JOURNAL OF AQUACULTURE 7(2) : 97~107(1994) 韓國養殖學會誌 7(2) : 97~107(1994)

사료의 α-cellulose 함량이 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장, 사료 효율 및 체성분에 미치는 영향

이상민 · 이종윤

국립수산진흥원

Effects of Dietary α-cellulose Levels on the Growth, Feed Efficiency and Body Composition in Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Sang-Min LEE · Jong Yun LEE

National Fisheries Research and Development Agency, Kijang-up, Yangsan-gun, Kyongsangnam-do, 626-900, Korea

ABSTRACT

Experimental diets containing 5 different levels of α-cellulose (0%, 5%, 10%, 15% or 20%) were fed to juvenile Korean rockfish (20.5 g of initial mean weight) for 10 weeks to study their ability to utilize dietary α-cellulose.

Weight gain, feed efficiency, and protein and energy retention efficiency in the fish fed diets containing 0%, 5%, or 10% of α-cellulose were significantly higher than those in the fish fed diets containing 15% or 20% of α-cellulose ($P<0.05$). Whole body lipid content of the fish fed 10% α-cellulose diet were significantly higher than that of fish fed other diets ($P<0.05$). The results suggest that the optimum dietary fiber levels for Korean rockfish would be less than 10%.

서 론

섬유질은 cellulose, lignin, pentosan 등의 복합 다당류를 총칭하는 것으로, 사료를 약 산(1.25% H_2SO_4)과 약 알카리(1.25% NaOH)로 가열한 뒤 알콜과 에테르로 씻어낸 후의 잔존물 중 회분을 제한 것을 조섬유로 표시한다. 반추 동물 외의 척추 동물은 조섬유를 소화시키지 못하지만, 사료 중의 조섬유는 영양학적으로 매우 중요한 요소 중의 하나이다. 육상 동물의 경우, 음식물 중의 조섬유는 단백질 등의 다른 영양소 이용율을 감소시킨다고 보고되어 있다(Reinhold et al. 1976 ; Shan et al. 1982 ; Southgate and Durnin 1970 ; Walker 1975). 어류의 경우도 사료 중의 조섬유 함량이 증가될수록 성장 및 영양소 이용율 등이 감소된다는 결과가 발표되어 있으나(Anderson et al. 1984 ; Buhler and Halver 1961 ; Dioundick and Stom 1990 ; Hilton et al. 1983 ; Leary and Lovell 1975 ; Shiau et al. 1988), 그 연구가 제한적이다. 어류, 특히 해산어는 육식성이 강하므로 단백질 요구량이 높아 사료 제조시 단백질원의 비용이 사료 단가를 결정하는 중요한 요인이 된다. 이러한 단백질원의

비용을 절감시키기 위한 노력이 계속되고 있으며, 담수어(Dabrowski and Kozak, 1979 ; Murai et al. 1986, 1989 ; Takii et al. 1989 ; Viola et al. 1983, 1988 ; Wee and Shu 1989 ; Willson and Poe 1985) 뿐 아니라 해산어(李 등 1991)에 대해서도 단백질 대체원으로 식물성 단백원, 특히 대두박의 이용성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대두박 등의 식물성 원료에는 동물성 단백원에 비해 조섬유가 많이 함유되어 있다(NRC 1983). 이와 같은 조섬유는 사료 원료에 따라 그 함량이 다르고 사료에 함유되어 있는 영양소의 소화 흡수에 변화를 초래함으로 사료 조성시 및 사료원의 선정에 매우 주의해야 할 요인이 된다. 또한, 많은 연구자들은 소화되지 않는 섬유질의 특성을 이용하여 영양요구에 관한 연구의 실험 사료에 α-cellulose와 같은 섬유질을 영양소로써 보다는 filler로 첨가하고 있지만, 이 함량에 따른 부작용이 일부 어종 외에는 정확히 고려되지 않고 있어, 어종에 따른 그 적정 첨가량이 구명되어야 할 것으로 판단된다.

최근, 우리 나라 조피볼락 양식 생산량이 계속 증대되고 있으며, 이와 더불어 조피볼락의 영양요구에 관한 연구는 그간 계속 수행되어 오고 있지만(李 등 1993 a,b,c,d,e) 실용 사료 개발에 필요한 사료원의 선정이나 이용성에 대한 기초 자료가 없는 실정이다. 그래서 본 연구는 영양 연구용 실험 사료 제조와 실용 사료원의 선정에 기초 자료를 제공하기 위해 사료의 α-cellulose 함량에 따른 조피볼락의 성장, 사료 효율, 영양소 이용율 등을 조사하였다.

