

배합사료 급여 횟수가 조피볼락의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향

이상민 · 김성희 · 전임기 · 김선명 · 장영진*

국립수산진흥원, *부경대학교

Effects of Feeding Frequency on Growth, Feed Efficiency and Body Composition of Juvenile Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Sang-Min Lee, Seong-Hi Kim, Im-Gi Jeon,
Sun-Myoung Kim, and Young Jin Chang*

National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 619-900, Korea

*Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A 15-week feeding experiment was conducted to determine the effects of feeding frequency from 2 different formulated diets on growth, feed efficiency and body composition in juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Duplicate groups of the 30 fish averaging 25 g were fed the control diet containing 58% fish meal and the experimental diet containing 40% fish meal, 10% meat meal, 3% corn gluten meal, 3% soybean meal, and 3% blood meal as protein sources at different feeding frequencies of 2 times daily, once a day in the morning or afternoon, once in 2 days, or given no food.

Growth and feed efficiency of the fish were affected by diets ($P < 0.05$), whereas these values were unaffected by feeding frequencies ($P > 0.05$). Feed intake (% of body wt.) of the fish fed once in 2 days was lower than that of the fish fed 2 times daily and once a day ($P < 0.05$). Moisture, protein, lipid and ash contents of liver and muscle were not influenced by different diets and feeding frequencies ($P > 0.05$). These results indicate that once a day or once in 2 days feeding regimen must be more effective and economical than that of 2 times daily for juvenile Korean rockfish.

Key words : Rockfish, Feeding frequency, Growth, Body composition, Diet

서론

어류 양식에 있어 사료는 양식장 환경, 질병과 함께 기본적으로 고려되어야 할 요인이다. 양식장 환경이나 질병은 양식 기간 중에 인위적으로 쉽게 조절되지 않지만, 사료공급은 양식 경영가가 적절히 선택하여 조절할 수 있으므로 양식 성공의 key가 될 수 있는 중요한 변수이다. Brown (1957)과 Smith (1935)도 이러한 외부 의존적

인 변수들 중에서 어류의 체내 대사와 성장에 영향을 미치는 가장 큰 요인은 먹이라고 지적하고 있다. 또한, 사료는 양식생산 단가의 매우 높은 비율을 차지하고 있으므로 양식생산에 소요되는 비용을 최소화시키는 것이 효율적인 양식을 위해서는 무엇보다 먼저 고려되어야 한다. 이처럼 효율적인 양식 생산성을 유지하기 위해서 대상 양식어종에 사용되는 사료는 가격이 저렴하면서도 적절한 사료효율과 성장이 보장되어야 하며, 사

료공급체계를 설정하는 것이 매우 중요하다. 배합사료의 품질은 사료제조회사에 의존적이지만, 사료의 공급체계는 양식장의 환경이나 양어가들에 따라 달라질 가능성이 높다. 즉, 과잉의 사료를 공급하는 것은 어체내 에너지 대사의 비효율성 및 사료유실로 인한 경제적 손실과 수질오염원을 증가시키고, 반대로 사료를 부족하게 공급하는 것은 어류의 성장을 지연시키므로 대상어류의 소화능력 등을 고려하여 최적 성장에 필요한 양만큼의 영양소를 공급하여 사료에 소요되는 비용을 최소화시켜야 할 것이다.

최근 우리 나라 해산어 양식은 넙치와 조피볼락이 주종을 이루고 있고, 이 중에서 조피볼락은 저온에 강하고(이 등, 1993f), 딱딱한 건조 pellet도 생사료 못지 않게 잘 받아먹고 성장하므로(이와 전, 1996b), 지속적인 양식 대상종으로서의 개발 가치가 높은 종으로 판단된다. 하지만 현재 해산어 양식을 담당하고 있는 양어가들은 아직까지 생사료 위주의 먹이를 선호하고 있어, 체계적이고 지속적인 양식산업 발전에 걸림돌이 되고 있다. 그래서 이러한 문제점을 해결하기 위해 조피볼락의 영양요구에 관한 연구(이 등, 1993a, b, c, d, e.; 이와 이, 1994; Lee and Lee, 1994; 박과 이, 1996; 이와 김, 1996) 결과들을 바탕으로 조피볼락의 성장 및 대조사료 평가(이 등, 1995a, b), 사료의 어분 단백질 평가(이 등, 1996a), 대체단백원의 이용성(이 등, 1996b; 이와 전, 1996a; 이와 류, 1996) 및 건조사료의 평가(이와 전, 1996b)에 대해 연구되어 왔다. 또한, 이 등(1996c, d, e), 이와 이(1996)와 이와 전(1996c)은 값싼 배합사료 개발을 위하여 식물성 및 동물성 단백질의 혼합 첨가효과를 조사하여 사료단가를 낮출 수 있다고 보고하였다. 이러한 연구들은 조피볼락이 요구하는 영양소가 사료에 균형있게 배합되고, 경제적인 배합사료를 개발하는데 기초적인 자료가 되고 있다. 사료의 영양소 이용율은 어종, 사료의 품질, 사료급여량, 사료급여 횟수 및 사육환경에 따라 달라질 수 있다고 판단된다. 따라서 본 실험에서는 이미

