GOVP1199800579

639.48
L293ㅈ

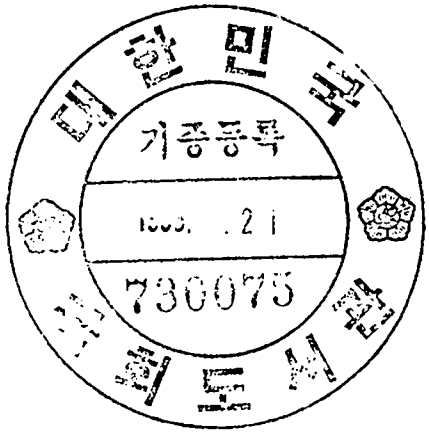
최 종
연구보고서

전복 배합사료 개발

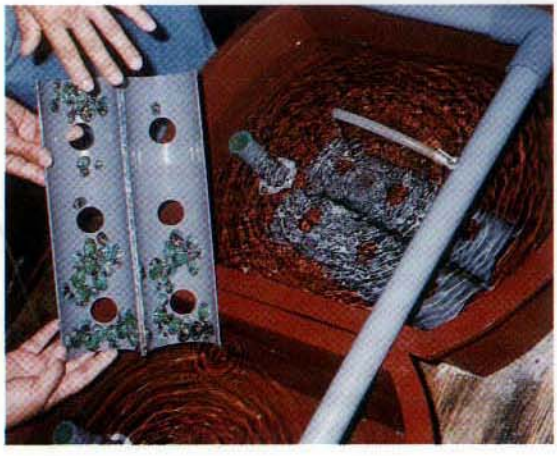
Development of Practical Feed for the Abalone *Haliotis discus hannai*

연구기관

국립수산진흥원



농 림 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "전복 배합사료 개발" 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1997. 12

주관연구기관 : 국립수산진흥원
총괄연구책임자 : 박 승 렬
연 구 원 : 전임기 이상민
명정인 김광수
김재우 한석중
김병학 고창순
박찬선 고태승
임영수 이종관
윤성종 민광식
박홈기 임현정
윤호동 김태진
이종문 전민지
방인철 박윤정
허용주 황운기
김이오 한일석
김대희 이계안

여 백

요 약 문

1. 제 목

전복 배합사료 개발

2. 연구개발의 목적 및 중요성

전복류는 세계적으로 100여종 이상이 분포하고 있으며, 우리나라에는 말전복(*Haliotis giganta*), 둥근전복(*H. discus*), 시볼트 전복(*H. sieboldii*), 오분자기(*H. diversicolor superfexta*)와 참전복(*H. discus hannai*)이 서식하고 있다. 서식 환경등을 고려하여 볼때 참전복이 우리 나라에 가장 적합한 양식 대상종으로 생각되며, 그동안 많은 연구자들의 노력에 의해 현재는 전복 종묘생산 기술이 확립되어 있다. 이러한 전복은 옛날부터 매우 고급 수산 식품으로 자리를 잡아왔고, 앞으로도 값비싼 식품으로 위치를 차지할 것으로 전망된다.

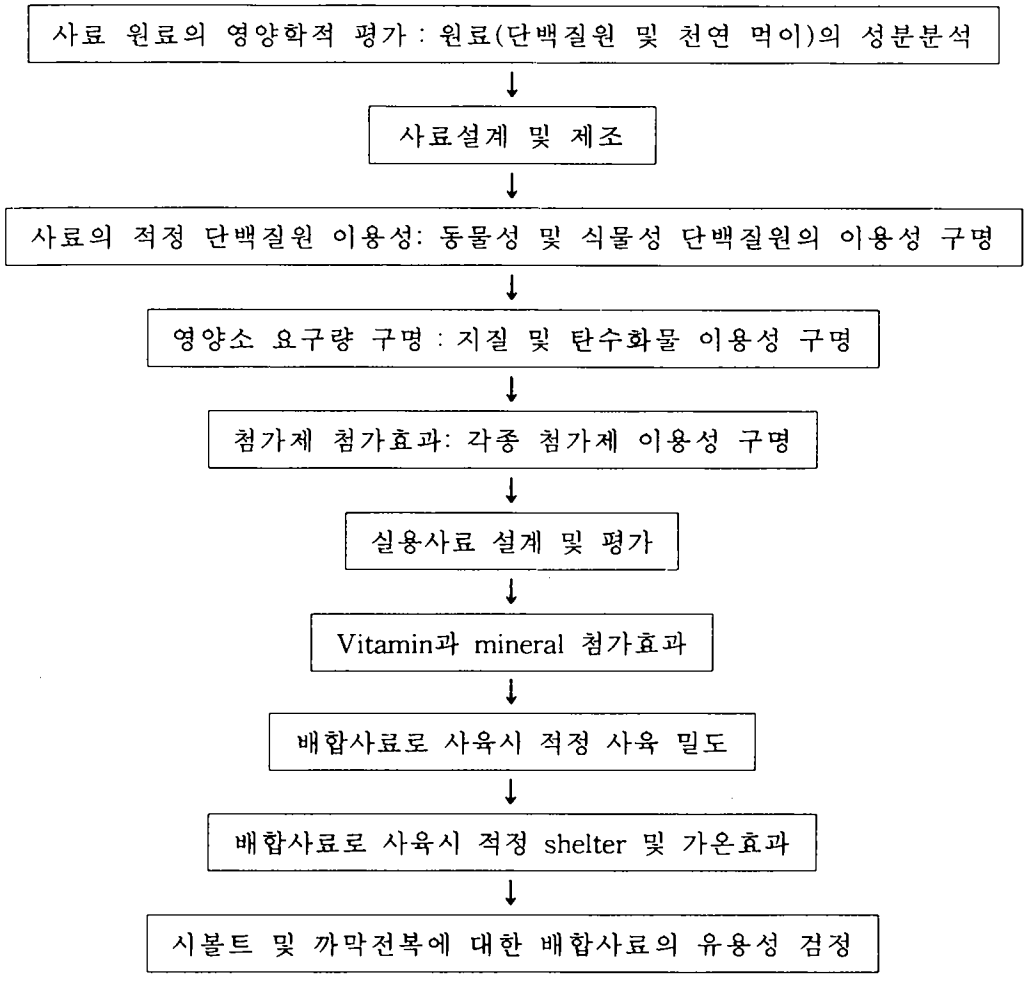
전복은 주로 인공종묘로 생산하여 종묘를 암초지대에 방류하여 상품 크기의 것을 다시 수확하는 방식으로 이루어져 왔으며 부분적으로 채롱 수하식으로 양식되어 왔다. 하지만 최근 전복양식에 대한 관심이 높아짐에 따라 전복을 육상수조에서 양성하는 곳이 현저히 증가되고있는 실정이다. 양식에 있어 가장 중요하게 고려되어야 할 것은 대상종에 적합한 서식환경, 질병과 성장 효과를 높일 수 있는 먹이공급이다. 이러한 외부 요인들 중 환경이나 질병은 자연 의존적인 인자인 반면에 사료는 양어가들이 적절히 조절할 수 있고, 특히 사료는 양식경영비의 절반 이상을 차지하는 중요한 요소로서 값싸고 질좋은 사료의 안정적 확보가 양식의 성패를 좌우할 수 있는 중요한 요인이다.

전복 종묘생산은 부착기 이후부터 부착규조가 붙은 파판에 부착시켜 규조를 주 먹이로 사육하여 각장 1cm 가까이 키운후에는 파판에서 박리하여 중간 육성하거나 바다에 방류하고 있다. 전복 종묘를 바다에 방류하면 생존율이 50% 이하로 낮지만 육상수조 등에서 중간 육성할 경우에는 생존율이 훨씬 높아지는 것으로 알려져 있다. 하지만 전복의 육성용 먹이로는 주로 생미역, 생파래, 생다시마와 같은 천연 먹이를 사용하다가 여름에는 건조미역이나 건조다시마를 주 먹이로 사용하고 있는 실정이다. 이러한 천연먹이는 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고 취급 및 보관경비의 과다소요 등 제반 문제점을 해결하기 위해서는 전복에 적합한 배합사료의 개발이 시급한 실정이다. 하지만, 국내에서는 아직까지 적정한 배합사료가 개발되지 않아 효율적인 양식이 불가능한 실정이며, 외국에서 수입되고 있는 사료는 가격이 비싸 경제적인 면에서 매우 불리하다.

그래서 본 과제는 전복의 필수영양소 요구량, 값싼 사료 단백질 원료의 이용성을 구명하고 이를 기초로 성장과 사료효율이 우수하고 취급 및 보관이 용이하며, 값싼 실용 배합사료를 개발하여 양식원가 절감을 통한 양식경영의 안정 및 어민소득 증대에 기여하고자 수행되었다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 과제는 2년간에 걸쳐 수행되었는데, 1차년도에서는 실용사료 개발에 기초가 되는 연구항목을 주로 수행하였고, 2차년도에는 실용적인 면에 중점을 두어 아래와 같이 수행하였다.



Ⅳ. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

1) 사료 원료의 영양학적 평가

원료(단백질원 및 천연 먹이)의 영양성분(단백질, 지질, 수분, 회분, 섬유질 에너지, Amino acids, Fatty acids)을 분석하여 실험 사료원으로서의 이용성을 추정하고 사료 설계시 응용하였다.

2) 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료 비교

전복은 주로 밤에 먹이를 섭취하는 야행성으로 먹이를 섭취하는데 충분한 시간이 필요하고, 먹이 섭취 전까지 사료의 영양소가 수중으로 쉽게 유출되지 않아야 한다. 이와 같은 사료의 수중 안정성은 사료성분이나 제조조건에 따라 달라지며, 많은 연구자들이 사료의 풀림이나 영양소 유출을 방지하기 위해 사료의 알긴산 나트륨을 염화칼슘 수용액에 침적시켜 불용성인 칼슘염으로 치환시키는 방법을 사용하고 있다. 하지만 그 침적조건에 대한 검정은 수행되지 않았다. 그래서 본 연구에서는 앞으로 계속될 연구에 기초적인 자료를 제시하기 위해 실험용 배합사료의 효능과 배합사료 성형시 염화칼슘 수용액 농도와 침적시간에 따른 효과를 조사하기 위하여 단백질과 에너지원으로 카제인, 북양어분, 대두박, 소맥분, 건조미역 분말, 오징어간유와 대두유를 첨가하고 점착제로 알긴산나트륨을 21% 사용한 실험 배합사료를 설계하여 5%, 10% 및 15%의 염화칼슘($CaCl_2$) 수용액에 각각 10초, 20초 및 60초간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시킨 9종의 실험 배합사료를 제조하였다. 또한, 외국산 배합사료 2종류, 생사료(건조미역) 및 배합사료와 생사료 혼합구를 설정하여 실험 배합사료와 비교하였다. 평균체중 0.3 g의 참전복 치패를 각 사료당 3반복으로 17주간 사육 실험한 결과, 최종 평균체중, 증체율 및 생존율은 건조미역 공급구가 낮은 값을 보였으며, 그 외 실험구는 실험구간에 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 평균 가식부 중량은 15% $CaCl_2$ 수용액에 10초간 처리한 실험구와 건조미역구가 낮은 값을 보였으나 체중에 대한 가식부의 무게에서는 모든 실험구에서 차이를 보이지 않았다. 실험 종료시 수분, 단백질 및 회분 함량은 사료에 영향을 받지 않았으나($P>0.05$), 지질함량은 외국산 배합사료가 첨가된 실험구에서 낮아지는 경향을 보였다. 이상의 결과로부터 배합사료를 성형할 때 염화칼슘의 농도와 침적시간은 전복의 성장과 체성분에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 본 실험에서 설계된 배합사료는 건조미역보다 성장효과가 높았고 외국 시

판사료와 그 성능이 동등한 것으로 나타나 차후 참전복 배합사료 연구에서 대조사료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

3) 배합사료의 단백질원 평가

배합사료 개발에 있어 중요하게 고려되어야 할 것은 사료 단백질의 품질과 단백질 함량인데, 참전복 사료의 적정 단백질 함량은 20~35%로 보고되어 있다. 사료 단백질의 품질은 단백질원에 따라 달라지며, 참전복의 경우는 casein이 가장 좋은 단백원으로 보고되어 있고, 해산어류의 경우에는 어분이 가장 양호한 단백질원으로 사용되고 있다. 하지만 이러한 casein은 가격이 비싸기 때문에 경제적인 배합사료원으로서는 부적합한 것으로 생각된다. 또한, 어분의 품질은 종류, 가공 방법, 생산 년도 등에 따라 다소 차이를 보이기는 하나, 대체로 조단백질 함량이 60% 이상으로 높고, 어류에 필요한 영양소, 특히 아미노산 조성이 고르게 갖추어져 있는 양질의 단백원이지만, 가격이 비싸고 공급이 불안정한 점 등 문제점이 잠재되어 있다. 따라서 양식 생산비의 절반 이상을 차지하고 있는 사료비를 절감시키기 위해서는 값비싼 casein이나 어분을 대신할 수 있는 값싸고, 공급이 안정적인 대체 단백질원을 찾는 것이 시급하다. 사료의 단백질원에 대한 평가는 사료의 질을 향상시키고, 사료단가를 낮추는데 기초적인 연구가 될 뿐 아니라 앞으로 계속될 영양연구에 자료를 제시할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 참전복 사료에 적합한 단백질원을 조사하기 위하여 카제인, 어분, 육분, 우모분, 혈분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 미역분, 소맥분을 첨가한 배합사료와 천연 먹이인 생미역과 건조 다시마를 선정하여 그 이용성을 비교하였다. 평균체중 0.11 g인 치패를 실험수조마다 70마리씩 수용하여 18주간 사육한 결과, 생존량이 카제인, 북양어분, 육분, 우모분, 미역분과 소맥분을 첨가한 실험구들이 서로 유의차없이($P>0.05$) 타 실험구보다 높은 경향을 보였다. 실험구들의 최종평균체중은 0.27~0.74 g으로 북양어분을 첨가한 실험구가 0.74 g으로 가장 높았으며, 대두박 및 미역분말을 첨가한 실험구들이 북양어분 첨가구

와 유의적인 차이없이 ($P>0.05$) 양호한 결과를 보였다. 카제인 첨가구는 0.64 g으로 북양어분 첨가구와는 유의차를 보였으나 ($P<0.05$), 대두박 및 미역분말 첨가구와는 차이가 없었다 ($P>0.05$). 다음으로 면실박과 소맥분 첨가구가 0.55~0.57 g으로 양호한 성적을 보였으며, 육분 첨가구는 0.44 g, 천연 먹이인 생미역과 건조 다시마 공급구는 0.29~0.34 g, 우모분과 콘글루텐 밀 첨가구는 0.26~0.27 g으로 나타났으며, 혈분 첨가구가 0.19 g으로 가장 낮은 값을 보였다. 증체율과 각장 및 각고도 평균체중 변화와 유사한 경향이었다. 실험 종료시 가식부의 수분과 단백질 함량은 각각 78.5~79.6% 및 13.2~14.2%로 사료의 단백질원에 거의 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 따라서 본 실험에서 성적이 좋았던 단백원을 참전복사료의 단백원으로 사용하여 사료를 설계한다면 천연먹이보다 훨씬 좋은 효과와 함께 사료단가를 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

4) 탄수화물 이용성

탄수화물은 사료의 성형 및 어류의 에너지원으로 매우 중요한 역할을 담당하며, 단가가 다른 영양소원에 비해서 싸기 때문에 사료 단백질을 절약할 수 있는 영양소이다. 탄수화물의 이용성은 어종에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다. 육식성 어류 사료의 적정 탄수화물 함량은 방어와 참돔이 각각 10% 및 20%로 알려진 반면에 잡식성인 잉어는 30%까지 첨가할 수 있는 것으로 알려져있다. 전복은 해조류를 주 먹이로 섭취하기 때문에 탄수화물 이용성이 높을 것으로 판단되나 전복의 탄수화물 이용성은 아직 연구되지 않았다. 그래서 본 실험은 전복의 영양요구에 관한 연구의 일환으로 사료의 적정 탄수화물 종류 및 첨가량을 구명하기 위하여 실시되었다. 카제인, 북양어분 및 대두박을 단백질원으로 한 실험사료에 소맥분, dextrin, α-potato starch, $\alpha+\beta$-potato starch, sucrose를 각각 20%씩 첨가하여 그 이용성을 평가하였고, α-potato starch를 15%, 20% 및 25% 첨가하여 적정 함량을 조사하였으며, 카제인, 북양어분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 소맥분의 첨가 비율을 조절하여 탄수화물 함량이 20%가

되도록 한 실험구도 설정하였다. 지질원으로 오징어간유와 대두유을 첨가하였고, 점착제로는 알긴산나트륨을 23% 첨가하였으며, 천연먹이로 건조 다시마와 건조 미역 급여구를 두어 실험배합사료와 비교하였다. 실험용으로 중간 크기의 건강한 치패(평균체중: 125 mg, 평균각장: 1 cm)를 40개의 각 실험수조(20 ℓ)에 60마리씩 임의 배치하여 각 사료당 4반복으로 20주간 사육실험하였다. 약 5 주간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였으며, 먹이는 2일 1회 각 실험수조마다 1~2 g 씩 급여하였고, 먹고 남은 잔량은 먹이 급여전에 수거하였다. 주수량은 3 ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온변화는 9~20℃였다.

20주간 사육한 후의 생존율은 건조 다시마와 건조 미역구가 타 실험구보다 낮았다($P<0.05$). 실험종료시의 평균체중과 증체율은 α-potato starch 20%구와 sucrose 20%구가 가장 좋아 건조 다시마, 건조 미역구 및 α-potato starch 15% 구보다 유의적으로 높았고($P<0.05$), 소맥분, dextrin, α-potato starch, $\alpha+\beta$-potato starch, sucrose 20% 첨가구들, α-potato starch 25% 첨가구, 혼합 첨가구 사이에서는 서로 차이가 없었다 ($P>0.05$). 실험 종료시 지질 함량은 소맥분, dextrin, α-potato starch 첨가구들이 서로 유의차없이 타 실험구보다 높았고, 천연먹이구와 α-potato starch 25% 첨가구들이 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 이상의 결과로부터 참전복 사료의 탄수화물원으로 어떤 종류를 사용하여도 좋을 것으로 판단되며, 적정 탄수화물 함량은 25% 전후가 적당할 것으로 판단된다.

5) 지질원 평가

사료 중의 지질은 에너지원으로서 매우 중요할 뿐아니라 에너지 가(價)가 높아 값비싼 사료 단백질을 절감시킬 수 있는 중요한 영양소이다. 특히 성장이 활발히 진행되는 비교적 어린 시기에 정상 성장을 위해서는 그 어종이 요구하는 지방산의 종류와 량이 사료에 첨가되어야 한다. 그래서 본 실험은 참전복 배합사료의 적정 지질원 및 필수지방산을 조사하기 위하여 카제인과 북양어분을 각각 단백질원으로 하고 지방산과 지질원을 달리 첨가하여 3회에 걸쳐 사육실험

을 실시하였다. 세 실험 모두 평균체중 160 mg의 치패를 각 수조에 100마리씩 수용하여 사료마다 3반복으로 20주간 사육 실험하였다.

카제인 사료에 지방산 첨가 효과 : 단백질원을 카제인으로 하여 지방산이 달리 첨가된 6종의 사료(지방산 무첨가구, 12:0, 18:1, 18:2, 18:3 및 n-3HUFA 첨가구)로 사육 실험한 결과, 생존율, 최종 평균체중, 증체율 및 가식부 중량도 사료의 지방산에 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 반면에 평균 각장은 지방산 무첨가구(Fat-free)와 n-3HUFA 첨가구가 가장 낮아서 18:1과 18:2 첨가구와 유의차를 보였다($P<0.05$). 가식부의 수분과 단백질 함량은 실험구간에 차이가 없었으며($P>0.05$), 지질은 지방산 무첨가구가 0.5%로 18:1 첨가구의 0.7%와 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).

카제인 사료에 지질원 첨가 효과 : 단백질원을 카제인으로 하여 오징어 간유(SLO), 옥수수유(CO), 우지(BT), SLO+CO 및 SLO+BT를 각각 5%씩 첨가한 배합사료로 사육 실험한 결과, 생존률은 실험구간에 유의한 차이는 없었으나($P>0.05$), 최종평균체중, 증체율 및 각장은 SLO, SLO+CO 및 SLO+BT (n-3HUFA 함량: 0.5%) 실험구가 CO와 BT 실험구보다 높은 값을 나타내었다($P<0.05$). 가식부 평균중량도 SLO+CO 및 SLO+BT 실험구는 SLO 실험구와 유의차없이 좋은 결과를 보였지만, CO와 BT가 실험구는 SLO 실험구보다 유의하게 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 실험 종료시 가식부의 수분과 단백질 함량은 사료의 지질원에 영향을 받지 않았지만, 지질 함량은 SLO가 첨가된 실험구(SLO, SLO+CO, SLO+BT)가 CO첨가구보다 유의하게 높은 값을 보였다($P<0.05$).

어분 사료에 지질원 첨가 효과 : 실용적인 측면을 고려하여 단백질원으로 어분이 첨가된 사료에 지질을 첨가하지 않은 사료와 SLO, CO, BT, SLO+CO 및 SLO+BT을 각각 5% 첨가한 사료로 사육한 결과, 생존율은 실험구간에 유의차가 없었으나($P>0.05$), 증체율은 BT와 SLO+BT 실험구가 지질 무첨가구(지질함량: 2.2%), SLO 및 CO 실험구보다 유의하게 낮았다($P<0.05$). 실험종료

대한민국국회도서관장서

시 가식부의 수분과 단백질 함량은 사료 지질에 영향을 받지 않았지만, 지질은 사료 지질 함량과 지질원에 영향을 받아 지질 무첨가구가 가장 낮았다($P<0.05$).

이상의 결과들로부터 참전복은 한 종류의 지방산보다는 n-3HUFA가 0.5%이상 함유된 지질을 요구하는 것으로 짐작된다. 또한 어분이 첨가된 사료에 지질이 2% 이상일 때는 지질을 추가로 첨가할 필요는 없으며, 지질을 추가할 경우 우지보다는 어유나 식물성 기름을 첨가하는 것이 바람직할 것으로 기대된다.

