



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

수산학석사 학위논문

조피볼락 (*Sebastes schlegeli*) 치어의
사육수온별 적정 사료 공급률 및
공급횟수



2012년 8월

부경대학교 대학원

수 산 생 물 학 과

이 진 혁

수산학석사 학위논문

조피볼락 (*Sebastes schlegeli*) 치어의 사육수온별 적정 사료 공급률 및 공급횟수

지도교수 배승철

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함

2012년 8월

부경대학교 대학원

수 산 생 물 학 과

이 진 혁

이진혁의 수산학석사 학위논문을 인준함.

2012년 8월 24일



목 차

Abstract	ii
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	4
Exp I. 15℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험	4
Exp II. 17.5℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험	10
Exp III. 20℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험	16
III. 결 과	23
Exp I. 15℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험	23
Exp II. 17.5℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험	37
Exp III. 20℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험	51
IV. 결 론	65
V. 요 약	69
VI. 감사의 글	74
VII. 참고문헌	75

The optimum feeding rate and frequency at three different water temperature in juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*)

Jin-Hyeok Lee

*Department of Fisheries Biology Graduate School
Pukyong National University*



Abstract

These studies were conducted to investigate the effects of feeding rates and feeding frequency for growth of juvenile Korean rockfish at 15°C, 17.5°C and 20°C. Three consecutive experiments were conducted to determine the optimum feeding rate and feeding frequency in juvenile Korean rockfish at 15°C, 17.5°C and 20°C.

Experiment I. Optimum feeding rate and feeding frequency at 15°C water temperature in juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Two feeding trials were conducted to investigate the effects of feeding rates and feeding frequency on growth performance, body composition, serological and nutritional analysis in juvenile Korean rockfish fed commercial EP at 15°C water temperature. Three replicated groups of fish (initial fish mean weight of 2.07 ± 0.03 g) were fed commercial diet with the different feeding rates of 1.00, 2.00, 2.50, 2.75, 3.00, 3.25 (%) BW/day and satiation (3.34% BW/day) at $15^\circ\text{C} \pm 0.4^\circ\text{C}$ (Trial I). Fish were hand-fed to satiation three times (8:00, 14:00, 20:00) a day. In (Trial II) three replicated groups of fish (initial fish mean weight of 2.04 ± 0.03 g) were fed commercial diet at the optimum feeding rates (2.87% BW/day at $15^\circ\text{C} \pm 0.4^\circ\text{C}$, for 2 times(8:00, 20:00), 3 times(8:00, 14:00, 20:00), 4 times(8:00, 12:00, 16:00, 20:00), 5 times (8:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00), 7 times(8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00) and 9 times(8:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00). Each feeding trial was conducted by using a semi-recirculating system with twenty-one 36-L aquaria receiving filtered sea water maintained at $15.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$ for four weeks. At the end of feeding trial I weight gain(WG) and specific growth rate (SGR) of fish fed at 3.00% and Satiation(3.46% BW/day) were significantly higher than those of fish fed

1.00, 2.00 and 2.50% BW/day($P < 0.05$). But there were no significant differences in WG and SGR among fish fed at 2.75, 3.00, 3.25 (%) BW/day, and Satiation($P > 0.05$). While feed efficiency(FE) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed at 2.00% BW/day were significantly higher than those of fish fed at 1.00, 3.00, 3.25 (%) and satiation (3.34%) ($P < 0.05$). But there were no significant differences in FE and PER among fish fed at 2.00, 2.50 and 2.75(%)($P > 0.05$). No mortality was recorded among fish fed all the treatments. At the end of feeding trial II, WG and SGR of fish fed at 3 times were significantly higher than those of fish fed at 7 times and 9 times($P < 0.05$). But there were no significant differences in WG and SGR among fish fed at 2 times, 4 times, 5 times($P > 0.05$). While FE and PER among fish fed at 3 times were significantly higher than those of fish fed at 7 times, 9 times($P < 0.05$). But there were no significant differences in FE and PER among fish fed at 2 times, 4 times, 5 times($P > 0.05$). No mortality was recorded among fish fed all the treatments. Broken line analysis of weight gain showed that the optimum feeding rate and frequency for juvenile Korean rockfish(*Sebastes schlegeli*) could be $> 2.87\%$ but $\leq 3.00\%$ BW/day and > 2 times but ≤ 3 times respectively at 15°C water temperature.

Experiment II. Optimum feeding rate and feeding frequency at 17.5°C water temperature in juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Two feeding trials were conducted to investigate the effects of feeding rates and feeding frequency on growth performance, body composition, serological and nutritional analysis in juvenile Korean rockfish fed commercial EP at 17.5°C water temperature. Three replicated groups of fish (initial fish mean weight of 2.02 ± 0.03 g) were fed commercial diet with the different feeding rates of 3.00, 5.00, 5.50, 6.00, 6.25, 6.50 (%) BW/day and satiation (6.54% BW/day) at $17.5^\circ\text{C} \pm 0.3^\circ\text{C}$ (Trial I). Fish were hand-fed to satiation three times (8:00, 14:00, 20:00) a day. In trial II, three replicated groups of fish (initial fish mean weight of 2.04 ± 0.03 g) were fed commercial diet at the optimum feeding rates 5.97% BW/day for 2 times(8:00, 20:00), 3 times(8:00, 14:00, 20:00), 4 times(8:00, 12:00, 16:00, 20:00), 5 times (8:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00), 7 times(8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00) and 9 times(8:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00) in experiment. Each feeding trial was conducted by using a semi-recirculating system with twenty-one 36-L aquaria receiving filtered sea water maintained at $17.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ for four weeks. At the end of feeding trial I, WG and SGR of fish fed at 6.00, 6.25, 6.50(%) and satiation(6.52% BW/day) were significantly higher than those of fish fed at 3.00 and 5.00%

BW/day($P < 0.05$). But there were no significant differences in WG and SGR among fish fed at 5.50, 6.00, 6.25, 6.50(%) and Satiation(6.52%) ($P > 0.05$). While FE and PER of fish fed at 3.00% BW/day were significantly higher than those of fish fed at 6.00, 6.25, 6.50(%) and Satiation($P < 0.05$). But there were no significant differences in FE and PER among fish fed at 3.00, 5.00, 5.50(%) ($P > 0.05$). No mortality was recorded among fish fed all the treatments. In feeding trial II, WG and SGR among fish fed at 5 times were significantly higher than those of fish fed at 7 times, 9 times ($P < 0.05$). But there were no significant differences in WG and SGR among fish fed at 2 times, 3 times and 4 times ($P > 0.05$). While FE and PER of fish fed at 5 times were significantly higher than those of fish fed at 7 times, 9 times ($P < 0.05$). But there were no significant differences in FE and PER among fish fed at 2 times, 3 times, 4 times ($P > 0.05$). No mortality was recorded among fish fed all the treatments.

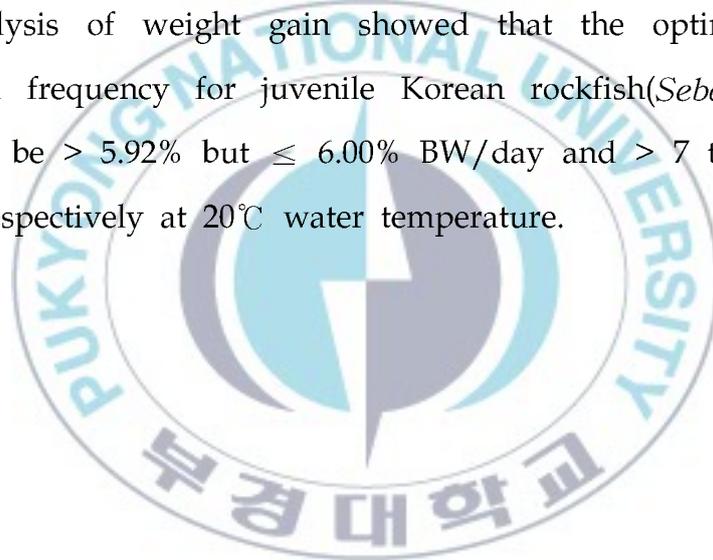
Broken line analysis of weight gain showed that the optimum feeding rate and frequency for juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) could be $> 5.97\%$ but $\leq 6.00\%$ BW/day and > 4 times but ≤ 5 times respectively at 17.5°C water temperature.

Experiment III. Optimum feeding rate and feeding frequency at 20°C water temperature in juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Two feeding trials were conducted to investigate the effects of feeding rates and feeding frequency on growth performance, body composition, serological and nutritional analysis in juvenile Korean rockfish fed commercial EP at 20°C water temperature. Three replicated groups of fish (initial fish mean weight of 2.10 ± 0.03 g) were fed commercial diet with the different feeding rates of 3.00, 5.00, 5.50, 5.75, 6.00, 6.25% BW/day and satiation (6.29% BW/day) at 20°C (Trial I). Fish were hand-fed to satiation three times (8:00, 14:00, 20:00) a day. In trial II, three replicated groups of fish (initial fish mean weight of 2.04 ± 0.03 g) were fed commercial diet at the optimum feeding rates 5.92% BW/day for 2 times (8:00, 20:00), 3 times (8:00, 14:00, 20:00), 4 times (8:00, 12:00, 16:00, 20:00), 5 times (8:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00), 7 times (8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00) and 9 times (8:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00) in experiment. Each feeding trial was conducted by using a semi-recirculating system with twenty-one 36-L aquaria receiving filtered sea water maintained at 20 ± 0.3 °C for four weeks. At the end of feeding trial I, WG among fish fed at 6.00, 6.25% and satiation (6.28% BW/day) were significantly higher than those of fish fed at 3.00, 5.00, 5.50(%) BW/day ($P < 0.05$). But there were no significant

differences in WG among fish fed at 5.75, 6.00, 6.25(%) and satiation($P>0.05$). While SGR for fish fed at 5.75, 6.00, 6.25(%) and satiation were significantly higher than those of fish fed at 3.00, 5.00(%) BW/day($P<0.05$). But there were no significant differences in SGR among fish fed at 5.50, 5.75, 6.00, 6.25(%) and satiation($P>0.05$). FE and PER among fish fed at 3.00, 5.00(%) BW/day were significantly higher than those of fish fed at 5.75, 6.00, 6.25(%), satiation($P<0.05$). But there were no significant differences in FE and PER among fish fed at 3.00, 5.00, 5.50(%)($P>0.05$). No mortality was recorded among fish fed all the treatments.

Broken line analysis of weight gain showed that the optimum feeding rate and frequency for juvenile Korean rockfish(*Sebastes schlegeli*) could be $> 5.92\%$ but $\leq 6.00\%$ BW/day and > 7 times but ≤ 8 times respectively at 20°C water temperature.



I. 서 론

사료는 어류의 체내 대사 및 성장에 영향을 가장 크게 미치는 것으로 알려져 있으며, 어류 양식에 소요되는 경제적 요인들 중 상대적으로 높은 비율을 차지하므로 양식장 환경 및 질병관리와 함께 가장 중요하게 고려되어야 할 요인이다. 어류양식에 있어서 사료는 총 양식경영비의 50~60%를 차지하고 있으며(Cho et al., 2006), 효율적인 사료공급 방법은 사료효율 및 어류 성장에 직접적인 영향을 미쳐 양식의 경영의 성패를 좌우할 만큼 중요하다.(Tsevis et al., 1992; Azzaydi et al., 2000., Lee et al, 2002).

현재 해상가두리 및 육상수조식 양식어류에 사용되는 사료는 크게 생사료와 배합사료로 분류 될 수 있다. 최근 2011년 전체 양식사료 소비량의 525,791톤 중 생사료는 448,371톤, 배합사료는 77,420톤 사용되었으며 국내 담수어종에 있어서는 대부분 배합사료로 전환이 이루어진 반면 해산어종에 있어서는 넙치 8.7%, 조피볼락 10.4%, 참돔 9.9% 순으로 배합사료 사용이 낮고 송어의 경우 100% 배합사료를 사용하는 것으로 나타났다(KOSTAT, 2012).

조피볼락(*Sebastes schlegelii*)은 우리나라 주요 양식 대상어종으로 양식 생산량은 2011년에 17,338톤으로 국내 총 어류양식의 20% 정도로 매우 큰 비중을 차지하고 있다(KOSTAT, 2012). 2011년 조피볼락 양식에 사용되어진 전체 193,549톤의 사료 중 173,420톤을 생사료로 소비하고 있을 만큼 생사료에 대한 의존도가 매우 높은 실정이다(KOSTAT, 2012). 이는 양어민들이 조피볼락에 있어서 낮은 성장, 기호성 저조 및 소화기관 장애에 의한 어병 발생 등을 우려하여 배합사료 사용을 기피하고 있기 때문이다. 이러한 현상은 배합사료 공급시 생사료와 동일시하게 반복공급 형태로 무분별, 과잉된 사료공급을 하였을 때, 복수증이나 탈

장 등의 질병 유발, 사육수 오염, 낮은 성장률 등이 발생되었기 때문이다. 그러나 최근 생사료 사용에 있어 사료 유실량에 따른 수질오염 가중, 어황에 따른 사료원의 불안정한 수급 및 어류영양 불균형 등의 문제점이 부각되고 있으며 세계 양식 선진국 및 환경 친화적이고 지속적인 양식산업으로 나아가기 위해서 생사료 사용 자제 촉구와 함께 배합사료의 전환을 요구하고 있는 실정이다(배 2002).

현재 친환경적이고 경제적인 배합사료 개발을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있으며, 조피블락의 단백질, 지질 및 필수지방산과 같은 영양소 요구량과 사료원료 이용성에 관한 연구들이 활발하게 수행되어 왔으며(Lee et al. 1993; Lee et al., 2001), 또한, 조피블락 양식 현장에서 주로 사용되고 있는 생사료와 배합사료의 사육효과 비교 연구를 통하여 생사료를 대체하는 가능성이 보고 되었으며, 개발된 양질의 배합사료는 생사료와 비교연구 실험을 통해 대체 가능성 및 우수성이 입증되어지고 있다(Lee and Jeon 1996; Heo, 2008; Kim et al.2009). 또한 양식 산업의 기술개발에 따른 시설 자동화는 양식 어류의 편리한 관리 및 인건비 절약 등의 장점이 있기 때문에, 조피블락 양식현장에서도 배합사료를 이용한 사료 자동 공급기 도입이 시도되고 있다.