수행된 실험을 바탕으로 품질이 다른 2종류의 사료를 건조 pellet 형태로 제조하여 먹이급여 횟수에 대하여 그 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

실험사료

Table 1에 표시한 바와 같이 단백질원으로 북양어분을 57.7% 첨가한 사료를 대조구(D-1)로 하고, 실험사료(D-2)는 이와 전(1996c)의 실험에서 사용된 실험사료중 대체로 성적이 좋았던 사료 4의 조성, 즉 육분, 콘글루텐 밀, 대두박 및 혈분으로 어분을 30% 대체한 실험사료를 선정하였다. 두 사료 모두 이 등(1993a)의 보고에 따라 단백질과 지질 함량이 각각 43%와 8% 전후가 되도록 하였으며, 지질원으로 오징어유를 첨가하여 필수지방산인 n-3HUFA 함량이 사료의 1% 이상(Lee et al., 1994) 되도록 설계하였다. 그 외 사료성분, 사료제조 및 보관은 앞 실험(이와 전, 1996c)과 동일하게 하였다.

실험어 및 사육관리

실험어는 동일 친어로부터 산출된 치어를 2 ton FRP 사각수조에서 이 등(1996c)과 같은 방법으로 예비 사육하다가 건강한 실험어들(평균체중 25 g)을 선별하여 실험수조(100 l FRP)에 30마리씩 2 (diet) × 4 (feeding regimen) × 2 (replication) factorial design으로 수용하였다. 사료급여 횟수는 두 사료에 대하여 각각 1일 2회(09:30, 16:00), 1일 오전에 1회(09:30), 1일 오후에 1회(16:00) 및 2일 오전에 1회(09:30)로 하였고, 절식 실험수도 설정하였다. 최초 어체의 성분분석용으로 30마리를 무작위로 표본 추출하여 냉동보관(-70°C)하였다. 고압모래여과 장치로 여과된 자연해수를 각 실험수조마다 5 l/min씩 유수시켰고, 사육기간 중의 수온은 11.0~16.5°C(평균 13.6°C)로 조피볼락의 적정 성장범위(이 등, 1993f, 1995a, b)였다. 사육실험은 15주간 실시하였으며, 사료공급은 횟수별로 급여할 때

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Diets :	D-1	D-2
White fish meal ¹		57.7	25.5
Brown fish meal ²			15.0
Meat meal			10.0
Corn gluten meal			3.0
Soybean meal			3.0
Blood meal			3.0
Starch		2.0	2.0
Wheat flour		28.9	30.2
Squid oil ³		4.0	4.0
Yeast		3.0	
Vitamin premix ³		1.9	1.8
Mineral premix ³		2.3	2.3
Enzyme mix ⁴		0.2	0.2
Proximate analysis (dry matter basis)			
Protein		41.0	45.0
Lipid		8.2	7.7
N-free extract ⁵		33.1	32.7
Fiber		1.6	1.9
Ash		16.1	12.7

¹Produced by steam dry method.

²Imported from Peru.

³Provided by Kumseong Feeds Co., Pusan, Korea.

⁴Kemin Industries, Inc., Singapore.

⁵Calculated by difference.

마다 반복에 가깝도록 손으로 던져주었다. 실험 시작시부터 5주 간격으로 각 실험수조에 수용된 실험어 전체무게를 MS₂₂₂ 100 ppm에 마취시켜 측정하였고, 실험 종료시에는 각 실험수조마다 20마리씩 sample하여 냉동보관(-70℃)하다가 근육, 간 및 내장(간 제외)을 분리하여 성분분석하였다.

성분분석 및 통계처리

사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 분석하였고, Nitrogen-free extract (NFE)는 100-(수분+조단백질+조지방+조섬유+조회분)의 식으로 계산하였다.

결과의 통계 처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc.,

1993) program을 사용하여 검정하였는데, 사육기간중의 평균체중 변화는 사료와 급여 횟수에 따른 전체적인 경향을 비교하기 위해 D-1과 D-2를 동시에 통계처리하였으며, 실험 종료 후의 결과들은 사료별로 각각 급여 횟수에 대해서 유의성을 조사하였다. 또한, 사료급여 횟수가 동일할 때 사료에 따른 영향을 조사하기 위해 두 사료간의 결과에 대하여 t-test를 실시하였다.

결 과

조성이 다른 2 종류의 배합사료로 평균체중 25 g의 조피볼락 치어를 15주간 사육실험한 결과, Fig. 1에 표시한 바와 같이 실험사료와 사료급여 횟수에 따라 성장속도가 차이를 보였다. 이 중에서 D-1 (대조사료)로 1일 2회와 1일 1회(오전, 오

후) 급여한 실험구가 성장이 빨랐고, D-2 사료를 1일 2회, 1일 1회(오전) 및 2일 1회 급여한 실험구의 성장이 가장 낮았다($P < 0.05$).