6) 첨가제의 이용성

참전복의 천연먹이가 되는 해조류와 색소를 풍부하게 함유한 *spirulina*를 사료에 첨가하여 성장과 체성분에 미치는 영향을 조사하기 위해, 북양어분, 대두박, 소맥분을 주 단백질원으로한 실험 사료(대조구)에 생 파래, 미역, 다시마 및 모자반을 냉동 분쇄하여 첨가하였고, *spirulina* 및 건조된 미역분을 첨가하여 모든 배합사료의 단백질과 지질 함량이 각각 34% 및 7.5% 전후가 되도록 설계하였다. 또한, 천연 먹이인 건조 미역을 선정하여 그 성장효과를 실험 배합사료와 비교하였다. 평균체중이 65 mg인 참전복 치패를 각 실험 수조마다 100마리씩 실험사료마다 각각 4 반복으로 수용하여 20주간 사육 실험하였다.

첨가된 원료별 성장효과를 살펴보면 다음과 같다. 분쇄된 생파래, 생미역, 생다시마 및 생모자반 첨가하여 사육한 결과, 생 다시마 첨가구의 평균체중, 증체율, 가식부 중량 및 평균각장 값이 저조한 값을 보여 가장 성적이 좋은 생모자반 첨가구와 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). *Spirulina*를 5~15% 첨가한 실험구의 생존율, 평균체중, 증체율, 가식부 중량 및 평균각장은 *spirulina* 첨가 함량에 영향을 받지 않았고, 대조구와도 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 건조 미역분을 10%와 20%씩 첨가한 실험구의 생존율, 평균체중, 증체율, 가식부 중량 및 평균 각장은 서로 차이가 없었으며, 대조구나 생미역 분쇄물 첨가구와도 차이가 없었다($P>0.05$). 하지만 수치상으로 미역분의 첨가비가 높은 20% 첨가구의 성장은 10% 첨가구보다 그 효과가 다소 저조한 결과를 나타내어, 모자반 첨가

구와 유의차를 보였다($P<0.05$). 천연먹인 건미역 공급구의 생존율은 73%로 가장 낮았지만 다른 배합사료구들의 77~87%와는 유의차가 없었으며($P>0.05$), 최종평균체중, 증체율, 가식부 중량, 평균각장 및 가식부 지질함량은 가장 저조한 값을 보였다($P<0.05$). 위의 결과로 보아 참전복용 배합사료에 천연해조류로 다시마보다 모자반을 첨가하는 것이 성장을 더 개선시킬 수 있을 것으로 생각되며, *spirulina*를 성장 개선 목적으로는 첨가할 필요가 없을 것으로 판단된다. 또한, 미역분을 배합사료에 첨가할 때에는 10% 이하로 첨가하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

7) 실용사료 설계 및 평가

참전복용으로 보다 경제적인 배합사료를 개발하기 위해 이미 수행된 실험 결과를 바탕으로; 배합되는 원료의 조성비(7 종류)와 단가(사료원료의 단가: kg당 5,000원에서 800원대)를 달리하여 외국산 수입사료 및 천연먹이(건조미역)와 그 효능을 비교하였다. 평균체중 120㎎의 참전복 치패를 선별하여 27개의 각 실험수조에 70마리씩 임의 배치하여 각 사료당 3반복으로 4개월간 사육 실험하였다.

사육 결과, 생존율은 71~90% 범위였으며, 미역 공급구가 71%로 가장 낮은 값을 보였다. 최종 평균 체중, 증체율, 가식부 중량, 체중에 대한 가식부 중량비, 평균 각장 및 각폭은 사료 단가가 5,000원대로 가장 비싼 사료와 건조 미역 공급구가 0.35 g으로 가장 낮은 값을 보여 타 실험구와 차이를 보였으며($P<0.05$), 그 외 실험사료들을 서로 유의차가 인정되지 않았다($P>0.05$). 실험 종료시 가식부의 일반성분 중에서 수분과 회분은 실험구간에 서로 유의차가 없었으나($P>0.05$), 단백질 함량은 사료 단가가 5,000원대인 사료가 가장 낮았으며, 지질 함량은 건조 미역구가 0.73%로 가장 낮았다($P<0.05$). 위와 같이 단가가 가장 비싼 사료구 외의 실험 배합사료는 외국 수입사료와 비교하였을 때 그 효능이 전혀 뒤지지 않은 것으로 보아, 사료의 단가는 kg당 1,000원 전후로 낮아질 수 있을 것으로 전망된다.

8) 경제적인 배합사료내 오징어분, 섭이촉진제, 한약제 및 레시틴의 첨가 효과

기존에 제시된 경제적인 배합사료에 참전복의 성장을 증진시키거나 품질을 개선시키는 원료를 조사하기 위해, 대조사료(Con)와 경제적인 배합비에 오징어분 5%(SM), 섭이촉진물질 0.5% (AT), 한약제 1% (HE), Lecithin 0.5% (LE) 및 한약제 0.5%+Lecithin 0.5% (HE+LE)를 각각 첨가하여 총 6종의 실험 배합사료를 설계하였다. 또한 외국에서 수입된 상품사료를 구입하여 배합사료와 비교하였다. 평균체중 150㎎의 참전복 치패를 대상으로 각 사료당 4반복으로 18주간 사육 실험하였다.

사육 실험한 결과, 최종 평균체중은 610~700 mg으로 사료간에 유의차없이 성장하였으며, 생존율은 89~96%로 서로 유의차없이($P>0.05$) 양호한 결과를 보였다. 증체율은 한약제가 첨가된 HE 사료가 405%로 가장 높았으나 타 실험구의 320~379%와 역시 유의한 차이는 인정되지 않았다($P>0.05$). 평균 가식부 중량, 체중에 대한 가식부 중량 비, 각장, 각폭, 각장에 대한 체중 비 및 가식부의 일반성분(수분, 단백질, 지질, 회분)도 사료간에 유의차가 없었다($P>0.05$). 위와 같이 각종 첨가제의 첨가효과가 없는 것으로 미루어 보아 이러한 종류의 첨가제는 참전복의 성장 개선을 위해 배합사료에 첨가할 필요는 없을 것으로 판단된다.

9) 비타민 및 미네랄 혼합물 첨가 수준

실용적인 배합사료가 개발되었다 하더라도 실용적인 배합사료의 formulation은 계속 개선되어 성장효과를 더 높이는 한편, 필수영양소의 과다 첨가를 최소화하여 사료원가를 줄이는 연구가 필요하다. 이러한 측면에서 배합사료에 첨가되는 비타민과 미네랄의 적정 첨가수준을 고려하는 것은 매우 중요하다. 그래서 본 연구는 이미 연구된 실용적인 배합사료 조성으로 사료를 제조하였을 때 첨가되어야 할 비타민 및 미네랄 혼합물 함량을 조사하기 위해 vitamin 및 mineral premix의 첨가수준을 달리한 9종의 실험 배합사료를 설계하여 배합되

는 사료원료의 단가(kg 당 550원에서 1,370원)를 달리 조정하였다. 평균체중 100㎎의 참전복 치패를 선별하여 각 실험수조에 70마리씩 임의 배치하여 각 사료당 3반복으로 4개월 사육 실험하였다.

실용적인 배합비에 비타민 혼합물(0~2%)과 미네랄 혼합물(0~6%)를 각각 달리 첨가하여 사육실험한 결과, 생존율은 비타민 혼합물이 1% 및 2% 첨가 실험구와 미네랄 혼합물이 0% 및 2% 첨가 실험구가 89%로 비타민 혼합물 1.5% 첨가구와 0.5% 첨가구의 78~81%보다 높았다(P>0.05), 하지만 생존율의 변화는 사료의 비타민 또는 미네랄 혼합물의 첨가 수준에 따른 특별한 경향은 없었다. 최종 평균체중, 증체율, 가식부 중량, 체중에 대한 가식부 중량비, 각장, 각폭 및 각장에 대한 체중비의 값들은 사료의 비타민 및 미네랄에 영향을 받지 않았다(P>0.05). 최종 가식부의 수분은 75.2~77.9%로 실험 시작시의 81.4%보다 감소하였으며, 미네랄 혼합물 6%첨가구가 75.2%로 가장 낮았다(P<0.05). 단백질 함량은 실험 시작시보다 실험 종료시에 대체로 높아졌으며, 미네랄 혼합물 6% 첨가구가 15.8%로 가장 높았다(P<0.05). 실험 시작시 0.97%였던 지질 함량은 종료시 1.31~1.65% 범위로 모든 실험구에서 증가되었으며, 미네랄 혼합물 6% 첨가구가 가장 높은 값을 보였다(P<0.05). 회분함량은 실험 전후 2.8~3.1%범위로 서로 비슷한 수준을 유지하였으며, 실험 종료시에는 비타민 혼합물 무첨가 실험구가 가장 높았다(P<0.05). 이상의 결과로부터 본 실험의 배합비에서는 비타민 혼합물과 미네랄 혼합물은 별도로 보충하지 않아도 될 것으로 판단되며, 사료단가를 500원대/kg까지도 절감실킬 수 있을 것으로 기대된다.

10) 배합사료 및 천연먹이 공급시 적정 사육 밀도

참전복 치패의 성장과 생존율 향상을 목적으로 평균 각장 8.41㎜의 치패를 실용적인 배합사료 및 천연먹이를 각각 공급하며, 각각 사육밀도를 ㎡당 1,430, 2,860, 4,290 및 5,720마리로 설정하여 15주간 사육 실험 한 결과는 다음과 같다.

각장 성장은 실험 시작시 치패의 평균 각장 8.41㎜인 치패를 15주일간 사육한

후, 배합사료 1,430마리구에서 17.19㎜로 가장 높게 나타났고, 생사료 5,720마리구에서 11.69㎜로 가장 낮았다. 성장은 배합사료 공급시와 사육밀도가 낮을수록 높으며, 각폭 및 각고도 같은 경향이었다($P<0.05$). 전중은 실험 시작시 평균 0.05g에서 실험 종료시 배합사료 1,430마리구에서 0.66g으로 가장 높게 나타났고, 생사료 5,720마리구에서 0.19g으로 가장 낮게 나타나 배합사료 공급과 사육밀도가 낮을수록 성장이 빨랐다($P<0.05$). 생존율은 배합사료 및 해조류 실험구 모두 밀도가 낮을수록 높은 생존율을 나타내었다($P<0.05$). 가식부 성분의 분석결과 배합사료구의 수분 및 단백질의 수치는 생사료에 비해 낮은 경향이며, 지질 및 회분은 높은 경향이었다. 그러나 사육밀도에서는 유의적인 차이를 발견할 수 없었다($P>0.05$). 본 실험을 종합하여 보면 먹이종류로는 배합사료공급구가 해조류공급구보다 성장 및 생존율이 높은 경향을 나타내었으며, 사육밀도는 낮을수록 성장 및 생존율이 좋았다. 그러나 배합사료 1,430마리구와 배합사료 2,860마리구와는 각장 성장에 관한 유의차는 없었다($P>0.05$). 그러므로 치패 평균각장 8.41㎜의 사육밀도는 2,860마리/㎡이하로 사육관리 하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

11) 배합사료 급여시 적정 shelter 조사 및 가온사육효과

이미 연구된 실용 배합사료 급여로 참전복의 효율적인 성장유도를 위한 적정 Shelter 개발에 관한 기초자료를 얻기 위하여 shelter 형태별, 사료별, 사육수온별로 4(shelter)×2(배합사료, 미역)×2(사육수온) factorial design으로 4개월간 사육하여 치패 부착률, 성장도(각장, 각고, 각폭, 전중), 생존율, 일간 성장량, 일간 사망률 등을 조사하였다. 사육 시험기간 동안의 사육환경은 수온의 경우 가온수온 13.2~17.9℃(평균 16.4℃), 자연수온 8.3~17.9℃(평균 13.7℃) 범위였으며, 용존산소는 가온수온의 경우 4.63~9.27㎎/ℓ(평균 6.32㎎/ℓ), 자연수온의 경우 6.36~9.40㎎/ℓ(평균 7.58㎎/ℓ)였다. pH는 가온수온의 경우 5.95~9.32(평균 8.09), 자연수온의 경우 5.95~9.39(평균 8.14)였으며, Salinity는 가온수온이

33.8~34.2‰(평균 34.0‰), 자연수온이 33.8~34.2‰(평균 34.0‰)이었다. 치패의 부착률은 Shelter 4가 96.3%로 가장 높은 치패 부착률을 보였으며, Shelter 3이 50.8%로 가장 낮은 치패 부착률을 보였다. 치패의 각장 성장 및 일간 성장량은 각각 Shelter 1(가온수+배합사료 급여)에서 평균 23.4±2.9mm, 110.8㎛로 가장 높았으며, Shelter 4(자연수+미역급여)가 평균 18.1±2.4mm, 63.3㎛로 가장 낮은 값을 보였다. 치패의 각폭 성장 및 일간 성장량은 각각 Shelter 1(가온수+배합사료 급여)에서 평균 16.4±2.3mm, 75.8㎛로 가장 높았으며, Shelter 3(가온수+미역급여)가 평균 12.6±1.7mm, 42.2㎛로 가장 낮은 값을 보였다. 치패의 각고 성장 및 일간 성장량은 각각 Shelter 1(가온수+배합사료 급여)에서 평균 5.1±0.8mm, 19.2㎛로 가장 높았으며, Shelter 3(가온수+미역급여)가 평균 3.8±0.5mm, 8.3㎛로 가장 낮은 값을 보였다. 치패의 전중 성장 및 일간 성장량은 각각 Shelter 1(가온수+배합사료 급여)에서 평균 1.66±0.60g, 127㎎로 가장 높았으며, Shelter 3(가온수+미역급여)가 평균 0.69±0.31g, 46㎎로 가장 낮은 값을 보였다. 치패의 생존율 및 일간 사망률은 각각 Shelter 1(가온수+미역급여)에서 98%로 가장 높은 사망률과 1.68×10^{-4} 로 가장 낮은 일간 사망률을 보였으며, Shelter 3(가온수+미역급여)에서 74.5%로 가장 낮은 생존율과 24.56×10^{-4}로 가장 높은 일간 사망률을 보였다. 치패의 체성분 분석 결과 수분과 회분은 실험 시작시에 비해 낮아지는 경향이었고, 단백질과 지방은 실험 종료시 증가하는 경향을 보였다. 치패의 주요 성장 및 생존율은 Shelter의 형태 즉, 색깔, 재질, 표면의 거칠기, 치패의 이동범위(활동공간), 먹이종류, 사육수온 등의 복합적인 요인에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다.

12) 시볼트 및 까막전복에 대한 배합사료의 유용성 검정

이미 연구된 참전복용 경제적인 실험 배합사료로 까막전복과 시볼트전복에 대한 효과를 평가하기 위해 기존의 상품 사료(국내 시제품, 외국산 수입사료) 및 천연 먹이와 비교하였다. 3 종류의 전복 모두 평균 체중 0.31g인 치패를 각

먹이당 3반복으로 9주간 사육한 결과, 최종 평균 체장은 0.41~1.25g으로 시볼트전복에 배합사료를 공급한 구들이 1.25~1.34g으로 가장 성장이 좋았으나 ($P<0.05$), 배합사료구 간에는 성장차가 없었다($P>0.05$). 또한, 동일 전복종류내에서는 배합사료를 공급한 실험구들이 천연 먹이 공급구보다 성장이 좋았고, 참전복에 천연 먹이를 공급한 구가 0.41g으로 가장 성장이 나빴다. 생존율은 시볼트전복과 까막전복이 97.3~99.3%로 참전복의 74.0~77.0%에 비해 높았으며 ($P<0.05$), 각 전복 종내에서의 먹이 종류별로는 그 유의차가 인정되지 않는다 ($P>0.05$). 전복 가식부의 일반성분을 분석한 결과, 수분은 참전복과 까막전복에서 실험 시작시에 비해 종료시 모두 감소하였고, 단백질은 전복 3종류 모두에서 먹이 종류에 관계없이 모두 증가하였으며, 회분은 전복 3종류 모두에서 먹이 종류에 관계없이 모두 감소하였으나($P<0.05$), 실험 종료시 일반성분은 사료간에 유의차가 없었다($P>0.05$). 이상의 결과로부터 본 실험에서 사용된 배합사료들은 3종류 전복 모두에 실용적인 사료가 될 것으로 기대된다.

2. 활용에 대한 건의

우리나라의 주 양식종인 참전복의 배합사료가 개발됨에 따라 전복의 성장, 사료효율, 생존율 향상으로 양식의 생산성 증대, 사료비의 절감, 생사료로 인해 발생되는 각종 문제점이 해결(사료의 안정적 공급, 취급 및 냉동보관 경비 절감)되어 양식 경영비의 절감 및 양식경영의 안정으로 국제경쟁력이 향상되어 수입개방화에 적극적인 대처가 가능할 것으로 기대된다. 또한, 연구개발된 배합사료 설계 및 제조기술을 민간기업에 이전하여 상품화를 추진하고, 배합사료의 우수성을 어민에게 홍보하여 배합사료 사용을 적극 권장해야 할 것이다. 또한, 배합사료의 효율적인 급여방법을 어민이게 지도하여 양식의 생산성 향상 및 소득증대에 힘쓰는 한편 연구방법 및 결과를 다른 유사종의 배합사료 개발에 응용할 수 있도록 대내외적으로 발표할 예정이다.

여 백

Summary

The object of this study is to develop practical feeds and feeding programs for abalone (*Haliotis discus hannai*) that is commercially important shellfish in Korea. This species has several desirable characteristics for aquaculture including easiness of seedling production and withstanding in high stocking density. Farming of the species has been rapidly developed since 1990.

In culturing this species, raw algae (*Undaria* and *Laminaria*) or imported commercial feed has been intensively used. However, the utilization of these feeds cause many problems such as increase production cost. In addition, a stable supply of fresh raw algae has become increasingly difficult. Therefore, for further expansion of abalone farming, it is essential to employ formulated artificial dry feeds which can support reasonable growth.

1. Effects of experimental formulated diets, commercial diet and natural diet on growth and body composition

This study was carried out to investigate the effects of experimental formulated diets, commercial diets and natural diet (dried *Undaria*) on growth and body composition of *Haliotis discus hannai*. Experimental diets was formulated to provide 34.1% protein and 7.5% lipid, and prepared by different $CaCl_2$ concentration (5, 10 and 15%) and dipping time (10, 20 and 60 second) in solution. The juvenile abalone average weighing 0.3 g were distributed in a flow-through aquarium system using a completely randomized design with

13 diets and 3 replicates per diet (50 abalone/tank), and fed diets for 17 weeks. The abalone fed the nine experimental formulated diets and two commercial diets showed better growth performance than that of natural diet. No significant differences were found among abalone fed the experimental diets and commercial diets in survival rate, weight gain, soft body weight and soft body composition ($P>0.05$).

2. Evaluation of dietary protein sources

An 18-week growth trial was conducted in flow-through aquarium system to evaluate the practical dietary protein sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Three replicate groups of the abalone averaging 0.11 g were fed one of ten diets containing casein, white fish meal (WFM), meat meal (MM), feather meal (FM), blood meal (BM), soybean meal (SM), corn gluten meal (CGM), cotton seed meal (CSM), sea mustard powder (SMP), or wheat flour (WF) as a dietary protein source. In addition, these dietary protein sources were compared with natural food such as raw sea mustard *Undaria* (S-M) or dried sea tangle *Laminaria* (S-T).

Weight gain of abalone fed the diets containing casein, WFM, SM, CSM or SMP was significantly higher ($P<0.05$) than those of abalone fed other diets, and this value of abalone fed FM, BM, CGM, S-M, or S-T was lower than other groups. Shell length, shell width, body wt./shell length ratio, and body wt./shell width ratio of abalone fed casein, WFM, SM, CSM, SMP, and WF were also higher ($P<0.05$) than those of other groups. There were no significant differences ($P>0.05$) in moisture and protein contents of soft body among all diets.

3. Opimum carbohydrate source and level

A 20-week growth trial was conducted in flow-through aquarium system to investigate the practical dietary carbohydrate source and level for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Four replicate groups of the abalone averaging 0.125 g were fed one of eight isonitrogenous and isocaloric diets containing 24.2% wheat flour (WF), 20% dextrin (DEX), 20% sucrose (SUC), 10% α-potato starch+10% β-potato starch (ab-S), 15% α-potato starch (a-S15), 20% α-potato starch (a-S20), 25% α-potato starch (a-S25), or mixture (MIX) with practical ingredients such as soybean meal, corn gluten meal, cotton seed meal, and wheat flour. In addition, these formulated diets were compared with natural food such as dried sea mustard *Undaria* (D-SM) or dried sea tangle *Laminaria* (D-ST).

Survival rate, weight gain, shell growth and soft body weight of abalone were not significantly affected by the different dietary carbohydrate sources ($P>0.05$), whereas those fed a-S15 diet were slightly low. These values of abalone fed D-ST were lowest ($P<0.05$), followed by those fed D-SM. Lipid contents of soft body from abalones fed a-S25, D-ST or D-SM were significantly lower than those of abalone fed other diets ($P<0.05$). These data indicate that abalone can equally utilize any carbohydrate sources, and that carbohydrate levels for abalone would be more than 20% in diet.

4. Evaluation of lipid sources

Three feeding experiments were carried out to evaluate the effects of fatty acids and lipid sources in diets containing casein or fish meal as protein

source, respectively, on the survival, growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Three replicate groups of the abalone averaging 160 mg were either fed casein diets containing 12 : 0, 18 : 1, 18 : 2n-6, 18 : 3n-3, n-3HUFA and fat-free, or fed casein or fish meal diets containing 5% squid liver oil (SLO), 5% corn oil (CO), beef tallow (BT), SLO+CO, SLO+BT and not supplemental oil for 20 weeks, respectively.