수온은 물고기 성장과 발육을 지배하는 중요한 요인으로 어류의 섭식욕구에 직접적인 영향을 준다(Choi et al., 2002). 우리나라의 경우, 계절변화에 따른 연간 수온범위는 넓게 분포 되어 있으며(한국해양자료센터, 2011) 이는 어류의 성장에도 직접적으로 영향을 미치게 된다. 조피블락은 사육 적수온이 18~22℃로 수온이 23℃ 이상 되면 먹이활동이 저하되고 25℃ 이상으로 상승 하면 생리적으로 면역력 저하가 발생한다(Choi et al., 2009). 대부분 해상가두리에서 이루어지는 양식 현장 특성상 연안해 지역의 수온변화에 직접적인 영향으로 인한 사료섭취량이 변하게 된다. 사료 공급에 있어 적정 공급률과 공급횟수는 대상 어

종의 크기와 사육 환경에 영향을 받으며(Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002), 그 중 사육수온은 어류의 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있다(Brett and higgs, 1970). 어류의 성장은 소화, 흡수, 물질대사와 배설의 복합적인 생리적 작용의 결과이며(Brett 1979), 어류의 생리적 기능은 수온의 영향에 의한 효소활성으로 조절된다(Pelletier et al., 1995). 수온이 낮아지면 어류 체내에 소화효소 활성 및 대사율이 감소하게 되어(Fauconneau et al., 1983) 사료섭취량이 적어지고, 수온이 상승하게 되면 활동성 및 대사율 증가로 사료섭취량도 증가하기 때문에 (NRC 1993) 수온에 따른 적정 사료 공급율 및 사료 공급횟수에 대한 설정을 하는 것이 매우 중요하다.

따라서 본 연구는 수온별 성장단계에 따른 성장단계에 따른 조피볼락 배합사료 공급 체계 연구의 일환으로 치어기 조피볼락을 대상으로 각 수온별 적정 공급률과 공급횟수를 확인하고자 하였다.



II. 재료 및 방법

Exp I. 15℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험

15℃ 적정 공급률 실험

1) 실험어 및 사육관리

실험어는 전북 고창에서 운반된 조피볼락 치어를 부경대학교 영양대사학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $2.09 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 조피볼락을 36L 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 반순환여과식으로 유수량은 2L/min으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $15.0 \pm 0.4^\circ\text{C}$, 염분은 33 ± 1 psu, 용존산소는 $10.1 \pm 0.5\text{mg/L}$, pH는 7.4 ± 0.5 으로 유지하였으며, 총 사육실험 기간은 4주간 실시하였다.

2) 실험사료 및 실험설계

실험에 사용된 실험사료는 S사에서 제조된 치어용 조피볼락용 상업용 배합사료(extruded pellet, EP) 침강 2호S(2.4~2.6mm)이고 일반성분 조성은 Table 1에 나타내었다. 일일 사료 공급량은 어체 무게당 1%, 2.25%, 2.5%, 2.75%, 3%, 3.25% 및 만복공급(Satiation, SA)으로 총 7개 실험구로, 1일 3회(08:00, 14:00, 20:00h)에 나누어 공급하였다.

3) 어체 측정

어체 측정은 2주에 한번씩 측정하며 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정한다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio, %), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain (WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate (SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight) / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

4) 혈액성분 분석

실험 종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하며 24시간 이내에 분석하였다. GOT(Glutamic Oxaloacetic Acid)와 GPT(Glutamic Pyruvic Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석하였다.

5) 전어체 일반성분 분석

각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간). 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석한다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 Soxhlet 추출법으로 분석한다.

6) 영양학적 분석

실험종료 후 각 수조별로 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구한다. 간중량지수(HSI)와 내장중량지수(VSI)는 위의 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정한다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Condition Factor (CF) = Body Weight / Total Body Length³

Hepatosomatic Index(HSI) = Liver weight / Body weight × 100

Visceralomatic Index(VSI) = Visceral Weight / Body weight × 100

7) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였으며, 적정 사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

15°C 적정 사료 공급횟수 실험

1) 실험어 및 사육관리

실험어는 전북 고창에서 운반된 조피볼락 치어를 부경대학교 영양대 사학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $2.04 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 조피볼락을 36L 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 반순환여과식으로 유수량은 2L/min으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $15.0 \pm 0.4^\circ\text{C}$, 염분은 33 ± 1 psu, 용존산소는 $10.3 \pm 0.3\text{mg/L}$, pH는 7.4 ± 0.5 으로 유지하였으며, 총 사육실험 기간은 4주간 실시하였다.

2) 실험사료 및 실험설계

실험에 사용될 실험사료는 S사에서 제조된 치어기 조피볼락용 상업용 배합사료(extruded pellet, EP) 침강 2호S(2.4~2.6mm)이고 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 일일 사료 공급량은 수온별 적정공급량 실험결과를 바탕으로 설정하였으며, 적정공급량을 2회(08:00, 20:00h), 3회(08:00, 14:00, 20:00h), 4회(08:00, 12:00, 16:00, 20:00h), 5회(08:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00h), 7회(08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00h), 9회(08:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00h)로 나누어 공급한다.

3) 어체 측정

어체 측정은 2주에 한번씩 측정하며 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체 무게를 측정한다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질 전환효율(Protein Efficiency Ratio, %), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain (WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate (SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight) / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

4) 혈액성분 분석

실험 종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하며 24시간 이내에 분석하였다. GOT(Glutamic Oxaloacetic Acid)와 GPT(Glutamic Pyruvic Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석하였다.

5) 전어체 일반성분 분석

각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간). 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석한다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 Soxhlet 추출법으로 분석한다.

6) 영양학적 분석

실험종료 후 각 수조별로 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구한다. 간중량지수(HSI)와 내장중량지수(VSI)는 위의 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정한다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Condition Factor (CF) = Body Weight / Total Body Length³

Hepatosomatic Index(HSI) = Liver weight / Body weight × 100

Visceralsomatic Index(VSI) = Visceral Weight / Body weight × 100

7) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였으며, 적정 사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

Exp II. 17.5℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험

17.5℃ 적정 공급률 실험

1) 실험어 및 사육관리

실험어는 전북 고창에서 운반된 조피볼락 치어를 부경대학교 영양대 사학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $2.04 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 조피볼락을 36L 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 반순환여과식으로 유수량은 2L/min으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $17.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 염분은 $32 \pm 1 \text{ psu}$, 용존산소는 $9.6 \pm 0.3\text{mg/L}$, pH는 7.2 ± 0.5 으로 유지하였으며, 총 사육실험 기간은 4주간 실시하였다.

실험에 사용된 실험사료는 S사에서 제조된 치어기 조피볼락용 상업용 배합사료(extruded pellet, EP) 침강 2호S(2.4~2.6mm)이고 일반성분 조성은 Table 1에 나타내었다. 일일 사료 공급량은 어체 무게당 1%, 2.25%, 2.5%, 2.75%, 3%, 3.25% 및 만복공급(Satiation, SA)으로 총 7개 실험구로, 1일 3회(08:00, 14:00, 20:00h)에 나누어 공급하였다.

3) 어체 측정

어체 측정은 2주에 한번씩 측정하며 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정한다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율

(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio, %), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain (WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate (SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight) / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

4) 혈액성분 분석

실험 종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하며 24시간 이내에 분석하였다. GOT(Glutamic Oxaloacetic Acid)와 GPT(Glutamic Pyruvic Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석하였다.

5) 전어체 일반성분 분석

각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간). 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석한다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 Soxhlet 추출법으로 분석한다.

6) 영양학적 분석

실험종료 후 각 수조별로 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구한다. 간중량지수(HSI)와 내장중량지수(VSI)는 위의 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정한다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Condition Factor (CF) = Body Weight / Total Body Length³

Hepatosomatic Index(HSI) = Liver weight / Body weight × 100

Visceralomatic Index(VSI) = Visceral Weight / Body weight × 100

7) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였으며, 적정 사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

17.5℃ 적정 공급횟수 실험

1) 실험어 및 사육관리

실험어는 전북 고창에서 운반된 조피볼락 치어를 부경대학교 영양대 사학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $2.01 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 조피볼락을 36L 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 반순환여과식으로 유수량은 2L/min으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $17.5 \pm 0.4^\circ\text{C}$, 염분은 33 ± 2 psu, 용존산소는 $9.5 \pm 0.5\text{mg/L}$, pH는 7.3 ± 0.4 으로 유지하였으며, 총 사육실험 기간은 4주간 실시하였다.

2) 실험사료 및 실험설계

실험에 사용될 실험사료는 S사에서 제조된 치어기 조피볼락용 상업용 배합사료(extruded pellet, EP) 침강 2호S(2.4~2.6mm)이고 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 일일 사료 공급량은 수온별 적정공급량 실험결과를 바탕으로 설정하였으며, 적정공급량을 2회(08:00, 20:00h), 3회(08:00, 14:00, 20:00h), 4회(08:00, 12:00, 16:00, 20:00h), 5회(08:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00h), 7회(08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00h), 9회(08:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00h)로 나누어 공급한다.

3) 어체 측정

어체 측정은 2주에 한번씩 측정하며 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정한다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio, %), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain (WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate (SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight) / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

4) 혈액성분 분석

실험 종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)으로 측정하고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정한다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하며 24시간 이내에 분석한다. GOT(Glutamic Oxaloacetic Acid)와 GPT(Glutamic Pyruvic Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석한다.

5) 전어체 일반성분 분석

각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간). 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석한다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 Soxhlet 추출법으로 분석한다.

6) 영양학적 분석

실험종료 후 각 수조별로 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구한다. 간중량지수(HSI)와 내장중량지수(VSI)는 위의 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정한다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Condition Factor (CF)} = \text{Body Weight} / \text{Total Body Length}^3$$

$$\text{Hepatosomatic Index(HSI)} = \text{Liver weight} / \text{Body weight} \times 100$$

$$\text{Visceral somatic Index(VSI)} = \text{Visceral Weight} / \text{Body weight} \times 100$$

7) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였으며, 적정 사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

Exp III. 20℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험

20℃ 적정 공급률 실험

1) 실험어 및 사육관리

실험어는 전북 고창에서 운반된 조피볼락 치어를 부경대학교 영양대사학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $2.18 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 조피볼락을 36L 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 반순환여과식으로 유수량은 2L/min으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $20.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 염분은 32 ± 1 psu, 용존산소는 $9.2 \pm 0.5\text{mg/L}$, pH는 7.2 ± 0.5 으로 유지하였으며, 총 사육실험 기간은 4주간 실시하였다.

2) 실험사료 및 실험설계

실험에 사용된 실험사료는 S사에서 제조된 치어기 조피볼락용 상업용 배합사료(extruded pellet, EP) 침강 2호S(2.4~2.6mm)이고 일반성분 조성은 Table 1에 나타내었다. 일일 사료 공급량은 어체 무게당 3%, 5%, 5.5%, 5.75%, 6%, 6.25% 및 만복공급(Satiation, SA)으로 총 7개 실험구로 나누어 1일 3회(08:00, 14:00, 20:00h) 공급하였다.

3) 어체 측정

어체 측정은 2주에 한번씩 측정하며, 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정한다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio, %), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain (WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate (SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight) / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

4) 혈액성분 분석

실험 종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하며 24시간 이내에 분석하였다. GOT(Glutamic Oxaloacetic Acid)와 GPT(Glutamic Pyruvic Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석하였다.

5) 전어체 일반성분 분석

각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간). 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석한다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 Soxhlet 추출법으로 분석한다.

6) 영양학적 분석

실험종료 후 각 수조별로 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구한다. 간중량지수(HSI)와 내장중량지수(VSI)는 위의 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정한다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Condition Factor (CF) = Body Weight / Total Body Length³

Hepatosomatic Index(HSI) = Liver weight / Body weight × 100

Visceralomatic Index(VSI) = Visceral Weight / Body weight × 100

7) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였으며, 적정 사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

20℃ 적정 공급횟수 실험

1) 실험어 및 사육관리

실험어는 전북 고창에서 운반된 조피볼락 치어를 부경대학교 영양대사학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $2.03 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 조피볼락을 36L 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 반순환여과식으로 유수량은 2L/min으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $20.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 염분은 32 ± 1 psu, 용존산소는 $9.2 \pm 0.5\text{mg/L}$, pH는 7.2 ± 0.4 으로 유지하였으며, 총 사육실험 기간은 4주간 실시하였다.

2) 실험사료 및 실험설계

실험에 사용될 실험사료는 S사에서 제조된 치어기 조피볼락용 상업용 배합사료(extruded pellet, EP) 침강 2호S(2.4~2.6mm)이고 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 일일 사료 공급량은 수온별 적정공급량 실험결과를 바탕으로 설정하였으며, 적정공급량을 2회(08:00, 20:00h), 3회(08:00, 14:00, 20:00h), 4회(08:00, 12:00, 16:00, 20:00h), 5회(08:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00h), 7회(08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00h), 9회(08:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00h)로 나누어 공급한다.

3) 어체 측정

어체 측정은 2주에 한번씩 측정하며 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정한다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio, %), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain (WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate (SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight) / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

4) 혈액성분 분석

실험 종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하며 24시간 이내에 분석하였다. GOT(Glutamic Oxaloacetic Acid)와 GPT(Glutamic Pyruvic Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석하였다.

5) 전어체 일반성분 분석

각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간). 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석한다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 Soxhlet 추출법으로 분석한다.

6) 영양학적 분석

실험종료 후 각 수조별로 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구한다. 간중량지수(HSI)와 내장중량지수(VSI)는 위의 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정한다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Condition Factor (CF)} = \text{Body Weight} / \text{Total Body Length}^3$$

$$\text{Hepatosomatic Index(HSI)} = \text{Liver weight} / \text{Body weight} \times 100$$

$$\text{Visceralsomatic Index(VSI)} = \text{Visceral Weight} / \text{Body weight} \times 100$$

7) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였으며, 적정 사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

Table 1. Proximate analysis of the experimental diet for juvenile Korean rockfish (% of dry matter basis)

	Commercial diet Extruded pellet, EP
Moisture(%)	8.89
Crude Protein(%)	47.21
Crude Lipid(%)	9.22
Crude Ash(%)	14.45
Diet Size(mm)	2.4 - 2.6



Ⅲ. 결 과

Exp I. 15℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험

15℃ 적정 공급률 실험

4주간의 사양실험에 대한 성장결과를 Table 2에 나타내었다. 증체율 (weight gain, WG)에 있어서 3.00%실험구와 만복구(SA)는 1.00%, 2.25%, 2.50%에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P<0.05$), 2.75, 3.25% 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 일간성장률(specific growth rate, SGR) 역시 증체율과 같은 경향을 보였다. 사료효율(feed efficiency, FE)에 있어 2.25%실험구가 1.00%, 3.00%, 3.25%실험구와 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P<0.05$), 2.50, 2.75% 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER) 역시 사료효율과 같은 경향을 보였다. 생존율 (survival)에 있어서는 전 실험구에서 폐사가 나타나지 않았다. 혈액분석결과는 Table 3에 나타내었다. 헤마토크리트(hemaocrit, HCT)에 있어 2.75%실험구가 2.25%, 2.50%실험구에 비해 높게 나타났으나 ($P<0.05$), 1.00%, 3.00%, 3.25%실험구와 만복구(SA)와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)에 있어서는 전 실험구간의 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). GOT, GPT 또한 실험구간에 차이를 보이지 않았다.