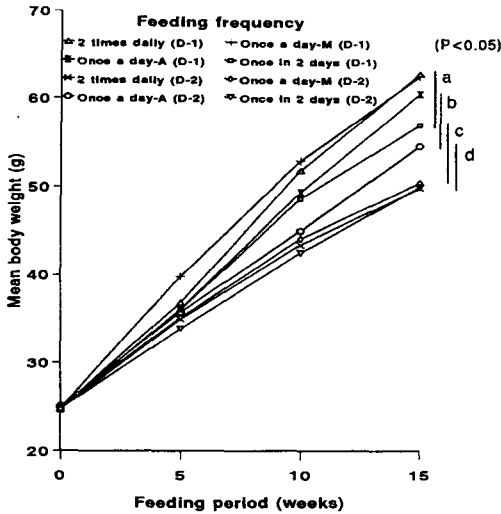


Fig. 1. Growth of Korean rockfish fed the experimental diets at different frequencies for 15 weeks.

실험사료별 급여 횟수에 대한 결과를 Table 2에 표시하였는데, 두 사료 모두 사료효율, 증체율, 단백질효율 및 내장중량비(VSI)는 사료급여 횟수에 따른 유의차가 없었으나($P > 0.05$), D-1의 경우 증체율이 2일 1회 급여한 실험구가 1일 2회와 1일 1회(오전) 급여구보다 수치상으로 낮은 값을 보였다. 두 사료에서 절식구의 체중은 실험 시작시에 비해 16~19% 감소되었다. 두 사료 모두 일일 사료, 단백질 및 지질 섭취율은 1일 2회와 1일 1회 급여구간에서 서로 유의적인 차이가 없었고, 2일 1회 급여구는 1일 2회 급여구보다 모두 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). D-1 급여구의 간중량비(HSI)는 사료급여 횟수에 영향을 받지 않았으나, D-2 급여구에서는 1일 2회 급여구가 가장 높았다($P < 0.05$).

급여 횟수가 동일할 때 두 사료간의 결과를 t-test로 유의성을 검정한 결과, 증체율은 1일 오전에 1회, 일일사료섭취율과 일일지질섭취율은

1일 2회 사료급여구에서 유의적으로 대조구가 높게 나타났고($P < 0.05$), 그 외에서는 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). Table 3에서와 같이 사료별, 급여 횟수별로 Two-way ANOVA를 실시한 결과, 사료에 따라서는 성장효과가 차이를 보였으나, 사료급여 횟수에는 사료섭취율외에는 영향을 받지않았다($P > 0.05$).

실험 시작시 및 종료시의 사료별, 어체 부위별 일반성분 분석결과를 Table 4와 5에 나타내었다. 두 사료 모두 간의 수분 및 단백질 함량은 실험 시작시에 비해 종료시 모두 감소하였고, 절식구는 오히려 증가하여 실험 종료시 타 실험구보다 유의하게 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 지질 함량은 실험 시작시에 비하여 두 사료 모두 실험 종료시에 증가하였고, 절식구는 현저히 감소하여 타 실험구에 비해 유의차를 보였다($P < 0.05$). 회분 함량은 두 사료에서 모두 사육실험 전후에 큰 차이가 없었으며, 절식구가 높은 것 외에는 실험구간에 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$).

D-1 사료의 내장(간 제외) 수분 함량은 사육 실험 시작시에 비해 종료시에 감소하였으며, D-2 사료에서는 사육실험 전후에 특별한 차이가 없었고, 두 사료 모두 실험구간에는 유의차가 없었다($P > 0.05$). 단백질과 회분 함량은 두 사료 모두 실험 전후에, 실험 종료시의 전 실험구간에서 서로 차이가 없었다($P > 0.05$). 지질 함량은 D-1 사료에서 실험 시작시에 비하여 전 실험구간에서 증가하였으나, D-2 사료에서는 1일 1회(오후)와 2일 1회 사료 섭취구에서 감소하였고, 두 실험 모두 실험구간에는 유의차가 없었다($P > 0.05$).

근육의 수분 함량은 두 사료 모두 사육실험 전에 비해 사육실험 후에는 감소하였고, 절식구에서는 증가하여 타 실험구보다 유의하게 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 단백질과 회분 함량은 두 사료 모두 사육실험 전후에 큰 차이는 없었고, 절식구에서는 실험 종료시에 단백질 함량이 감소하여 타 실험구보다 유의하게 낮았다($P < 0.05$). 실험 종료시의 지질 함량은 시작시에 비해 두 사료 모두에서 증가하였으며, 절식구에는 감소

Table 2. Growth performance of the juvenile Korean rockfish fed control (D-1) and experimental (D-2) diet at different frequencies for 15 weeks¹