재료 및 방법

실험 사료

李 등(1993a,b,c,d)의 연구 결과를 토대로 단백질, 지질, 가소화 탄수화물(dextrin), 에너지 및 n-3 HUFA (highly unsaturated fatty acids) 함량이 조피볼락의 요구량에 맞도록 설계하여, α-cellulose 함량이 0, 5, 10, 15 및 20%가 되도록 5종류의 실험 사료를 제조하였다(Table 1). 사료의 α-cellulose 함량이 달라짐에 따라 에너지 함량을 같게 하기 위해 조피볼락의 탄수화물 이용성에 지장이 없는 범위 내에서 탄수화물원으로 dextrin과 이(1994)의 결과에 따라 지질원으로 오징어 간유와 대두유 함량을 조절하여 첨가하였다. 위와 같이 설계한 조성대로 사료 원료를 잘 혼합한 후, 원료 100 g 당 물 40 g을 첨가하여 moist pellet 제조기로 압출 성형하여(수분 약 33%) −30℃ 냉동고에 보관하였다.

실험어 및 사육 관리

실험어는 친어 한마리로 부터 동시에 산출한 치어를 사용하였으며, 실험 개시 2주 전부터 150 ℓ 원형 FRP 수조(수용적 100ℓ)에 2반복으로 임의 배치하여 실험 사료와 실험 수조에 순치시킨 후, 중간 크기(평균 체중 20.5 g) 30마리씩 선별 수용하여 10주간 사육 실험하였다. 먹이는 1일 체중의 2.0~2.5%(건물 기준) 준비하였다가 아침(09 : 30)과 저녁(16 : 00)에 나누어 2회 급여하고 남은 양을 잔량으로 계산하였다. 주수량은 분당 2ℓ로 조절하였다.

어체 측정은 3~4주 간격으로 측정 전일 절식시킨 후 MS222로 마취시켜 각 수조의 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험 개시시 및 종료시에 각 실험 수조에서 임의로 10미씩 추출하여 전어체의 일반 성분을 분석하기 위해 냉동 보관(−30℃) 하였다.

소화율 실험

산화크롬(Cr_2O_3)을 지표 물질로 하여 간접법으로 소화율을 측정하였다. 분 수집 장치는 Cho and

Table 1. Composition (%) of the experimental diets for the test of dietary α-cellulose on the growth, feed efficiency, and body composition of Korean rockfish

Ingredient Diets :	C−0	C−5	C−10	C−15	C−20
White fish meal[1]	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
Dextrin	28.0	21.0	14.0	7.0	0.0
Squid liver oil	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Soybean oil	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0
Vitamin mixture[2]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Mineral mixture[3]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sodium alginate	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
α-cellulose	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0
Nutrient content in dry matter					
Protein	47.0	46.3	46.7	45.8	45.5
Lipid	5.3	7.6	10.0	11.6	13.1
Fiber	1.3	5.8	10.8	15.5	20.4
Nitrogen free extract (NFE)	31.9	26.2	18.0	13.2	6.9
Ash	14.5	14.1	14.5	13.9	14.1
ME (kcal/100 g)[4]	354.9	355.4	354.2	350.1	343.4

[1] Contained 0.015% ethoxyquin.
[2] Halver (1957).
[3] H-440 premix NO.5 (mineral) (NAS, 1973).
[4] Metabolizable energy, based on 4.5 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid and 3 kcal/g NFE.

Slinger (1979)과 李 등 (1993d)이 사용하던 장치를 개조하여 사용하였다(Fig. 1).

사육 실험이 끝난 실험어를 분 수집 장치에 옮겨, 산화크롬을 0.5% 첨가한 실험 사료로 10일간 예비 사육 한 후 7일간 분을 수집하였다. 사료 급여는 실험 사육시의 방법과 동일하게 하였으며, 오후 5시경에 분 수집 장치 내의 사료 찌꺼기와 분을 완전히 제거하여, 다음날 오전 9시에 분 수집통에 침전된 분을 수집하였다. 수집된 분은 냉장실에서 여과지로 물을 제거한 후에, 동결 건조하여 산화크롬, 에너지 및 일반 성분을 분석하였다.