Table 4은 영양학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition

factor, CF) 결과에 있어, 2.75% 3.00% 3.25% 실험구가 1.00% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 2.25% 2.50% 실험구와 만복구(SA) 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)에 있어서는 사료공급율이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 만복구(SA)와 3.25% 실험구간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 내장중량지수(visceralsomatic index, VSI)에 역시 사료공급률이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 만복구(SA)와 3.25% 실험구는 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

Table 5는 전어체 일반성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 수분함량에 있어서 1.00% 실험구가 2.50%, 2.75%, 3.00%에 비해 유의하게 높게 나타났으며, 다른 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 조단백함량에 있어서는 전 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 조지방 함량에 있어서는 1.00% 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P < 0.05$), 1.00%를 제외한 다른 실험구간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 조 회분함량에 있어서 1.00% 실험구가 3.00%, 3.25%, 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 2.25%, 2.50%, 2.75% 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

4주간의 사육실험에 대한 증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과는 Fig 1에서 나타내었다. 분석결과, 15°C 치어기 조피볼락(2g)에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급률은 2.87% 이상 3.00% body weight/day 미만으로 나타났다.

15℃ 적정 공급횟수 실험

4주간의 사양실험에 대한 결과를 Table 6에 나타내었다. 증체율 (weight gain, WG)결과에 있어 3회 실험구가 7회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높은 결과를 나타내었으며($P < 0.05$), 2회, 4회, 5회와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 증체율과 같은 결과를 나타내었다. 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER) 역시 증체율과 같은 결과를 나타내었다. 생존율(survival)에 있어서는 전 실험구간에서 폐사가 나타나지 않았다.

혈액분석결과는 Table 7에 나타내었다. 헤마토크리트(hematocrit, HCT) 결과 2회 실험구가 낮은 경향을 보였으나 전 실험구에서 유의한 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 헤모글로빈(hemoglobin, Hb) 역시 헤마토크리트와 같은 결과를 나타내었다. GOT, GPT 또한 전 실험구간에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 8은 영양학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition factor, CF)에 있어서는 3회 실험구가 7회 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 7회 실험구를 제외한 다른 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)에 있어서는 2회와 4회 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 4회를 제외한 실험구간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 내장중량지수(visceralsomatic index, VSI)에 4회 실험구가 7회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 2회, 3회, 5회 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

Table 9는 전어체 성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 일반성분 분석결과 전 실험구 에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

4주간의 사육실험에 대한 증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과는 Fig 2에서 나타내었다. 분석결과, 15℃ 치어기 조피블락(2g)에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급 횟수는 2회 이상 3회 미만인 것으로 나타났다.



Table 2. Growth performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature¹

	Diets							Pooled SEM
	1.00%	2.25%	2.50%	2.75%	3.00%	3.25%	SA ²	
IW ³	2.08	2.07	2.07	2.10	2.08	2.10	2.11	0.01
FW ⁴	2.63	3.64	3.82	4.00	4.13	4.10	4.19	0.21
WG ⁵	26.65 ^d	75.76 ^c	84.98 ^{bc}	90.82 ^{ab}	98.90 ^a	95.01 ^{ab}	98.49 ^a	9.56
SGR ⁶	0.91 ^d	2.17 ^c	2.37 ^{bc}	2.49 ^{ab}	2.64 ^a	2.57 ^{ab}	2.63 ^a	0.23
FE ⁷	91.47 ^{bc}	102.08 ^a	99.78 ^{ab}	94.61 ^{ab}	92.17 ^{bc}	84.69 ^c	75.42 ^d	3.26
PER ⁸	1.94 ^{bc}	2.16 ^a	2.11 ^{ab}	2.00 ^{ab}	1.95 ^{bc}	1.79 ^c	1.60 ^d	0.07
Survival ⁹	100	100	100	100	100	100	100	0

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (3.46%)

³IW: Initial Weight (g / fish)

⁴FW: Final Weight (g / fish)

⁵WG: Weight Gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁶SGR: Specific Growth Rate (%/day) = (loge final weight - loge initial weight) / days

⁷FE: Feed Efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁸PER: Protein Efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁹Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

Table 3. Serological characteristics of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature¹

	Diets							Pooled SEM
	1.00%	2.25%	2.50%	2.75%	3.00%	3.25%	SA ²	
HCT ³	27.70 ^{abc}	23.80 ^c	21.35 ^c	35.25 ^a	29.10 ^{ab}	27.20 ^{abc}	23.30 ^{bc}	1.75
Hb ⁴	4.89	4.97	5.06	5.23	5.26	5.22	5.29	0.06
GOT ⁵	51.60	54.39	51.21	54.62	51.58	51.93	55.18	0.65
GPT ⁶	10.41	11.97	11.28	11.48	11.60	11.30	12.30	0.23

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²SA: Satiation (3.46%)

³HCT: hematocrit(%)

⁴Hb: hemoglobin(g/dL)

⁵GOT(AST;U/L) : Glutamic oxaloacetic transaminase (Aspartate transaminase)

⁶GPT(ALT;U/L) : Glutamic pyruvic transaminase (Alanine transaminase)



Table 4. Nutritional performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature¹

	Diets							Pooled SEM
	1.00%	2.25%	2.50%	2.75%	3.00%	3.25%	SA ²	
CF ³	0.50 ^d	0.64 ^c	0.68 ^{bc}	0.76 ^{ab}	0.79 ^a	0.73 ^{ab}	0.71 ^{bc}	0.04
HSI ⁴	1.68 ^d	2.68 ^c	2.65 ^c	2.85 ^c	3.37 ^b	3.84 ^a	3.87 ^a	0.29
VSI ⁵	6.74 ^d	8.23 ^{cd}	7.73 ^c	8.39 ^c	8.84 ^{bc}	9.67 ^{ab}	10.10 ^a	0.43

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²SA: Satiation (3.46%)

³CF: Condition Factor = $(\text{Body Weight} / \text{Total Body Length}^3) \times 100$

⁴HSI: Hepatosomatic Index = $\text{Liver weight} / \text{Body weight} \times 100$

⁵VSI :Visceralsomatic Index = $\text{Visceral Weight} / \text{Body weight} \times 100$

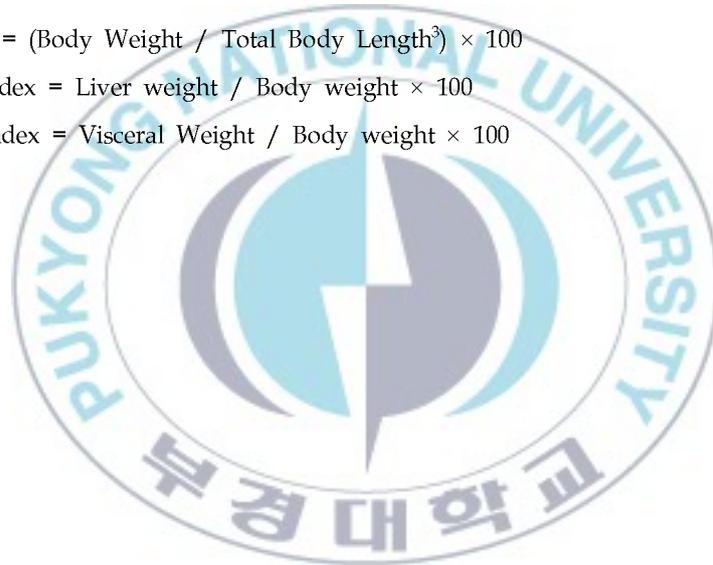


Table 5. Whole-Body proximate composition of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature¹

(%)	Diets							Pooled SEM
	1.00%	2.25%	2.50%	2.75%	3.00%	3.25%	SA ²	
Moisture	75.76 ^a	75.27 ^{ab}	74.33 ^b	74.36 ^b	74.25 ^b	74.92 ^{ab}	74.62 ^{ab}	0.21
Crude protein	62.29	60.81	61.98	61.04	60.83	62.57	59.91	0.38
Crude lipid	12.52 ^b	18.77 ^a	18.94 ^a	18.60 ^a	19.82 ^a	17.99 ^a	19.27 ^a	0.94
Ash	19.50 ^a	18.49 ^{ab}	17.90 ^{ab}	18.12 ^{ab}	17.08 ^b	17.22 ^b	17.25 ^b	0.33

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (3.46%)



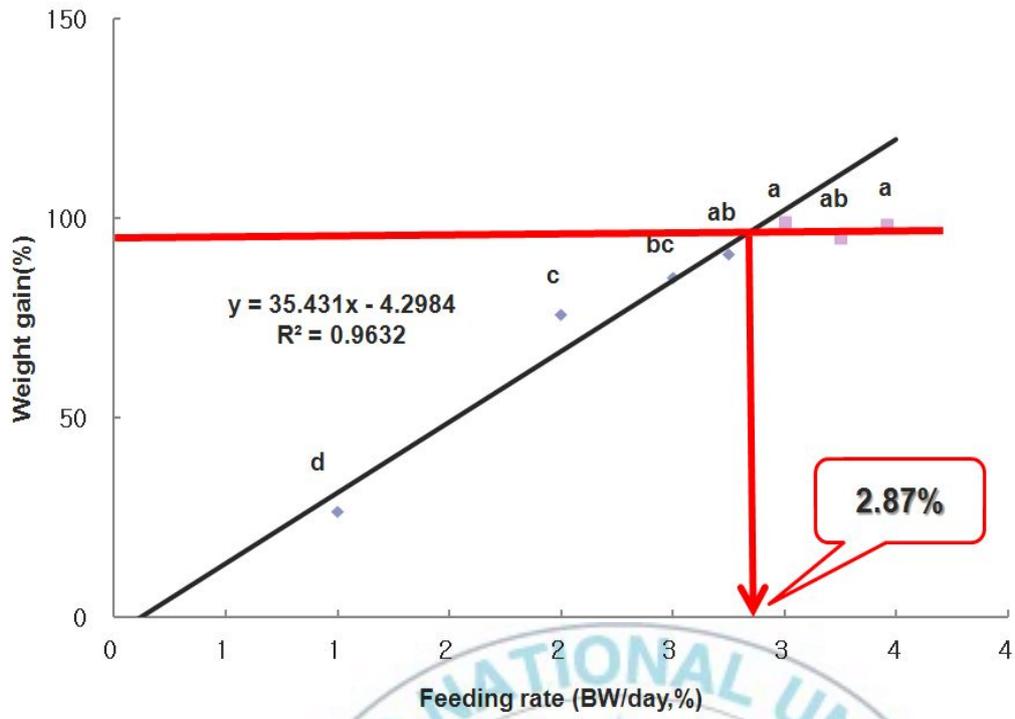


Fig 1. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding rate of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature.

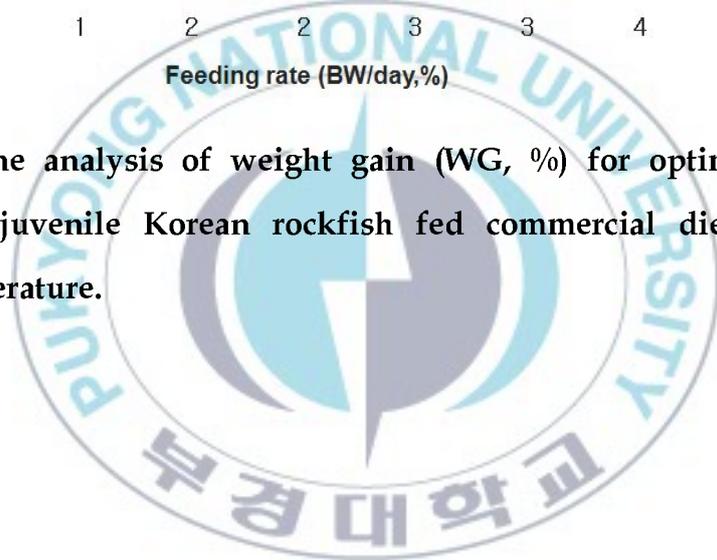


Table 6. Growth performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15.0°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
IW ²	2.04	2.03	2.03	2.03	2.05	2.03	0.00
FW ³	3.56	3.75	3.60	3.53	3.49	3.44	0.04
WG ⁴	74.61 ^{ab}	84.70 ^a	77.08 ^{ab}	73.64 ^{ab}	69.50 ^b	69.96 ^b	2.28
SGR ⁵	1.86 ^{ab}	2.04 ^a	1.90 ^{ab}	1.84 ^{ab}	1.76 ^b	1.77 ^b	0.04
FE ⁶	74.14 ^{ab}	79.95 ^a	74.33 ^{ab}	71.66 ^{ab}	68.94 ^b	68.99 ^b	1.69
PER ⁷	1.57 ^{ab}	1.69 ^a	1.57 ^{ab}	1.52 ^{ab}	1.46 ^b	1.46 ^b	0.04
Survival ⁸	100	100	100	100	100	100	0

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²IW: Initial Weight (g / fish)

³FW: Final Weight (g / fish)

⁴WG: Weight Gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁵SGR: Specific Growth Rate (%/day) = (loge final weight - loge initial weight / days

⁶FE: Feed Efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁷PER: Protein Efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁸Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

Table 7. Serological characteristics of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
HCT ³	20.87	25.50	21.30	25.63	26.13	25.27	0.97
Hb ⁴	4.99	5.40	5.10	5.23	5.13	5.16	0.06
GOT ⁵	51.40	52.59	51.15	50.65	53.84	51.63	0.47
GPT ⁶	12.44	10.90	11.15	10.42	10.84	12.26	0.34

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²RBC: red blood cell ($\times 10^6$ cell/ μ g)

³HCT: hematocrit(%)

⁴Hb: hemoglobin(%)

⁵WBC: white blood cell ($\times 10^3$ cell/ μ g)



Table 8. Nutritional performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15. °C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
CF ²	0.64 ^a	0.65 ^a	0.65 ^a	0.62 ^{ab}	0.57 ^b	0.57 ^b	0.01
HSI ³	3.68 ^{abc}	3.51 ^{bc}	4.23 ^a	3.32 ^c	3.19 ^c	2.91 ^c	0.19
VSI ⁴	12.33 ^{ab}	12.17 ^{ab}	13.28 ^a	11.80 ^{ab}	11.75 ^b	11.47 ^b	0.26

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²CF: Condition Factor = $(\text{Body Weight} / \text{Total Body Length}^3) \times 100$

³HSI: Hepatosomatic Index = $\text{Liver weight} / \text{Body weight} \times 100$

⁴VSI :Visceralsomatic Index = $\text{Visceral Weight} / \text{Body weight} \times 100$

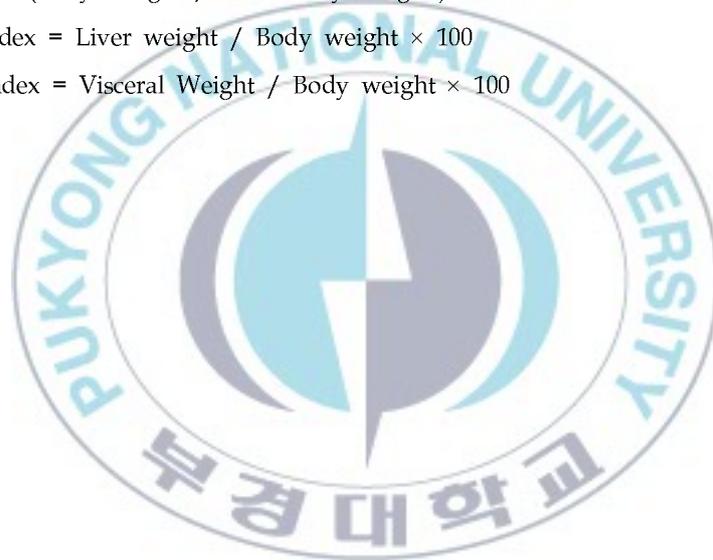


Table 9. Whole-Body proximate composition of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature¹

(%)	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
Moisture	74.82	74.96	74.34	73.95	75.2	73.91	0.22
Crude protein	61.33	60.98	61.26	59.57	60.47	61.00	0.27
Crude lipid	18.52	18.11	17.17	16.83	16.00	16.47	0.39
Ash	18.74	18.85	18.72	19.04	19.83	18.88	0.17

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).