	Diets	Feeding frequency			Starvation	
		2 times daily	Once a day			Once in 2 days
			Morning	Afternoon		
Feed efficiency (%)	D-1	55.1±0.01 ^a	60.1±4.38 ^a	58.0±2.97 ^a	64.4±4.59 ^a	
	D-2	45.4±6.57 ^a	48.9±7.91 ^a	52.8±1.34 ^a	56.1±3.88 ^a	
	P-value ⁴	0.2	0.2	0.2	0.2	
Weight gain (%)	D-1	154±2.4 ^a	153±3.7 ^a	146±10.6 ^a	130±6.9 ^a	-19
	D-2	102±21.2 ^a	102±9.3 ^a	118±10.1 ^a	102±8.9 ^a	-16
	P-value ⁴	0.08	0.02	0.1	0.07	
Daily feed intake (%)	D-1	1.75±0.02 ^b	1.56±0.07 ^{ab}	1.62±0.15 ^b	1.35±0.04 ^a	
	D-2	1.65±0.01 ^b	1.52±0.01 ^b	1.51±0.03 ^b	1.27±0.02 ^a	
	P-value ⁴	0.02	0.6	0.4	0.1	
Daily protein intake (%)	D-1	0.73±0.01 ^b	0.66±0.03 ^{ab}	0.67±0.06 ^b	0.56±0.01 ^a	
	D-2	0.74±0.01 ^b	0.68±0.05 ^b	0.68±0.01 ^b	0.57±0.01 ^a	
	P-value ⁴	0.1	0.6	0.9	0.4	
Daily lipid intake (%)	D-1	0.14±0.001 ^b	0.13±0.006 ^b	0.13±0.013 ^{ab}	0.11±0.003 ^a	
	D-2	0.13±0.001 ^b	0.12±0.009 ^b	0.12±0.002 ^b	0.10±0.001 ^a	
	P-value ⁴	0.005	0.3	0.3	0.04	
Protein efficiency ratio	D-1	1.33±0.01 ^a	1.45±0.11 ^a	1.40±0.08 ^a	1.55±0.11 ^a	
	D-2	1.01±0.15 ^a	1.09±0.18 ^a	1.17±0.03 ^a	1.25±0.09 ^a	
	P-value ⁴	0.09	0.1	0.06	0.1	
HSI ²	D-1	4.15±0.16 ^b	3.96±0.24 ^b	4.61±0.07 ^b	4.23±0.50 ^b	0.94±0.06 ^a
	D-2	4.07±0.09 ^c	3.62±0.08 ^b	3.51±0.23 ^b	3.70±0.13 ^{bc}	0.93±0.19 ^a
	P-value ⁴	0.6	0.2	0.02	0.3	
VSI ³	D-1	8.47±0.23 ^a	8.49±0.21 ^a	8.47±0.66 ^a	8.64±0.45 ^a	
	D-2	8.95±0.19 ^a	8.59±0.27 ^a	8.39±0.25 ^a	8.65±0.95 ^a	
	P-value ⁴	0.2	0.7	0.9	1.0	

¹Values (mean±s.d. of replications) in the same row having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

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

³Visceralsomatic index : viscera wet wt. (g)×100/body wet wt. (g).

⁴P-value from t-test between control (D-1) and experimental (D-2) diet.

Table 3. Two-way ANOVA analysis for performance of the juvenile Korean rockfish fed the control (D-1) and experimental (D-2) diet at different frequencies for 15 weeks

	Diet	Frequency	Interaction
Final mean weight (g)	P<0.001	NS	NS
Feed efficiency (%)	P<0.005	NS	NS
Weight gain (%)	P<0.001	NS	NS
Daily feed intake (%)	P<0.05	P<0.001	NS
Protein efficiency ratio	P<0.001	NS	NS
Hepatosomatic index	P<0.002	NS	NS
Visceralsomatic index	NS	NS	NS

NS : not significant.

하여 타 실험구보다 낮은 값을 보였다(P<0.05).

위와 같이 간, 내장 및 근육의 일반성분이 두 사료 모두 사료섭취구들은 실험구간에 서로 차이를 보이지 않았으며(P>0.05), 사료별로 급여 횟수에 대한 효과를 t-test로 유의성을 검정한 결과도 성분별로 사료간에 유의차를 보이지 않았다. 또한, Table 6에서와 같이 사료별, 급여 횟수별로 Two-way ANOVA를 실시한 결과, 내장의 일반성분은 사료에 따라서 차이를 보였고, 내장의 단백질 함량은 사료급여 횟수에 영향을 받았지만, 이외 부위별 일반성분은 사료종류나 급여 횟수에 특별한 영향을 받지않았다(P>0.05).

Table 4. Chemical composition (%) of the liver, viscera and dorsal muscle from the juvenile Korean rockfish fed control diet at different frequencies for 15 weeks¹