Survival rate, weight gain and soft body weight of abalone were not significantly affected by the different fatty acids in casein diets ($P>0.05$). Whereas weight gain, soft body weight and shell length of abalone fed casein diets containing SLO, SLO+CO or SLO+BT were significantly higher ($P<0.05$) than those of abalone fed casein diets containing CO or BT. Survival rate of abalone fed fish meal diets was not influenced by different lipid sources ($P>0.05$). Weight gain and soft body weight of abalone fed fish meal diets containing beef tallow (BT or SLO+BT diet) were lower than those of abalone fed diet not added oil or diets containing SLO, CO and/or SLO+CO ($P<0.05$). These data indicate that SLO or SLO+CO is good dietary lipid source for juvenile abalone, and that these oil supplement in diet is not necessary when fish meal is used as protein source.

5. Effects of supplemental macroalgae and *spirulina* in the diets

A 20-week growth trial was conducted in flow-through aquarium system to investigate the effects of supplemental macroalgae and spirulina in the diets on growth and body composition in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Four replicate groups of the abalone averaging 65 mg were fed one of ten isonitrogenous (34%) and isolipidic (7.5%) diets containing 8.1% *Ulva*,

7.5% *Undaria*, 11% *Laminaria*, 11% *Sargassum*, spirulina (5, 10 and 15%), or dried *Undaria* powder (10 and 20%). In addition, these formulated diets were compared with natural food (dried *Undaria*).

Survival rate of abalone were not significantly affected by the different dietary macroalgae sources, spirulina or dried *Undaria* powder levels ($P>0.05$), whereas that fed natural food was slightly low. Weight gain and soft body weight of abalone fed the diet containing *Sargassum* was significantly higher ($P<0.05$) than those of abalone fed diets containing *Laminaria*, 20% dried *Undaria* powder and natural food. Survival rate, weight gain, soft body weight and shell length of abalone fed natural food (dried *Undaria*) were lowest ($P<0.05$) among all diet. Moisture, protein and lipid contents of soft body were not influenced by experimental diets except natural food. Lipid content of abalones fed natural food was significantly lower than those of abalone fed other diets ($P<0.05$). These data indicate that abalone can more efficiently utilize *Sargassum* than *Ulva*, *Undaria*, *Laminaria* or spirulina.

6. Evaluation of economical feed formulations

This study was carried out to develop practical feed formulation for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Three replicate groups of abalone averaging 120 mg were fed one of 7 isoproteic (34%) and isolipidic (5.3%) diets containing various practical ingredients such as casein, fish meal, soybean meal, cottonseed meal, *Undaria* powder, wheat flour, *spirulina*, starch, and/or embryo meal for 4 months. The prices (5,000~800 won/kg diet) of these experimental diets were adjusted by adding different levels and ratios of practical ingredients. In addition, these experimental diets were compared

with commmercial feed or natural food (*Undaria*).

Survival rate, weight gain, soft body weight and shell growth of abalone fed experimental diets with low prices (2,500~800 won/kg diet) and commercial diet were significantly higher than those of abalone fed experimental diet with high price (5,000 won/kg diet) and natural food ($P<0.05$). The results indicate that our economic formulation (about 1,000 won/kg diet) can be useful for juvenile abalone.

7. Effects of supplemental squid meal, attractant, herb or lecithin in the economical feed formulations

An 18-week growth trial was conducted in flow-through aquarium system to investigate the effects of several additives in the diets on growth and body composition in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Four replicate groups of the abalone averaging 150 mg were fed one of six isonitrogenous (34%) and isolipidic (5.7%) diets containing 5% squid meal, 0.5% attractant, 1% herb, 0.5% lecithin or 0.5% herb+0.5% lecithin. In addition, these formulated diets were compared with commercial diet.

Survival rate, weight gain, shell growth and soft body weight of abalone were not significantly affected by the different dietary additives ($P>0.05$). Moisture, protein and lipid contents of soft body were not influenced by experimental diets and commercial diet ($P>0.05$). These data indicate that these additives used in our diets is not need for abalone.

8. Optimum vitamin or mineral premixes in the economical feed formulation

A feeding experiment was conducted using juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) to investigate the optimum level of supplemental vitamin or mineral premix in a formulated diet for practical feed formulation. Three replicate groups of abalone averaging 100 mg were fed one of nine isonitrogenous (33.6%) and isolipidic (5.6%) diets containing different levels of vitamin premix (0~2%) or mineral premix (0~6%) for 4 months. The prices of these experimental diets were 550~1,370 won/kg diet.

Survival rate of abalone fed diets containing 1~2% vitamin premix or 0~4% mineral premix was higher than that of abalone fed diets containing 0.5% or 1.5% vitamin premix ($P<0.05$), whereas this difference showed no difinite trend by levels of vitamin or mineral premixes. Weight gain, shell growth and soft body weight of abalone were not significantly affected by the different dietary vitamin or mineral premixes ($P>0.05$). Moisture, protein and lipid contents of soft body were also not influenced by experimental diets ($P>0.05$). These data indicate that supplemental vitamin or mineral premix is not needed in our economic formulation for juvenile abalone, therefore price of diet could be reduced to 550 won/kg diet.

9. Effects of formulated diet and natural diet at four different densities on the growth, survival and body composition

A 15-week feeding trial was carried out to investigate effects of formulated diet and natural diet, raw sea mustard (*Undaria*) at different densities on juvenile abalone. Three replicate groups of abalone with initial

average shell length of 8.41 ㎜ were fed one of two experiment diets. The formulated diet produced higher growth and survival than the natural diet in abalone. Abalones fed the formulated diet have significantly ($P<0.05$) higher lipid and ash, and lower moisture and protein in soft body.

Same feeding trial assessed simultaneously the effect of density at 1,430, 2,860, 4,290, and 5,720 individual/㎡ on growth, survival, and body composition on juvenile abalone. Higher density resulted in lower growth, survival. The highest density also resulted in significantly reduced growth, survival. However, body composition of abalone was not affected by increasing density. These study indicate that the number below 2,860 individual/㎡ were predicted to effective density in a abalone culture system.

10. Influences of several shelter types on survival, growth and body composition of juvenile abalone fed experimental diet and natural food at different water temperature

Artificial diet of abalone has known to be very important for increasing production improvement and survival rate in secondary seed culture of young abalone at the indoor tanks. This study was conducted to find proper shelter for the promote feed efficiency of artificial diet of abalone under the different rearing environment conditions (shelter types, water temperatures, diets) during the 15 waeeks. The attachment rate, shell length, shell width, shell height and survival rate was measured during rearing periods.

The attachment rate of young abalone showed the highest in shelter 4 (96.3%) and the lowest in shelter 3 (50.8%). The shell length growth and daily shell length growth rate showed the highest in shelter 1 (Heated+Ex-

perimental diet) 23.4±2.9mm and 110.8㎛, the lowest in shelter 4 (Ambient+ *Undaria*) 18.1±2.4mm and 63.3㎛. The shell width growth and daily shell width growth rate showed the highest in shelter 1 (Heated+Experimental diet) 16.4±2.3mm and 75.8㎛, the lowest in shelter 3 (Heated+*Undaria*) 12.6 ±1.7mm and 42.2㎛. The shell height growth and daily shell height growth rate showed the highest in shelter 1 (Heated+Experimental diet) 5.1±0.8mm and 19.2㎛, the lowest in shelter 3 (Heated+*Undaria*) 3.8±0.5mm and 8.3㎛. The weight growth and daily weight growth rate showed the highest in shelter 1 (Heated+Experimental diet) 1.66±0.6g and 127㎎, the lowest in shelter 3 (Heated+*Undaria*) 0.69±0.31g and 46㎎. The survival rate and daily death rate showed the highest in shelter 1 (Heated+*Undaria*) 98% and in shelter 3 (Heated+*Undaria*) 24.56×10^{-4}, the lowest in shelter 3 (Heated+ *Undaria*) 74.5% and in shelter 1 (Heated+*Undaria*) 1.68×10^{-4}. In the body composition analysis experiment, moisture and ash of body composition of young abalone was lower than that of initial experimental, protein and lipid of body composition of young abalone was heigher than that of initial experimental. Abalone growth, body composition and survival rate are discussed in relation to rearing water temperature, diet types and shelter types (form, color, substance etc.) on the environment sources used in experiment.

11. Effects of experimental diet, commercial diets and natural food on growth and body composition among juvenile Abalones (*Haliotis discus, Haliotis sieboldii* and *Haliotis discus hannai*)

A nine weeks feeding trials was conducted in an flow-through aquarium system to investigate the effects of three different formulated diet and na-

tural food on growth and body composition among juvenile abalones. Three replicate groups among the three species abalones average weighing 0.31 g were fed one of one experimental diet and two commercial diets. Three formulated diets were additionally compared with natural food, raw sea mustard (*Undaria*). The three formulated diets produced significantly greater growth than natural food within same abalone species; all the formulated and natural diet produced significantly ($P<0.05$) superior (1.25-1.34 g) and inferior (0.41 g) growth in abalones, *Haliotis sieboldii and* abalone, *Haliotis discus hannai,* respectively. Survival rates (97.3-99.3%) of abalone *Haliotis discus, Haliotis sieboldii* were higher than that (74.0-77.0%) of abalone, *Haliotis discus hannai*; different diets had no significantly ($P>0.05$) distintive effects on survival within each three different abalone species. Moisture of abalone soft body in final stage reduced compared to those of abalone in initial stage in *Haliotis discus* and *Haliotis discus hannai.* Regardless of diet, abalone soft body revealed significantly ($P<0.05$) increased protein and decreased ash at the end of feeding trial in all three abalone species. This study indicate that all three different formulated diets used in this experiment could be a practical diet in three abalone species.

Contents

Summary 19

Contents 29

List of tables 31

List of figures 35

Chapter 1. Introduction 45

Chapter 2. Effects of experimental formulated diets, commercial diet and natural diet on growth and body composition 47

Chapter 3. Evaluation of dietary protein sources 57

Chapter 4. Opimum carbohydrate source and level 73

Chapter 5. Evaluation of lipid sources 85

Chapter 6. Effects of supplemental macroalgae and *spirulina* in the diets 101

Chapter 7. Evaluation of economical feed formulations 113

Chapter 8. Effects of supplemental squid meal, attractant, herb or lecithin in the economical feed formulations 121

Chapter 9. Optimum vitamin or mineral premixes in the economical feed formulation 129

Chapter 10. Effects of formulated diet and natural diet at four different densities on the growth, survival and body composition 137

Chapter 11. Influences of several shelter types on survival, growth and body composition of juvenile abalone fed experimental diet and natural food at different water temperature 157

Chapter 12. Effects of experimental diet, commercial diets and natural food on growth and body composition among juvenile Abalones (*Haliotis discus, Haliotis sieboldii* and *Haliotis discus hannai*) 191

Reference 213

List of Tables

Table 1. Composition (%) of experimental diets 49

Table 2. Preparation conditions for experimental formulated diets 50

Table 3. Water stability of dry matter and protein in the diets 51

Table 4. Growth performance of abalone fed different diets for 17 weeks 54

Table 5. Chemical compositions (%) of the soft whole body 55

Table 6. Composition (%) of experimental diets 59

Table 7. Proximate analysis (%) of experimental diets 61

Table 8. Performance of abalone fed the diets containing different protein sources 64

Table 9. Chemical compositions (%) of the soft whole body 65

Table 10. Essential amino acids and A/E ratio[1] in the experimental formulated diets 70

Table 11. Correlation coefficients between various EAA indexes in the formulated diets and performance of abalone 71

Table 12. Composition (%) of experimental diets 75

Table 13. Growth performance of abalone fed different carbohydrates for 20 weeks 79

Table 14. Chemical compositions (%) of the soft whole body 82

Table 15. Composition (%) of the experimental diet (exp. -1) 87

Table 16. Composition (%) of the experimental diet (exp. -2) 88

Table 17. Composition (%) of the experimental diet (exp. -3) 89

Table 18. Growth performance of abalone fed different lipid sources for 20 weeks (exp. -1) 92
Table 19. Chemical compositions (%) of the soft whole body (exp.-1) 92
Table 20. Growth performance of abalone fed different lipid sources for 20 weeks (exp.-2) 93
Table 21. Chemical compositions(%) of the soft whole body(exp. -2) 95
Table 22. Growth performance of abalone fed different lipid sources for 20 weeks (exp.-3) 96
Table 23. Chemical compositions (%) of the soft whole body (exp.-3) 98
Table 24. Chemical composition (% in dry matter) of the ingredients used to experimental diet 103
Table 25. Amino acids composition (% in protein) of the macroalgae and *spirulina* 103
Table 26. Composition and nutrient content of experimental diet 104
Table 27. Growth performance of abalone fed the diets containing macroalgae and *spirulina* for 20 weeks 109
Table 28. Chemical compositions (%) of the soft whole body 111
Table 29. Composition (%) of experimental diets 115
Table 30. Survival and body weight growth of abalone fed different diets for 4 months 117
Table 31. Shell growth of abalone fed different diets for 4 months 118
Table 32. Chemical compositions (%) of the soft whole body 119
Table 33. Composition (%) of experimental diets 123
Table 34. Survival and body weight growth of abalone fed different diets for 18 weeks 126

Table 35. Shell growth of abalone fed different diets for 18 weeks ····· 126
Table 36. Chemical compositions (%) of the soft whole body ····· 127
Table 37. Composition (%) of experimental diets ····· 131
Table 38. Survival and body weight growth of abalone fed different diets for 4 months ····· 133
Table 39. Shell growth of abalone fed different diets for 4 months ····· 134
Table 40. Chemical compositions (%) of the soft whole body ····· 134
Table 41. Composition (%) of experimental diets ····· 140
Table 42. Growth performance of abalone fed different diets for 15 weeks ····· 145
Table 43 Chemical compositions (%) of the soft whole body ····· 153
Table 44. Composition (%) of the experimental diets ····· 160
Table 45. Growth performance of abalone fed different diets for 15 weeks ····· 177
Table 46. Growth of *Haliotis discus hannai* in their shell length at the experiment completion (ED : Experimental diet ; UP : *Undaria pinnatifida*) ····· 179
Table 47. Growth of *Haliotis discus hannai* in their shell width at the experiment completion (ED : Experimental diet ; UP : *Undaria pinnatifida*) ····· 181
Table 48. Growth of *Haliotis discus hannai* in their shell height at the experiment completion (ED : Experimental diet ; UP : *Undaria pinnatifida*) ····· 183
Table 49. Growth of *Haliotis discus hannai* in their body weight at the experiment completion (ED : Experimental diet ; UP : *Undaria*

pinnatifida) 185

Table 50. Comparisions of survival rates at the experiment completion (N : number ; SN : survival number ; SR : survival rate ; ED : Experimental diet ; UP : *Undaria pinnatifida*) 189

Table 51. Chemical compositions (%) of the soft whole body 190

Table 52. Composition (%) of experimental diets 193

Table 53. Growth performance of abalone fed different diets for 9 weeks 197

Table 54. Chemical compositions (%) of the soft whole body 208

Table 55. Two-way ANOVA analysis for growth performance and body composition among the juvenile *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, CD2) and natural food (NF) for 9 weeks 211

List of Figures

Fig. 1. Survival of abalone fed the different dietary protein sources for 18 weeks. Symbols (mean of three replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 62

Fig. 2. Growth of abalone fed the different dietary protein sources for 18 weeks. Symbols (mean of three replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 63

Fig. 3. Survival of abalone fed the different dietary carbohydrates for 20 weeks. Symbols (mean of four replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 77

Fig. 4. Growth of abalone fed the different dietary carbohydrates for 20 weeks. Symbols (mean of four replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 78

Fig. 5. Survival rate and growth of abalone fed diets containing different lipids for 20 weeks 91

Fig. 6. Survival rate and growth of abalone fed diets containing different lipids for 20 weeks 94

Fig. 7. Survival rate and growth of abalone fed diets containing different lipids for 20 weeks 97

Fig. 8. Survival of abalone fed the diets containing macroalgae and *spirulina* for 20 weeks 107

Fig. 9. Growth of abalone fed the diets containing macroalgae and *spirulina* for 20 weeks 108

Fig. 10. Culture system 124
Fig. 11. Variation of water temperature and salinity during the experimental period 142
Fig. 12. Initial and final average shell length of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 144
Fig. 13. Initial and final average shell width of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 146
Fig. 14. Initial and final average shell height of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 148
Fig. 15. Initial and final average body weight of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 149
Fig. 16. Initial and final survival rate of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 152
Fig. 17. Shelter types used in the experiment 161
Fig. 18. The diagram of tanks of experiment 162

Fig. 19. The changes of water temperature daily measured at rearing tanks from February 10, 1997 to June 10, 1997 164
Fig. 20. The changes of dissolved oxygen daily measured at rearing tanks from February 10, 1997 to June 10, 1997 165
Fig. 21. Monthly changes of attachment rate at heated water during the experiment (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*) ··· 167
Fig. 22. Monthly changes of attachment rate at ambinet water during the experiment (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*) ··· 168
Fig. 23. The changes of shell length of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*) ··· 170
Fig. 24. The changes of shell width of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*) ··· 172
Fig. 25. The changes of shell height of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*) ··· 174
Fig. 26. The changes of body weight of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*) ··· 176
Fig. 27. The changes of survival rates of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*) ···· 187
Fig. 28. Variation of water temperature and salinity during the experimental period 195
Fig. 29. Final average weight among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 196

Fig. 30. Average survival rate among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 199

Fig. 31. Weight gain among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 200

Fig. 32. Ratios of soft body weight (SBW) to total weight (TW) among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 202

Fig. 33. Shell length of *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 203

Fig. 34. Ratios of shell height (SH) to shell length (SL) among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different (P<0.05) 204

Fig. 35. Ratios of shell height (SH) to shell width (SW) of *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 205

Fig. 36. Moisture contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 206

Fig. 37. Protein contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 207

Fig. 38. Lipid contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 209

Fig. 39. Ash contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$) 210

여 백

목 차

제 1 장 서 론 45

제 2 장 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과 47

제 1 절 서 론 47

제 2 절 재료 및 방법 48

제 3 절 결과 및 고찰 51

제 3 장 참전복 사료의 단백질원 평가 57

제 1 절 서 론 57

제 2 절 재료 및 방법 58

제 3 절 결과 및 고찰 61

제 4 장 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향 73

제 1 절 서 론 73

제 2 절 재료 및 방법 74

제 3 절 결과 및 고찰 76

제 5 장 참전복 사료의 지질원 평가 85

제 1 절 서 론 85

제 2 절 재료 및 방법 86

제 3 절 결과 및 고찰 90

제 6 장 참전복 사료의 해조류 및 *spirulina* 첨가 효과 101

제 1 절 서 론 101
제 2 절 재료 및 방법 102
제 3 절 결과 및 고찰 106

제 7 장 경제적인 참전복 배합사료 설계 및 평가 113

제 1 절 서 론 113
제 2 절 재료 및 방법 114
제 3 절 결과 및 고찰 116

제 8 장 경제적인 배합사료내 오징어분, 섭이촉진제, 한약제 및 레시틴의 첨가 효과 121

제 1 절 서 론 121
제 2 절 재료 및 방법 122
제 3 절 결과 및 고찰 125

제 9 장 경제적인 참전복 배합사료의 적정 비타민 및 미네랄 함량 129

제 1 절 서 론 129
제 2 절 재료 및 방법 130
제 3 절 결과 및 고찰 133

제 10 장 배합사료 및 천연먹이 공급시 적정 사육밀도 137

제 1 절 서 론 137
제 2 절 재료 및 방법 138
제 3 절 결과 및 고찰 141

제 11 장 자연수와 가온수에서 배합사료 및 천연먹이 공급시 적정 shelter 157

제 1 절 서 론 157
제 2 절 재료 및 방법 158
제 3 절 결과 및 고찰 163

제 12 장 실험사료, 시판사료 및 천연 먹이가 까막전복, 시볼트전복, 참전복 치패의 성장과 체성분 조성에 미치는 효과 191

제 1 절 서 론 191
제 2 절 재료 및 방법 192
제 3 절 결과 및 고찰 194

참고 문헌 213

여 백

제 1 장 서 론

전복류는 세계적으로 100여종 이상이 분포하고 있으며, 우리나라에는 말전복(*Haliotis giganta*), 둥근전복(*H. discus*), 시볼트 전복(*H. sieboldii*), 오분자기(*H. diversicolor superfexta*)와 참전복(*H. discus hannai*)이 서식하고 있다. 서식 환경등을 고려하여 볼때 참전복이 우리 나라에 가장 적합한 양식 대상종으로 생각되며, 그동안 많은 연구자들의 노력에 의해 현재는 전복 종묘생산 기술이 확립되어 있다. 이러한 전복은 옛날부터 매우 고급 수산 식품으로 자리를 잡아왔고, 앞으로도 값비싼 식품으로 위치를 차지할 것으로 전망된다.

전복은 주로 인공종묘로 생산하여 종묘를 암초지대에 방류하여 상품 크기의 것을 다시 수확하는 방식으로 이루어져 왔으며 부분적으로 채롱 수하식으로 양식되어 왔다. 하지만 최근 전복양식에 대한 관심이 높아짐에 따라 전복을 육상수조에서 양성하는 곳이 현저히 증가되고있는 실정이다. 양식에 있어 가장 중요하게 고려되어야 할 것은 대상종에 적합한 서식환경, 질병과 성장 효과를 높일 수 있는 먹이공급이다. 이러한 외부 요인들 중 환경이나 질병은 자연 의존적인 인자인 반면에 사료는 양어가들이 적절히 조절할 수 있고, 특히 사료는 양식경영비의 절반 이상을 차지하는 중요한 요소로서 값싸고 질좋은 사료의 안정적 확보가 양식의 성패를 좌우할 수 있는 중요한 요인이다.