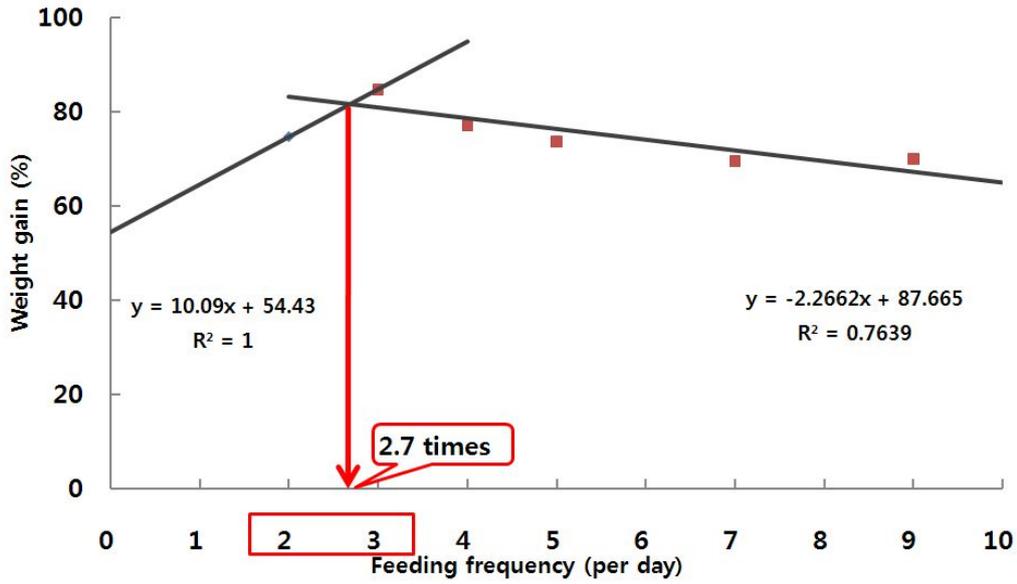
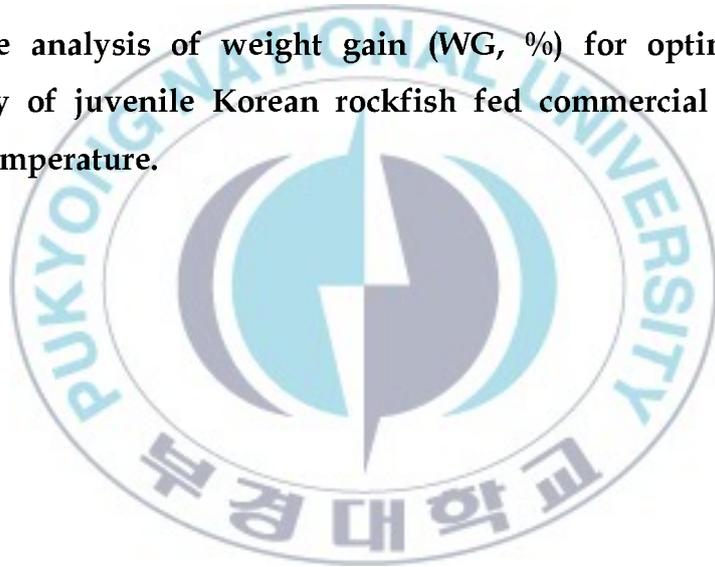


Fig 2. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding frequency of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 15°C water temperature.



Exp II. 17.5℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험

17.5℃ 적정 공급률 실험

4주간의 사양실험에 대한 성장결과를 Table 10에 나타내었다. 증체율 (weight gain, WG)에 있어서 5.50%, 6.00%, 6.25%, 6.50% 실험구와 만복구(SA)간에는 유의한 차이가 없었으며($P>0.05$), 3.00%, 5.00% 실험구 보다는 유의하게 높게 나타났($P<0.05$). 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 있어서도 증체율과 같은 결과를 나타내었다. 사료효율 (feed efficiency, FE)에 있어 3.00% 실험구가 6.00%, 6.25%, 6.50% 실험구와 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P<0.05$), 5.00%, 5.50% 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 단백질 전환효율 (protein efficiency ratio, PER)역시 사료효율과 같은 결과를 보였다. 생존율(survival)에 있어서는 전 실험구간에서 폐사가 나타나지 않았다. 혈액분석결과를 Table 11에 나타내었다. 헤마토크리트(hemacrit, HCT)에 있어 5.00%와 5.50% 실험구가 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P<0.05$), 다른 실험구들과는 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)에 있어서는 전 실험구간의 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). GOT, GPT 또한 전 실험구간에 차이를 보이지 않았다.

Table 12은 영양학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition factor, CF) 에 있어서는 만복구(SA)가 5.00% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P<0.05$), 5.50%, 5.00% 실험구를 제외한 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index,

HSI)에 있어서는 3.00% 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P < 0.05$), 3.00%를 제외한 실험구들 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 내장중량지수(visceral somatic index, VSI)역시 간중량 지수와 같은 결과를 나타내었다.

Table 13는 전어체 성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 수분함량에 있어서 전 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 조단백함량에 있어서는 3.00% 실험구가 6.50% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 다른 실험구들과는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 조지방함량에 있어서는 3.00% 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P < 0.05$), 3.00% 실험구를 제외한 나머지 실험구간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 조회분함량에 있어서 3.00%의 실험구가 5.00%, 5.50%, 6.00% 실험구에 비해서 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 6.25%, 6.50% 실험구와 반복구(SA)와는 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$).

4주간 사육실험에 대한 증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과는 Fig 3에 나타내었다. 분석결과, 17.5℃ 치어기 조피볼락(2g)에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급률은 5.97% 이상 6.00% body weight/day 미만으로 나타났다.

17.5℃ 적정 공급횟수 실험

4주간의 사양실험에 대한 결과를 Table 14에 나타내었다. 증체율 (weight gain, WG)결과에 있어 5회 실험구가 7회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높은 결과를 나타내었으며($P < 0.05$), 2회, 4회, 5회와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 증체율과 같은 결과를 나타내었다. 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER) 역시 증체율과 같은 결과를 나타내었다. 생존율(survival)에 있어서는 전 실험구간에서 폐사가 나타나지 않았다.

혈액분석결과는 Table 15에 나타내었다. 헤마토크리트(hematocrit, HCT)결과 4회 실험구가 9회 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나 ($P < 0.05$), 9회를 제외한 다른 실험구간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 헤모글로빈(hemoglobin, Hb), GOT, GPT의 결과 전 실험구간에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

Table 16은 영양학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition factor, CF)에 있어서는 전 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)역시 전 실험구간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 내장중량지수(visceralsomatic index, VSI)결과에 있어서는 5회 실험구가 2회 7회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 3회, 4회 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

Table 17는 전어체 성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 조단백 분석결과 3회 실험구가 4회 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나

($P < 0.05$), 4회를 제외한 다른 실험구들 과는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 수분, 조지방, 조회분에 있어서는 전실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

4주간의 사육실험에 대한 증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과는 Fig 4에서 나타내었다. 분석결과, 17.5℃ 치어기 조피볼락(2g)에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급횟수는 4회 이상 5회 미만인 것으로 나타났다.



Table 10. Growth performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

	Diets							Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	6.00%	6.25%	6.50%	SA2	
IW ³	2.04	2.06	2.06	2.01	2.02	2.04	2.03	0.01
FW ⁴	3.89	5.02	5.36	5.45	5.43	5.54	5.53	0.21
WG ⁵	90.67 ^c	143.89 ^b	160.61 ^{ab}	170.59 ^a	168.61 ^a	171.58 ^a	173.63 ^a	11.28
SGR ⁶	2.15 ^c	2.97 ^b	3.19 ^{ab}	3.31 ^a	3.29 ^a	3.33 ^a	3.37 ^a	0.16
FE ⁷	86.08 ^a	77.94 ^{ab}	79.24 ^{ab}	74.43 ^b	73.17 ^b	73.01 ^b	72.90 ^b	1.84
PER ⁸	1.82 ^a	1.65 ^{ab}	1.68 ^{ab}	1.58 ^b	1.55 ^b	1.55 ^b	1.55 ^b	0.04
Survival ⁹	100	100	100	100	100	100	100	0

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (6.52%)

³IW: Initial Weight (g / fish)

⁴FW: Final Weight (g / fish)

⁵WG: Weight Gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁶SGR: Specific Growth Rate (%/day) = (loge final weight - loge initial weight) / days

⁷FE: Feed Efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁸PER: Protein Efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁹Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

Table 11. Serological characteristics of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

	Diets							Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	6.00%	6.25%	6.50%	SA ²	
HCT ³	27.83 ^{ab}	30.63 ^a	31.03 ^a	27.83 ^{ab}	28.37 ^{ab}	27.40 ^{ab}	22.80 ^b	1.02
Hb ⁴	5.47	5.57	5.50	5.27	5.23	5.43	5.60	0.05
GOT ⁵	52.13	51.87	51.08	52.73	53.83	50.23	52.41	0.44
GPT ⁶	10.41	11.97	11.28	11.48	11.60	11.30	12.30	0.23

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (6.52%)

³HCT: hematocrit(%)

⁴Hb: hemoglobin(g/dL)

⁵GOT(AST;U/L) : Glutamic oxaloacetic transaminase (Aspartate transaminase)

⁶GPT(ALT;U/L) : Glutamic pyruvic transaminase (Alanine transaminase)



Table 12. Nutritional performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

	Diets						SA ²	Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	6.00%	6.25%	6.50%		
CF ³	0.64 ^c	0.80 ^b	0.81 ^{ab}	0.82 ^{ab}	0.85 ^{ab}	0.82 ^{ab}	0.89 ^a	0.03
HSI ⁴	1.67 ^b	3.23 ^a	3.28 ^a	3.33 ^a	3.34 ^a	3.40 ^a	3.61 ^a	0.25
VSI ⁵	9.02 ^b	12.07 ^a	11.75 ^a	12.23 ^a	12.14 ^a	12.21 ^a	12.28 ^a	0.45

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (6.52%)

³CF: Condition Factor = (Body Weight / Total Body Length³) × 100

⁴HSI: Hepatosomatic Index = Liver weight / Body weight × 100

⁵VSI :Visceralsomatic Index = Visceral Weight / Body weight × 100

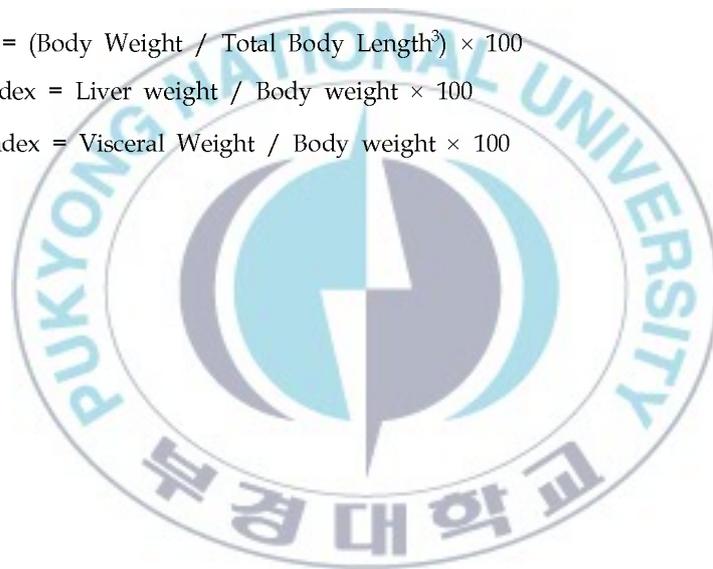


Table 13. Whole-Body proximate composition of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

(%)	Diets							Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	6.00%	6.25%	6.50%	SA ²	
Moisture	74.78	73.25	73.92	74.14	74.05	74.01	73.43	0.19
Crude protein	64.75 ^a	62.67 ^{ab}	61.42 ^{ab}	61.75 ^{ab}	60.75 ^{ab}	59.39 ^b	60.99 ^{ab}	0.64
Crude lipid	15.95 ^b	19.11 ^a	19.72 ^a	19.73 ^a	19.74 ^a	20.35 ^a	19.53 ^a	0.55
Ash	19.93 ^a	17.32 ^b	17.77 ^b	16.86 ^b	18.07 ^{ab}	18.48 ^{ab}	17.95 ^{ab}	0.37

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (6.52%)



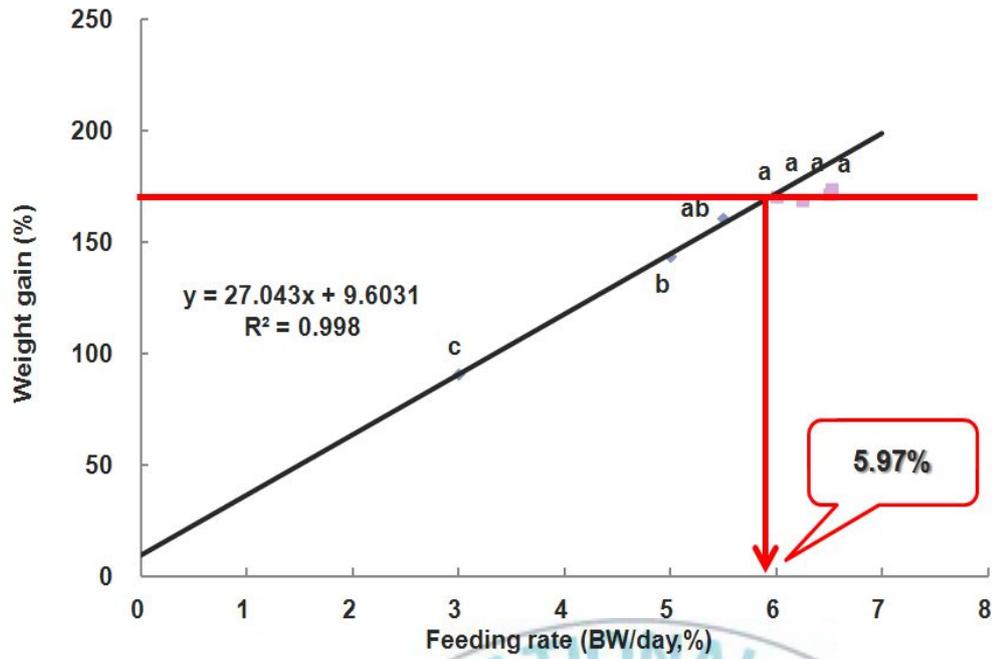


Fig 3. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding rate of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5 °C water temperature.