Feeding frequency	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Liver				
Initial	66.2	11.0	15.1	1.1
2 times daily	58.9±2.32 ^a	9.7±0.48 ^a	17.9±2.10 ^a	1.2±0.18 ^a
Once a day (morning)	57.3±0.41 ^a	9.2±0.52 ^a	18.3±1.11 ^a	1.1±0.04 ^a
Once a day (afternoon)	57.1±0.59 ^a	9.1±0.31 ^a	17.5±2.23 ^a	1.1±0.05 ^a
Once in 2 days	58.2±2.09 ^a	8.8±0.60 ^a	19.0±1.65 ^a	0.9±0.06 ^a
Starvation	77.1±0.08 ^b	14.9±0.20 ^b	4.2±0.95 ^b	1.5±0.04 ^b
Viscera				
Initial	67.4	11.8	19.7	1.0
2 times daily	49.2±5.40 ^a	10.3±0.85 ^a	31.2±4.43 ^a	0.9±0.04 ^a
Once a day (morning)	53.8±3.57 ^a	10.2±0.08 ^a	29.9±2.11 ^a	0.8±0.09 ^a
Once a day (afternoon)	58.7±4.03 ^a	10.1±0.77 ^a	28.0±8.47 ^a	0.9±0.06 ^a
Once in 2 days	58.4±4.82 ^a	11.3±0.63 ^a	25.7±5.57 ^a	0.9±0.01 ^a
Dorsal muscle				
Initial	77.3	20.0	1.3	1.4
2 times daily	76.0±0.79 ^a	20.0±0.10 ^b	2.3±0.08 ^a	1.1±0.50 ^a
Once a day (morning)	75.0±1.01 ^a	20.7±0.08 ^c	2.5±0.23 ^a	1.4±0.01 ^a
Once a day (afternoon)	74.4±0.14 ^a	20.3±0.14 ^{bc}	2.5±0.13 ^a	1.3±0.04 ^a
Once in 2 days	75.1±0.07 ^a	20.3±0.02 ^{bc}	2.2±0.91 ^a	1.4±0.09 ^a
Starvation	80.2±0.11 ^b	17.9±0.39 ^a	0.5±0.87 ^b	1.4±0.06 ^a

¹Values (mean±s.d. of replications) in the same column having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 5. Chemical composition (%) of the liver, viscera and dorsal muscle from the juvenile Korean rockfish fed experimental diet at different frequencies for 15 weeks¹

Feeding frequency	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Liver				
Initial	66.2	11.0	15.1	1.1
2 times daily	60.5±0.44 ^a	8.7±0.53 ^a	17.0±2.65 ^a	1.0±0.25 ^a
Once a day (morning)	59.8±1.81 ^a	9.4±0.20 ^a	18.2±1.10 ^a	1.1±0.10 ^{ab}
Once a day (afternoon)	60.2±0.42 ^a	9.1±0.01 ^a	18.2±0.09 ^a	1.1±0.19 ^{ab}
Once in 2 days	56.8±1.57 ^a	9.0±0.44 ^a	20.8±1.09 ^a	1.1±0.29 ^{ab}
Starvation	74.9±4.26 ^b	15.1±0.60 ^b	8.34±1.12 ^b	1.7±0.28 ^b
Viscera				
Initial	67.4	11.8	19.7	1.0
2 times daily	64.5±1.7 ^a	12.1±1.15 ^a	22.1±1.5 ^a	1.9±0.15 ^a
Once a day (morning)	64.2±2.4 ^a	10.0±0.50 ^a	21.4±2.1 ^a	0.9±0.08 ^a
Once a day (afternoon)	64.7±1.6 ^a	12.6±0.37 ^a	17.7±0.4 ^a	1.1±0.01 ^a
Once in 2 days	70.6±10.6 ^a	12.8±0.97 ^a	14.2±12.7 ^a	1.0±0.03 ^a
Dorsal muscle				
Initial	77.3	20.0	1.3	1.4
2 times daily	74.4±0.24 ^a	21.0±0.86 ^a	2.1±0.41 ^a	1.5±0.03 ^a
Once a day (morning)	75.0±0.70 ^a	20.3±0.20 ^a	2.5±0.28 ^a	1.4±0.01 ^a
Once a day (afternoon)	75.4±0.77 ^a	20.8±0.12 ^a	2.0±0.30 ^a	1.4±0.07 ^a
Once in 2 days	75.1±0.38 ^a	20.3±0.79 ^a	1.9±0.21 ^a	1.4±0.04 ^a
Starvation	79.8±1.04 ^b	17.8±0.50 ^b	0.4±0.28 ^b	1.4±0.22 ^a

¹Values (mean±s.d. of replications) in the same column having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 6. Two-way ANOVA analysis for performance of the juvenile Korean rockfish fed the control (D-1) and experimental (D-2) diet at different frequencies for 15 weeks

	Diet	Frequency	Interaction
Liver			
Moisture	NS	NS	NS
Protein	NS	NS	NS
Lipid	NS	NS	NS
Ash	NS	NS	NS
Viscera			
Moisture	P<0.005	NS	NS
Protein	P<0.01	P<0.05	NS
Lipid	P<0.01	NS	NS
Ash	P<0.01	NS	NS
Dorsal muscle			
Moisture	NS	NS	NS
Protein	NS	NS	NS
Lipid	NS	NS	NS
Ash	NS	NS	NS

NS : not significant.