산화크롬은 Furukawa and Tsukahara (1966)의 방법에 따라 분석하였고, 외견상 소화율은 다음의 공식에 의하여 계산하였다.

$$\text{소화율}(\%) = \left(1 - \frac{\text{사료중의 } Cr_2O_3 \text{ 함량}}{\text{분중의 } Cr_2O_3 \text{ 함량}} \times \frac{\text{분중의 영양소 함량}}{\text{사료중의 영양소 함량}}\right) \times 100$$

성분 분석

사료, 분 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 Soxhlet 추출법(ether 추출법), 조회분은 직접회화법, 조섬유는 FIBERTEC SYSTEM (Tecator, Sweden)으로 각각 분석하였다(AOAC 1984). 어체의 총 에너지는 분석된 단백질과 지질 함량을 기준으로 각각 5.65 및 9.40 kcal/g을 곱하여 계산하고 섭취된 사료의 대사 에너지와 축적된 전어체의 총에너지를 기준으로 에너지 축적효율을 계산하였다(Shimeno et al. 1980 ; Takeda et al. 1975).

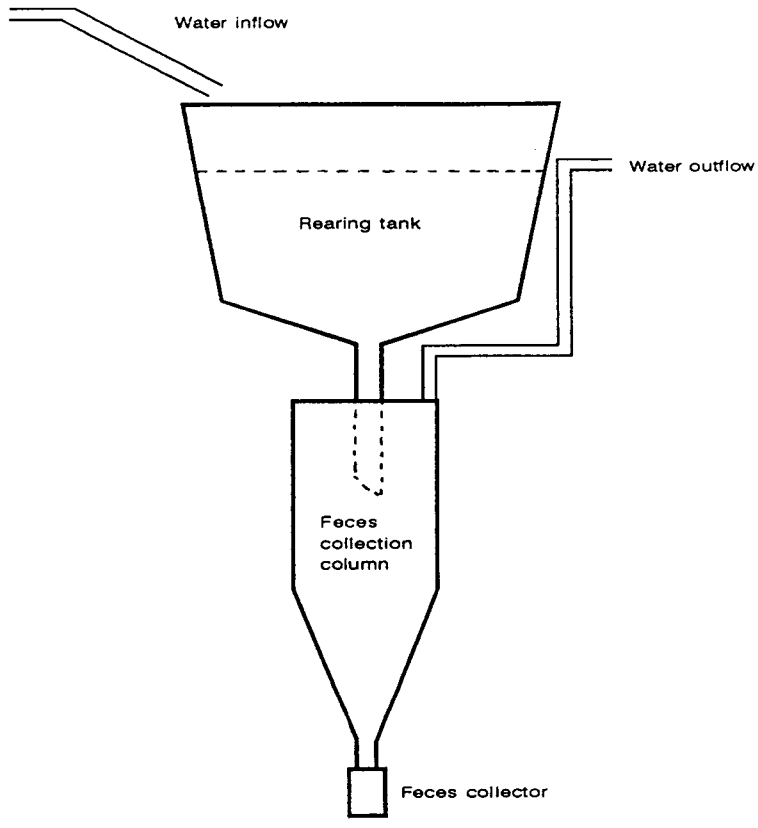

Fig. 1. The system of feces collection.

통계 처리

실험 결과는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

성장 효과

20 g 전후의 조피볼락을 10주간 사육한 결과(Fig. 2, Table 2), 최종 평균 체중, 증중율 및 사료 효율 모두 α-cellulose 10% 첨가구까지는 대조구(α-cellulose 0% 첨가구)와 유의한 차이없이($P \geq 0.05$) 양호한 결과를 보였으나, α-cellulose 15%와 20% 첨가구는 대조구보다 유의하게($P < 0.05$) 낮은 값을 보였다. 일간 사료 섭취율은 α-cellulose 함량이 15%와 20% 첨가구에서 유의하게 증가하는 경향을 보였다 ($P < 0.05$).