전복류의 초기 먹이에 대해서는 Ioriya and Suzuke (1987), Norman-Boudrean et al. (1986), Ohgai et al. (1991), 한(1994)과 김(1992)이 연구한 바 있다. 전복 종묘생산은 부착기 이후부터 부착규조가 붙은 파판에 부착시켜 규조를 주 먹이로 사육하여 각장 1cm 가까이 키운후에는 파판에서 박리하여 중간 육성하거나 바다에 방류하고 있다. 전복 종묘를 바다에 방류하면 생존율이 50%이하로 낮지만 육상수조 등에서 중간 육성할 경우에는 생존율이 훨씬 높아지는 것으로

알려져 있다. 하지만 전복의 육성용 먹이로는 주로 생미역, 생파래, 생다시마와 같은 천연 먹이를 사용하다가 여름에는 건조미역이나 건조다시마를 주 먹이로 사용하고 있는 실정이다. 이러한 천연먹이는 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고, 성장 효과 역시 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로 보고되어 있어(Viana et al., 1993), 대상 종에 적합한 배합사료의 개발이 시급한 실정이다. 참전복 양성용 사료에 대한 연구로는 노와 유(1984)가 육상식물에 대한 이용성을 조사한 바 있고, 영양요구 및 배합사료 효과에 관해서도 꾸준히 연구되고 있다(Harada and Akishima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Ogino and Ohta, 1963; Uki et al., 1985a,b,c; Uki et al., 1986a,b; 정 등, 1994). 하지만, 국내에서는 아직까지 적정한 배합사료가 개발되지 않아 효율적인 양식이 불가능한 실정이며, 외국에서 수입되고 있는 사료는 가격이 kg 당 10,000원 전후로 비싸 경제적인 면에서 매우 불리하다. 그래서 전복의 필수영양소 요구량, 값싼 사료 단백질 원료의 이용성을 구명하고 이를 기초로 성장과 사료효율이 우수하고 취급 및 보관이 용이하며, 값싼 실용 배합사료를 개발하여 양식원가 절감을 통한 양식경영의 안정 및 어민소득 증대에 기여하고자 1995년 10월부터 2년간에 걸쳐 본 연구를 수행하였다.

제 2 장 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과

제 1 절 서 론

그 동안 많은 연구자들의 노력(Kikuchi and Uki, 1974; Seki and Kanno, 1981a,b; 김, 1992; 노 · 유, 1984; 盧, 1988; 이 등, 1978; 한, 1994)에 의해 현재는 참전복 종묘생산 기술이 확립되어 있다. 이러한 전복은 옛날부터 매우 고급 수산 식품으로 자리를 잡아왔고, 앞으로도 값비싼 건강식품으로서 그 위치를 차지할 것으로 전망된다. 참전복은 주로 인공종묘로 생산되어 각장 약 1cm까지 성장시킨 후 암초지대에 방류하여 상품 크기의 것을 다시 수확하는 방식으로 이루어지고 있으며 부분적으로 채롱 수하식으로 양식되어 왔다. 하지만 최근 참전복 양식에 대한 관심이 높아짐에 따라 참전복을 육상 수조에서 양성하는 곳이 현저히 증가되고 있는 실정이며, 정 등(1994a,b)은 육상 사육 수조에 관한 효과를 비교하였다. 하지만, 전복을 양식하는 양어가들은 육성용 먹이로 생미역, 생파래, 생다시마와 같은 천연 먹이를 주로 사용하다가 여름에는 건조미역이나 건조다시마를 공급하고 있는 실정이어서 체계적인 양식 발전의 걸림돌이 되고 있다. 이러한 천연먹이는 생산량에 따라 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고, 성장 또한 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로 보고되어 있다(Viana et al., 1993). 하지만 국내에서는 아직까지 적정한 배합사료를 개발하기 위한 연구가 수행되어 있지 않기 때문에, 외국에서 비싼 가격으로 배합사료를 수입하고 있어 경제적인 면에서 국가적으로도 큰 손실의 요인이 되고 있다.

전복은 주로 밤에 먹이를 섭취하는 야행성으로 먹이를 섭취하는데 충분한 시간이 필요하고, 먹이 섭취 전까지 사료의 영양소가 수중으로 쉽게 유출되지 않

아야 한다. 이와 같은 사료의 수중 안정성은 사료성분이나 제조조건에 따라 달라지며, 많은 연구자들이 사료의 풀림이나 영양소 유출을 방지하기 위해 사료의 알긴산 나트륨을 염화칼슘 수용액에 침적시켜 불용성인 칼슘염으로 치환시키는 방법을 사용하고 있다(Mai et al., 1995; Uki et al., 1985a). 하지만 그 침적 조건에 대한 검정은 수행되지 않았다. 그래서 본 연구에서는 앞으로 계속될 연구에 기초적인 자료를 제시하기 위해 실험용 배합사료를 설계하고 염화칼슘 수용액의 농도와 침적시간을 달리하여 성형된 실험 배합사료가 참전복의 성장과 체성분에 미치는 효과를 조사하였으며, 실험 배합사료 효능을 외국 시판사료 및 천연먹이와 비교하였다.

제 2 절 재료 및 방법

실험 배합사료의 단백질과 탄수화물원으로 카제인, 북양어분, 대두박, 소맥분, 건조미역 분말 등을 첨가하였고, 지질원으로는 오징어간유와 대두유를 첨가하여 단백질이 34.1%, 지질이 7.5%가 되도록 설계하였다(Table 1). Uki et al. (1985a)의 결과에 따라 점착제로 알긴산나트륨을 21% 첨가하였다. 실험 배합사료는 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 두께 0.15 cm가 되도록 압착하여 5%, 10% 및 15%의 염화칼슘 수용액에 각각 10초, 20초 및 60초간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시킨 9종의 실험 배합사료(사료 1~9)를 제조하였다(Table 2). 실험 배합사료는 1 cm 사각이 되도록 절단하여 건조시킨 후 냉동고에 보관(-25℃)하면서 사료 급여시마다 사용하였다. 이렇게 제조된 실험 배합사료의 성장효과를 비교하기 위하여 외국산 배합사료 2종류(사료 10과 11), 생사료(건조미역, 사료 12) 및 배합사료와 생사료 혼합구(사료 13)를 설정하였다.

실험치패는 평균 각장 1.2 cm (평균체중 0.3 g)의 참전복을 선별하여 39개의

Table 1. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Diet type / Diet no	Exp. diet[3]	Commercial diet		Natural diet	Mix
		1~9	10	11	12	13
Casein		5				
White fish meal		20				
Soybean meal		16				
Wheat flour		15				
Spirulina		3				
Undaria sp. (powder)		5	Closed		Dried	Diet 10
Yeast		1.5	formulation		*Undaria*	+diet 12
Squid liver oil		2.5				
Soybean oil		2.5				
Vitamin premix[1]		2.5				
Mineral premix[2]		6				
Sodium alginate		21				
Proximate analysis (%, DM basis)						
Protein		34.1	34.5	36.5	12.8	-
Lipid		7.5	2.2	5.5	1.0	-

[1]Vitamin mix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): ascorbic acid, 200; α-tocopheryl acetate, 20; thiamin, 5; riboflavin, 8; pyridoxine, 2; nicin, 40; Ca-D-pantothenate, 12; myo-inositol, 200; D-biotin, 0.4; folic acid, 1.5; p-amino benjoic acid, 20; K_3, 4; A, 1.5; D_3, 0.003; choline chloride, 200; cyanocobalamin, 0.003.

[2]Mineral mix contained the following ingredients (g/kg mix): NaCl, 10, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 150; $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$, 250; KH_2PO_4, 320; $CaH_4(PO_4)_2 \cdot H_2O$, 200; Ferric citrate, 25; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 4; Ca-lactate, 38.5; CuCl, 0.3; $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, 0.15; KIO_3, 0.03; $Na_2Se_2O_3$, 0.01; $MnSO_4 \cdot H_2O$, 2; $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, 0.1.

[3]Refer to Table 2.

Table 2. Preparation conditions for experimental formulated diets

Diet no.	$CaCl_2$ concentration (%) in dipping water	Dipping time (second)
1	5	10
2	5	20
3	5	60
4	10	10
5	10	20
6	10	60
7	15	10
8	15	20
9	15	60

각 실험수조(20 ℓ)에 50마리씩 임의 배치하여 각 사료당 3반복으로 17주간 사육 실험하였다. 사료는 2일 1회 각 실험수조마다 2~4 g 씩 급여하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 급여 전에 수거하였다. 주수량은 3 ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온은 12~20℃였다. 분석용 어체는 실험 시작시 100마리, 실험 종료시 각 수조에서 25마리씩 임의로 추출하여 일반성분 분석용으로 냉동보관(-75℃)하였다.

배합사료의 수중안정성(water stability)은 사육 실험했던 수조에서 전복을 수용하지 않고 위에서 언급한 동일한 사육 조건으로 실험 배합사료 9종과 수입 시판사료 2종류를 담그고 8시간, 16시간, 28시간, 48시간 및 72시간 후에 각각 건조시켜 건중량과 단백질 함량의 변화를 조사하였다.

사료 및 전복 가식부의 일반성분은 AOAC (1990)방법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조지질은 Soxhlet 추출법(ether 추출법), 조회분은 직접회화법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25)으로 분석하였다. 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1993) program을 사용하여 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

배합사료의 수중안정성에 대한 결과는 Table 3에 표시하였고, 실험 배합사료(사료 1~9)의 건물 수중 안정성은 시간이 경과할수록 점차 감소하여 72시간

Table 3. Water stability of dry matter and protein in the diets[1]

Diet no	Time in the seawater (hr)					
	0	8	16	28	48	72
	Dry matter (recovery rate, %)					
1	100	90	83	81	75	62
2	100	85	84	82	78	75
3	100	89	87	82	80	74
4	100	82	81	80	78	66
5	100	87	81	81	77	75
6	100	83	83	81	78	73
7	100	84	83	81	80	71
8	100	83	81	79	78	71
9	100	84	83	80	78	73
10	100	91	92	90	72	55
11	100	88	86	86	83	74
	Protein (recovery rate, % as dry matter basis)					
1	100	97	93	83	83	79
2	100	89	89	87	82	83
3	100	94	92	89	84	81
4	100	94	92	89	83	83
5	100	92	92	84	84	84
6	100	91	89	88	83	83
7	100	90	88	88	84	83
8	100	93	90	90	84	83
9	100	92	88	87	86	84
10	100	92	92	88	87	88
11	100	95	95	97	95	95

[1]Values (mean) of pooled sample from triplicate groups.

후에는 5%와 10% $CaCl_2$ 수용액에 10초간 침적시킨 사료(사료 1과 4)가 다른 실험사료보다 감소량이 다소 높아지는 경향이었다. 외국 시판사료(사료 10과 11)는 28시간까지는 86~90%로 실험 배합사료의 79~82%보다 수중 안정성이 비교적 높았지만, 사료 10은 48시간이후 실험 배합사료보다 감소량이 많아져 72시간에 55%로 감소하였으며, 72시간 후의 사료 11은 실험 배합사료와 비슷한 수준인 74%를 유지하였다. Mai et al. (1995)의 실험에서 48시간 후 전복사료의 수중안정성은 75~80%로 보고되어 본 실험 배합사료의 75~83%와 거의 비슷한 수준이었다. 단백질의 수중안정성도 모든 사료에서 시간이 지남에 따라 감소하였으며, 72시간 후의 감소 폭은 실험 배합사료 1이 가장 높아 79%였고, 그 외 실험 배합사료들은 83% 전후로 비슷한 경향을 보였다. 외국 시판사료의 경우 사료 10은 실험 배합사료들과 비슷하였으나 사료 11의 감소속도는 다른 사료보다 낮아 72시간 후에도 95%를 유지하였다.

본 실험 배합사료에 점착제로 사용한 알긴산 21%는 이미 타 연구자들이 전복사료에 사용하였거나 권장한 수준이지만(Mai et al., 1995; Uki et al., 1985a; Viana et al., 1993), 알긴산은 그 단가가 비싸기 때문에 상업적으로 알긴산 함량을 낮추거나 대체할 수 있는 방안이 필요하다. 또한, 사료의 수중안정성은 사료원료, 가공방법, 사육환경이나 조건에 따라 달라지므로 차후 계속 연구되어야 하겠으나, 양어가들이 선호하는 조건이나 수중에서 부패 등의 요인들을 고려하여 전복이 가장 쉽게 섭취할 수 있도록 제조되어야 할 것이다. 본 실험에서는 2일 1회 충분히 먹고 남을 정도로 사료를 공급하였지만, 전복의 먹이 섭취량이나 수중에서 사료의 부패 및 안정성에 따라 사료 공급량 및 공급시간이 조절되어야 할 것이다. 예를 들어 사료를 충분히 공급할 경우, 가두리나 채롱식 양성장에서는 전복이 섭취하고 남은 사료가 수중에서 부패되기 전에 풀어져 사육시설에서 자연적으로 제거되는 것이 유리하며, 사육수조에서는 쉽게 청소할 수 있는 조건 등이 감안되어야 할 것이다. 그리고 사육 밀도나 수온 등의 양식장 조

건에 따라서도 사료의 수중 안정성은 조정되어야 할 것으로 판단된다.

평균체중 0.3 g의 전복치패를 17주간 사육 실험한 결과(Table 4), 최종 평균 체중은 0.82~1.02 g으로 성장하였으며, 실험구간에 유의적인 차이는 없었지만 건조미역 공급구(사료 12)가 낮은 값을 보였다. 생존율은 건조미역만을 공급한 실험구가 75%로 가장 낮았으며($P<0.05$), 그 외 실험구에서는 85~91%로 실험구간에 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 증체율은 건조미역구가 172%였고, 그 외 실험 배합사료와 외국산 배합사료 공급구는 205~239%로 서로 비슷한 경향을 보였다. 평균 가식부 중량은 15% $CaCl_2$ 수용액에 10초간 처리한 실험구(사료7)와 건조미역구가 낮은 값을 보였으나 체중에 대한 가식부의 무게에서는 모든 실험구에서 차이를 보이지 않았다. 각장과 각폭에서는 7번 사료구가 가장 낮았으며, 배합사료와 건조미역을 혼합 첨가한 실험구(사료13)가 높은 경향을 보였다($P<0.05$). 각고은 사료 6이 건조미역 공급구보다 높았으며, 각장에 대한 체중의 비는 사료 6과 13이 건조미역구보다 높은 경향을 보였다($P<0.05$).

실험 시작시 및 종료시의 사료별로 전복 가식부의 일반성분(Table 5)을 분석한 결과, 대부분의 실험사료에서 수분은 실험 시작시에 비해 종료시 모두 감소하였고, 단백질과 지질 함량은 증가하였다. 실험 종료시 수분, 단백질 및 회분 함량은 사료에 영향을 받지 않았으나($P>0.05$), 지질함량은 외국산 배합사료 공급구(사료 10, 11 및 13)에서 낮아지는 경향을 보였다.

위와 같이 실험 배합사료를 성형할 때 15% $CaCl_2$ 수용액에 10초간 처리한 실험구의 가식부 중량, 각장 및 각고의 다소 저조한 값 외에는 배합사료 성형시 염화칼슘의 농도와 침적시간은 전복의 성장과 체성분에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 타연구자들이 사료 성형시 주로 사용하는 5% $CaCl_2$ 수용액에 1분간 침적시켜 알긴산 나트륨을 칼슘염으로 불용화시키는 방법과 함께 본 실험에서 사용된 농도와 침적시간도 실험 배합사료를 제조할 때 적절히 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 상업적으로 사료를 대량 생산

Table 4. Growth performance of abalone fed different diets for 17 weeks[1]

Diet no	Initial wt.(g)	Final wt.(g)	Survival rate (%)	Weight gain (%)[2]	Daily wt. gain (%)[3]	Soft body wt.(g)	Soft body wt./ whole body wt.
1	0.31 ± 0.02^{a}	0.96 ± 0.03^{a}	85 ± 7.5^{ab}	214 ± 9.0^{a}	1.03 ± 0.02^{a}	0.62 ± 0.12^{ab}	0.56 ± 0.03^{a}
2	0.31 ± 0.12^{a}	0.95 ± 0.06^{a}	89 ± 6.4^{b}	205 ± 19.0^{a}	1.01 ± 0.05^{a}	0.64 ± 0.05^{ab}	0.58 ± 0.03^{a}
3	0.30 ± 0.07^{a}	0.99 ± 0.09^{a}	90 ± 5.2^{b}	233 ± 33.5^{a}	1.07 ± 0.07^{a}	0.58 ± 0.11^{ab}	0.57 ± 0.05^{a}
4	0.30 ± 0.07^{a}	0.99 ± 0.05^{a}	95 ± 7.5^{b}	227 ± 11.0^{a}	1.06 ± 0.02^{a}	0.54 ± 0.06^{ab}	0.59 ± 0.03^{a}
5	0.31 ± 0.14^{a}	0.97 ± 0.10^{a}	90 ± 5.2^{b}	212 ± 23.2^{a}	1.03 ± 0.05^{a}	0.62 ± 0.04^{ab}	0.56 ± 0.02^{a}
6	0.30 ± 0.09^{a}	0.95 ± 0.11^{a}	91 ± 5.0^{b}	217 ± 29.7^{a}	1.04 ± 0.07^{a}	0.68 ± 0.03^{b}	0.57 ± 0.03^{a}
7	0.30 ± 0.06^{a}	0.97 ± 0.16^{a}	86 ± 9.1^{ab}	220 ± 53.5^{a}	1.04 ± 0.11^{a}	0.49 ± 0.07^{a}	0.55 ± 0.01^{a}
8	0.30 ± 0.09^{a}	0.93 ± 0.25^{a}	88 ± 7.2^{b}	209 ± 76.0^{a}	1.00 ± 0.18^{a}	0.58 ± 0.19^{ab}	0.54 ± 0.04^{a}
9	0.30 ± 0.02^{a}	0.97 ± 0.07^{a}	92 ± 2.0^{b}	223 ± 22.8^{a}	1.05 ± 0.05^{a}	0.54 ± 0.05^{ab}	0.55 ± 0.03^{a}
10	0.30 ± 0.05^{a}	1.02 ± 0.15^{a}	89 ± 5.7^{b}	239 ± 45.6^{a}	1.08 ± 0.09^{a}	0.65 ± 0.10^{ab}	0.58 ± 0.06^{a}
11	0.30 ± 0.07^{a}	1.01 ± 0.04^{a}	91 ± 6.4^{b}	236 ± 7.2^{a}	1.08 ± 0.01^{a}	0.55 ± 0.05^{ab}	0.53 ± 0.03^{a}
12	0.30 ± 0.06^{a}	0.82 ± 0.07^{a}	75 ± 6.1^{a}	172 ± 20.4^{a}	0.92 ± 0.06^{a}	0.49 ± 0.06^{a}	0.55 ± 0.02^{a}
13	0.30 ± 0.12^{a}	1.02 ± 0.07^{a}	87 ± 3.0^{b}	237 ± 16.4^{a}	1.08 ± 0.03^{a}	0.69 ± 0.08^{b}	0.56 ± 0.03^{a}

Table 4. Continued

Diet no	Shell length (cm)	Shell height (cm)	Shell width (cm)	Shell width/ shell length	Body wt./ shell length
1	2.09 ± 0.11^{bcd}	0.50 ± 0.06^{ab}	1.47 ± 0.08^{bc}	0.70 ± 0.01^{a}	0.50 ± 0.07^{ab}
2	2.08 ± 0.05^{bcd}	0.48 ± 0.03^{ab}	1.45 ± 0.04^{abc}	0.70 ± 0.00^{a}	0.49 ± 0.02^{ab}
3	2.03 ± 0.08^{abc}	0.47 ± 0.03^{ab}	1.41 ± 0.08^{ab}	0.69 ± 0.01^{a}	0.45 ± 0.06^{ab}
4	2.00 ± 0.05^{abc}	0.47 ± 0.02^{ab}	1.40 ± 0.05^{ab}	0.71 ± 0.01^{a}	0.44 ± 0.06^{ab}
5	2.10 ± 0.06^{cd}	0.47 ± 0.01^{ab}	1.47 ± 0.05^{bc}	0.70 ± 0.01^{a}	0.49 ± 0.01^{ab}
6	2.10 ± 0.03^{cd}	0.52 ± 0.01^{b}	1.47 ± 0.01^{bc}	0.70 ± 0.01^{a}	0.53 ± 0.01^{b}
7	1.93 ± 0.06^{a}	0.46 ± 0.01^{ab}	1.36 ± 0.04^{a}	0.70 ± 0.01^{a}	0.42 ± 0.03^{ab}
8	2.04 ± 0.13^{abcd}	0.49 ± 0.05^{ab}	1.44 ± 0.10^{abc}	0.70 ± 0.01^{a}	0.48 ± 0.09^{ab}
9	1.96 ± 0.03^{ab}	0.49 ± 0.01^{ab}	1.38 ± 0.03^{ab}	0.71 ± 0.01^{a}	0.46 ± 0.02^{ab}
10	2.03 ± 0.02^{abc}	0.51 ± 0.03^{ab}	1.42 ± 0.01^{abc}	0.70 ± 0.01^{a}	0.50 ± 0.03^{ab}
11	2.06 ± 0.05^{abcd}	0.48 ± 0.02^{ab}	1.44 ± 0.05^{ab}	0.70 ± 0.01^{a}	0.48 ± 0.03^{ab}
12	1.98 ± 0.07^{abc}	0.45 ± 0.02^{a}	1.37 ± 0.05^{ab}	0.69 ± 0.01^{a}	0.42 ± 0.04^{a}
13	2.16 ± 0.04^{d}	0.50 ± 0.03^{ab}	1.52 ± 0.03^{c}	0.70 ± 0.01^{a}	0.54 ± 0.03^{b}

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2](Final weight-initial weight)×100/initial weight.

