)의 연구결과와 동일한 양상을 보이고 있는데, 어류가 단백질 함량이 증가하고 에너지량이 일정한 먹이를 섭취하였을 때 더욱 많은 단백질이 분해되어 암모니아 배설이 증가되는 것으로 여겨진다. 암모니아배설률의 일주변화는 공급후 8시간째에 최대값을 나타내고 이후 점진적으로 감소하여 표준대사율로 복귀하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 암모니아 질소배설률의 증가는 먹이를 통해 체내로 흡수된 아미노산의 탈아미노화작용에 의한 것으로 볼 수 있다. 어류를 절식시킨 후 24시간동안 암모니아배설률의 변화양상과의 비교는 섭식에 의한 암모니아 배설률의 증가를 뒷받침 해주고 있다 (Brett and Zala, 1975).

일반적으로 O : N 원자비는 대사가질로서 단백질만이 이용될 경우 7, 단백질과 지질이 동량일 경우 26으로 알려져 있다 (Omori and Ikeda, 1976). 그러나 본 실험에서 사료 I, II, III의 공급군에서 O : N 원자비의 평균값은 26이상의 값을 보였다. 이는 치어기의 빠른성장으로 인해 섭취한 단백질의 대부분이 체내 동화에 이용된 것으로 여겨진다.

실험 시작전과 종료후 전어체를 분석한 결과 단백질 함량은 사료 II의 공급군에서 가장 높았다. 사료 I과 III의 공급군에서 어체내 단백질과 지질함량은 사료 II의 공급군에 비해 단백질함량은 낮고 지질의 함량은 높은 것으로 나타났다. Takeda et al. (1975)의 방어에 관한 연구결과에서는 에너지 / 단백질비가 약 9인 사료의 단백질이용효율이 가장 높게 나타났으며, 적정 에너지 / 단백질비를 초과하여 에너지 / 단백질비가 증가함에 따라 어체내 단백질 함량은 감소하고 지질 함량은 증가하였는데 본 실험결과도 동일한 경향이었다. 이는 사료내 에너지 / 단백질비의 불균형에 의해 어체내에 지질함량이 증가되고 단백질 함량이 감소한 것으로 여겨진다. 따라서 본 실험에서 사료 II

가 생리학적인 측면에서 대사율변화와 영양학적인 측면에서 단백질이용효율을 관찰한 결과 가장 적합한 것으로 사료된다.

이러한 결과들은 조피볼락 사료내 적정단백질량에 관한 연구결과로서 Ikehara and Nagahara (1980)의 41%와 Lee et al. (1993a)의 40%의 단백질량이 적정 단백질 요구량이라는 결과를 더욱 뒷받침해주고 있다.

요 약

일정한 에너지를 함유한 사료내의 에너지 / 단백질의 비를 11.5, 8.7, 7.0으로 각각 다르게 제조한 사료를 조피볼락, *S. schlegelii*의 치어에 공급시킨 후 24시간동안 2시간 간격으로 산소소비율과 암모니아 질소배설률을 측정하고 어체를 분석하여 이들에 미치는 사료내 에너지 / 단백질비의 영향을 알아보았다.

사료 I, II, III을 각각 공급시킨 실험군의 평균산소소비율은 각각 0.93 ± 0.02^a , 0.92 ± 0.02^a , 1.30 ± 0.03^b ml O₂/g/h이었다. 즉, 사료 III 공급군의 평균산소소비율이 다른 사료공급군에 비해 유의하게 높았다.

사료 공급후 24시간동안 평균 암모니아 질소배설률은 사료내 에너지 / 단백질비가 증가함에 따라 증가하였으며, 사료 I, II, III의 공급군에서 평균 암모니아 배설률은 각각 9.14 ± 0.39^a , 12.41 ± 0.53^b , 14.89 ± 0.55^c µg N/g/h로 나타났고 각 실험군간의 평균암모니아 배설률값들은 모두 유의한 차를 보이고 있다 (P<0.05).