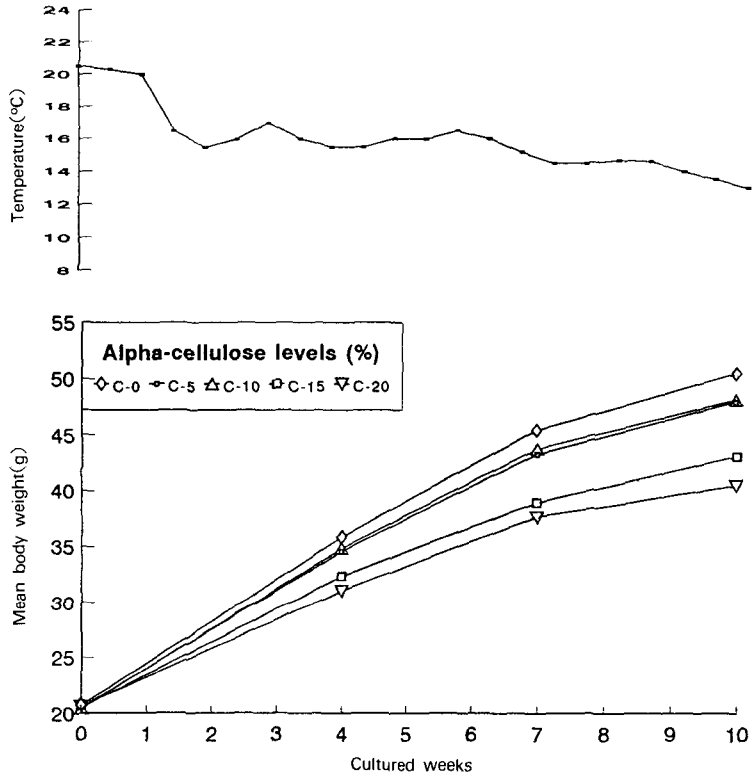

Fig. 2. The changes of water temperature and body weight of the Korean rockfish fed diet containing 5 different levels of α-cellulose.

Table 2. Performance of the Korean rockfish fed diets containing 5 different α-cellulose levels for 10 weeks[1]

Diets :	C−0	C−5	C−10	C−15	C−20	SEM[2]
Initial mean weight (g)	20.7[a]	20.5[a]	20.4[a]	20.5[a]	20.6[a]	
Final mean weight (g)	50.5[b]	48.0[b]	48.2[b]	43.1[a]	40.5[a]	0.86
Weight gain (%)[3]	144.2[b]	134.0[b]	136.9[b]	110.3[a]	96.2[a]	4.97
Feed efficiency (%)[4]	85.2[c]	83.4[c]	85.3[c]	66.9[b]	58.7[a]	2.00
Daily feed intake (%)[5]	1.96[b]	1.92[a]	1.89[a]	2.13[c]	2.21[d]	0.01
Daily protein intake (%)[5]	0.92[b]	0.89[a]	0.88[a]	0.87[c]	1.01[d]	0.005
Daily lipid intake (%)[5]	0.10[a]	0.15[b]	0.19[c]	0.25[d]	0.29[e]	0.001

[1] Values in same row having the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).
[2] Standard error of the mean : $\sqrt{MSE/n}$, $n=2$
[3] (Fish weight gain×100)/Initial fish weight.
[4] (Fish weight gain×100)/Feed intake.
[5] $\frac{[\text{Feed (or protein, or lipid) intake}\times 100]}{[(\text{Initial fish weight}+\text{final fish weight})/2]\times\text{days fed}}$

영양소 축적 효율

α-cellulose 10%까지 첨가구들의 단백질 축적 효율은 29.1~31%로 *α*-cellulose 15~20% 첨가구의 21.8~24.7%보다 유의하게 높은 값을 보였다(Fig. 3).

지질 축적 효율은 α-cellulose 함량이 증가할 수록 일정하게 유의차를 보이면서 감소하는 결과를 나타내었다($P<0.05$). 에너지 축적 효율 변화는 단백질 축적 효율 변화 경향과 유사하여 α-cellulose 0~10% 첨가구가 45.9~53.2%로 타실험구에 비해 높은 값을 유지하였다.

체성분

Table 3에 나타낸 바와 같이 전어체의 일반 성분 중 단백질과 회분 함량은 실험구별로 차이를 보이지 않은 반면, 지질 함량은 α-cellulose 10% 첨가구가 10.4%로 유의하게 가장 높은 값을 보였고, α-cellulose 0%와 20%구가 가장 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 수분 함량은 지질 함량 변화와 반대 경향을 보여 α-cellulose 10% 첨가구가 가장 낮은 값이었다.

Table 3. Results of proximate analysis (%) of the whole body of Korean rockfish fed diets containing 5 different levels of α-cellulose for 10 weeks[1]

Diets :	C−0	C−5	C−10	C−15	C−20	SEM[2]
Moisture	68.8[b]	68.6[ab]	67.8[a]	69.2[b]	69.3[b]	0.25
Protein	16.7[a]	17.3[a]	17.2[2]	16.9[a]	16.9[a]	0.17
Lipid	8.9[a]	9.8[b]	10.4[c]	9.3[ab]	8.7[a]	0.15
Ash	4.2[a]	4.3[a]	4.1[a]	3.9[a]	4.5[a]	0.12

[1,2] Refer to Table 2.

소 화 율

α-cellulose 함량에 따른 사료의 단백질 및 지질의 외견상 소화율은 각각 86.6~91.1% 및 86.0~96.3%로 나타나, 사료의 α-cellulose 함량이 증가할수록 다소 증가하는 경향을 보였으며, fiber 소화율은 −3.1~10.5%로 사료에 따른 특별한 변화 경향이 없었다.