고찰

1일 오전 1회 사료급여구의 증체율 외에는 사료효율, 증체율 및 단백질효율이 동일한 급여 횟수에서 사료간에 통계적인 차이가 인정되지 않았지만, 이러한 성장효과들이 D-2 급여구가 D-1 급여구보다 떨어지는 경향이었고, 증체율에 있어 D-1 급여구는 급여 횟수가 줄어들수록 그 값이 낮아지는 경향을 보였으나, D-2 급여구에서는 D-1 급여구에 비해 급여 횟수에 영향을 적게 받은 것으로 나타나 사료의 품질에 따른 차이를 보였다. 사료간에 생기는 성장차이는 D-1보다 사료원가가 싼 D-2 사료의 질이 다소 떨어짐으로 인해 사료에 대한 기호성이 떨어져 사료섭취율이 낮아지고, 소화율이나 영양소 이용효율 등이 저하되어 생기는 현상으로 간주된다.

두 사료 모두 증체율 및 사료효율 등의 성장 효과는 사료를 1일 1회 또는 2회 급여하여도 서로 차이가 없었으며, 2일 1회 사료급여구도 통계적으로 타 급여구에 비해 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 이처럼 실험구간에 유의적인 차이는 없

었지만, 사료를 자주 공급할수록 사료효율 및 단백질효율이 낮아지는 경향을 보였는데, 이러한 차이에 대해서는 사료급여 횟수에 따라 장내의 소화 및 흡수 속도 등이 달라지거나, 흡수된 영양소가 효율적으로 성장에 이용되었는지 등에 대한 검토가 있어야 할 것으로 생각된다. 먹이 섭취율이나 소화율은 사료의 품질이나 특성(물성), 장이 비워지는 시간(gastric evacuation time)과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 명 등(1996)이 MP 사료(생사료+분말사료)를 먹인 조피볼락 장 내용물을 측정할 결과, 장이 완전히 비워지는데 소요되는 시간이 처어기(평균체중 9 g) 때에는 21시간이 소요된다고 보고한 것으로 보아, 본 실험에 사용된 25 g 이상의 조피볼락은 장이 비워지는 시간이 이보다 더 길어질 것으로 생각된다. 따라서 이 시기에는 1일 1회 또는 2일 1회 먹이를 주어도 성장에 차이가 없었다는 결과와 연관시켜 판단할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 50 g 전후의 조피볼락을 대상으로 1일 1회 및 2일 1회 먹이를 급여한 실험구간에 영양소 소화율은 전혀 차이가 없음이 확인되어(미발표), 대상 어체크기에 적합한 먹이공급량 이상의 사료를 공급할 필요는 없을 것으로 판단된다. 사료급여와 섭취방법이 본 어종과 다르지만, 사료 섭취량이 높아지면 본 실험에서와 같이 영양소 이용율이 떨어진다고 갑각류에 대해서도 보고되어 있다(Mills and McCloud, 1983; Sedgwick, 1979).

사료공급시 검토되어야 할 요인 중에는 사료의 품질과 함께 물성에 따른 고려가 필요하다고 본다. 본 실험에서는 dry pellet 형태로 사료를 공급하였지만, 사료의 물성에 따라서 습사료인 경우는 사료중에 30~60%가 수분이기 때문에 대상어류가 먹이 섭취후 포만감을 느낀다 해도 실제 건물은 섭취량의 40~70% 밖에 되지 않으므로 에너지 요구시간이 앞당겨 질 수 있을 것이다. 그래서 습사료에 대한 효과를 조사하기 위해 170 g 전후의 조피볼락을 300 l FRP 수조에 수용(사육수온 20°C)하여 수분이 40%인 사료(냉동

Table 7. Growth performance of Korean rockfish fed the raw fish-based moist pellet at different frequencies for 5 weeks¹

Feeding frequency :	2 times daily	Once a day	Once in 2 days
Initial mean weight (g)	177.4	170.0	167.4
Final mean weight (g)	234.5 ± 2.82 ^a	219.1 ± 19.79 ^a	215.5 ± 1.06 ^a
Feed efficiency (%)	79.6 ± 0.78 ^a	85.2 ± 1.27 ^a	85.5 ± 2.89 ^a
Weight gain (%)	32.2 ± 0.85 ^a	28.8 ± 10.04 ^a	28.7 ± 0.07 ^a
Daily feed intake (%)	0.941 ± 0.012 ^a	0.891 ± 0.089 ^a	0.795 ± 0.026 ^a

¹Values (mean ± s.d. of replications) in the same row having the different superscripts are significantly different (P < 0.05).

전갱이 50% + 넙치용 분말상품사료 50%)로 사료급여 횟수별 사육실험을 5주간 2반복으로 실시한 결과(Table 7), 성장 및 사료효율은 사료급여 횟수(1일 2회, 1일 1회 및 2일 1회)에 영향을 받지 않았다(P > 0.05).

본 실험에서는 먹이급여시마다 거의 반복에 가깝도록 손으로 사료를 던져주었기 때문에 이러한 적정 먹이급여 횟수와 함께 적정 먹이급여율도 중요하게 고려되어야 할 것으로 판단된다. 이와 함께 수온, 어체크기와 사료 물성 등에 따른 먹이급여 횟수나 급여율이 달라질 수 있으므로 (Brett and Higgs, 1970), 이에 대한 연구도 병행되어야 할 것이며, 배합사료의 적정 급여율과 전사료 및 습사료의 사료급여 횟수에 따른 소화율, 소화속도 등에 대해서는 현재 연구 중에 있다.