Table 5. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	81.7	12.3	0.8	2.9
Final:				
1	77.8±0.56^{a}	15.3±0.75^{a}	1.4±0.17^{abc}	2.4±0.05^{a}
2	78.1±1.01^{a}	15.2±0.75^{a}	1.4±0.10^{abc}	2.4±0.05^{a}
3	76.0±3.15^{a}	15.4±0.15^{a}	1.4±0.20^{abc}	2.5±0.05^{a}
4	78.7±0.45^{a}	15.2±0.25^{a}	1.2±0.15^{abc}	2.4±0.10^{a}
5	78.2±0.77^{a}	15.3±0.05^{a}	1.6±0.15^{c}	2.8±1.01^{a}
6	77.8±0.37^{a}	15.1±0.37^{a}	1.5±0.26^{bc}	2.4±0.05^{a}
7	78.9±1.25^{a}	14.6±0.49^{a}	1.3±0.15^{abc}	2.4±0.05^{a}
8	77.9±0.43^{a}	15.3±0.37^{a}	1.5±0.20^{bc}	2.4±0.11^{a}
9	78.3±1.56^{a}	14.8±0.75^{a}	1.4±0.36^{abc}	2.3±0.00^{a}
10	77.5±0.87^{a}	14.5±0.87^{a}	0.9±0.11^{abc}	2.3±0.10^{a}
11	78.6±0.30^{a}	15.4±0.61^{a}	0.8±0.05^{ab}	2.8±0.69^{a}
12	78.2±0.75^{a}	15.4±0.79^{a}	1.3±1.21^{abc}	2.6±0.00^{a}
13	77.9±1.09^{a}	14.9±0.51^{a}	0.7±0.15^{a}	2.4±0.00^{a}

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

하여 판매하기 위해서는 본 실험에서와 같이 염화칼슘 수용액에 사료를 침적시켜 건조시키는 것은 공정상 어려움이 따를 것으로 보인다. 따라서 상업적인 면에 대해서는 사료원료 중 탄수화물과 점착제 등 여러 가지 면을 고려하여 수중안정성이 검토되어야 할 것이다.

본 실험에서 설계, 제조된 배합사료는 천연먹이인 미역보다 성장효과가 높았으며, 외국산 배합사료와 그 성능이 동등한 것으로 나타났다. Viana et al.(1993)은 casein이나 어분위주의 배합사료가 macroalgae (*Macrocystis pyrifera*)보다 전복(*H. Fulgens*)의 성장에 더 높은 효과가 있다고 하였으며, Nie et al.(1986)도 역시 배합사료가 다시마보다 참전복의 성장에 월등히 좋은 결과를 보인다고 보고하였다. 정 등(1994b)은 배합사료, 건조미역 및 배추를 0.7 g의 참전복에 공급한 결과, 배합사료와 건조미역이 배추보다 높은 성장효과가 있다고 보고하였

다. 이와 같이 천연먹이의 저조한 성장효과는 그들의 영양성분 중 단백질이나 지질 등의 함량이 배합사료보다 현저히 낮기 때문으로 해석된다. 반면에 정 등(1994b)은 배합사료와 건조 미역 공급구간에 서로 차이가 없었다고 보고하였는데, 본 실험에서 배합사료구는 건조미역구보다 생존율이 유의하게 높았고($P<0.05$), 증체율도 수치상으로 건조미역구보다 30% 정도 더 개선된 것으로 나타나 차이를 보이고 있다. 이는 두 실험에 사용된 배합사료의 조성비 차이로 생각된다. 본 실험에서 사용된 배합사료 원료들 중 casein은 어분보다 더 양호한 참전복 사료 단백질원이라고 보고되어 있고(Uki et al., 1985b), 반면에 Viana et al.(1993)은 *H. Fulgens*에서 어분도 casein과 동등한 효능을 가진다고 하였다. 따라서 이에 대한 차이는 차후 계속 연구되어야 할 것으로 판단되며, 본 실험에서 사용된 실험 배합사료의 조성비는 계속 개선되어야 하겠으나 현재로서는 참전복의 배합사료 개발에 필요한 대조사료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 이미 언급한 것처럼 배합사료 조성비는 보다 경제적으로 설계되어야 하며, 본 실험에 사용된 casein, 북양어분, spirulina, 미역분말, 효모, 비타민 및 미네랄, 알긴산 등은 원료 단가가 비싸기 때문에 이에 대한 연구가 계속 이어져야 할 것이다.

제 3 장 참전복 사료의 단백질원 평가

제 1 절 서 론

참전복 종묘생산은 부착기부터 부착규조가 붙은 파판에 부착시켜 규조를 주 먹이로 사육하여 각장 1cm 정도까지 키운 후에는 파판에서 박리하여 중간 육성하거나 바다에 방류하고 있다. 전복류의 초기 먹이에 대해서는 Ioriya and Suzuke (1987), Norman-Boudrean et al. (1986), Ohgai et al. (1991), 한(1994)과 김 (1992)이 연구한 바 있다. 일반적으로 전복 종묘를 바다에 방류하는 것보다는 가두리나 육상수조 등에서 중간 육성하는 것이 높은 생존율을 유지한다고 알려져 있다. 하지만 아직까지 양어가들은 중간 육성용 먹이로 미역, 파래, 다시마와 같은 천연 먹이를 주로 공급하다가 여름철에는 건조미역이나 건조다시마를 공급하고 있는 실정이다. 이러한 천연먹이는 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고, 성장 효과 역시 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로 보고되어 있어(Viana et al., 1993), 대상 종에 적합한 배합사료의 개발이 시급한 실정이다. 참전복 양성용 사료에 대한 연구로는 노와 유(1984)가 육상식물에 대한 이용성을 조사한 바 있고, 영양요구 및 배합사료 효과에 관해서도 꾸준히 연구되고 있다(Harada and Akishima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Ogino and Ohta, 1963; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b,c; 정 등, 1994). 하지만, 국내에서는 아직까지 적정한 배합사료가 개발되지 않아 효율적인 양식이 불가능한 실정이며, 외국에서 수입되고 있는 사료는 가격이 비싸 경제적인 면에서 매우 불리하다. 그래서 앞 실험(이 등, 1997)에서 참전복의 배합사료 개발에 기초적인 자료를 제공하기 위해 실험 배합사료를 설계하여 그 효능을 외국 시판사료 및 천연먹이와 비교하였다.

배합사료 개발에 있어 가장 먼저 고려되어야 할 것은 사료 단백질의 품질과 단백질 함량인데, 참전복 사료의 적정 단백질 함량은 20~35%로 보고(Uki et al., 1986a; Mai et al., 1995)되어 있다. 사료 단백질의 품질은 단백질원에 따라 달라지며, 참전복의 경우는 casein이 가장 좋은 단백원으로 보고되어 있고(Uki et al., 1986a), 해산어류의 경우에는 어분이 가장 양호한 단백질원으로 사용되고 있다. 하지만 이러한 casein은 가격이 비싸기 때문에 경제적인 배합사료원으로서는 부적합한 것으로 생각된다. 또한, 어분의 품질은 종류, 가공 방법, 생산년도 등에 따라 다소 차이를 보이기는 하나, 대체로 조단백질 함량이 60% 이상으로 높고, 어류에 필요한 영양소, 특히 아미노산 조성이 고르게 갖추어져 있는 양질의 단백원이지만(NRC, 1993) 가격이 비싸고 공급이 불안정한 점 등 문제점이 잠재되어 있다. 따라서 양식 생산비의 절반 이상을 차지하고 있는 사료비를 절감시키기 위해서는 값비싼 casein이나 어분을 대신할 수 있는 값싸고, 공급이 안정적인 대체 단백질원을 찾는 것이 시급하다. 사료의 단백질원에 대한 평가는 사료의 질을 향상시키고, 사료단가를 낮추는데 기초적인 연구가 될 뿐 아니라 앞으로 계속될 영양연구에 자료를 제시할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 참전복사료에 적합한 단백질원을 조사하기 위하여 카제인 또는 어분이 첨가된 사료와 값싸고 쉽게 구입 가능한 단백질원인 육분, 우모분, 혈분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 소맥분 첨가 사료를 설계하였다. 또한, 건조 미역분말 첨가 사료, 천연 먹이로 생미역과 건조 다시마를 선정하여 이들의 이용성을 서로 비교하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 단백질원 및 실험사료

사료 단백질원으로 카제인(vitamin-free, Serva, Germany), 북양어분 (간접식

건조: steam dry, 고려원양 개척호), 육분, 혈분, 우모분, 대두박 (탈지, 탈피), 콘글루텐 밀, 면실박, 건조미역 분말, 소맥분 및 효모를 사용하였으며, 자연산 먹이로는 생미역과 건조 다시마를 선정하였다(Table 6). 사료원료 중 대두박과 콘글루텐 밀은 각각 0.25 ㎜와 0.5 ㎜ screen이 부착된 분쇄기(RETSH GMBH 5657, Germany)로 분쇄한 후 사료에 첨가하였다. 탄수화물원으로 dextrin을 사용하였으며, 사료의 지질 함량은 Uki et al.(1985a)이 권장한 양(5%)에 맞도록 오징어간유와 대두유를 첨가하였다. 첨착제로는 알긴산나트륨을 20~23% 첨가하였으며, 사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 사료는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록

Table 6. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Dietary protein sources										
	Casein	WFM[1]	MM[2]	FM[3]	BM[4]	SM[5]	CGM[6]	CSM[7]	SMP[8]	WF[9]	S-M[10] S-T[11]
Casein	31.0										
White fish meal		40.0						10.0	10.0	10.0	
Meat meal			36.0								
Feather meal				33.0							
Blood meal					29.0						
Soybean meal						55.0					
Corn gluten meal							39.0				
Cotton seed meal								50.0			
Sea mustard powder									55.0		
Wheat flour										50.0	
Dextrin	30.0	23.5	28.0	29.0	30.0	7.8	22.0	3.0	1.0	3.5	
α-cellulose	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	0.2	1.0				
Yeast	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Squid liver oil	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Soybean oil	3.0	0.5		2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.0	1.5	
Vitamin premix[12]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Mineral premix[13]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Sodium alginate	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	20.0	23.0	

[1]White fish meal. [2]Meat meal. [3]Feather meal. [4]Blood meal. [5]Soybean meal. [6]Corn gluten meal. [7]Cotton seed meal. [8]Sea mustard powder. [9]Wheat flour.
[10]Raw sea mustard (*Undaria*). [11]Dred-sea tangle (*Laminaria*).
[12]Halver (1957). [13]H-440 premix NO. 5 (mineral) (N.A.S. 1973).

칼로 절단하여 냉동고에 보관하면서 사료 급여시마다 사용하였다.

2. 실험어 및 사육관리

건강한 모패 40마리(♂: 19마리, ♀: 21마리)를 간출과 자외선 조사 해수로 산란 자극하여 인공적으로 생산한 치패를 부착규조가 붙어있는 파판에서 1 cm 전후까지 사육한 것을 실험치패로 사용하였다. 실험용으로 중간 크기의 건강한 치패를 36개의 각 실험수조(20 ℓ)에 70마리씩 임의 배치하여 각 사료당 3반복으로 18주간 사육실험하였다. 약 5 주 간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였으며, 각 수조마다 약하게 폭기시켜 산소를 공급하였다. 먹이는 2일 1회 각 실험수조마다 5 g씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 먹이 공급전에 수거하였다. 주수량은 3 ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온변화는 10~23℃(평균 16.5℃)였다. 분석용 어체는 실험 시작시 300마리, 실험 종료시 각 수조에 수용된 모든 어체를 추출하여 각장, 각폭 및 가식부의 일반성분 분석용으로 냉동보관(-75℃)하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 사료의 아미노산은 이 등(1996)이 사용한 방법으로 분석하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처

리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

사료의 일반성분을 분석한 결과(Table 7), 단백질원으로 카제인, 북양어분, 육분, 혈분, 우모분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박을 각각 첨가한 사료의 단백질과 지질 함량은 각각 30%와 5% 전후로 나타나, Uki et al. (1986a)과 Mai et al. (1995)이 보고한 적정 단백질 및 지질 함량과 일치하였다. 건조미역 분말과 소맥분 첨가사료는 이들의 단백질 함량이 낮아 단백질 함량이 15~20%로 타 배합사료구보다 낮았으며, 생미역과 건조 다시마의 단백질 함량도 11~20%로 낮게 나타났다.

실험 시작시 각 실험수조마다 70마리씩 수용하여 18주간 사육한 결과, Fig. 1에 표시한 것처럼 생존량은 천연먹이구인 미역과 다시마 공급구 및 혈분을 첨가한 실험구가 유의하게($P<0.05$) 낮은 경향을 보였다. Fig. 2에 나타낸 바와 같이 실험개시시 평균체중 0.11 g 전후였던 참전복 치패를 사육실험 한 후에는 사료의 단백질원에 따라 평균체중이 0.27~0.74 g으로 큰 차이를 보였다. 이 중 단백질원으로 북양어분을 첨가한 실험구가 0.74 g으로 가장 높았으며, 대두박

Table 7. Proximate analysis (%) of experimental diets

	Dietary protein sources											
	Casein	WFM[1]	MM[2]	FM[3]	BM[4]	SM[5]	CGM[6]	CSM[7]	SMP[8]	WF[9]	S-M[10]	S-T[11]
Moisture	9.4	9.2	9.5	10.0	10.0	9.4	8.5	11.0	11.9	11.2	95.2	10.3
	(Dry matter basis)											
Protein	32.4	30.9	32.0	31.5	30.2	30.4	31.6	27.8	19.5	15.4	20.0	10.8
Lipid	5.0	5.4	5.5	5.4	5.2	5.0	5.5	5.4	5.6	5.4	1.3	0.5
Ash	11.2	19.1	14.1	12.3	12.8	14.8	12.0	15.6	29.9	14.5	38.7	35.4

[1~11]Refer to Table 6.

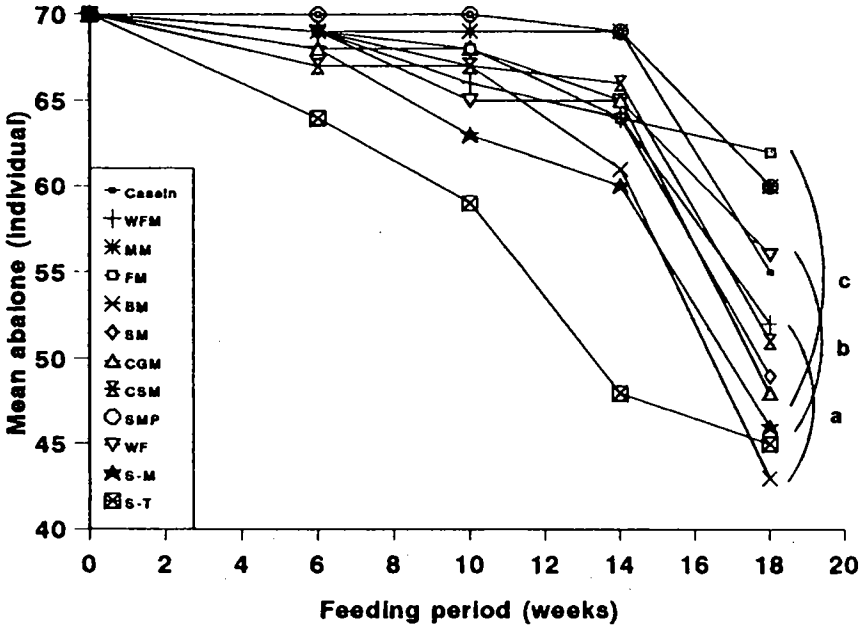


Fig. 1. Survival of abalone fed the different dietary protein sources for 18 weeks. Symbols (mean of three replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

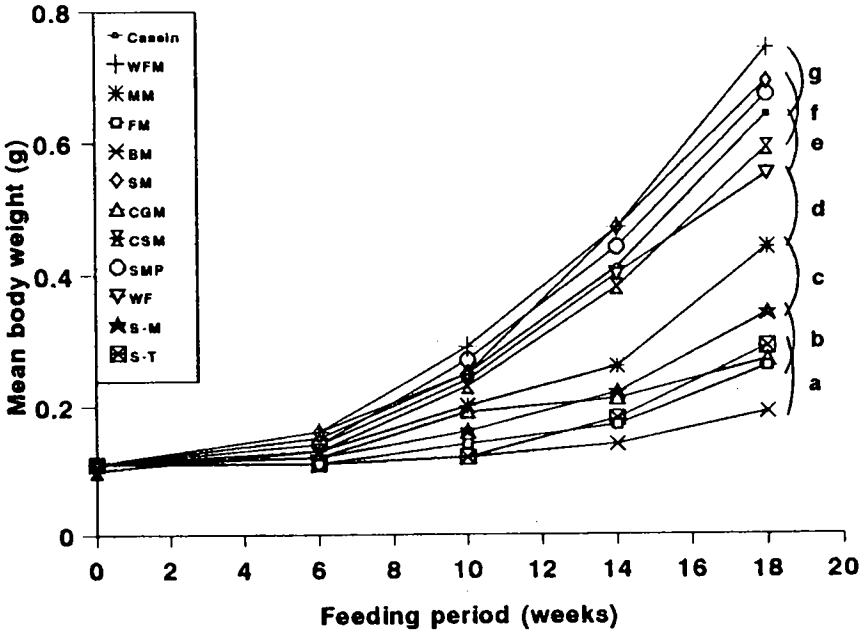


Fig. 2. Growth of abalone fed the different dietary protein sources for 18 weeks. Symbols (mean of three replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

및 미역분말을 첨가한 실험구들이 북양어분 첨가구와 유의적인 차이없이 (P>0.05) 양호한 결과를 보였다. 카제인 첨가구는 0.64 g으로 북양어분 첨가구와는 유의차를 보였으나 (P<0.05), 대두박 또는 미역분말 첨가구와는 차이가 없었다 (P>0.05). 다음으로 면실박과 소맥분 첨가구가 0.55~0.57 g으로 양호한 성적을 보였으며, 육분 첨가구는 0.44 g, 천연 먹이인 생미역과 건조 다시마 공급구는 0.29~0.34 g, 우모분과 콘글루텐 밀 첨가구는 0.26~0.27 g으로 나타났으며, 혈분 첨가구가 0.19 g으로 가장 낮은 값을 보였다 (P<0.05).

증체율은 Table 8에 나타낸 바와 같이 평균체중 변화와 유사한 경향이었는데, 북양어분, 대두박, 면실박, 미역분말 및 카제인 첨가구들이 494~554%로 타 실험구들보다 유의하게 높았다 (P<0.05). 다음으로 소맥분 첨가구가 396%로 좋은 결과를 보였으며, 혈분, 우모분, 콘글루텐 밀 첨가구들이 78~155%로 타 실

Table 8. Performance of abalone fed the diets containing different protein sources[1]

Dietary proteins	Weight gain (%)	Shell length (cm)	Shell width (cm)	Body wt.(g) /shell length (cm)	Body wt.(g) /shell width (cm)	Shell length/ shell width
Casein	494 ± 46.5^{e}	1.70 ± 0.04^{de}	1.25 ± 0.03^{efg}	0.38 ± 0.02^{def}	0.53 ± 0.02^{ef}	1.36 ± 0.01^{ab}
White fish meal	577 ± 72.4^{e}	1.80 ± 0.09^{e}	1.31 ± 0.07^{g}	0.41 ± 0.02^{f}	0.56 ± 0.02^{f}	1.37 ± 0.02^{ab}
Meat meal	303 ± 16.7^{c}	1.50 ± 0.03^{c}	1.12 ± 0.03^{d}	0.29 ± 0.01^{c}	0.39 ± 0.01^{c}	1.34 ± 0.01^{a}
Feather meal	135 ± 45.2^{ab}	1.24 ± 0.01^{ab}	0.92 ± 0.01^{b}	0.21 ± 0.04^{ab}	0.28 ± 0.04^{ab}	1.35 ± 0.01^{a}
Blood meal	78 ± 54.7^{a}	1.19 ± 0.13^{a}	0.80 ± 0.01^{a}	0.16 ± 0.05^{a}	0.24 ± 0.06^{a}	1.50 ± 0.19^{b}
Soybean meal	554 ± 25.0^{e}	1.76 ± 0.01^{de}	1.27 ± 0.01^{efg}	0.39 ± 0.01^{ef}	0.55 ± 0.01^{f}	1.39 ± 0.01^{ab}
Corn gluten meal	155 ± 16.2^{ab}	1.30 ± 0.04^{ab}	0.97 ± 0.02^{bc}	0.21 ± 0.01^{ab}	0.28 ± 0.02^{ab}	1.34 ± 0.02^{a}
Cotton seed meal	503 ± 77.3^{e}	1.69 ± 0.02^{de}	1.23 ± 0.01^{ef}	0.35 ± 0.01^{de}	0.49 ± 0.02^{de}	1.37 ± 0.02^{ab}
Sea mustard powder	495 ± 39.4^{e}	1.80 ± 0.02^{e}	1.30 ± 0.02^{fg}	0.38 ± 0.02^{def}	0.52 ± 0.01^{ef}	1.39 ± 0.01^{ab}
Wheat flour	396 ± 44.6^{d}	1.67 ± 0.10^{d}	1.21 ± 0.07^{e}	0.33 ± 0.03^{cd}	0.45 ± 0.04^{d}	1.37 ± 0.01^{ab}
Raw-sea mustard	221 ± 66.3^{b}	1.50 ± 0.08^{c}	1.03 ± 0.07^{c}	0.23 ± 0.04^{b}	0.34 ± 0.04^{b}	1.46 ± 0.14^{ab}
Dried-sea tangle	172 ± 15.3^{b}	1.34 ± 0.06^{b}	0.97 ± 0.03^{bc}	0.22 ± 0.01^{b}	0.30 ± 0.02^{b}	1.39 ± 0.02^{ab}

[1]Values (mean±s.d. of three replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

험구보다 낮은 값을 보였다 ($P<0.05$). 각장 및 각폭도 증체율 변화와 유사한 경향이었다. 또한, 각장과 각폭에 대한 전중의 비도 역시 같은 경향을 보였으며, 각장에 대한 각폭의 비는 증체율과 반대 경향을 보여 혈분 첨가구가 가장 높은 값을 보였다.