Table 14. Growth performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
IW ²	2.00	2.02	1.99	2.01	2.01	2.01	0.00
FW ³	5.70	5.81	5.97	6.10	5.58	5.18	0.13
WG ⁴	185.5 ^{ab}	188.2 ^{ab}	199.3 ^{ab}	203.3 ^a	177.5 ^{bc}	157.1 ^c	6.80
SGR ⁵	3.28 ^{ab}	3.31 ^{ab}	3.42 ^{ab}	3.46 ^a	3.18 ^{bc}	2.95 ^c	0.08
FE ⁶	61.75 ^{ab}	62.46 ^{ab}	64.45 ^{ab}	66.05 ^a	58.72 ^{bc}	53.12 ^c	1.89
PER ⁷	1.31 ^{ab}	1.32 ^{ab}	1.37 ^{ab}	1.40 ^a	1.24 ^{bc}	1.13 ^c	0.04
Survival ⁸	100	100	100	100	100	100	0

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²IW: Initial Weight (g / fish)

³FW: Final Weight (g / fish)

⁴WG: Weight Gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁵SGR: Specific Growth Rate (%/day) = (loge final weight - loge initial weight / days

⁶FE: Feed Efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁷PER: Protein Efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁸Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

Table 15. Serological characteristics of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
HCT ³	21.80 ^{ab}	21.77 ^{ab}	30.33 ^a	22.97 ^{ab}	25.67 ^{ab}	17.37 ^b	1.78
Hb ⁴	5.57	5.57	5.67	5.80	5.63	5.10	0.10
GOT ⁵	51.37	52.48	51.60	48.95	52.67	52.58	0.58
GPT ⁶	11.26	10.93	11.64	10.79	10.18	11.83	0.25

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²HCT: hematocrit(%)

³Hb: hemoglobin(g/dL)

⁴GOT(AST;U/L) : Glutamic oxaloacetic transaminase (Aspartate transaminase)

⁵GPT(ALT;U/L) : Glutamic pyruvic transaminase (Alanine transaminase)

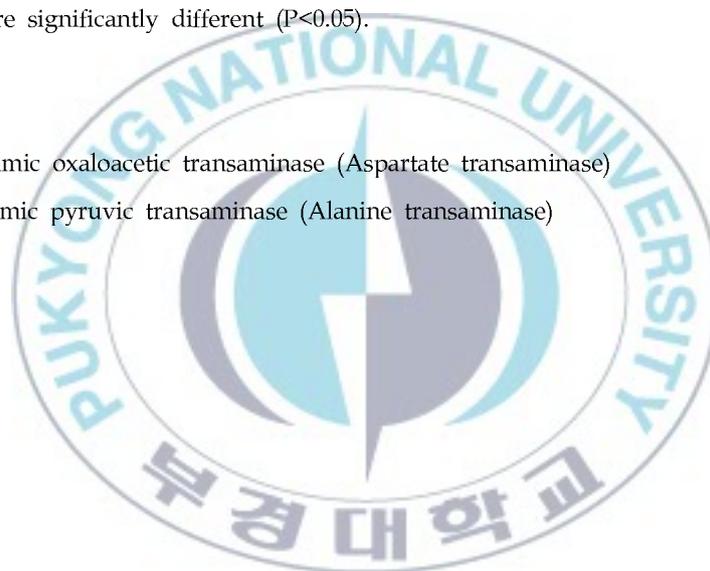


Table 16. Nutritional performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
CF ²	0.86	0.88	0.89	0.92	0.85	0.79	0.02
HSI ³	3.15	3.23	3.50	3.62	3.39	3.17	0.08
VSI ⁴	11.40 ^b	11.70 ^{ab}	11.77 ^{ab}	12.24 ^a	11.38 ^b	11.09 ^b	0.18

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²CF: Condition Factor = $(\text{Body Weight} / \text{Total Body Length}^3) \times 100$

³HSI: Hepatosomatic Index = $\text{Liver weight} / \text{Body weight} \times 100$

⁴VSI :Visceralsomatic Index = $\text{Visceral Weight} / \text{Body weight} \times 100$

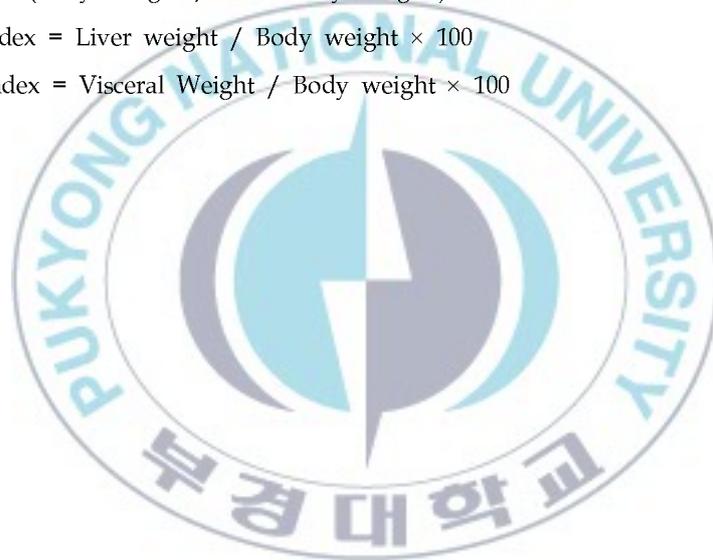
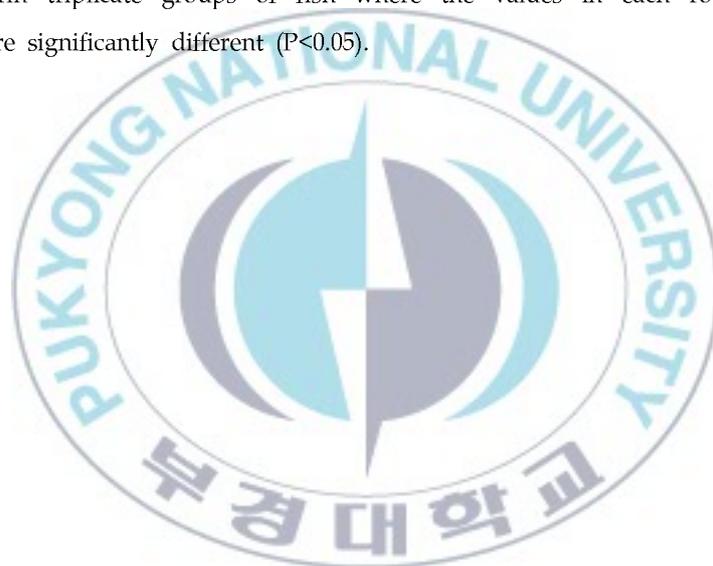


Table 17. Whole-Body proximate composition of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature¹

(%)	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
Moisture	74.00	73.05	72.50	73.10	73.74	73.35	0.22
Crude protein	61.25 ^{ab}	63.63 ^a	60.09 ^b	62.13 ^{ab}	62.81 ^{ab}	61.42 ^{ab}	0.51
Crude lipid	18.56	18.91	20.42	19.69	16.97	18.12	0.49
Ash	16.77	17.72	16.54	16.30	16.80	17.44	0.22

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).



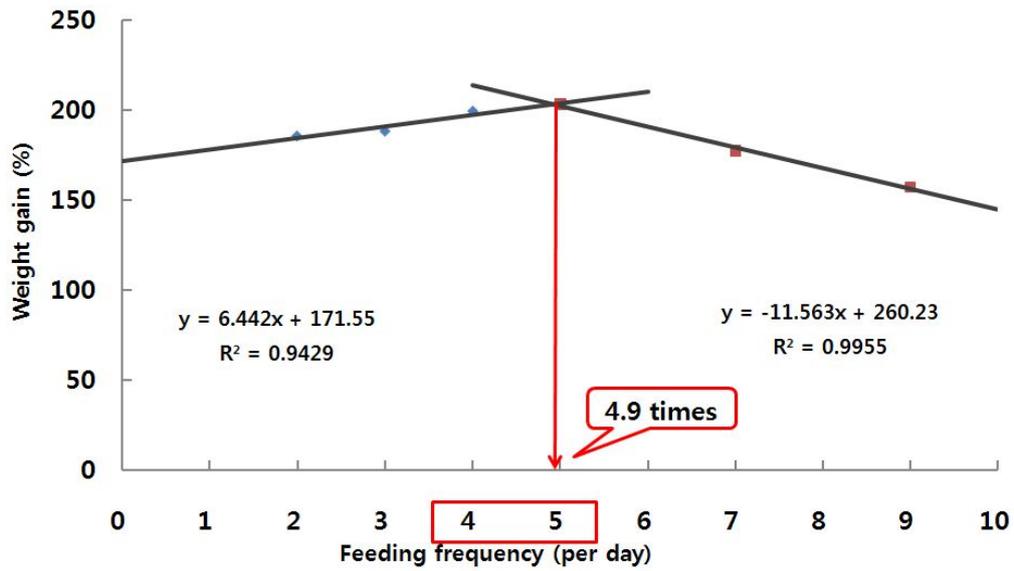
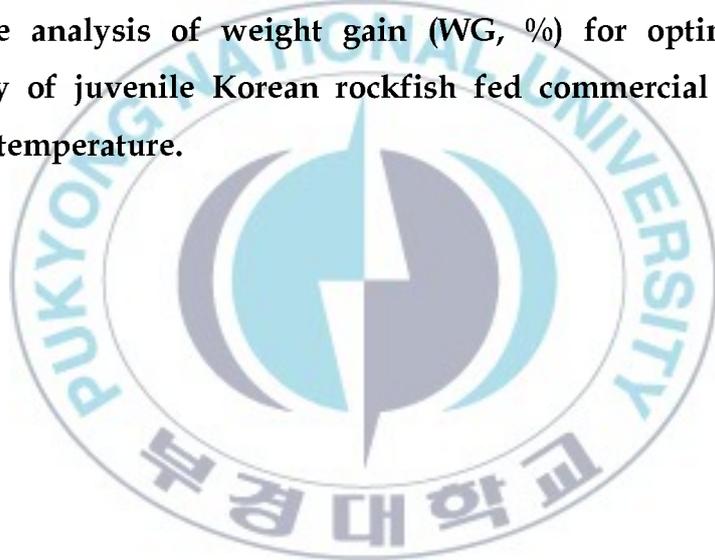


Fig 4. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding frequency of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 17.5°C water temperature.



Exp III. 20℃ 적정 공급률 및 공급횟수 실험

20℃ 적정 공급률 실험

4주차 최종측정에 대한 성장결과를 Table 18에 나타내었다. 증체율 (weight gain, WG)에 있어서는 6.00%와 6.25%실험구가 3.00%, 5.00%, 5.50%실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 5.75%실험구와 만복구(SA)와는 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 일간성장률 (specific growth rate, SGR)에 있어서는 5.75%, 6.00% 6.25%실험구와 만복구(SA)가 3.00%와 5.00%에 비해 유의하게 높게 나타났으며 ($P < 0.05$), 나머지 실험구들 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($P > 0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)결과 3.00%와 5.00%실험구가 5.75%, 6.00%, 6.25%실험구와 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 5.50%실험구와는 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($P > 0.05$). 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)결과 사료효율 과 같은 결과를 나타내었다. 생존율(survival)에 있어서는 전 실험구간 에서 폐사가 나타나지 않았다.

혈액분석결과는 Table 19에 나타내었다. 헤마토크리트(hemaocrit, HCT)에 있어 3.00%실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P < 0.05$), 3.00%를 제외한 다른 실험구간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)에 있어서는 전 실험구간의 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). GOT, GPT 또한 전 실험구간에 차이를 보이지 않았다.

Table 20은 영양학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition factor, CF) 에 있어서는 만복구(SA)는 3.00% 실험구에 비해 유의하게

높게 나타났으나($P < 0.05$), 3.00% 실험구를 제외한 다른 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)에 있어서는 6.25% 실험구와 만복구(SA)는 3.00%, 5.00% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 5.50%, 5.75%, 6.00% 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 내장중량지수(visceral somatic index, VSI)에 있어서는 3.00% 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P < 0.05$), 3.00%를 제외한 다른 실험구간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$).