고 찰

α-cellulose 10% 첨가구까지의 성장 및 사료 효율이 대조구와 같은 수준을 유지하는 것으로 보아, 조피볼락용 사료에는 α-cellulose가 10% 이하로 첨가되는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 조피볼락 1년어 (실험 자작시 75 g 전후, 실험 종료시 130 g 전후)의 경우(미발표)도 본 실험에서와 같이 α-cellulose 10% 첨가구 까지는 대조구와 유의한 차이가 없었다. 이 수준은 다른 어종과 비슷하거나 다소 높은 경향이다. 타어종의 경우를 살펴보면, α-celluloe 10% 첨가 사료를 먹은 참돔과 방어(Kono et al. 1987)는 성장이 저하되지 않아 본 실험의 조피볼락과 비슷하였고, 차넬메기(Leary and Lovell 1975)는 8% 이상에서, Chinook salmon (Buhler and Halver 1961)은 α-cellulose가 증가할수록 성장이 저하된다고 보고되어 있다. 또한, Hilton et al. (1983)은 무지개송어 사료에 α-cellulose를 10% 이하로 첨가할 것을 권장하였으며, Anderson et al. (1984)과 Dioundick and Stom (1990)은 틸라피아의 경우, 사료의 α-cellulose 10%에서는 성장이 저하되고 2.5~5%가 가장 적합한 수준이라고 보