실험 시작시 및 종료시의 사료별 참전복 가식부의 일반성분 분석결과는 Table 9와 같다. 실험사료 모두에서 수분과 회분 함량은 실험 시작시에 비해 종료시 모두 감소하였고, 단백질과 지질 함량은 모두 증가하였다. 실험 종료시 수분과 단백질 함량은 각각 78.5~79.6% 및 13.2~14.2%로 사료의 단백질원에 거의 영향을 받지 않았다 ($P>0.05$). 지질 함량은 북양어분, 육분, 우모분, 혈분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박 및 미역분 첨가구들이 1.2~1.9%로 서로 유의차없이 높았고 ($P>0.05$), 카제인과 천연먹이인 생미역과 건조 다시마 실험구가 0.7

Table 9. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Dietary proteins	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	81.8	11.7	0.6	3.2
Final:				
Casein	79.3 ± 0.85^{a}	14.0 ± 0.80^{a}	1.0 ± 0.23^{ab}	2.4 ± 0.05^{ab}
White fish meal	78.6 ± 1.20^{a}	14.0 ± 0.75^{a}	1.4 ± 0.26^{bc}	2.3 ± 0.11^{a}
Meat meal	78.5 ± 0.32^{a}	13.6 ± 0.10^{a}	1.3 ± 0.23^{abc}	2.5 ± 0.05^{ab}
Feather meal	78.9 ± 0.36^{a}	13.2 ± 0.23^{a}	1.5 ± 0.25^{bc}	2.6 ± 0.05^{cd}
Blood meal	79.6 ± 1.49^{a}	13.9 ± 0.35^{a}	1.3 ± 0.83^{abc}	2.8 ± 0.05^{d}
Soybean meal	79.5 ± 0.77^{a}	13.9 ± 0.55^{a}	1.5 ± 0.11^{bc}	2.4 ± 0.05^{ab}
Corn gluten meal	79.2 ± 0.80^{a}	13.3 ± 0.25^{a}	1.3 ± 0.05^{abc}	2.7 ± 0.05^{cd}
Cotton seed meal	79.1 ± 0.25^{a}	14.1 ± 0.11^{a}	1.9 ± 0.40^{c}	2.5 ± 0.05^{ab}
Sea mustard powder	79.1 ± 0.26^{a}	14.2 ± 0.20^{a}	1.2 ± 0.28^{abc}	2.5 ± 0.05^{bc}
Wheat flour	78.8 ± 0.20^{a}	13.2 ± 0.45^{a}	1.5 ± 0.20^{bc}	2.5 ± 0.05^{ab}
Raw-sea mustard	79.6 ± 0.96^{a}	13.8 ± 0.52^{a}	0.7 ± 0.15^{a}	2.6 ± 0.15^{cd}
Dried-sea tangle	79.5 ± 0.60^{a}	13.6 ± 0.41^{a}	0.7 ± 0.25^{a}	2.7 ± 0.10^{cd}

[1]Values (mean±s.d. of three replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

~1.0%로 낮은 값을 보였다. 회분 함량은 우모분, 혈분, 콘글루텐 밀, 생미역과 건조 다시마 실험구가 서로 유의차없이 높았고 (P>0.05), 북양어분, 육분, 대두박 및 소맥분 첨가구들이 대체로 낮은 경향을 보였다.

사료 단백질원의 품질은 대상어종에 필요한 영양성분, 즉, 단백질, 에너지, 필수아미노산 및 필수지방산 등의 필수영양소 함량과 소화율에 따라 결정되어진다(NRC, 1993). 사료 단백질원 선정에 고려되어야 할 요인들은 그 원료의 영양성분과 함께 공급의 안정성, 가격, 기호성, 영양저해인자, 식품으로서의 안정성 등을 들 수 있는데, 본 실험에서는 비교적 쉽게 구입할 수 있는 여러 가지 단백질원들을 선정하여 그 효과를 평가하였다. 성장은 카제인, 어분, 대두박, 면실박 및 미역분을 주 단백질원으로 첨가한 실험구들이 타 실험구에 비해 현저히 좋은 결과를 보였으며(P<0.05), 다음으로 소맥분 첨가구가 양호한 성적을 올렸다. 이러한 결과들은 참전복사료의 단가를 절감시키고, 사료의 질을 향상시키는데 큰 도움이 될 것으로 전망된다. 하지만, 혈분, 우모분, 콘글루텐 밀은 매우 낮은 값을 보여 참전복사료의 주 단백질원으로서는 큰 가치가 없을 것으로 생각된다.

본 실험에서 사용된 배합사료 원료들 중 어분이 주 단백질원인 사료의 최종 평균 체중, 증체율, 각장 및 각폭의 값이 casein 첨가사료와 비슷하거나 더 양호한 것으로 나타나 참전복 사료의 최고 단백질원이 casein이라고 보고한 Uki et al. (1985b)의 결과와 차이를 보이고 있다. 또한, Viana et al. (1993)은 전복(*H. Fulgens)*사료의 단백질원으로 어분도 casein과 동등한 효능을 가진다고 하였다. 이미 언급하였듯이 배합사료 조성비는 보다 경제적으로 설계되어야 하기 때문에 본 실험에 사용된 양질의 단백질원인 casein이나 북양어분은 그 단가가 비싸기 때문에 이 등(1997)도 지적하였듯이 이를 대신할 수 있는 대체단백원의 개발이 필요하다. 식물성 단백원으로서 가장 많이 연구되고 있는 대두박은 trypsin inhibitor와 같은 영양저해요소가 함유되어 있어 단백질 이용성을 감소

시킬 수 있을 뿐 아니라 Met과 같은 필수아미노산이 어분에 비해 낮게 함유되어 있으며, 대두박 중의 인은 phytic acid에 결합되어 있어 그 이용성이 낮은 편이다(NRC, 1993). 그래서 많은 학자들이 대두박의 이용성을 높이기 위해서 아미노산을 보충(Murai et al., 1982; Dabrowska and Wojno, 1977; Shiau et al., 1988)하거나 영양저해요소를 감소(Wilson and Poe, 1985; Viola et al., 1983; Smith, 1988)시키는 방법을 사용하고 있다. 위와 같이 대두박을 사료 단백질원으로 사용하는데 몇 가지 문제점이 잠재되어 있음에도 불구하고 본 실험에서와 같이 참전복은 어분이나 카제인 못지 않게 대두박을 잘 이용하는 것으로 나타나 참전복사료의 훌륭한 단백질원이 될 수 있을 것으로 생각된다. 본 실험에 사용된 대두박은 탈지압착하고 가열처리된 것으로 urease activity가 0.01로 측정된 것이어서 대부분의 trypsin inhibitor가 제거되어 사료원료로 사용하기에는 가공이 잘 된 것으로 판단된다. 하지만 Uki et al. (1985b)의 전복 사료실험에서 대두박 첨가구는 카제인 첨가사료보다 성장이 훨씬 낮은 것으로 나타나 본 실험과 차이를 보이고 있다. 이는 사용된 대두박의 품질 차이 또는 사육조건의 차이로 생각된다.

식물성 단백질원 중 면실박 첨가구는 casein 첨가구와 성장효과에서 차이가 없는 것($P>0.05$)으로 나타나 대두박과 함께 면실박은 전복사료의 좋은 단백질원이 될 것으로 기대된다. 이러한 면실박은 가공방법에 따라 조단백질과 조섬유의 함량이 달라지는데, 본 실험에서 사용한 면실박의 단백질 함량은 36%로 비교적 낮은 편이며, Lys, Met 및 Thr이 어분에 비해 상대적으로 낮게 조성되어 있다(이 · 류, 1996). 면실박은 주로 가축의 사료로 이용되고 있으며, 양어 사료에는 많이 사용되지 않는데, 이는 조섬유 함량이 다른 식물성 원료보다 매우 높을 뿐 아니라 고시폴(gossypol)이라는 유독물질이 함유되어 있어(NRC, 1993) 성장에 악 영향을 미친다고 보고되어있다(Dorsa et al., 1982; Herman, 1970). 본 실험에 사용된 면실박의 고시폴 함량이 0.06%로 측정된 것으로, 이러한 영

양저해인자가 함유되어 있음에도 불구하고 본 실험에서는 면실박 첨가구의 성장이 어분, 카제인 및 대두박 첨가구와 유의차가 없이(P>0.05) 매우 좋은 것은 참전복이 비교적 높은 함량의 고시폴에도 영향을 받지 않았기 때문으로 판단된다. 또한, 면실박에는 조섬유 함량이 20% 정도까지 함유되어 있고(이·류,1996), 본 실험의 면실박 첨가구의 조섬유 함량이 11%로 참전복은 이 수준의 조섬유 함량에도 영향을 받지 않았을 것으로 판단된다. 어류의 면실박 이용성에 대해서는 주로 담수어(Jackson et al., 1982; El-Sayed, 1990; Herman, 1970; Fowler 1980; Dorsa et al., 1982; Robinson et al., 1984)와 해산어인 조피볼락(이·류, 1996)을 대상으로 연구되었는데, 어분대신 면실박을 사료에 첨가할 경우 그 첨가비가 15~30%까지 가능한 것으로 보고되어 있다.

본 실험에서 미역분이 첨가된 배합사료의 성장효과가 어분사료와 비슷한 것으로 나타나 천연먹이인 미역분말도 다른 원료와 함께 배합되면 양질의 단백질원이 될 것으로 생각된다. 그러나 미역분말은 단가가 비싸기 때문에 첨가제로서의 적정 첨가량 등 이에 대한 구체적인 검토가 뒤따라야 할 것이다. 반면에 천연먹이인 생미역이나 건조 다시마 공급구들의 성장은 casein, 북양어분, 대두박, 면실박, 소맥분 및 미역분말 첨가구보다는 훨씬 낮은 값을 보여, 적정한 단백원이 첨가된 배합사료보다 그 효과가 낮음을 알 수 있다. 이와 같이 천연 먹이가 배합사료보다 그 효과가 낮다는 연구들은 이미 보고된 바 있고 (Mai et al., 1995; Viana et al., 1993), 이 등(1997)도 이와 유사한 결과를 얻어 천연 먹이의 영양소 균형이 배합사료보다 좋지 못함을 지적하였다.

동물성 단백질원인 가축부산물 첨가구(혈분, 우모분)들과 콘글루텐 밀 첨가구의 성장효과는 천연먹이인 생미역이나 건조 다시마 공급구보다도 더 낮은 값을 보여 참전복사료의 주 단백질원으로서는 큰 가치가 없을 것으로 생각된다. 이와 같이 혈분, 우모분 및 콘글루텐 밀 첨가 사료의 단백질이나 에너지 함량이 성장효과가 양호한 다른 배합사료와 비슷함에도 불구하고 저조한 성장 효과를

보인 것은 이들 원료의 필수아미노산 조성, 기호성 및 소화율 등이 다른 원료보다 낮기 때문으로 생각된다. 대체단백질원을 사용함에 있어 먼저 고려하여야 할 것은 그 원료의 필수 아미노산(EAA, essential amino acids)의 균형인데, 원료에 따라 어떤 종류의 EAA가 부족하기 때문에(NRC, 1993), 사료의 단백질은 대상어종이 요구하는 EAA가 충족되어 균형을 이루고 있는가에 따라 그 품질이 평가될 수 있다. 그러나 대상어종의 EAA 요구량이 구명되어 있지 않을 때에는 난(卵)이나 그 어종의 전어체 또는 근육의 EAA 조성과 유사한 수준으로 사료를 설계하기도 한다(Arai, 1981; Ketola, 1982; Klein and Halver, 1970; Ogata et al., 1983; Willson et al., 1977). 이와 같은 측면에서 부족한 EAA를 첨가하여 사료를 설계할 때, Arai (1981)와 Ogata et al.(1983)은 전체 EAA에 대한 각 EAA 비(A/E ratio)를 고려하였고, Wilson and Poe (1985)도 이러한 방법을 인정하고 있다. 본 실험사료의 EAA와 A/E ratio를 Table 10에 표시하였고, 성장효과와 사료의 EAA, 전복 가식부의 EAA(Mai et al., 1994)를 기준으로 한 EAAI (EAA index, Murai et al., 1986) 및 총 EAA량(total EAA, TEAA)과의 상관관계를 Table 11에 나타내었다. Table 11에서 보듯이 사료의 Arg, Ile 및 Lys이 성장효과와 상관도가 높은 EAA로 나타났으며, Leu은 역효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, EAAI는 증체율과 각장에 높은 상관도가 있었으나, TEAA는 상관관계가 없는 것으로 나타나 사료의 EAA량보다는 EAAI가 더 중요한 것으로 나타났다. Mai et al.(1994)은 전복사료로 해조류를 사용하였을 때 제한 아미노산을 Arg, Met, Thr 및 His이라고 지적하였는데, 본 실험사료에서도 이들 EAA들은 성장과 정 상관관계를 보였다. 본 실험에서 성적이 가장 저조한 혈분 첨가사료의 Arg, Ile 및 Met+Cys의 함량과 A/E ratio는 다른 사료보다 낮았으며, 우모분 첨가사료도 His 및 Lys의 함량과 A/E ratio가 다른 사료보다 낮은 수준이었다. 식물성 단백질원 중 가장 성적이 나빴던 콘글루텐 밀 첨가사료도 Arg, His, Ile 및 Lys의 함량과 A/E ratio가 낮은 경향이었

Table 10. Essential amino acids and A/E ratio[1] in the experimental formulated diets

Amino acids	Dietary protein sources									
	Casein	WFM	MM	FM	BM	SM	CGM	CSM	SMP	WF
	Amino acids (% in protein)									
Arg	4.8	7.0	8.2	6.6	4.3	7.7	3.0	10.4	4.6	5.4
His	3.4	1.7	1.2	1.3	3.2	1.9	1.3	2.3	1.5	1.8
Ile	4.7	3.7	2.3	3.9	0.5	3.7	2.8	3.5	3.4	3.3
Leu	8.3	8.1	6.2	8.2	14.1	8.1	15.7	7.1	6.5	7.5
Lys	6.2	4.9	3.2	1.7	6.0	4.1	1.2	3.9	4.3	3.3
Met+Cys	3.3	4.2	2.5	4.3	1.3	2.6	3.7	3.1	3.3	3.5
Phe+Tyr	12.9	7.9	5.9	7.4	11.4	8.8	10.8	8.8	6.8	7.5
Thr	4.5	4.9	3.4	5.0	5.1	4.4	3.3	4.1	4.2	4.0
Val	7.0	4.1	3.5	5.2	6.6	3.7	3.2	4.5	4.1	3.8
Total	55.1	46.6	36.4	43.5	52.6	45.1	45.0	47.6	38.6	40.3
	A/ E ratio[1]									
Arg	87	150	224	152	83	170	67	219	120	134
His	62	37	34	30	61	42	30	48	40	45
Ile	85	80	63	90	9	82	61	74	87	83
Leu	150	173	170	188	269	179	349	149	169	187
Lys	112	104	89	39	114	91	27	83	111	82
Met+Cys	60	91	70	98	25	58	82	64	85	87
Phe+Tyr	234	170	163	169	216	195	240	184	175	186
Thr	82	105	93	115	97	98	73	86	109	100
Val	127	89	95	119	126	83	71	94	106	95

[1](Each essential amino acid/total essential amino acid including Cys and Tyr)×1000.

다. 따라서 혈분, 우모분 및 콘글루텐 밀은 참전복사료의 단백질원으로서는 부적당할 것으로 보이며, 단백질과 아미노산의 소화율 및 다른 원료와 혼합하여 사용하는 방안 등 여러 측면에서 계속 연구되어야 할 것이며, 본 실험에서 성적이 좋았던 단백원을 참전복사료의 단백원으로 사용하여 사료를 설계한다면 천연먹이보다 훨씬 좋은 효과와 함께 사료단가를 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

Table 11. Correlation coefficients between various EAA indexes in the formulated diets and performance of abalone

Dietary EAA index	Performance	
	Weight gain	Shell length
Arg	0.35*	0.31
His	0.11	0.09
Ile	0.59**	0.60**
Leu	-0.68**	-0.66**
Lys	0.50**	0.51**
Met+Cys	0.18	0.23
Phe+Tyr	-0.25	-0.28
Thr	0.06	0.09
Val	-0.23	-0.24
EAAI[1]	0.81**	0.82**
TEAA[2]	-0.03	-0.13

[1]Murai et al. (1986). [2]TEAA: total essential amino acids.
*Correlation is significant at the 0.05 level.
**Correlation is significant at the 0.01 level.

여 백

제 4 장 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향

제 1 절 서 론

참전복의 인공종묘생산기술 확립과 함께 최근 참전복 양식에 대한 관심이 높아져 육상 수조에서 양성하는 곳이 현저히 증가되고 있고, 정 등(1994a,b)은 육상 사육 수조에 관한 효과를 비교하였다. 또한, 참전복의 배합사료 개발에 필요한 자료를 제시하여 안정적인 전복양식의 발전을 위해 앞 실험(이 등, 1997a,b)에서 배합사료의 최적 단백질원을 조사하였고, 실험 배합사료를 설계하여 그 효능을 외국 시판사료 및 천연사료와 비교하여 배합사료의 우수성을 제시하였다.

경제적이고 사료효율이 높은 배합사료를 개발하기 위해서는 단백질, 지질 및 탄수화물 등의 영양소 균형이 중요한데, 참전복에 대해서는 이미 적정 단백질원(이 등, 1997b; Uki et al., 1985a, 1986a), 단백질 및 지질 함량(Uki et al., 1986b; Mai et al., 1995a,b)에 대한 연구가 수행되어 있으나 전복의 탄수화물 이용성은 아직 연구되지 않았다. 탄수화물은 사료의 성형을 도와주는 역할을 할 뿐 아니라 체내의 중요한 에너지원으로 작용하기 때문에 사료 단백질을 절약할 수 있는 영양소이다. 또한, 탄수화물원의 원가가 다른 영양소원에 비해 싸기 때문에 대상종의 이용성이 연구되면 사료단가를 절감할 수 있는 영양소이다. 탄수화물의 이용성은 어종에 따라 달라져(NRC, 1993), 육식성 어류 사료의 적정 탄수화물 함량은 방어와 참돔이 각각 10% 및 20%로 알려진 반면에 잡식성인 잉어는 30%까지 첨가할 수 있는 것으로 알려져 있다(Furuichi and Yone, 1980). 전복은 해조류를 주 먹이로 섭취하기 때문에 탄수화물 이용성이 높을 것으로 판단되나, 전복사료를 연구한 학자들은 사료의 탄수화물원으로 dextrin을

주로 첨가하였고(Furuichi and Yone, 1980; Mai et al., 1995a,b; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b), 이에 대한 언급은 없었다. 그래서 본 실험은 전복의 영양요구에 관한 연구의 일환으로 사료의 적정 탄수화물 종류 및 첨가량을 구명하기 위하여 실시되었다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

카제인, 북양어분 및 대두박을 단백질원으로 한 실험사료에 소맥분, dextrin, α-potato starch, $\alpha + \beta$-potato starch, sucrose를 각각 첨가하여 사료의 탄수화물 함량이 약 23%가 되도록 조정하여 그 이용성을 평가하였고, α-potato starch를 15%, 20% 및 25% 첨가하여 적정 함량을 조사하였으며, 카제인, 북양어분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 소맥분의 첨가 비율을 조절하여 탄수화물 함량이 23%가 되도록 한 실험구도 설정하였다(Table 12). 지질원으로 오징어간유와 대두유을 첨가하였고, 점착제로는 알긴산나트륨을 23% 첨가하였다. 사료의 유효에너지 함량은 단백질, 지질 및 탄수화물을 각각 g 당 4 kcal, 9 kcal 및 4 kcal로 계산하였고, 알긴산과 조섬유 함량은 에너지로 계산하지 않았다. 사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 사료는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 저온상태(10℃ 이하)에서 건조하여 냉동고에 보관(-25℃)하면서 사료 급여시마다 사용하였다. 또한, 천연먹이로 건조 다시마와 건조 미역 급여구를 두어 실험 배합사료와 비교하였다.

2. 실험어 및 사육관리

실험용으로 중간 크기의 건강한 치패(평균체중: 125 mg)를 40개의 각 실험수

Table 12. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Carbohydrate sources								Natural food	
	WF	DEX	SUC	ab-S	a-S15	a-S20	a-S25	MIX	D-ST	D-SM
Casein	14	16	16	16	16	16	16		Dried-sea tangle (*Laminaria*)	Dried-sea mustard (*Undaria*)
White fish meal	14	16	16	16	16	16	16	11		
Soybean meal	9	10	10	10	10	10	10	15		
Corn gluten meal								12		
Cottonseed meal								12		
Wheat flour	24.2							14.5		
Dextrin		20								
Sucrose			20							
α-potato starch				10	15	20	25			
β-potato starch				10						
α-Cellulose	3.7	2.5	2.5	2.5	5.3	2.5		0.4		
Squid liver oil	1.8	2	2	2	3.1	2	0.9	1.8		
Soybean oil	1.8	2	2	2	3.1	2	0.9	1.8		
Vitamin premix[1]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
Mineral premix[2]	6	6	6	6	6	6	6	6		
Sodium alginate	23	23	23	23	23	23	22.7	23		
Nutrient contents (%) in dry matter										
Crude protein	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	32.0	8.1	12.8
Crude lipid	5.3	5.3	5.3	5.3	7.5	5.3	3.1	5.3	0.7	1.0
Crude ash	11.8	11.8	11.7	12.4	12.0	13.8	13.5	12.0	42.5	36.2
Crude fiber	5.2	4.0	4.0	4.0	6.8	4.0	1.5	4.9		
Carbohydrate[3]	23.4	23.4	23.4	23.4	18.4	23.4	28.4	23.2		

[1,2]Refer to Table 1.
[3]Calculated.

조(20 ℓ)에 60마리씩 임의 배치하여 각 사료당 4반복으로 20주간 사육 실험하였다. 5~10 주 간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였으며, 먹이는 2일 1회 각 실험수조마다 약 2 g 씩 급여하였고, 먹고 남은 잔량은 먹이 급여전에 수거하였다. 주수량은 3 ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온 변화는 9~20℃였다.