Table 21는 전어체 성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 수분함량에 있어서는 3.00%의 실험구는 5.50% 6.00% 실험구와 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 5.00%, 5.75%, 6.25% 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 조단백 함량에 있어서는 3.00% 실험구가 5.00%, 6.00% 실험구와 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으나($P < 0.05$), 3.00%를 제외한 다른 실험구들 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 조지방 함량에 있어서는 3.00% 실험구가 다른 실험구들 보다 유의하게 낮게 나타났으며($P < 0.05$), 3.00%를 제외한 다른 실험구들 간에는 유의한 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 조회분 함량에 있어서는 전 실험구간에 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

4주간 사육실험에 대한 증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과는 Fig 5에 나타내었다. 분석결과, 20℃ 치어기 조피볼락(2g)에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급률은 5.92% 이상 6.00% body weight/day 미만으로 나타났다.

20℃ 적정 공급횟수 실험

4주간의 사양실험에 대한 결과를 Table 22에 나타내었다. 증체율(weight gain, WG)결과에 있어 7회 실험구가 2회, 3회, 4회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높은 결과를 나타내었으며($P < 0.05$), 5회 실험구는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 증체율과 같은 결과를 나타내었다. 사료효율(feed efficiency, FE)결과 7회 실험구가 3회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높은 결과를 나타내었으며($P < 0.05$), 2회, 4회, 5회 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER) 역시 사료효율과 같은 결과를 나타내었다. 생존율(survival)에 있어서는 전 실험구간에서 폐사가 나타나지 않았다.

혈액분석결과는 Table 23에 나타내었다. 헤마토크리트(hematocrit, HCT), 헤모글로빈(hemoglobin, Hb), GOT, GPT의 분석결과 전 실험구간에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

Table 24은 영양학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition factor, CF)에 있어서는 전 실험구간에 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)와 내장중량지수(visceralsomatic index, VSI)결과 역시 전 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

Table 25는 전어체 성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 수분 분석결과 7회 실험구가 2회 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으나($P < 0.05$), 2회를 제외한 다른 실험구에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 조단백 분석결과 전 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았

다($P>0.05$). 조지방 분석결과 2회 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P<0.05$), 3회 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 조회분에 있어서는 전 실험구 에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

4주간의 사육실험에 대한 증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과는 Fig 6에서 나타내었다. 분석결과, 20℃ 치어기 조피블락(2g)에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급 횟수는 7회 이상 8회 미만인 것으로 나타났다.



Table 18. Growth performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

	Diets							Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	5.75%	6.00%	6.25%	SA ²	
IW ³	2.19	2.19	2.17	2.17	2.22	2.16	2.15	0.01
FW ⁴	4.23	6.09	6.32	6.51	6.82	6.68	6.56	0.34
WG ⁵	93.3 ^d	177.8 ^c	191.5 ^{bc}	199.4 ^{ab}	207.5 ^a	209.9 ^a	205.1 ^{ab}	15.6
SGR ⁶	2.53 ^c	3.93 ^{bc}	4.12 ^{ab}	4.22 ^a	4.32 ^a	4.34 ^a	4.29 ^a	0.24
FE ⁷	91.77 ^a	91.60 ^a	86.92 ^{ab}	85.39 ^{bc}	83.02 ^{bcd}	81.00 ^{cd}	79.13 ^d	1.86
PER ⁸	1.94 ^a	1.94 ^a	1.84 ^{ab}	1.81 ^{bc}	1.76 ^{bcd}	1.72 ^{cd}	1.68 ^d	0.04
Survival ⁹	100	100	100	100	100	100	100	0

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (6.29%)

³IW: Initial Weight (g / fish)

⁴FW: Final Weight (g / fish)

⁵WG: Weight Gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁶SGR: Specific Growth Rate (%/day) = (loge final weight - loge initial weight) / days

⁷FE: Feed Efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁸PER: Protein Efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁹Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

Table 19. Serological characteristics of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

	Diets							Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	5.75%	6.00%	6.25%	SA ²	
HCT ³	17.30 ^b	31.63 ^a	32.30 ^a	30.10 ^a	32.55 ^a	37.50 ^a	33.87 ^a	2.41
Hb ⁴	4.84	5.00	5.15	5.18	5.25	5.24	5.27	0.06
GOT ⁵	52.54	51.28	51.92	52.75	52.07	51.40	52.42	0.21
GPT ⁶	11.45	10.02	10.35	10.58	11.83	11.15	11.95	0.28

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (6.29%)

³RBC: red blood cell (× 10⁶ cell/ μ g)

⁴HCT: hematocrit(%)

⁵Hb: hemoglobin(%)

⁶WBC: white blood cell (× 10³ cell/ μ g)

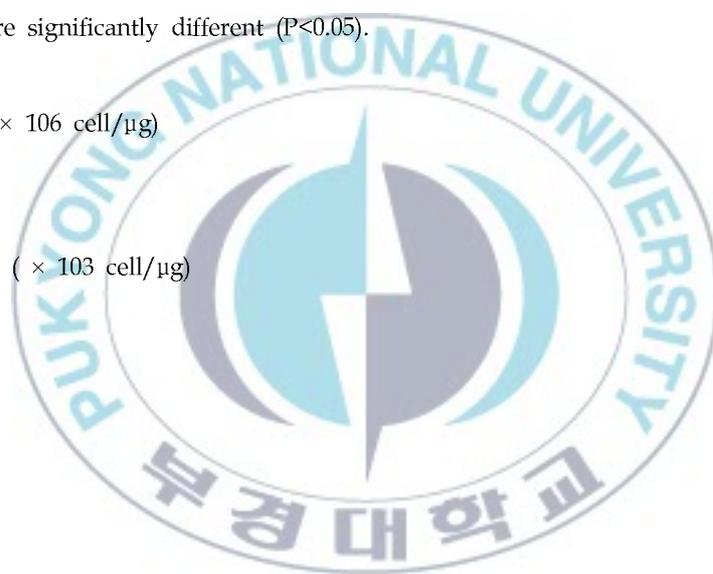


Table 20. Nutritional performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

	Diets						SA ²	Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	5.75%	6.00%	6.25%		
CF ³	0.67 ^d	0.88 ^{bc}	0.85 ^c	0.92 ^{abc}	0.97 ^{ab}	0.95 ^{abc}	1.00 ^a	0.04
HSI ⁴	1.50 ^e	2.37 ^d	2.66 ^{cd}	2.74 ^{bc}	3.04 ^{ab}	3.26 ^a	2.84 ^{ab}	0.22
VSI ⁵	6.20 ^b	7.47 ^a	8.11 ^a	7.92 ^a	8.18 ^a	7.98 ^a	8.17 ^a	0.27

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: Satiation (6.29%)

³CF: Condition Factor = (Body Weight / Total Body Length³) × 100

⁴HSI: Hepatosomatic Index = Liver weight / Body weight × 100

⁵VSI :Visceralsomatic Index = Visceral Weight / Body weight × 100

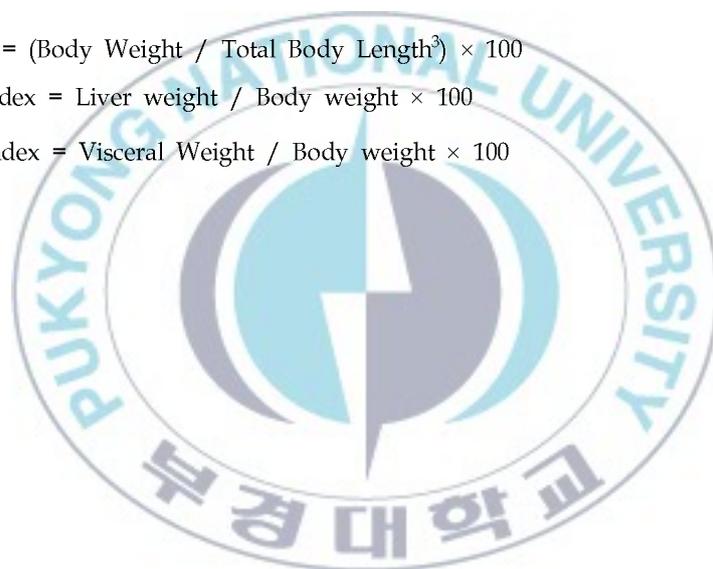


Table 21. Whole-Body proximate composition of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

(%)	Diets							Pooled SEM
	3.00%	5.00%	5.50%	5.75%	6.00%	6.25%	SA ²	
Moisture	74.48 ^a	73.43 ^{ab}	73.05 ^{bc}	73.14 ^{abc}	71.79 ^c	73.14 ^{abc}	71.92 ^c	0.35
Crude protein	62.05 ^a	58.59 ^b	59.94 ^{ab}	59.06 ^{ab}	57.76 ^b	60.03 ^{ab}	57.84 ^b	0.57
Crude lipid	14.45 ^b	20.68 ^a	21.40 ^a	20.14 ^a	22.80 ^a	21.42 ^a	22.81 ^a	1.08
Ash	19.53	16.17	15.11	18.49	15.61	16.91	15.31	0.64

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²SA: Satiation (6.29%)



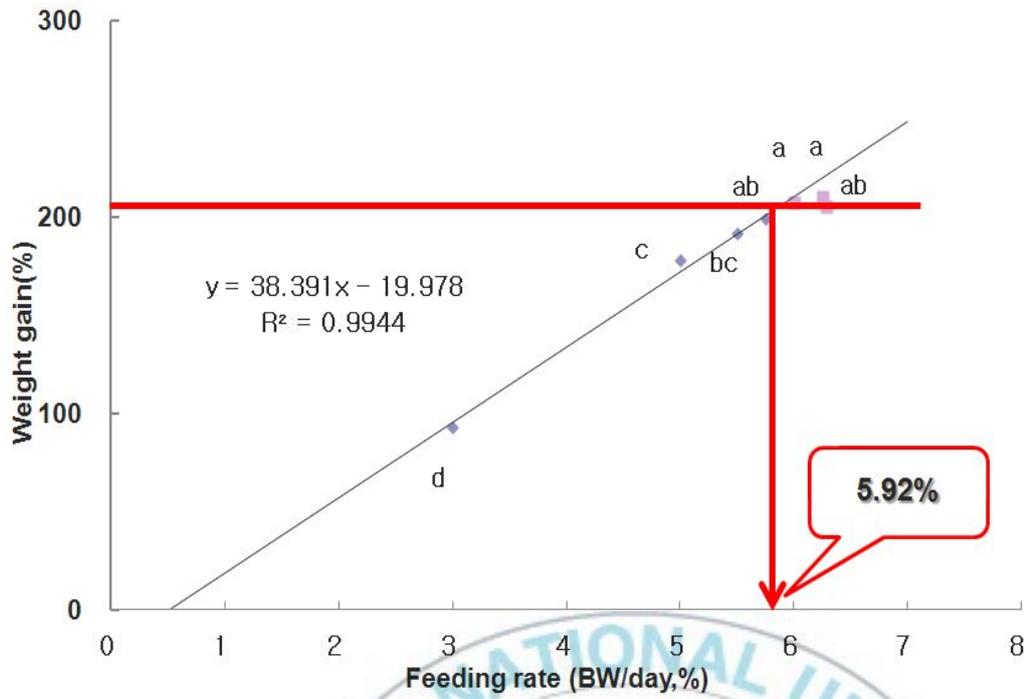


Fig 5. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding rate of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature.

Table 22. Growth performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
IW ²	2.03	2.04	2.05	2.02	2.03	2.02	0.00
FW ³	5.29	5.32	5.36	5.44	5.80	5.05	0.10
WG ⁴	160.2 ^b	162.5 ^b	163.8 ^b	168.8 ^{ab}	185.1 ^a	149.9 ^b	4.74
SGR ⁵	3.19 ^b	3.22 ^b	3.23 ^b	3.29 ^{ab}	3.49 ^a	3.05 ^b	0.06
FE ⁶	70.79 ^{ab}	68.62 ^{bc}	70.58 ^{ab}	71.77 ^{ab}	74.82 ^a	64.51 ^c	1.37
PER ⁷	1.50 ^{ab}	1.45 ^{bc}	1.50 ^{ab}	1.52 ^{ab}	1.58 ^a	1.37 ^c	0.03
Survival ⁸	100	100	100	100	100	100	0

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²IW: Initial Weight (g / fish)

³FW: Final Weight (g / fish)

⁴WG: Weight Gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁵SGR: Specific Growth Rate (%/day) = (loge final weight - loge initial weight / days

⁶FE: Feed Efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁷PER: Protein Efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁸Survival(%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

Table 23. Serological characteristics of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
HCT ²	28.17	25.93	23.67	29.90	21.00	28.90	1.39
Hb ³	5.53	5.53	5.50	5.47	5.80	5.43	0.05
GOT ⁴	50.40	51.01	50.28	52.09	52.46	50.22	0.40
GPT ⁵	11.45	10.02	10.35	10.5	11.83	11.15	11.95

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²HCT: hematocrit(%)

³Hb: hemoglobin(g/dL)

⁴GOT(AST;U/L) : Glutamic oxaloacetic transaminase (Aspartate transaminase)

⁵GPT(ALT;U/L) : Glutamic pyruvic transaminase (Alanine transaminase)



Table 24. Nutritional performance of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
CF ²	0.83 ^b	0.84 ^b	0.84 ^b	0.86 ^{ab}	0.93 ^a	0.81 ^b	0.03
HSI ³	2.95	3.16	3.19	3.25	3.29	3.21	0.05
VSI ⁴	11.19	11.24	11.46	11.48	11.54	11.45	0.06

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²CF: Condition Factor = $(\text{Body Weight} / \text{Total Body Length}^3) \times 100$

³HSI: Hepatosomatic Index = $\text{Liver weight} / \text{Body weight} \times 100$

⁴VSI :Visceralsomatic Index = $\text{Visceral Weight} / \text{Body weight} \times 100$

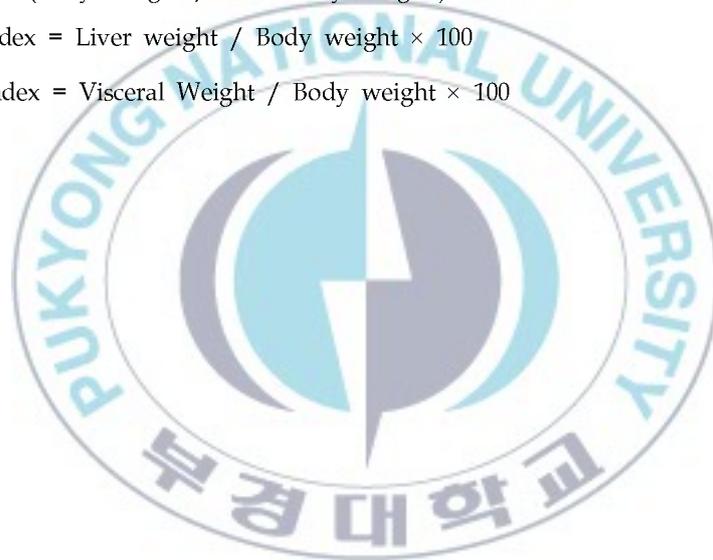
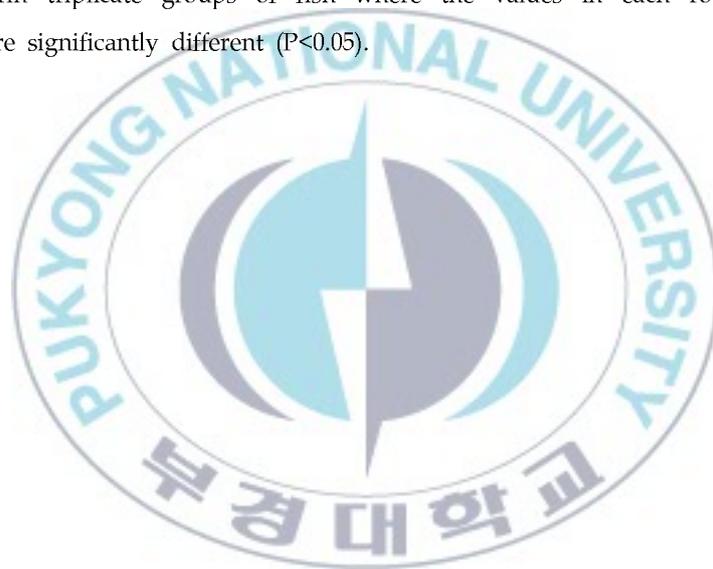


Table 25. Whole-Body proximate composition of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature¹

(%)	Diets						Pooled SEM
	2회	3회	4회	5회	7회	9회	
Moisture	74.25 ^a	73.67 ^{ab}	73.25 ^{ab}	73.68 ^{ab}	72.93 ^b	73.50 ^{ab}	0.18
Crude protein	63.24	61.66	62.32	60.96	62.47	61.32	0.34
Crude lipid	16.80 ^b	20.12 ^{ab}	21.55 ^a	20.72 ^a	20.20 ^a	20.78 ^a	0.68
Ash	16.63	15.87 ^a	16.13	16.89	16.08	16.30	0.15

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).