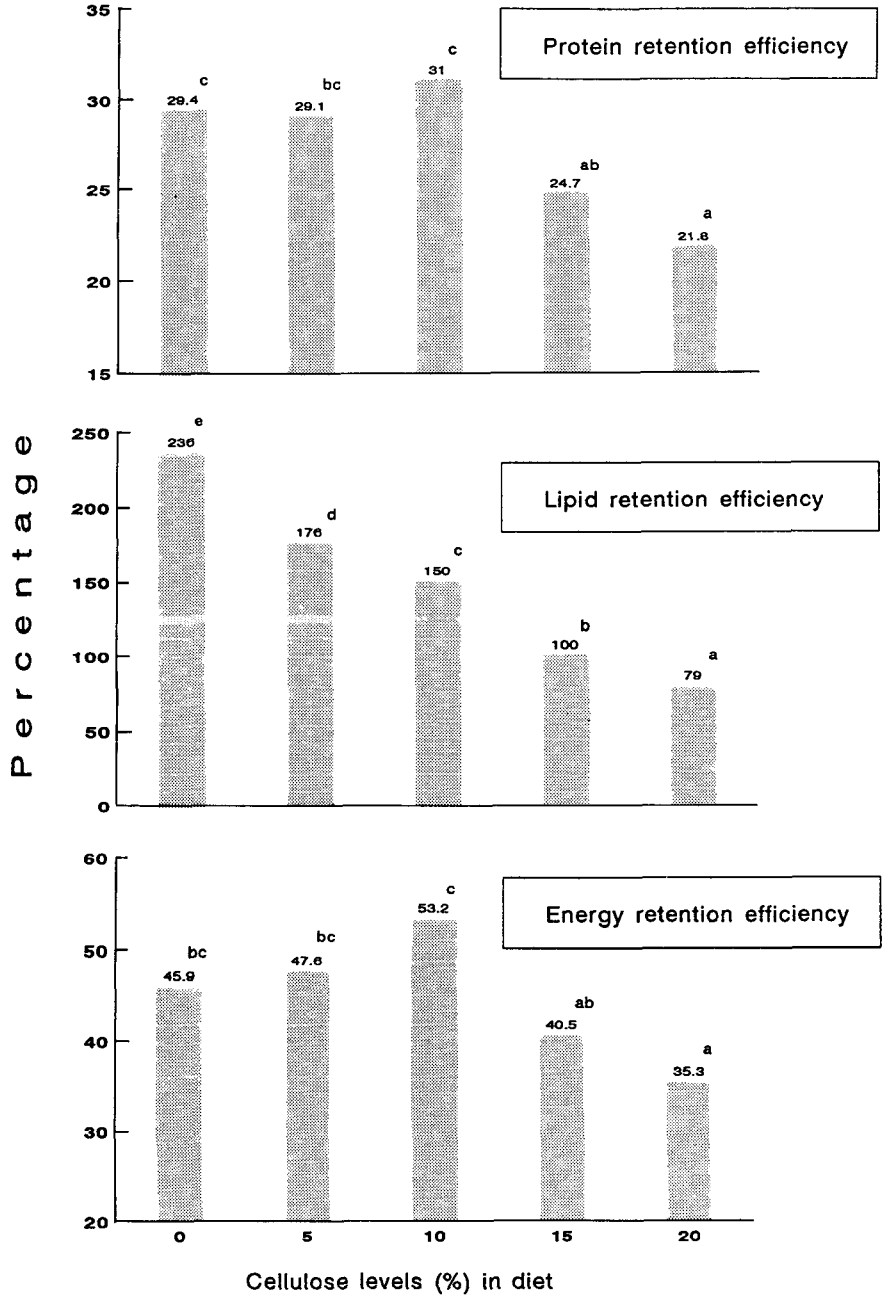

Fig. 3. Nutrient retention efficiency of the Korean rockfish fed diets containing 5 different levels of α-cellulose.

고하였다. 이와 같이 어느 수준 이상의 α-cellulose 함량은 영양소 이용율을 감소시키고, 결국 성장을 저하시키는 요인으로 작용한다. 따라서 실험 사료 설계시 영양소 조절을 위해 첨가되는 filler로써 α-cellulose 함량이 사전에 잘 고려되어야 할 것이며, 본 실험의 결과는 실험 사료용 사료 설계나 실용 사료원의 선정에 도움이 될 것으로 생각된다.

섭취된 영양소의 흡수는 장의 길이, 장 통과 시간 등에 영향을 받는다. 사료가 장에 머무는 시간이 짧을수록 소화, 흡수되는 시간이 적어지므로 결국 체내에 필요한 영양소와 에너지를 충분히 공급받을 수 없게 된다. 따라서 성장이 제대로 이루어질 수 없으며, 에너지가 부족하기 때문에 먹이 섭취 행동이 활발하여 사료 섭취량도 증가된다. 본 실험에서 α-cellulose 15% 이상 첨가 실험구의 먹이 섭취량이 α-cellulose 10%이하 첨가 실험구보다 유의하게 높았지만 성장은 오히려 낮은 경향을 보였다. 이러한 경향은 위에 언급한 바와 같이 과다의 α-cellulose 함량으로 인해 영양소가 충분히 흡수되지 못했기 때문으로 여겨진다. Hilton et al.(1983)은 fiber 함량이 높은 사료구의 무지개송어는 성장 저하와 함께 사료의 장 통과 시간이 줄어든다고 보고한 바 있다. 또한, 단백질 및 에너지 축적 효율이 성장 효과와 마찬가지로 α-cellulose 10% 첨가구까지가 유의하게 높은 것도 사료의 α-cellulose 함량 10%까지는 영양소 이용에 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 보인다. 대조구와 유의차는 없지만 오히려 α-cellulose 10% 첨가구에서 단백질 및 지질 축적 효율이 높고, 전어체의 지질 함량이 유의하게 높은 것으로 나타나 어느 정도의 α-cellulose 함량은 영양소 이용 효율을 증가시키는 효과가 있는 것으로 생각된다.

α-cellulose 15%이상 실험구의 성장 저하 원인을 다른 면에서 고려할 수 있는 것은 α-cellulose로 인한 사료 성형의 문제이다. 본 실험의 실험사료 조성에서 α-cellulose 첨가량이 증가될수록 dextrin 함량이 감소하고, 지질 함량이 증가되었기 때문에 사료 덩어리 결합력이 약해진 것으로 짐작된다. 이로 인해 공급된 사료가 물속으로 침강되는 속도가 늦어지고, 물속으로 사료 영양 성분의 용출 속도도 증가된 것으로 생각된다. 또한, 이와 관련하여 사료의 dextrin 함량이 성장에 영향을 미칠 가능성은 본 실험에서 배제되었는데, 본 종을 대상으로 이미 보고된 여러 실험 결과(李 등 1993a,c,d)들과 탄수화물에 관한 이용성 실험 결과(미발표)를 종합하여 보면, 사료의 탄수화물 함량이 28%까지는 성장에 별다른 영향을 미치지 않았다. 따라서 본 실험에서 실험 구간의 성장 차이는 dextrin 함량에는 영향을 받지 않았을 것으로 추정된다.