3. 성분분석 및 통계처리

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

Fig. 3에 나타낸 바와 같이 20주간 사육한 후의 생존율은 건조 다시마와 건조 미역구가 타 실험구보다 낮았다($P<0.05$). 실험종료시의 평균체중(Fig. 4)과 증체율(Table 13)은 건조 다시마 공급구가 유의하게 가장 낮았고($P<0.05$), 건조 미역 공급구도 23% 이상의 탄수화물이 첨가된 배합사료 공급구보다 낮은 값을 보였고($P<0.05$), α-potato starch 15% 첨가구와는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 배합사료 공급구 중에서 최종 평균체중과 증체율은 사료의 탄수화물 종류 즉, 소맥분, dextrin, α-potato starch, $\alpha+\beta$-potato starch, sucrose 20% 첨가구들, α-potato starch 25% 첨가구, 혼합 첨가구 사이에서는 서로 차이가 없었다 ($P>0.05$). 반면에 α-potato starch 15% 첨가구가 타 실험구보다 다소 낮아져 $\alpha+\beta$-potato starch 20% 첨가구와 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 실험종료시의 각장의 변화(Table 13)도 체중 변화와 비슷한 경향을 보여 다시마와 미역 공급구가 배합사료 공급구보다 낮은 값을 보였으며($P<0.05$), 가식부 중량 및 각장에 대한 체중의 비도 유사한 경향을 보였다. 반면에 체중에 대한 가식부

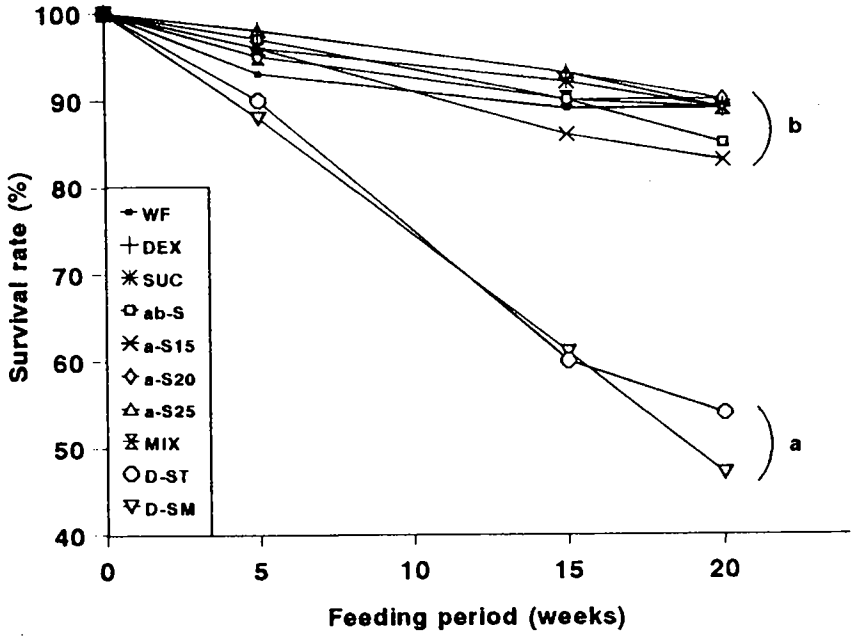


Fig. 3. Survival of abalone fed the different dietary carbohydrates for 20 weeks. Symbols (mean of four replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

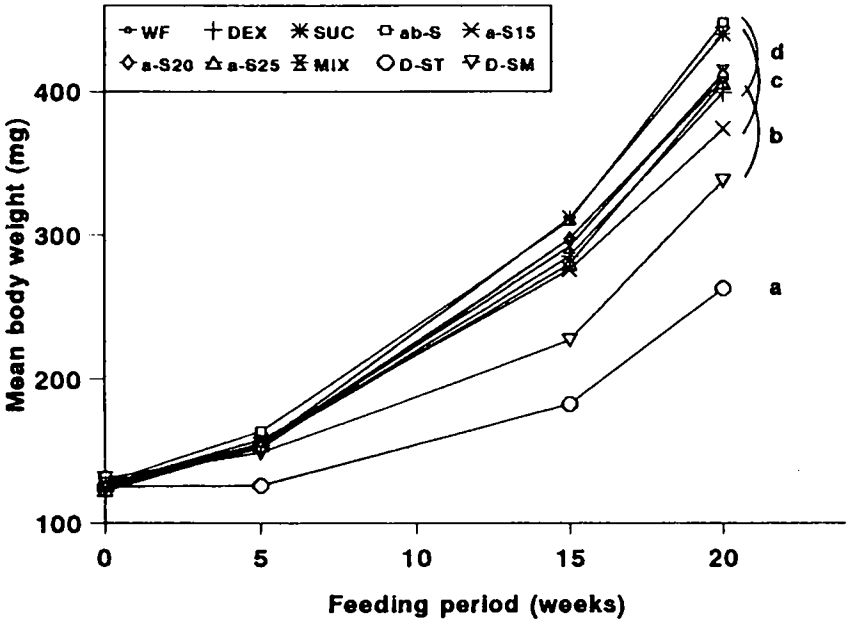


Fig. 4. Growth of abalone fed the different dietary carbohydrates for 20 weeks. Symbols (mean of four replicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 13. Growth performance of abalone fed different carbohydrates for 20 weeks[1]

Dietary carbohydrates	Weight gain (%)	Shell length (cm)	Soft body wt. (g)	Body wt./shell length	Soft body wt./body wt.
WF	224±7.7^{cd}	1.49±0.05^{c}	0.22±0.02^{c}	0.26±0.02^{c}	0.49±0.02^{a}
DEX	228±7.9^{cd}	1.45±0.03^{c}	0.21±0.02^{bc}	0.25±0.02^{bc}	0.45±0.02^{a}
SUC	248±49.2^{d}	1.48±0.04^{c}	0.22±0.03^{c}	0.27±0.03^{c}	0.46±0.01^{a}
ab-S	250±31.4^{d}	1.50±0.10^{c}	0.23±0.05^{c}	0.27±0.03^{c}	0.48±0.03^{a}
a-S15	196±30.5^{bc}	1.42±0.06^{bc}	0.19±0.03^{bc}	0.24±0.03^{bc}	0.48±0.02^{a}
a-S20	229±44.7^{cd}	1.48±0.08^{c}	0.23±0.02^{c}	0.27±0.01^{c}	0.48±0.04^{a}
a-S25	229±6.8^{cd}	1.44±0.05^{bc}	0.21±0.02^{bc}	0.25±0.01^{bc}	0.48±0.03^{a}
MIX	228±29.8^{cd}	1.46±0.05^{c}	0.20±0.02^{bc}	0.26±0.02^{c}	0.46±0.03^{a}
D-ST	111±20.8^{a}	1.31±0.04^{a}	0.13±0.02^{a}	0.19±0.01^{a}	0.45±0.01^{a}
D-SM	157±31.4^{b}	1.35±0.07^{ab}	0.17±0.03^{ab}	0.22±0.04^{ab}	0.44±0.04^{a}

[1]Values (mean±s.d. of four replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

의 중량은 실험구간에 차이를 보이지 않았다.

해산어류의 경우 육식성이 강하여 단백질 요구량이 높고, 탄수화물 이용성이 잡식성이나 초식성 어류보다 낮은 것으로 알려져 있는데, 이는 관련 효소의 분비능력 차이로 해석되고 있다(Shimeno et al., 1979). 탄수화물 원에 따라 잉어와 참돔의 경우(Furuichi and Yone, 1982)은 α-starch를 dextrin이나 glucose보다 더 잘 이용한다고 보고되어 있고, 챠넬메기(Willson and Poe, 1987)는 corn starch보다 dextrin의 이용률이 좋았고, 단당류보다는 다당류를 섭취한 실험구의 성장이 좋았다고 보고되었다. 조피볼락의 경우(정 등, 1995)는 α-starch보다 β-starch를 첨가한 실험구의 사료효율이 더 높은 것으로 보고되어 있다. 하지만 이러한 어종간의 차이들이 무엇 때문인지에 대해서는 정확히 밝혀져 있지 않기 때문에 대상어종, 사육환경, 사료조성, 소화율 등의 외적요인과 생

화학적인 요인으로 보다 상세한 연구가 수행되어야 할 것이다. 본 실험의 탄수화물원에서 2당류인 sucrose나 다당류인 dextrin 및 starch 공급이 참전복의 성장과 체성분에 특별히 영향을 미치지 못하는 것으로 보아 참전복의 경우 소화관에서 다당류를 분해할 수 있는 효소가 부족한 것 같지는 않다. 따라서 본 실험에서와 같이 탄수화물원으로 어떤 종류를 사용하여도 좋을 것으로 판단되며, 사료 설계시 가장 가격이 저렴한 탄수화물원을 선택할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 본 실험에서 식물성 원료를 혼합한 실험구의 탄수화물도 잘 이용되는 것으로 나타나 별도로 탄수화물원을 첨가하지 않아도 될 것으로 생각된다. 또한, 혼합첨가구의 경우 단백질원으로 casein을 첨가하지 않고 어분 함량도 타 배합사료구보다 낮을 뿐 아니라 주 단백원으로 부적당하다고 보고된(이 등, 1997b) corn gluten meal이 12% 첨가되어 있음에도 불구하고 성장효과가 양호한 것은 경제적인 배합사료 설계에 도움이 될 것으로 판단된다.

성장 및 생존률에서 α-potato starch 15% 첨가구는 20% 및 25% 첨가구와 유의한 차이는 없었지만, 수치상으로 낮은 값을 보여 참전복 사료에 탄수화물을 20% 이상 첨가하는 것이 가능할 것으로 보인다. 어류에 있어서 사료의 탄수화물 최대 첨가량은 잉어의 경우 30%까지 가능한 것으로 보고되었으나, 육식성인 참돔과 방어의 탄수화물 이용성은 10~20%로 낮아진다고 보고되어 있다 (Furuichi and Yone, 1980). 본 실험 사료에서 탄수화물 함량은 사료원료의 탄수화물 함량에서 계산된 값으로, 점착제로 첨가된 알긴산은 탄수화물 함량에서 제외되었다. 하지만 전복은 알긴산을 분해할 수 있는 alginase을 가지고 있다고 보고되어 있어(Oshima, 1931), 알긴산도 에너지원으로 사용될 수 있기 때문에 이를 고려하여 차후 상세한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 이미 언급한 것처럼 육식성 어류는 단백질 요구량이 높은 대신 탄수화물 이용성이 낮고 잡식성이나 초식성 어류는 단백질 요구량이 비교적 낮은 반면에 탄수화물 이용성이 높은 것은 체내에서 에너지원으로 탄수화물을 잘 이용하여 사료 단백질이

절약될 수 있었기 때문으로 생각된다. 전복의 경우도 해조류를 섭취하는 동물로 그 만큼 탄수화물이나 알긴산 같은 비 단백질을 잘 이용할 수 있기 때문에 단백질 요구량이 20~30%로 육식성 어류보다 낮은 것으로 생각된다. 또한, 본 실험에서 실험 배합사료들의 에너지 함량이 서로 비슷한 수준이 되도록 설계하였지만 지질 함량이 상대적으로 높은 α-potato starch 15% 첨가구의 성장효과가 α-potato starch 20% 및 25% 첨가구보다 다소 저조한 것으로 미루어 보아 전복은 지질보다 탄수화물을 에너지원으로 더 잘 이용하는 것으로 짐작된다. Mai et al.(1995b)은 참전복의 단백질 요구량 실험에서 참전복의 최대 성장에 필요한 사료 단백질 함량이 35%이고 이때 사료에 첨가된 dextrin 함량은 27%로 나타나 본 실험의 결과와 함께 종합하여 보면, 참전복 사료의 적정 탄수화물 함량은 20~30% 정도로 생각된다.

Table 14에 표시한 것처럼 실험 종료시의 가식부의 수분 함량은 실험 시작시에 비해 모든 실험구에서 감소되었고, 단백질 함량은 실험 종료시에 더 증가되었다. 지질 함량은 실험 시작시 0.8%였던 것이 사육실험 후 배합사료 공급구들은 0.9~1.5%로 증가된 반면에 천연먹이 공급구는 0.5~0.7%로 감소된 경향을 보였다. 실험 종료시의 수분 함량은 실험구간에 서로 차이가 없었으나, 실험 종료시 지질 함량은 소맥분, dextrin, sucrose, α-potato starch 15% 및 혼합 첨가구는 서로 유의차없이 타 실험구보다 높았고, 천연먹이구와 α-potato starch 25% 첨가구들이 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 단백질 함량은 탄수화물 함량이 가장 높은 α-potato starch 25% 첨가구가 가장 낮아 dextrin, sucrose, $\alpha+\beta$-potato starch 첨가구 및 천연 먹이구와 유의차를 보였다($P<0.05$).

α-starch 15%, 20% 및 25% 첨가구의 가식부 지질 함량은 사료의 α-starch 함량이 증가됨에 따라 유의하게 감소하는 현상을 보였는데, 이는 사료의 지질 함량에 따른 차이로 판단된다. 사료설계시 사료간의 에너지 함량을 동일 수준(268 kcal/100 g diet)으로 유지하면서 탄수화물 함량을 증가시키는 대신 지질

Table 14. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Dietary carbohydrates	Moisture	Lipid	Protein
Initial	80.7	0.8	12.1
Final			
WF	78.6±0.15^{a}	1.3±0.14^{de}	13.7±0.31^{abc}
DEX	79.5±0.53^{a}	1.5±0.17^{e}	14.0±0.55^{bc}
SUC	79.3±0.63^{a}	1.4±0.06^{e}	14.2±0.43^{c}
ab-S	78.3±1.16^{a}	1.2±0.10^{d}	13.9±0.42^{bc}
a-S15	78.6±1.24^{a}	1.4±0.18^{e}	13.2±1.10^{abc}
a-S20	78.9±0.71^{a}	1.2±0.05^{d}	13.1±0.47^{ab}
a-S25	78.7±0.97^{a}	0.9±0.08^{c}	12.9±0.86^{a}
MIX	79.0±0.83^{a}	1.3±0.00^{de}	13.7±0.64^{abc}
D-ST	78.8±1.06^{a}	0.7±0.05^{b}	14.0±0.08^{bc}
D-SM	80.0±0.34^{a}	0.5±0.06^{a}	13.9±0.36^{bc}

[1]Values (mean±s.d. of four replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

함량을 감소시켰는데, 사료의 에너지 함량보다는 지질 함량이 어체 지질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 생각된다. Mai et al.(1995a)은 사료의 지질 함량을 0.6%에서 12%로 증가시켜 참전복을 사육한 결과, 역시 사료의 지질 함량이 증가할수록 가식부의 지질 함량이 증가하였다. 하지만 Mai et al.(1995a)의 실험에서는 본 실험과 달리 사료의 지질 함량 증가와 함께 사료의 에너지 함량이 증가되었다. 또한, Mai et al.(1995b)은 단백질 요구량 실험에서 사료 단백질 함량을 증가시킴에 따라 지질 함량을 5%로 고정하는 대신 dextrin 함량을 점차 감소시켜 사료를 설계하였는데, 사료의 총 에너지 함량은 단백질 함량 증가로 증가되었고, 가식부의 지질 함량도 사료의 에너지 함량에 따라 증가되었다. 본

실험에서 배합사료 공급구와 달리 천연먹이 공급구의 가식부 지질 함량이 낮은 것도 다시마와 미역의 단백질 및 지질과 같은 영양소와 에너지 함량이 배합사료보다 훨씬 낮아서 성장 저하와 함께 체내에 저장되는 량이 감소된 것으로 해석된다.

이상의 결과로부터 참전복 사료의 탄수화물원으로 어떤 종류를 사용하여도 좋을 것으로 판단되며, 적정 탄수화물 함량은 25% 전후가 적당할 것으로 판단된다.

여 백

제 5 장 참전복 사료의 지질원 평가

제 1 절 서 론

사료 중의 지질은 에너지원으로서 매우 중요할 뿐 아니라 에너지 가(價)가 높아 값비싼 사료 단백질을 절감시킬 수 있는 중요한 영양소이다. 특히 성장이 활발히 진행되는 비교적 어린 시기에 정상 성장을 위해서는 그 어종이 요구하는 지방산의 종류와 량이 사료에 첨가되어야 한다(Sargent et al., 1989). 특히 어류는 그들이 요구하는 지방산의 종류와 량이 수온이나 염분도 등에 영향을 받아 육상동물과는 많은 차이가 있다(Castell, 1979; Cowey and Sargent, 1979). 그래서 많은 연구자들은 양식대상 어종에 대하여 필수지방산의 종류와 요구량을 구명하기 위한 연구를 수행하여(Castell et al., 1972; Kanazawa et al., 1980; Takeuchi et al., 1983; Takeuchi et al., 1980), 담수어와 육상동물과는 달리 해산어는 EPA (eicosapentaenoic acid) 및 DHA (docosahexaenoic acid)와 같은 n-3HUFA (highly unsaturated fatty acids)를 요구한다고 하였다 (이등, 1993a: Lee et al., 1994; Gatesoupe et al., 1977; Kalogeropoulos et al., 1992; Leger et al., 1979; Watanabe, 1989). 이러한 지방산들은 체내에서 세포막의 효소활성 등 생리적인 기능에 중요한 역할을 담당하는 것으로 보고되어 있다(이등, 1993b; Baud et al., 1989; German et al., 1987; Lokesh et al., 1989; Stubbs and Smith, 1984; Thomson et al., 1986). 참전복에 대해서는 Uki et al., (1986c)이 필수지방산의 종류와 요구량을 구명하기 위한 연구를 실시하여, 참전복의 필수지방이 n-3와 n-6계의 고도불포화지방산이라고 하였으며, n-3HUFA 요구량이 약 1%라고 추정하였다. 하지만 Uki의 결론은 어느 지방산이 필수지방산인지, 그 지방산의 요구량에 대한 언급이 다소 막연하였을 뿐 아니라 사료 단백질원

으로 casein을 사용하였기 때문에 실용적인 측면에서 고찰이 없었다. 따라서 경제적인 사료 설계시 첨가하여야 할 지질의 종류와 량을 결정하기 위한 연구가 필요하다고 하겠다. 그간 참전복의 배합사료 개발을 위한 연구들(Mai et al., 1994, 1995a,b; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b,c; Viana et al., 1993; 노·유, 1984; 이 등, 1997a,b,c; 정 등, 1994)이 계속 수행되어 왔고, Uki et al. (1985a)과 Mai et al. (1995a)은 참전복 사료의 적정 지질 함량이 3-7%라고 보고한 바 있다. 그래서 본 실험에서는 앞 연구들에 이어서 우리 나라의 주요 양식종으로 부각되고 있는 참전복에 대하여 각각 카제인과 어분을 단백질원으로 첨가한 배합사료를 제조하여 적정 지질원 및 필수지방산을 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

카제인과 북양어분을 각각 단백질원으로 하고 dextrin을 탄수화물원으로 첨가한 실험배합사료를 설정하여 Table 15~17에 표시한 바와 같이 지방산(12:0, 81n-9, 18:2n-6, 18:3n-3 및 n-3HUFA)과 지질원(오징어 간유, 옥수수유 및 우지)을 달리 첨가하여 3회에 걸쳐 사육실험을 실시하였다. 즉, 실험 1은 카제인을 단백질원으로 하여 지방산 무첨가구(Fat-free), 12:0 첨가구, 12:0을 각각 18:1, 18:2, 18:3 및 n-3HUFA로 1.2%씩 대체한 실험구(Table 15), 실험 2는 카제인 사료에 오징어 간유(SLO), 옥수수유(CO), 우지(BT), SLO+CO 및 SLO+BT를 각각 5%씩 첨가한 실험구(Table 16), 실험 3은 어분 단백질 사료에 지질 무첨가구(None), SLO, CO, BT, SLO+CO 및 SLO+BT를 각각 5%씩 첨가한 실험구(Table 17)를 설정하였다. 세 실험 모두 첨착제로는 알긴산나트륨을 24% 첨가하였으며, 지질을 제외한 사료의 영양소가 전복의 요구(Mai et al., 1994, 1995b; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b; 이 등, 1997c)에 맞도록 하였다.

Table 15. Composition (%) of the experimental diet (exp. -1)

Ingredient	Dietary lipid sources					
	F-free	12:0	18:1	18:2	18:3	n-3HUFA
Vitamin-free casein[1]	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Dextrin	32.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
α-Cellulose[2]	0.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
C12:0		5.0	3.8	3.8	3.8	3.8
C18:1			1.2			
C18:2n-6				1.2		
C18:3n-3					1.2	
n-3HUFA[3]						1.2
Vitamin premix[4]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral premix[5]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sodium alginate	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Proximate analysis (dry weight basis)						
Crude protein	35.1			35.7±0.6		
Crude lipid	0.1			4.0±0.5		
Crude ash	8.4			8.6±0.2		
Crude fiber	1.5			5.5±0.5		
n-3HUFA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1

[1]Serva, Feinbiochemica GmbH & Co. Heidelberg, Germany.
[2]Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.
[3]Highly unsaturated fatty acids (gift from NCF Co., Ltd., Chiba, Japan), purity of EPA and DHA were 33% and 52%, respectively.
[4,5]Refer to Table 1.

사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 사료는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 저온 건조 후 냉동고에 보관하면서 사료 급여시마다 사용하였다.

Table 16. Composition (%) of the experimental diet (exp. -2)

Ingredient	Dietary lipid sources				
	SLO	CO	BT	SLO+CO	SLO+BT
Vitamin-free casein[1]	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Dextrin	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
α-Cellulose[2]	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Squid liver oil (SLO)	5.0			2.5	2.5
Corn oil (CO)[3]		5.0		2.5	
Beef tallow (BT)			5.0		2.5
Vitamin premix[4]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral premix[5]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sodium alginate	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Proximate analysis (dry weight basis)					
Crude protein			34.1±0.8		
Crude lipid			4.5±0.5		
Crude ash			8.3±0.2		
Crude fiber			5.5±0.5		
n-3HUFA	1.1	0.0	0.0	0.5	0.5

[1]Serva, Feinbiochemica GmbH & Co. Heidelberg, Germany.
[2]Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.
[3]Tocopherol stripped, U. S. Biochemical, Clevland, OH.
[4,5]Refer to Table 1.