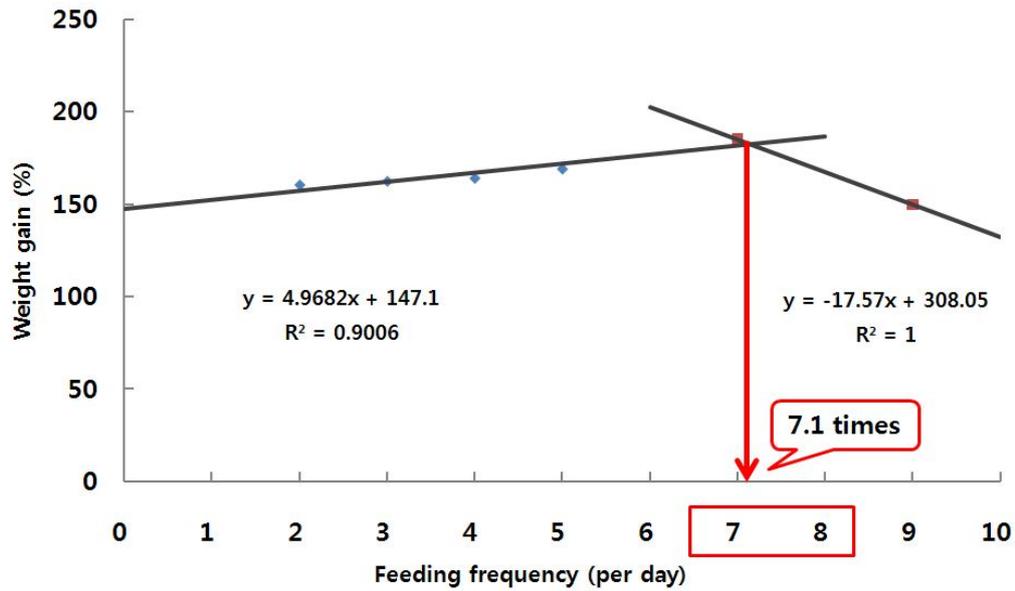
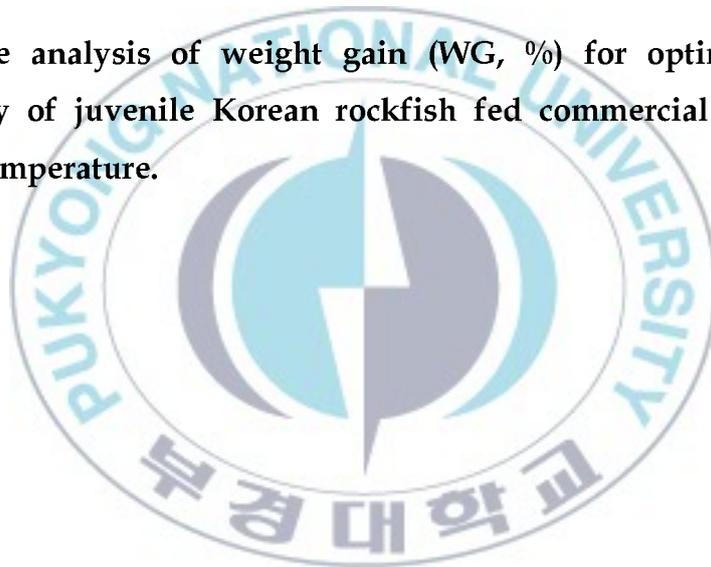


Fig 6. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding frequency of juvenile Korean rockfish fed commercial diet at 20°C water temperature.



IV. 결 론

각 수온별에 있어서 4주간 공급률 실험기간동안 증체량(WG)과 일간 성장률(SGR)이 공급률이 증가할수록 수치가 높아지는 경향이 나타났으며, 이는 사료 공급률이 증가할수록 어류의 성장이 증가한다는 타 어종에 대해 보고된 결과와 유사한 경향을 보였다(XiaoJun and Ruyung, 1992; Adebayo et al., 2000; Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002). 또한 사료 공급률이 증가할수록 사료 효율(FE) 과 단백질 전환효율은 사료 공급률이 증가할수록 감소하는 경향이 나타났으며 타 어종의 결과와 유사한 경향을 보였다(Clark et al., 1990; Hung et al., 1993; Mihelakakis et al., 2002). Weatherley and Gill(1987)에 의하면 어류에 있어서 충분한 사료를 섭취하지 못하면 체내 조직의 축적에너지를 소모함으로써 생명현상을 유지하게 되고, 이러한 체조직 내의 저장 에너지 사용은 성장감소로 나타날 뿐만 아니라, 어류의 체조성 및 생존율에도 큰 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다.

각 수온별 에 있어서 4주간 공급횟수 실험기간동안 증체율과 사료 효율은 일정 공급횟수 이상 증가하다 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 실험 경향은 치어기 넙치를 대상으로 먹이 공급 체계에 대해 연구된 결과에도 나타났으며(Lee et al., 1999), 조피볼락에서도 비슷한 경향을 보였다(Lee et al., 2000) 사료 섭취량이 어떤 사료 공급횟수 이상에서 더 이상 증가하지 않는 현상은 아마 그 어종의 소화기관의 사료 섭취 허용량과 섭취 에너지 요구량 만족여부와 관련된 것으로 보인다(Page and Andrews, 1973). 무지개송어, 넙치 및 red-spotted gruper를 대상으로 한 연구에서도 적정사료 공급횟수 이상에서는 성장 및 사료 섭취율이 더 이상 증가하지 않는 것으로 보고되었다(Grayton and

Bermish, 1977; Kayano et al., 1993; Kim et al., 2005). 또한 본 실험에서 수온에 따라 적정 사료 공급횟수는 달라진다. 이는 사료섭취 후 소화기관이 비워지는 시간(gastric evacuation time)과 밀접한 관계를 가지며(Holmgren et al, 1983), 어류의 섭취량은 위의 포만과 장 배설시간에 따라 달라질 수 있다고 보고되었다(Grove and Crawford, 1980; Grove et al., 1985).

본 연구의 영양학적 분석에 있어서는 각 수온별 공급률에 있어서 비만도(CV)의 경우 공급률이 증가 할수록 증가하는 경향을 보았다가 만복공급으로 갈수록 낮아지는 경향이 나타났다. 간 중량지수(HSI)와 내장 중량지수(VSI) 역시 공급률이 낮아질수록 수치가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 먹이의 절대적 부족으로 인하여 체내의 지질 및 내장 축적지질이 에너지원으로 사용되기 때문에 함량이 낮아진다고 보고되고 있다(Lee et al., 1996). 각 수온별 공급횟수에 있어서 비만도의 경우 적정 공급 횟수 이상 줄 경우 그 수치가 감소하는 것을 볼 수 있다. 간 중량지수와 내장 중량지수 역시 비슷한 경향을 보였는데 이는 일정시간 이상 잦은 사료공급이 소화관 통과 시간을 빠르게 해 사료의 소화 효율을 떨어뜨릴 수 있다고 보고되었다(Liu and Liao, 1999).

본 연구에 전어체 분석에 있어서 각 수온별 공급율 실험의 경우 전어체 성분에 있어서 사료 공급률이 증가할수록 조지방 함량이 증가한 반면 수분과 조회분은 감소하는 경향이 나타났다. Lee et al.,(1993)은 조피블락을 10주간 절식 시키며 기간별로 전어체의 성분변화를 조사한 결과, 최초 어체에 비해 수분 함량은 절식기간이 지남에 따라 증가한 반면, 단백질 및 지질함량은 감소하였으며 지질의 비율이 단백질에 비하여 더 높았다고 보고 하였으며, 또한 여름철에 치어기 넙치를 사료 공급율을 달리하여 사육 실험한 Kim et al. (2007)의 연구에서도 전어체의 지질 함량은 일일 사료 공급율 1.0% 실험구가 사료 공급률

2.2-2.8% 실험구에 비하여 낮은 결과를 보여 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 조 지방 함량에 있어서 각 수온별 3% 실험구 만 비교 하였을 때 15℃ 공급을 실험에서 가장 높은 수치를 보여주었고 17.5℃에서 20℃로 갈수록 감소하는 경향이 나타났다. 이는 어류는 변온동물로서 수온이 낮아질수록 소화효소의 활성 및 대사율이 감소하게 되지만, 이와 반대로 사료섭취량이 같을 경우 수온이 상승한다면, 어류의 소화효소의 활성 및 대사가 증가되지 않고 체내에 축적되어 지방의 함량을 증대시킬 수 있다고 보고되어 있으며(Fange and Grove, 1979; Fauconneau et al., 1983), 본 실험에서 유사한 결과가 나타났다.

본 연구인 각 수온별 사료 공급을 실험에서 증체율을 통한 Broken Line analysis 분석을 통한 조피볼락 치어(2g) 상업용 배합사료의 적정 공급율은 15℃에서는 2.87% bw/day, 17.5℃에서는 5.97% bw/day, 20℃에서는 5.92% bw/day로 각각 나타났다. 각 수온별 적정 공급횟수 실험에서 체율을 통한 Broken Line analysis 분석을 통한 조피볼락 치어(2g) 상업용 배합사료의 적정 공급률은 15℃에서는 2.7회, 17.5℃에서는 4.9회, 20℃에서는 7.1회로 각각 나타났다. 본 연구와 달리 평균체중 6~20g의 조피볼락의 경우크기에는 1일 1회 또는 2일 1회 공급하는 것이 경제적인 측면에서 좋을 것 이라고 보고되었으며(Lee et al., 1996; Lee et al., 2000), 본 연구에 비해 적은 공급 횟수로 나타났다. 이는 어종, 어체의 크기, 사료내 영양소 종류와 함량 및 사육조건 등에 의해서도 어류의 최대성장을 위한 적정 공급횟수는 달라질 수 있다고 이전 연구에서 보고 되었다(Wang et al., 1998; Lambert et al., 2001; Dwyer et al., 2002; Riche et al., 2004). 이러한 연구결과는 어체 크기에 따라 사료 공급횟수가 달라질 수 있다는 것을 의미한다.

따라서 본 연구를 통하여 상업용 배합사료의 적정 공급률은 증체율을 통한 Broken Line analysis 분석한 결과 15℃에서는 2.87% 이상 3.00%

bw/day 미만, 17.5℃에서는 5.97% 이상 6.00% bw/day 미만 20℃에서는 5.92% 이상 6.00% bw/day 미만으로 나타났으며 위의 적정 공급률 실험을 통한 적정 공급횟수는 증체율을 통한 Broken Line analysis 분석한 결과 15℃에서는 1일 2회 이상 3회 미만, 17.5℃에서는 1일 4회 이상 5회 미만, 20℃에서는 1일 7회 이상 8회 미만으로 나타났다.



V. 요약

Exp I. 15°C 적정 사료 공급률 및 공급횟수 실험

배합사료 공급체계 실용화 연구에 따른 치어기 조피블락(2g)의 적정 사료 공급률 및 공급횟수 확인을 위하여 $2.07 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 의 조피블락을 36L의 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 전 실험기간 동안 수온은 $15^\circ\text{C} \pm 0.4^\circ\text{C}$ 로 맞추었고 실험기간은 총 4주간 실시하였다. 사료공급은 상업용 시판 조피블락용 배합사료를 어체 무게당 1.00, 2.25, 2.50, 2.75, 3.00, 3.25(%) 및 SA(만복공급3.34%)으로 공급하였고 총 7개 실험구로 나누어 1일 3회(08:00, 14:00, 20:00h) 공급하였다.

적정 공급횟수 실험은 선행된 적정 사료 공급률(2.87%) 실험을 통하여 2회(08:00, 20:00h), 3회(08:00, 14:00, 20:00h), 4회(08:00, 12:00, 16:00, 20:00h), 5회(08:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00h), 7회(08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00h), 9회(08:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00h)로 총 6개 실험구로 나누어 공급하였다. 실험 종료 후 성장측정항목(증체율, 일간성장율, 사료효율, 단백질 전환효율 및 생존율), 혈액분석, 전어체 일반성분, 간, 신장 전장의 영양학적 결과를 확인하였다. 적정 사료 공급률 과 공급횟수 확인을 위해 증체율(WG)을 통한 Broken line analysis 를 실시하였다.