어체내 단백질 함량은 사료 II의 공급군에서 62.2%로 가장 높게 나타났으며, 사료 I, II 공급군에 비해 유의하게 높았다 (P<0.05). 그리고 체내 지질 함량은 사료 II의 공급군에서 16.0%로 가장 낮게 나타났고, 사료 I의 공급군에서는 23.2%로 가장 높게 나타났다. 회분함량은 에너지 / 단백질비가 낮아짐에 따라 약간씩 증가하며 탄수화물 함량은 사료 I에서 5.51%로 가장 높게 나타났다. 그러나 지질, 회분 및 탄수화물의 함량은 사료 I, II, III의 공급군간에 유의한 차이는 없었다 (P>0.05). 따라서 본 실험에서는 사료 II가 생리학적인 측면에서 관찰한 결과 조피볼락 치어에 대해 가장 적합한 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- Austreng, E. and T. Refstie. 1979. Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. *Aquaculture*, 18, 145~156.
- Beamishi, F. W. H. and T. E. Medland. 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture*, 55, 35~42.
- Brett, J. R. and C. A. Zala. 1975. Daily pattern of nitrogen excretion and oxygen consumption of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under controlled conditions. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, 2479~2486.
- Chyung, M. K. 1977. The fishes of Korea. ILJISA, Seoul, 727pp.
- Degobbi, D. 1972. On the storage of seawater samples for ammonia determination. *Limnol. Oceanogr.*, 18(1), 146~150.
- Gallagher, M. L. and A. M. Matthews. 1987. Oxygen consumption and ammonia excretion of the American eel *Anguilla rostrata* fed diets with varying protein energy ratios and protein levels. *J. World Aqua. Soc.*, 18(2), 107~112.
- Garling, D. L., JR. and R. P. Wilson. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106, 1368~1375.
- Higashi, H., T. Kaneko, S. Ishii, I. Masuda and T. Sugihashi. 1964. Effect of dietary lipid on fish under cultivation— I. Effect of large amounts of lipid on health and growth rate of rainbow trout. *Bull. Jap. So. Sci. Fish.*, 30(9), 778~785.
- Ikehara, K., M. Nagahara, Y. Yamada and K. Naiki. 1980. Fundamental studies for establishing rockfish culture techniques— V. Feeding experiments on young rockfish, *Sebastes thompsoni* and *Sebastes schlegeli* during summer season. *Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 31, 57~63.
- Ikehara, K. and M. Nagahara. 1980. Fundamental studies for establishing rockfish culture techniques. VI. The protein digesting ability and the favourable contents of protein in diets for the rockfish *Sebastes schlegeli*. *Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 31, 65~72.
- Jobling, M. and P. S. Davies. 1980. Effects of feeding on metabolic rate, and the specific dynamic action in plaice, *Pleuronectes platessa* L. *J. Fish Biol.*, 16, 629~638.
- Kaushik, S. J. and A. de O. Teles. 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, 50, 89~101.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1990. Oxygen consumption and nitrogenous excretion of starved Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 56, 1891.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1991. Effect of feeding on nitrogen excretion of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 57, 2059~2064.
- Lee, D. J. and G. B. Putnam. 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.*, 103, 916~922.
- Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. M. Lee, and I. B. Kim. 1993a. Protein requirement of the Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 6(1), 13~27.
- 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(1), 29~46.
- Lovell, T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Auburn University, New York, 260 pp.
- Millikin, M. R. 1982. Effects of dietary protein concentration on growth, feed efficiency, and body composition of age-0 striped bass. *Trans. Ame. Fish. Soc.*, 111, 373~378.
- Millikin, M. R. 1983. Interactive effects of dietary protein and lipid on growth and protein utilization of age-0 striped bass. *Trans. Ame. Fish. Soc.*, 112, 185~193.
- Ogino, C., J. Y. Chiou and T. Takeuchi. 1976. Protein nutrition in fish—IV. Effect of dietary sour-

- ces on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42(2), 213~218.
- Ogino, C. 1980. Protein requirements of carp and rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46(3), 385~388.
- Omori, M. and T. Ikeda. 1976. Methods in marine zooplankton ecology, John Wiley & Sons, U. S. A., 173~209.
- Page, J. W. and J. W. Andrews. 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr., 103, 1339~1346.
- Pieper, A. and E. Pfeffer. 1980a. Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrates, proteins and fats by rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). Aquaculture, 20, 323~332.
- Pieper, A. and E. Pfeffer. 1980b. Studies on the effect of increasing proportions of sucrose of gelatinized maize starch in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) on the utilization of dietary energy and protein. Aquaculture, 20, 333~342.
- Ringrose, R. C. 1971. Calorie-to-protein ratio for brook trout (*Salvelinus fontinalis*). J. Fish. Res. Board Can., 28, 1113~1117.
- Shimeno, S., H. Hosokawa, M. Takeda and H. Kajiyama. 1980. Effects of calorie to protein ratios in formulated diet on the growth, feed conversion and body composition of young yellowtail. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46(9), 1083~1087.
- Shimma, Y. and H. Shimma. 1972. Application of imported Peru fish meal in fish feed—III Studies on lipids of rainbow trout fed on test diets. Bull. Fresh. Fish. Res. Lab., 22(1), 99~107.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in nature waters by the phenylhypochlorite method. Limnol. Oceanogr., 14, 799~801.
- Takeda, M., S. Shimeno, H. Hosokawa, H. Kajiyama and T. Kaisyo. 1975. The effect of dietary calorie-to-protein ratio on the growth, feed conversion and body composition of young yellowtail. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 41(4), 443~447.
- Takeuchi, T., T. Watanabe and C. Ogino. 1978a. Optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44(6), 683~688.
- Takeuchi, T., M. Yokoyama, T. Watanabe and C. Ogino. 1978b. Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44(7), 729~732.
- Takeuchi, T., T. Watanabe and C. Ogino. 1979. Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45(8), 983~987.
- Tytler, P. and P. Calow. 1985. Fish Energetics: New Perspectives. Croom Helm, London & Sydney, 349 pp.
- Wang, K. W., T. Takeuchi and T. Watanabe. 1985. Optimum protein and digestible energy levels in diets for *Tilapia nilotica*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51(1), 141~146.
- Winfree, R. A. and R. R. Stickney. 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. J. Nutr., 111, 1001~1012.
- Winberg, G. G. 1971. Methods for the estimation of production of aquatic animals. Academic Press, London and New York, 175 pp.
- Zeitoun, I. H., P. I. Tack, J. E. Halver and D. E. Ullrey. 1973. Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. J. Fish. Res. Board Can., 30, 1867~1873.

1994년 12월 20일 접수

1995년 7월 4일 수리