통계적인 차이는 없었으나 사료섭취 횟수가 증가될수록 두 사료 모두 내장의 지질 함량이 높아지는 경향을 보여 과잉의 에너지가 내장에 지질로 축적된 것으로 생각된다. 내장 지질 함량에 있어 대조사료는 실험 시작시에 비해 종료시에 모든 실험구에서 증가되었으나, D-2 사료에서는 1일 2회와 1일 1회(오전) 사료 섭취구에서만 증가되어 사료간에 차이를 보였는데, 이는 사료의 품질과 함께 사료급여 횟수에 따른 사료 영양소 이용률 차이에서 기인된 것으로 생각된다. 또한, 사료에 관계없이 절식구의 지질 함량은 간 및 근육 모두에서 감소된 값을 보였으며, 근육의 단백질도 감소되어 에너지원으로 근육의 단백질과 지질 및 내장 축적지질이 사용된 것

으로 판단된다. 이(1994)는 지방종류가 달리 첨가된 사료로 사육한 조피볼락을 절식시켰을 때, 근육의 지질 및 단백질 함량과 내장 지질 함량이 에너지원으로 사용되었다고 판단하였다. 방어(Sakaguchi 1976)도 절식시 근육 단백질 함량이 감소한 경향이었으며, 은어(Nakazawa et al. 1984)는 증가한다고 보고되어 있다. 본 실험에서 절식구의 간중량비는 감소되었는데, 조피볼락(이, 1994), 무지개송어(Takeuchi and Watanabe 1982), 방어(Sakaguchi 1976), 뱀장어(Inui and Ohshima 1966), 은어(Nakazawa et al. 1984) 및 대구(Kamra 1966)도 본 실험과 같은 경향이었다.

위의 결과들로 보아, 사료를 불필요하게 자주 공급할 필요가 없을 것으로 보이며, 평균체중 25 g 이상의 조피볼락의 경우에는 사료의 품질에 따라 1일 1회 또는 2일 1회 사료를 공급하는 것이 바람직하고, 급여 시간이 오전 또는 오후 어느 때에도 성장이나 영양소 이용률에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 최근에 와서는 인건비의 상승현상과 더불어 양식어의 판매가격이 하락하고 있는 추세이므로 양식생산에 과잉으로 소요되는 요인을 줄이는 합리적인 양식 경영이 필요한 실정을 감안할 때, 과다한 사료 급여는 경제적으로나 인력적인 면에서 불이익이 초래될 것으로 판단된다. 예를 들어, 많은 비용을 투자하여 양식어의 출하 시기를 조금 앞당기는 것보다는 합리적인 투자와 함께 적정 성장을 유지하면서 경제성을 고려하는 것이 더 효율적인 양식 형태가 될 것으로 보인다. 본 실험의 대

조사료(D-1)로 1일 2회 급여하여 1 kg의 어체를 증체시키는데 소요되는 사료비용을 100으로 환산하였을 때 1일 1회 오전 급여구는 92, 오후 급여구는 95, 2일 1회 급여구는 86으로 나타났고, D-2 사료의 1일 2회 급여구는 111, 1일 1회 오전 급여구는 95, 오후 급여구는 86, 2일 1회 급여구는 82로 나타나 전체적으로 2일 1회 급여구들이 1일 2회 급여구보다 15% (18~14%) 정도의 비용이 절감되는 것으로 나타났다. 여기에 사료공급에 소요되는 인건비 등을 감안하면 절감효과는 더 높아질 것으로 전망된다.