단백질 및 지질의 소화율은 α-cellulose 함량이 증가할수록 다소 증가하는 경향을 나타내어 예상했던 것과는 반대의 결과를 초래하였다. 이러한 결과는 아마도 사료의 α-cellulose 함량이 높아질수록 사료 성형과 관련하여 물과 접촉되는 부분이 증가됨으로서 먹이 섭취전이나 배설 후에 사료의 영양성분이 더 쉽게 용출되었기 때문으로 짐작된다. 일반적으로 소화율 측정 방법은 크게 직접법과 간접법으로 나누는데, 직접법은 분, 뇨, 아가미에서 배설되는 대사 산물을 모두 수집하여 분석해야 함으로 특별한 기구 등이 필요하다. 이와 함께 물고기의 특수한 환경으로 인해 직접법의 사용은 매우 제한되고 있다. 간접법으로는 산화크롬같은 것을 지표물질로 하여 소화율을 측정하는 방법인데 정확성에 관한 문제가 포함되어 있다. 간접법은 분을 수집하는 방법에 따라, 즉 장의 말단 부위를 압축하여 짜거나 절개하여 분을 채취(Smith and Lovell 1973), 또는 배설된 분을 물속에서 따로 수집통에 모아 수집하는 방법(Cho and Slinger 1979)으로, 이 두 방법 사이에는 소화율이 다소 차이가 있을 것이다. 본 실험에서는 어체 크기가 작아 장의 말단 부위에서 분석할 수 있는 양만큼 분을 수집하기가 힘들어 분을 충분히 수집하기 위해 후자의 방법을 응용하여 특별히 고안한 장치(Fig. 1)를 사용하여 분을 수집하여 소화율을 측정하였다. 본 실험에서와 같이 α-cellulose 함량이 높은 사료를 사용할 때에는 사료 뿐 아니라 분에도 소화되지 않는 섬유질이 다량 함유될 것이므로 수용성 영양

소의 용출이 많아질 것이다. 따라서 사료 섬유질 함량이 높은 사료의 경우 소화율을 측정할 때에는 보다 신중한 고려가 뒤따라야 할 것이다. 본 실험에서 α-cellulose 소화율은 0% 전후로 나타나 예상대로 조피볼락은 α-cellulose를 소화시키지 못한 것으로 판단된다. Kono et al.(1987)도 참돔, 방어, 및 뱀장어의 소화관 내에 cellulase가 없음을 밝혔다.

이상의 결과로 부터 조피볼락의 적정 성장을 위해서는 사료에 α-cellulose같은 섬유질이 10% 이하로 첨가되는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

요 약

사료의 α-cellulose 함량이 조피볼락의 성장, 사료 효율, 영양소 이용 효율 및 체조성에 미치는 영향을 조사하기 위해 20 g 전후의 조피볼락 치어를 대상으로 사료의 α-cellulose 함량이 0~20%가 되도록 총 5종의 실험 사료를 제조하여 10주간 사육 실험한 결과는 다음과 같다.

α-cellulose 함량 10% 첨가구까지는 대조구와 유의차없이 성장 및 사료 효율이 양호하였고, α-cellulose 15%이상 첨가 실험구들은 유의하게 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 일간 먹이 섭취량은 α-cellulose 15% 이상 첨가구에서 유의하게 높은 결과를 보였다($P<0.05$). 영양소 축적 효율 중 단백질 및 에너지 축적 효율은 α-cellulose 10% 첨가구까지 대조구와 유의차 없이 좋은 결과를 보인 반면, 지질 축적 효율은 α-cellulose 함량이 증가함에 따라 계속 감소하였다($P<0.05$). 전어체의 단백질 함량은 실험 구간별로 차이가 없었지만, 지질 함량은 α-cellulose 10% 첨가구에서 유의하게 높은 값을 보였다($P<0.05$).

참 고 문 헌

Aderson J., A. J. Jackson, A. J. Matty and B. S. Capper. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). Aquaculture 37 : 303~314.

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

Buhler, D. R. and J. E. Halver. 1961. Nutrition of salmonid fishes. IX. Carbohydrate requirements of chinook salmon. J. Nutr., 74 : 307-318.

Cho, C. Y. and S. J. Slinger. 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. pp. 239-248. In J. E. Halver and K. Tiews (editions), Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology. Hamburg, 20-23 June 1978, Vol. II, Berlin.

Dabrowski, K. and B. Kozak. 1979. The use of fish meal as a protein source in the diet of grass carp fry. Aquaculture 18 : 107-114.

Dioundick, O. B. and D. I. Stom. 1990. Effects of dietary α-cellulose levels on the juvenile tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). Aquaculture 91 : 311-315.

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

Furukawa, A. and H. Tsukahara. 1966. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 32 : 502-506.

Halver, J. E. 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. J. Nutr. 62 : 225-243.

Hilton, J. W., J. I. Atkinson and S. J. Slinger. 1983. Effect of increassed dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40 : 81-85.