적정 공급률 실험결과 증체율(weight gain, WG)과 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 있어서 3.00% 실험구가 가장 높은 수치를 나타내었고 1.00, 2.25, 2.50(%) 에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 2.75, 3.25(%), 만복구(SA) 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서는 2.25% 실험구가 가장 높은 수치를 나타내었고 1.00, 3.00, 3.25(%), 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으며

($P < 0.05$), 2.50, 2.75% 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

적정 공급횟수 실험결과 증체율(weight gain, WG)과 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 있어서는 3회 실험구에서 가장 높은 수치가 나타났고 7회, 9회에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 2회, 4회, 5회 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서는 3회 실험구에서 가장 높은 수치가 나타났고 7회, 9회에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 2회, 4회, 5회 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

따라서 본 연구를 통하여 상업용 배합사료의 적정 공급률 및 공급횟수는 증체율을 통한 Broken Line analysis 분석한 결과 적정 공급률은 2.87% 이상 3.00% bw/day 미만이며 적정 공급횟수는 1일 2회 이상 3회 미만인 것으로 나타났다.

Exp II. 17.5℃ 적정 사료 공급률 및 공급횟수 실험

배합사료 공급체계 실용화 연구에 따른 치어기 조피블락(2g)의 적정 사료 공급률 및 공급횟수 확인을 위하여 $2.02 \pm 0.03\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 의 조피블락을 36L의 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 전 실험기간 동안 수온은 $17.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 로 맞추었고 실험기간은 총 4주간 실시하였다. 사료공급은 상업용 시판 조피블락용 배합사료를 어체 무게당 3.00, 5.00, 5.50, 6, 6.25, 6.50(%) 및 SA(만복공급6.54%)으로 공급하였고 총 7개 실험구로 나누어 1일 3회(08:00, 14:00, 20:00h) 공급하였다.

적정 공급횟수 실험은 선행된 적정 사료 공급률(5.97%)실험을 통하여 2회(08:00, 20:00h), 3회(08:00, 14:00, 20:00h), 4회(08:00, 12:00, 16:00, 20:00h), 5회(08:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00h), 7회(08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00h), 9회(08:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00h)로 총 6개 실험구로 나누어 공급하였다. 실험 종료

후 성장측정항목(증체율, 일간성장율, 사료효율, 단백질 전환효율 및 생존율), 혈액분석, 전어체 일반성분, 간, 신장 전장의 영양학적 결과를 확인하였다. 적정 사료 공급률 과 공급횟수 확인을 위해 증체율(WG)을 통한 Broken line analysis 를 실시하였다.

적정 공급률 실험결과 체율(weight gain, WG)과 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 있어서 만복구(SA)가 가장 높은 수치를 나타내었고 3.00, 5.00(%)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 5.50, 6.00, 6.25, 6.50(%) 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서는 3.00% 실험구가 가장 높은 수치를 나타내었고 6.25, 6.50(%), 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 5.00, 5.50, 6.00(%) 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

적정 공급횟수 실험결과 증체율(weight gain, WG)과 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 있어서는 5회 실험구 에서 가장 높은 수치가 나타났고 7회, 9회에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 2회, 3회, 4회 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서는 5회 실험구 에서 가장 높은 수치를 보였고 7회, 9회에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 2회, 3회, 4회 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

따라서 본 연구를 통하여 상업용 배합사료의 적정 공급률 및 공급횟수는 증체율을 통한 Broken Line analysis 분석한 결과 적정 공급률은 5.97% 이상 6.00% bw/day 미만이며 적정 공급횟수는 1일 4회 이상 5회 미만인 것으로 나타났다.

Exp III. 20℃ 적정 사료 공급률 및 공급횟수 실험

배합사료 공급체계 실용화 연구에 따른 치어기 조피볼락(2g)의 적정 사료 공급률 및 공급횟수 확인을 위하여 $2.10\pm 0.03\text{g}(\text{mean}\pm\text{SD})$ 의 조피

블락을 36L의 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 전 실험기간 동안 수온은 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 로 맞추었고 실험기간은 총 4주간 실시하였다. 사료공급은 상업용 시판 조피블락용 배합사료를 어체 무게당 3.00, 5.00, 5.50, 5.75, 6.00, 6.25(%) 및 SA(만복공급6.29%)으로 공급하였고 총 7개 실험구로 나누어 1일 3회(08:00, 14:00, 20:00h) 공급하였다.

적정 공급횟수 실험은 선행된 적정 사료 공급률(5.92%) 실험을 통하여 2회(08:00, 20:00h), 3회(08:00, 14:00, 20:00h), 4회(08:00, 12:00, 16:00, 20:00h), 5회(08:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00h), 7회(08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00h), 9회(08:00, 9:30, 11:00, 12:30, 14:00, 15:30, 17:00, 18:30, 20:00h)로 총 6개 실험구로 나누어 공급하였다. 실험 종료 후 성장측정항목(증체율, 일간성장율, 사료효율, 단백질 전환효율 및 생존율), 혈액분석, 전어체 일반성분, 간, 신장 전장의 영양학적 결과를 확인하였다. 적정 사료 공급률 과 공급횟수 확인을 위해 증체율(WG)을 통한 Broken line analysis 를 실시하였다.

적정 공급률 실험결과 증체율(weight gain, WG)에 있어서는 6.25%에 가장 높은 수치를 나타내었고 3.00, 5.00, 5.50(%)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 5.75, 6.00(%), 만복구(SA)와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 있어서는 6.25%에 가장 높은 수치를 나타내었고 3.00, 5.00(%)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 5.50, 5.75, 6.00(%), 만복구(SA) 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서는 3.00% 실험구 에서 가장 높은 수치를 나타내었고 5.75, 6.00, 6.26, 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 5.00, 5.50(%) 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

적정 공급횟수 실험결과 증체율(weight gain, WG)과 일간성장률(specific growth rate, SGR)에 있어서 7회 실험구 에서 가장 높은 수치가 나타났고 2회, 3회, 4회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 5회 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 사료효율

(feed efficiency, FE)과 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서는 7회 실험구에서 가장 높은 수치가 나타났고 3회, 9회 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 2회, 4회, 5회 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

따라서 본 연구를 통하여 상업용 배합사료의 적정 공급률 및 공급횟수는 증체율을 통한 Broken Line analysis 분석한 결과 적정 공급률은 5.92%이상 6.00% bw/day 미만이며 적정 공급횟수는 1일 7회 이상 8회 미만인 것으로 나타났다.



Ⅵ. 감사의 글

그동안 지금까지 대학과 대학원을 마치고 논문을 마무리 하면서 여러 모로 부족한 저에게 많은 도움과 격려를 주었던 분들께 먼저 감사의 말을 전합니다. 먼저 석사과정 동안 부족한 저에게 배움의 길로 인도 해주신 배승철 지도교수님의 은혜에 깊은 감사의 인사를 드립니다. 바쁘신 와중에도 제 논문이 좋게 완성이 될 수 있도록 많은 조언과 도움을 주신 장영진 교수님과 김창훈 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 또한, 학부과정부터 석사과정까지 뜻 깊은 강의와 세미나 시간을 통하여 학업의 흥미와 지식의 발전을 이끌어주신 조재운 교수님, 허성범 교수님, 김동수 교수님, 김종명 교수님, 남윤권 교수님, 공승표 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 그리고 제가 영양 대사학 실험실에 들어온 이후 많은 도움을 주신 구자완, 김영철, 배준영, 이승형 선배님 그리고 함께 실험실 생활을 하면서 논문을 대한 조언과 도움을 아끼지 않았고 실험실 생활에 흥미를 가지게 해준 이준호, 윤용현, 박건현, 황남용, 유의형님 그리고 반년 먼저 실험실에 들어와서 같이 일한 후배 윤현호 와 학부생활을 하면서 많은 도움을 준 실험실 후배 이승한, 이영광 에게도 감사의 말을 전합니다. 그리고 함께 공부한 외국인 학생들에게도 감사의 말을 전합니다. Thanks for Dr. Okorie, Mahmoud, Larry, Mizan, Erfan, Rochana, Katya. 또한 이 논문이 나오기 까지 분석을 도와준 사료영양연구소의 친구 오상철 과 박인재 연구원 에게도 감사의 말을 전합니다. 끝으로 제가 지금까지 오면서 사랑과 관심을 무한히 배풀어 준 저의 가족들인 아버지, 어머니, 동생에게도 감사를 드리며 함께 해주신 모든 분들에게 이 논문을 바칩니다.

VII. 참고문헌

- Adebayo OT, Balogun AM and Fagbenro OA. 2000. Effects of feeding rate on growth; Body composition and economic performance of juvenile clariid catfish hybrid(♀ *Clarias gariepinus* × ♂ *Heterobranchus bidorsalis*). *J Aquacult Trop* 15, 109-117.
- Azzaydi M, Martines FJ, Zamora S, Valzquez S and Madrid JA. 2000. The influence of nocturnal vs. diurnal feeding condition under winter condition on growth and feed conversion of European sea bass(*Dicentrarchus labrax* L). *Aquacult* 182, 329-338.
- Brett JR and Higgs DA. 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon (*Onchorhynchus nerka*) in relation to temperature and ration size. *J Fish Res Bd Can* 26, 2363-2394.
- Brett JR. 1979. Environmental factors and growth in Hoar, W.S. Randall DJ. and Brett JR. editors, *Fish Physiology. Bioenergetics and Growth*, vol. VIII. Academic Press, New York, U.S.A., 599-675.
- Cho SH, Lee SM, Park BH and Lee SM. 2006. Effect of feeding ratio on growth and body composition of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed extruded pellets during the summer season. *J Aquacult* 251, 78-84.
- Clark JH, Watanabe WO and Eranst DH. 1990. Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in floating marine cages. *J World Aquacult Soc* 21, 16-24.
- Choi, Y. U., S. R. and Y. D. Lee, 2002 Effect of water temperature and stocking density on growth of juvenile red drum *Sciarnops qcellatus*. *J. Aquacult.*, 15(3) pp131-138.

- Choi, S. M., K. W. Kim, Y. J. Kang, H. S. Park and S. C. Bai, 2008. Optimum dietary lipid level and feeding rates of extruded pellets in juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. J. Aquacult., 21(4) pp244-251.
- Dwyer, K., J. Brown, C. Parrish and S. Lal, 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). Aquaculture, 213, 279-292.
- Fänge R. and Grove D. 1979. Digestion. Fish physiology 8: Bioenergetic and Growth Brett JR. Academic Press, New York, U.S.A., 161-260.
- Fauconneau BG, Choubert D, Blanc J, Breque and Luquet P. 1983. Influence of environmental temperature on flow rate of foodstuffs through the gastrointestinal tract of rainbow trout. J Aquacult 34, 27-39.
- Grove, D.J., Crawford, C., 1980. Correlation between digestion rate and feeding frequency in the stomachless teleosts, *Blennius pholis* L. J. Fish Biol. 16, 235 - 247.
- Grove, D.J., Moctezuma, M.A., Flett, H.R.J., Foott, J.S., Watson, T., Flowerdew, M.W., 1985. Gastric emptying and the return of appetite in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* L., fed on artificial diets. J. Fish Biol. 26, 339 - 354.
- Grayton, B.D., Beamish, F.W.H., 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout *Salmo gairdneri*. Aquaculture 11, 159 - 172.
- Heo, S. B. 2008. A preliminary and a commercial scale farm feeding trials to develop the formulated extruded pellet for olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Master's Thesis, Pukyong Univ., Pusan, Korea
- Holmgren, S., Grove, D.J., Fletcher, D.J., 1983. Digestion and control

of gastrointestinal motility. In: Rankin, J.C., Pitcher, T.J., Dugan, R.T. (Eds.), *Control Processes in Fish Physiology*. Wiley, New York, NY, USA, pp. 23 - - 40.

Hung SSO, Conte and Hallen EK. 1993. Effects of feeding rates on growth, body composition and nutriment metabolism in striped bass (*Morone saxatilis*) fingerlings. *J Aquacult* 112, 349-361.

Kayano, Y., Yao, S., Yamamoto, S., Nakagawa, H., 1993. Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *Aquaculture* 110, 271 - -278.

Kim, K.M., K.D. Kim, S.M. Choi, K.W. Kim and Y.J. Kang. 2005. Optimum feeding frequency of extruded pellet for the growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *J. Aquaculture*, 18, 231-235.

Kim KD., Kang YJ, Kim KW and Kim KM. 2007. Effects of feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J World Aquacult Soc* 38, 169-173.

Kim KD, Kang YJ, Lee JY, Kim KW, Lee HM, Jang MS, Choi SM, Nam MM and Lee SM. 2009. Effects of feeding rate on growth and body composition of adult flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *J Aquaculture* 22, 1-4.

Lambert, Y and 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 SM and Hur SB. 1993. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli* III. Changes of body compositions with starvation. *J Aquacult* 6, 199-211.

- Lee SM and Jeon IG. 1996. Evaluation of dry pellet on growth of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) by comparing with moist pellet and raw fish based moist pellet. *J Aquacult* 9, 247-254.
- Lee, S-M., C.H. Song 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 SM., S.H. Cho and D.J. Kim. 2000. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder (*paralichthys olivaceus*). *Aquacult. Res.*, 31, 917-921.
- Lee, S.M. and K.D. Kim 2001. Effects of dietary protein and energy levels on growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*). *aquaculture*, 187, 399-409.
- Liu, F.G and C.I. Liu. 1999. Effect of feeding regimen on the food consumption, growth and body composition in hybrid striped bass *Morone saxatilis* × *M. chrysops*. *Fish Sci.*, 64, 513-519.
- Mihelakakis A, Tsolkas C and Yoshimatsu T. 2002. Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead seabream *Sparus aurata*. *J World Aquacult Soc* 22, 169-175.
- Ng WK, Lu KS, Hashim R and Ali A. 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *J Aquacult Int* 8, 19-29.
- NRC(national research council). 1993. Nutrient requirement of fish. National academy Press, Washington DC, U.S.A., 114.
- Page, J. W. and J. W. Andrews, 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J.*

Nutr., 103, 1339-1346

Pelletier D, Blier PU, Dutil JD and Guderley H. 1995. How should enzyme activities be used in fish growth studies?. J Exp Biol 198, 1493-1497.

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

Tsevis N, Klaoudatos S and Condes A. 1992. Food conversion budget in sea bass *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. J Aquacult 101, 293-304.

XiaoJin X and Ruyung S. 1992. The bioenergetics of the southern catfish(*Scoththalmus maximus*). J Aquacult 217, 547-558.

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.

Weatherley AH. and Gill HS. 1987. The biology of fish growth. 4. Protei, lipid and caloric contents. Academic press, London, U.K., 139-146

배승철. 2002 '국내외 양식 및 양어사료 산업의 현황 및 국내산업의 발전방향' 바이엘 9호 14-19

통계청(KOSTAT). 2012. 어류양식동향 조사 결과, 사회통계국 농어업생산 통계과

한국해양자료센터 2011. 연안정지관측정보