요 약

배합사료의 적정 급여 횟수를 조사하기 위해 사료조성이 다른 두 종류의 사료, 즉 어분이 58% 함유된 대조사료(D-1)와 어분을 육분, 콘글루텐 밀, 대두박 및 혈분으로 30% 대체한 실험사료(D-2)를 설계하고 dry pellet 형태로 제조하여 각각 사료급여 횟수를 달리하여 사육실험하였다. 사료급여 횟수는 1일 2회(09:30, 16:00), 1일 오전 1회(09:30), 1일 오후 1회(16:00) 및 2일 1회(09:30)로 구분하였고, 절식 실험구도 설정하였다. 평균체중 25 g의 조피볼락 치어를 사료별, 사료급여 횟수별로 각각 2반복으로 배치된 실험수조(100 ℓ FRP)에 30마리씩 수용하여 15주간 사육실험한 결과, 성장율, 사료효율, 단백질효율, 어체성분 및 경제적인 면을 고려하여 1일 1회 또는 2일 1회 사료를 급여하는 것이 좋을 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- 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. Bd. Can., 27 : 1767-1779.
- Brown, M.E. 1957. Experimental studies on growth. In : M.E. Brown (Ed.), The Physiology of Fishes. Vol. I. Academic Press, New York, pp. 361-400.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.
- Inui, Y. and Y. Ohshima. 1966. Effects of Starvation on metabolism and chemical composition of eels. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 32 : 492-501.
- Kamra, B. S. K. 1966. Effect of starvation and refeeding on some liver and blood constituents of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). J. Fish. Res. Bd. Canada, 23 : 975-982.
- Lee, S. M., J. Y. Lee and S. B. Hur. 1994. Essentiality of dietary EPA (eicosapentaenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid), and importance of dietary EPA/DHA ratio in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc., 26 : 477-492.
- Lee, J. Y. and S. M. Lee. 1994. Nutritional studies and feed development for Korea rockfish (*Sebastes schlegeli*). Proceedings of FOID, '94 The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters. pp. 75-92.
- Mills, B.J. and P.I. McCloud. 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the cryfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda : Paratacidae). Aquaculture, 34 : 51-72.
- Nakazawa, H. S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira. 1984. Changes of body composition during starvation in *Chlorella*-extract fed ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50 : 665-671.
- Sakaguchi, H. 1976. Changes of biochemical components in serum, hepatopancreas and muscle of yellowtail starvation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42 : 1267-1272.
- Sedgwick, R.W. 1979. Effects of ration size and feeding frequency on growth and food conversion of juvenile *Penaeus merguensis* de Man. Aquaculture, 16 : 279-298.
- Smith, H.W. 1935. Metabolism of the lung fish. II. Effects of feeding on meat on the metabolic rate. J. Cell. Comp. Physiol., 6 : 335-349.
- SPSS for Window. 1993. Base System User's

- Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- 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. Sci. Fish.*, 48 : 1307-1316.
- 명정인 · 박승렬 · 민광식. 1996. 조피볼락의 소화효소(단백질 분해효소) 활성에 관한 연구. 1995 수진사업보고, PP. 319-328.
- 박승렬 · 이상민. 1996. 해산어류의 필수 미량영양소에 관한 연구 I. 미네랄 요구에 관한 연구. 1995 수진사업보고, PP. 347-356.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배. 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 단백질 요구량. 한국양식학회지, 6 : 13-27.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배. 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 사료의 적정 에너지/단백질비. 한국양식학회지, 6 : 29-46.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 윤호동 · 허성범. 1993c. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3 계고도불포화지방산 요구량. 한국수산학회지, 26 : 477-492.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범. 1993d. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 I. 성장효과 및 체성분의 변화. 한국양식학회지, 6 : 89-105.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범. 1993e. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 II. 혈액성분 변화 및 간세포 성장. 한국양식학회지, 6 : 107-123.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진. 1993f. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량과 사육 수온에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. 수진연보, 48 : 107-124
- 이상민. 1994. 사료 지질원으로 우지, 대두유 및 오징어 간유 첨가에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화와 절식시 체내 대사. 한국양식학회지, 7 : 63-76.
- 이상민 · 이종윤. 1994. 사료의 α -cellulose 함량이 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 7 : 97-107.
- 이상민, 이종윤, 전임기. 1995a. 육상 사육 수조에 서의 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 성장 패턴. 한국양식학회지, 8 : 221-229.
- 이종윤, 이상민, 전임기. 1995b. 조피볼락 용 배합 사료 개발을 위한 대조사료의 효과; 생사료 및 moist pellet과의 비교. 한국양식학회지, 8 : 261-269.
- 이상민 · 전임기 · 이종윤. 1996a. 조피볼락 사료의 어분 평가. 한국수산학회지, 29 : 135-142.
- 이상민 · 류진형 · 이종윤. 1996b. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. 한국영양사료학회지, 20 : 21-30.
- 이상민 · 전임기 · 이종윤 · 박승렬 · 강용진 · 정관식. 1996c. 조피볼락 육성용 사료의 어분 대체원으로 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국수산학회지, 29 : 인쇄중.
- 이상민 · 전임기 · 이창국 · 임치원 · 김태진 · 민진기. 1996d. 경제적인 조피볼락용 배합사료 설계 및 평가. 한국양식학회지, 9 : 255-264.
- 이상민 · 전임기 · 박승렬 · 김성희 · 윤호동 · 임치원 · 김태진. 1996e. 조피볼락 치어용 배합사료 평가. 수진연보, 53 : 투고중.
- 이상민 · 류진형. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 면실박 및 채종박의 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20 : 128-135.
- 이상민 · 김선명. 1996. 단백질원으로 어분이 첨가된 조피볼락 실험사료의 비타민 혼합물 평가. 한국양식학회지, 9 : 159-166.
- 이상민 · 이종윤. 1996. 조피볼락 치어용 사료의 어분 대체원으로 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20 : 인쇄중.
- 이상민 · 전임기. 1996a. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 대두박 평가. 한국수산학회지, 29 : 인쇄중.
- 이상민 · 전임기. 1996b. 조피볼락 습사료에 대한 건조사료의 사육효과. 한국양식학회지, 9 : 247-254.
- 이상민 · 전임기. 1996c. 조피볼락 육성용 배합사료와 시판사료의 사육효과 비교. 한국양식학회지, 9 : 377-384.