Kono, M., T. Matsui and C. Shimizu. 1987. Effect of chitin, chitosan, and cellulose as diet supplements on the growth of cultured fish. Nippon Suisan Gakkaishi 53 : 125-129.

Leary, D. F and T. Lovell. 1975. Value of fiber in production-type diet for channel cafish. Trans. Am. fish. Soc. 104 : 328-332.

Murai, T., H. Ogata, P. Kosutark and S. Arai. 1986. Effects of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. Aquaculture 56 : 197-206.

Murai, T., Wang Daozum and H. ogata. 1989. Supplementation of methionine to soy flour diets for fingerling carp, *Cyprinus carpio.* Aquaculture 77 : 373-385.

NAS (National Academy of Sciences). 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. NAS, Washington, D. C. 50pp.

National Research Council (NRC). 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Academy Press, Washington, D. C., 102 pp.

Reinhold, J. G., B. Faradgi, P. Abadi and F. Ismil-Beigi. 1976. Decreased absorption of Ca, Mg, Zn and P by humans due to increased fiber and phosphorous consumption from wheat bread. J. Nutr. 106 : 493-503.

Shah, N., M. T. Atallah, R. P. Mahoney and P. L. Pellet. 1982. Effect of dietary fiber components of fecal nitrogen excretion and protein utilization in growing rats. J. Nutr. 112 : 658-666.

Shiau, S. Y., H. L. Yu, S. Hwa, S. Y. Chen and S. L. Hsu. 1988. The influence of carboxymethylcellulose on growth digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia. Aquaculture 70 : 345-354.

Shimeno, S., H. Hosokawa, M. takeda and H. Kajiyama. 1980. Effects of calorie to protein ratio in formulated diet on growth, feed conversion and body composition of young yellowtail. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 49 : 1083-1087.

Smith, B. W. and R. T. Lovell. 1973. Determination of appartent protein digestibility in feeds for channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 102 : 831-835.

Southgate, D. A. T. and J. V. G. A. Durnin. 1970. Caloric conversion factors. An experimental reassessment of the factor used in the calculation of the energy value of human diets. Br. J. Nutr. 24 : 517-535.

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 : 443-447.

Takii, K., S. Shimeno, M. Nakamura, Y. Itoh, A. Obatake, H. Kumai and M. Takeda. 1989. Evaluation of soy protein as a partial substitute for fish meal protein in practical diet for yellowtail. In M. Takeda and T. Watanabe (editors), The current status of fish

nutrition in aquaculture, The Proceedings of the Third International Symposium of Feeding and Nutrition in Fish, Aug. 28-Sep. 1, 1989, Taba, Japan, pp.281-288.

Viola, S., S. Mokedy and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture 32 : 23-38.

Viola, S., Y. Arieli and G. Zohar. 1988. Animal-protein-free feeds for hybrid tilapia (*O. niloticus*×*O.aureus*) in intensive culture. Aquaculture 75 : 115-125.

Wee, K. L. and S. W. Shu. 1989. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tiaplia. Aquaculture 81 : 303-312.

Willson, R. P. and W. E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catifish. Aquaculture 46 : 19-25.

Walker, A.R.P., 1975. Effect of high crude fiber intake on transit time and absorption of nutrients in South African negro school children. Am. J. Clin. Nutr. 28 : 1161-1169.

이상민. 1994. 사료 지질원으로 우지, 대두유 및 오징어 간유 첨가에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화와 절식시 체내 대사. 韓國養殖學會誌. 7 : 63-76.

李尙旻・李鍾允・姜龍珍. 1991. 방어 飼料 蛋白質 代替源으로서의 大豆粕 添加效果, 수진연구보고 45 : 247-257.

이상민・이종윤・강용진. 1993. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량과 사육 수온에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. 수진연구보고 48 : 107-124.

李尙旻・李鍾允・姜龍珍・許聖範. 1993a. 飼料의 n-3系 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 成長 및 生化學的 變化 Ⅰ. 成長效果 및 體成分의 變化. 韓國養殖學會誌. 6 : 89-105.

李尙旻・李鍾允・姜龍珍・尹好東・許聖範. 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3系 高度不飽和脂肪酸 要求量. 韓國水產學會誌. 26 : 477-492.

李鍾允・姜龍珍・李尙旻・金仁培. 1993c. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 蛋白質 要求量. 韓國養殖學會誌. 6 : 13-27.

李鍾允・姜龍珍・李尙旻・金仁培. 1993d. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 飼料의 適正 에너지/蛋白質 比. 韓國養殖學會誌. 6 : 29-46.