2. 실험어 및 사육관리

세 실험 모두 중간 크기의 건강한 치패(평균체중: 160 mg)를 100마리씩 20 ℓ plastic 수조에 각 사료마다 3반복으로 임의 배치하여 20주간(수온: 9~18℃) 부경대학교 수산과학연구소에서 사육 실험하였다. 약 5 주 간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였고, 먹이는 2일 1회 급여 기준으로 오후 3시에 사육수조를 청소한 후 오후 5시경에 수조에 사료를 골고루 넣어 주었으며, 주수량은 3 ℓ/min/tank로 조절하였다. 실험 시작시에는 300마리 이상, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관(-75

Table 17. Composition (%) of the experimental diet (exp. -3)

Ingredient	Dietary lipid sources					
	None	SLO	CO	BT	SLO+CO	SLO+BT
White fish meal	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5
Dextrin	22.5	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
α-Cellulose[1]	0.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Squid liver oil (SLO)		5.0			2.5	2.5
Corn oil (CO)[2]			5.0		2.5	
Beef tallow (BT)				5.0		2.5
Vitamin premix[3]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral premix[4]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Sodium alginate	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Proximate analysis (dry weight basis)						
Crude protein	33.9			33.5±0.5		
Crude lipid	2.2			7.9±0.7		
Crude ash	16.9			16.9±0.3		
Crude fiber	1.5			3.0±0.3		
n-3HUFA	0.9	2.0	0.9	0.9	1.5	1.5

[1]Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.
[2]Tocopherol stripped, U. S. Biochemical, Clevland, OH.
[3,4]Refer to Table 1.

℃)하다가 각 개체의 무게, 각장, 각폭 등을 측정하고 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC methods (1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시

간 동안 태운 후 정량하였다. 지방산 분석은 이(1997)가 실시했던 방법과 동일하게 하였다.

결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 카제인 사료에 지방산 첨가 효과

단백질원을 카제인으로 하여 지방산이 달리 첨가된 6종의 사료(지방산 무첨가구, 12:0, 18:1, 18:2, 18:3 및 n-3HUFA 첨가구)로 평균 체중 160mg 전후의 참전복을 20주간 사육 실험한 결과, 생존율(Fig. 5)은 12:0 첨가구가 68%로 다른 실험구의 78-86%보다 낮은 값을 보였으나 통계적으로 차이는 없었다($P>0.05$). 평균체중의 변화(Fig. 5)는 실험기간 중에 유의차가 없었으며($P>0.05$), 최종 평균체중은 541~690mg 범위였다. 증체율, 가식부 중량, 각장에 대한 체중의 비 및 체중에 대한 가식부중량의 비(Table 18)도 사료의 지방산에 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 반면에 평균 각장은 지방산 무첨가구(Fat-free)와 n-3HUFA 첨가구가 1.58cm로 가장 낮아서 성적이 좋았던 18:1과 18:2 첨가구의 1.69~1.71 cm와 유의차를 보였다($P<0.05$). 가식부(Table 19)의 수분과 단백질 함량은 실험구간에 차이가 없었으며($P>0.05$), 지질은 지방산 무첨가구가 0.5%로 18:1 첨가구의 0.7%와 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).

위와 같이 성장효과가 지방산 무첨가 또는 사료에 첨가된 지방산에 영향을 받지 않았으며, n-3HUFA 첨가구에서도 그 효과는 개선되지 못했다. 뿐만 아니라 각장에서는 n-3HUFA 첨가구의 효능이 떨어지는 예상치 못했던 결과가 나타났다. 이미 Uki et al. (1986c)은 참전복의 필수지방산이 n-3계와 n-6계

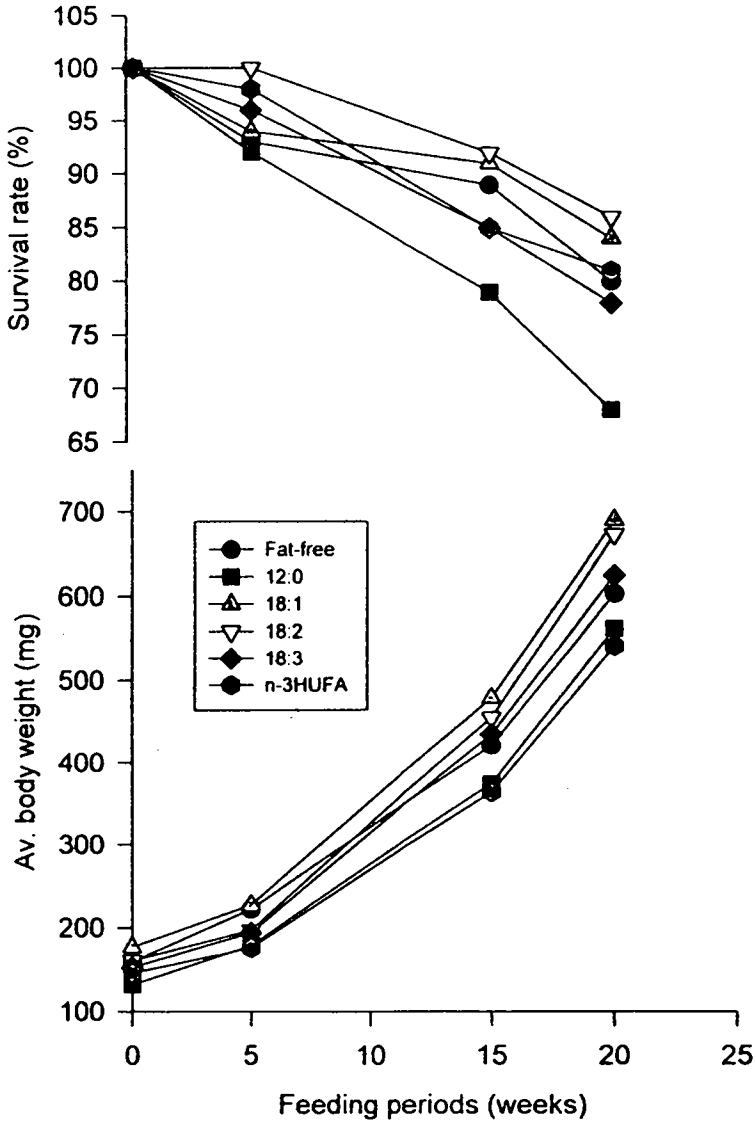


Fig. 5. Survival rate and growth of abalone fed diets containing different lipids for 20 weeks.

Table 18. Growth performance of abalone fed different lipid sources for 20 weeks (exp.-1)[1]

Dietary lipid sources	Final mean wt. (mg)	Weight gain (%)	Soft body wt. (mg)	Shell length (cm)	Body wt./shell length	Soft body wt./body wt.
F-free	603±92.2	279±46.5	317±58.5	1.58±0.05^{a}	0.31±0.05	0.56±0.02
12:0	562±92.2	326±79.7	300±55.6	1.59±0.06^{ab}	0.30±.003	0.59±0.01
18:1	690±15.3	289±19.4	357±57.7	1.71±0.01^{c}	0.35±0.01	0.56±0.02
18:2	673±48.0	320±40.6	370±20.0	1.69±0.02^{bc}	0.36±0.03	0.56±0.03
18:3	625±91.3	309±48.0	323±40.4	1.65±0.05^{abc}	0.35±0.01	0.51±0.09
n-3HUFA	541±96.5	272±28.1	280±65.5	1.58±0.08^{a}	0.32±0.04	0.53±0.06

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 19. Chemical compositions (%) of the soft whole body (exp.-1)[1]

Dietary lipids	Moisture	Protein	Lipid
Initial	78.7	13.8	0.8
Final			
F-free	78.4±0.47	15.7±0.52	0.5±0.04^{a}
12:0	78.7±0.37	15.6±0.53	0.6±0.11^{ab}
18:1	78.1±1.01	15.5±1.22	0.7±0.01^{b}
18:2	79.0±0.66	14.6±1.02	0.6±0.06^{ab}
18:3	78.4±0.18	15.3±0.08	0.6±0.01^{ab}
n-3HUFA	77.9±0.74	15.6±0.18	0.6±0.11^{ab}

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

HUFA라고 하였는데, 본 실험에서는 그러한 결론과 차이를 보이고 있다. 더욱이 Fat-free 실험구의 성장도 다른 지방산 첨가구와 차이를 보이지 않은 것으로 나타나 Uki et al. (1985a)과 Mai et al. (1995a)의 결과와 차이를 보였다. 실험 1의 결과로 이러한 차이를 설명하기는 힘들지만, 아마도 전복의 경우 한 종류의 지방산만을 요구하는 것 같지는 않으며, 참전복의 필수지방산을 정확히

언급하기는 어려울 것 같다. 또한 앞 실험에서 지적한 바 있듯이 참전복은 에너지원으로 지질보다는 탄수화물을 더 잘 이용하기 때문에 본 실험에서와 같이 지질의 첨가가 불필요한 것은 아닌지 보다 신중히 검토하여야 할 것이다.

2. 카제인 사료에 지질원 첨가 효과

단백질원을 카제인으로 하여 오징어 간유(SLO), 옥수수유(CO), 우지(BT), SLO+CO 및 SLO+BT를 각각 5%씩 첨가한 배합사료로 실험 1과 같은 조건으로 사육 실험한 결과, 생존률(Fig. 6)은 73-84%로 실험구간에 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 최종평균체중, 증체율 및 각장(Fig. 6과 Table 20)은 SLO가 첨가된 실험구가 CO와 BT를 첨가한 실험구보다 높은 값을 나타내었다($P<0.05$). 가식부 평균중량도 SLO가 첨가된 SLO+CO 및 SLO+BT실험구는 SLO와 유의차없이 좋은 결과를 보였지만, CO와 BT가 첨가된 실험구는 SLO보다 유의하게 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 또한 각장에 대한 체중의 비 및 체중에 대한 가식부 중량의 비는 실험구간에 유의적인 차이는 없었지만($P>0.05$), 그 변화는 성장과 유사하게 CO와 BT 실험구가 약간 낮은 경향이었다. 실험 종료시 가식

Table 20. Growth performance of abalone fed different lipid sources for 20 weeks (exp.-2)[1]

Dietary lipid sources	Final mean wt. (mg)	Weight gain (%)	Soft body wt. (mg)	Shell length (cm)	Body wt./shell length	Soft body wt./body wt.
SLO	739± 26.8^{b}	418±10.3^{b}	400±40.0^{b}	1.69±0.02^{b}	0.40±0.03	0.57±0.07
CO	579±104.7^{a}	254±31.9^{a}	300±43.6^{a}	1.58±0.08^{a}	0.34±0.07	0.53±0.04
BT	581± 84.2^{a}	273±54.9^{a}	300±55.7^{a}	1.59±0.09^{a}	0.32±0.04	0.52±0.03
SLO+CO	686± 25.1^{ab}	417±64.5^{b}	363±15.3^{ab}	1.77±0.01^{b}	0.34±0.01	0.57±0.02
SLO+BT	714± 30.3^{b}	349± 3.4^{b}	373±20.8^{ab}	1.70±0.01^{b}	0.35±0.01	0.59±0.03

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

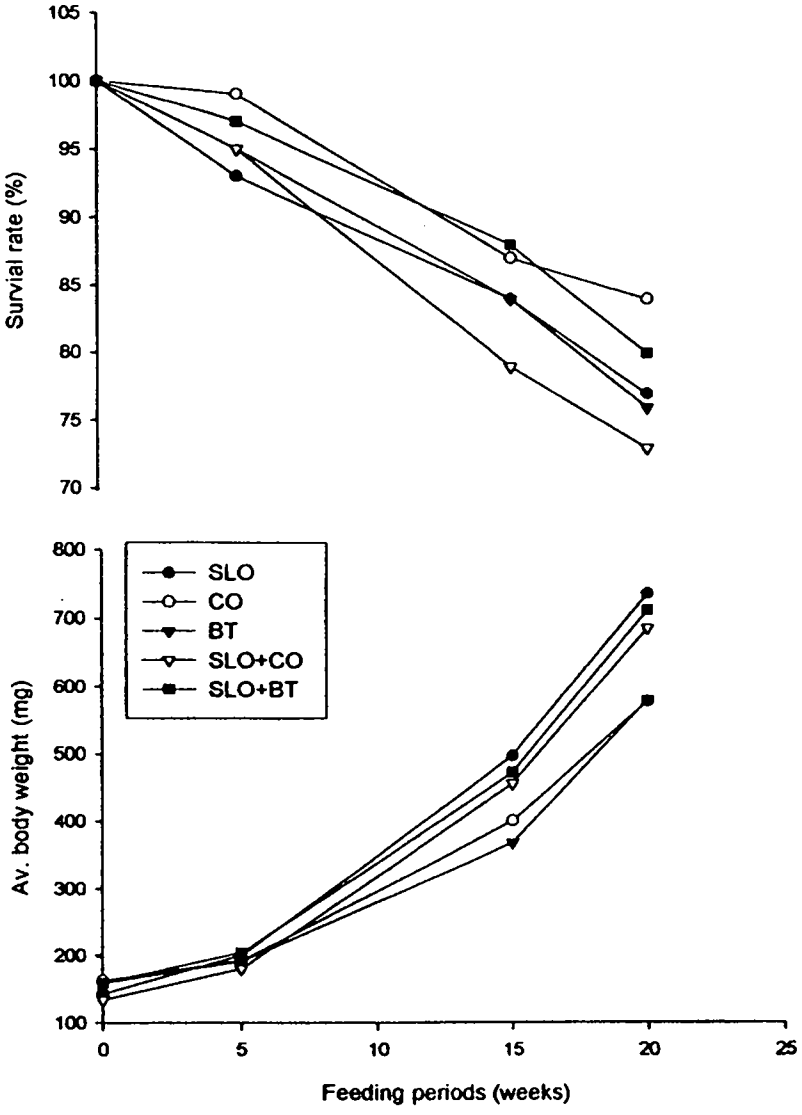


Fig. 6. Survival rate and growth of abalone fed diets containing different lipids for 20 weeks.

부의 수분과 단백질 함량(Table 21)은 사료의 지질원에 영향을 받지 않았지만, 지질 함량은 SLO가 첨가된 실험구(SLO, SLO+CO, SLO+BT)가 CO첨가구보다 유의하게 높은 값을 보였다($P<0.05$). 실험 1의 결과와는 달리 단백질원이 동일함에도 불구하고 실험 2에서는 성장효과가 사료의 지질에 영향을 받아 SLO 첨가구들이 양호한 결과를 보인 것은 아마도 SLO에 함유된 EPA 및 DHA와 같은 n-3HUFA의 영향으로 생각된다. 하지만 실험 1에서는 n-3HUFA 첨가구의 성장이 다른 지방산 첨가구보다 양호하지 못했다. 이러한 차이는 참전복의 경우 어느 한 지방산만을 요구하는 것이 아님을 시사하고 있는데 현재로서 추정할 수 있는 것은 참전복의 경우 다른 어종과는 달리 n-3HUFA와 함께 다른 지방산이 함유된 지질을 요구할 수 있다는 것이다. 하지만 이에 대해서는 차후 상세한 연구가 요망된다.

본 실험에서 SLO와 CO 및 BT를 혼합하여 첨가된 실험구의 성장이 SLO만 5% 첨가한 실험구와 차이가 없었는데, 이 두 실험구의 n-3HUFA 함량은 0.5% 였다. 따라서 참전복의 n-3HUFA 요구량은 Uki et al. (1986)이 추정한 n-3HUFA 요구량인 1%보다 낮음을 시사하고 있다.

위와 같이 본 실험과 타 연구결과에서 참전복의 필수지방산의 종류와 요구량

Table 21. Chemical compositions(%) of the soft whole body(exp. -2)[1]

Dietary lipids	Moisture	Protein	Lipid
Initial	78.7	13.8	0.8
Final:			
SLO	78.3±0.18	14.8±0.1	0.9±0.10^{b}
CO	78.3±0.72	15.2±0.4	0.6±0.08^{a}
BT	78.6±0.73	15.2±0.6	0.8±0.13^{ab}
SLO+CO	78.0±0.49	15.2±0.2	0.9±0.10^{b}
SLO+BT	77.8±0.17	15.1±0.1	1.0±0.02^{b}

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

이 차이를 보이는 것은 실험 조건이나 사료 조성 및 사료 제조 과정에서 오는 것 일 수도 있지만, 전복류는 야행성으로 어류보다 먹이를 섭취하는데 걸리는 시간이 많이 필요하므로 사료 수중 안정성 등의 문제가 잠재되어 있기 때문에 정확한 영양소 요구량을 구명하기란 힘든 것이 사실이다. 이러한 이유로 현재까지 전복의 영양소 요구량은 정확히 설정되지 못한 채 적정 범위를 추정하는데 그치고 있다.

3. 어분 사료에 지질원 첨가 효과

실험 1과 2와는 달리 본 실험에서는 실용적인 측면을 고려하여 단백질원으로 어분이 첨가된 사료에 지질을 첨가하지 않은 사료(None)와 SLO, CO, BT, SLO+CO 및 SLO+BT을 각각 5% 첨가한 사료를 설계하여 20주간 3반복으로 사육한 결과, 최종 생존율과 평균체중 (Fig. 7 과 Table 22)은 각각 72-85% 및 453~542 mg으로 실험구간에 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 증체율(Table 22)은 우지가 첨가된 BT와 SLO+BT 실험구가 181~183%로 None, SLO 및 CO

Table 22. Growth performance of abalone fed different lipid sources for 20 weeks (exp.-3)[1]

Dietary lipid sources	Final mean wt. (mg)	Weight gain (%)	Soft body wt. (mg)	Shell length (cm)	Body wt./shell length	Soft body wt./body wt.
None	542±40.4	256±60.6^{b}	290±30.0^{b}	1.56±0.03^{b}	0.32±0.03	0.52±0.07
SLO	525±95.9	253±20.9^{b}	260±55.6^{ab}	1.46±0.08^{a}	0.28±0.05	0.55±0.03
CO	487±26.9	241±14.7^{b}	237±57.7^{ab}	1.46±0.02^{a}	0.27±0.02	0.55±0.06
BT	473±33.8	183±19.7^{a}	237±25.1^{ab}	1.45±0.02^{a}	0.27±0.01	0.54±0.03
SLO+CO	501±22.2	217±26.2^{ab}	253±11.5^{ab}	1.48±0.03^{a}	0.28±0.01	0.53±0.02
SLO+BT	453±46.6	181±11.4^{a}	227±23.0^{a}	1.44±0.04^{a}	0.27±0.02	0.52±0.01

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

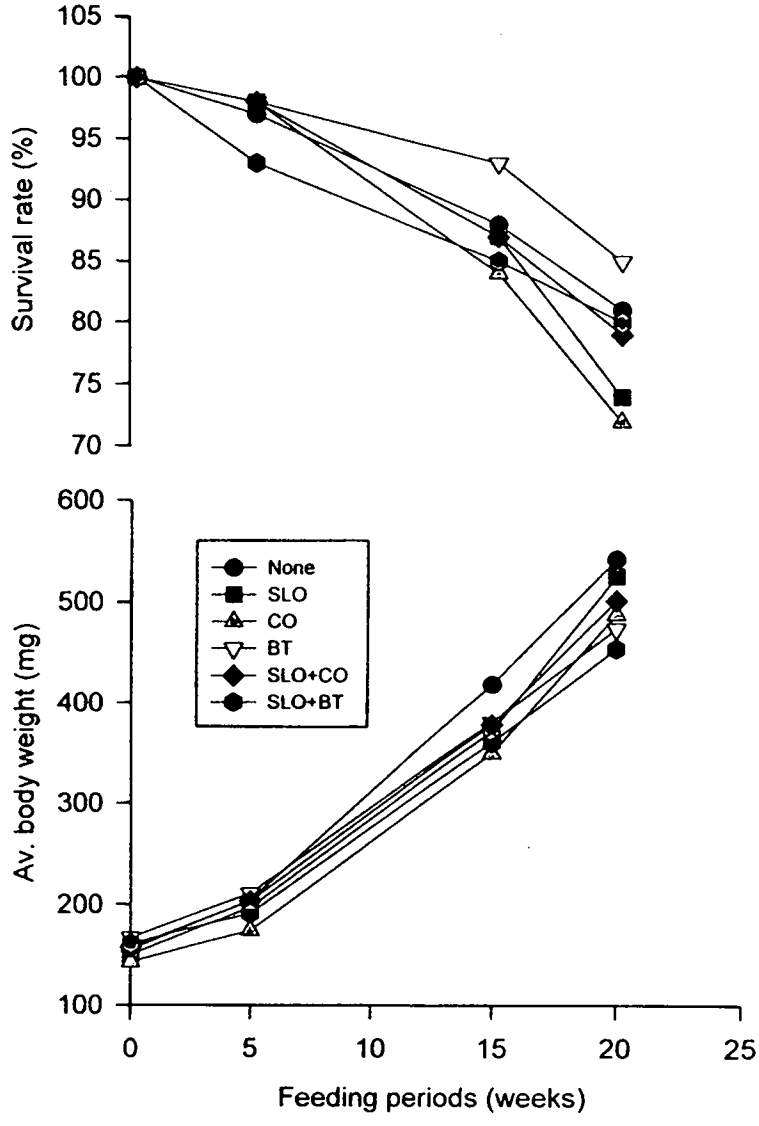


Fig. 7. Survival rate and growth of abalone fed diets containing different lipids for 20 weeks.

Table 23. Chemical compositions (%) of the soft whole body (exp.-3)[1]

Dietary lipids	Moisture	Protein	Lipid
Initial	78.7	13.8	0.8
Final			
None	76.8±0.72	15.4±0.28	1.0±0.05[a]
SLO	77.4±0.55	14.7±0.56	1.5±0.04[b]
CO	76.8±0.44	15.3±0.32	1.7±0.18[c]
BT	77.0±0.64	15.2±1.03	1.6±0.06[bc]
SLO+CO	76.8±0.72	15.1±0.43	1.6±0.13[bc]
SLO+BT	76.7±0.38	15.2±0.15	1.4±0.14[b]

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

실험구의 241~256%보다 유의하게 낮았다(P<0.05). 평균 가식부 중량과 각장은 지질을 첨가하지 않은 None 실험구가 가장 높은 값을 보여 가식부 중량은 SLO+BT보다, 각장은 그 외 실험구와 유의차를 보였다(P<0.05). 반면에 각장에 대한 체중의 비 및 체중에 대한 가식부중량의 비는 사료간에 차이가 없었다. 실험종료시 가식부(Table 23)의 수분과 단백질 함량은 사료 지질에 영향을 받지 않았지만, 지질은 사료지질 함량과 지질원에 영향을 받아 지질 무첨가구가 가장 낮았고, SLO와 SLO+BT 실험구가 CO 실험구보다 낮은 경향이었다(P<0.05). 이처럼 지질 무첨가 실험구의 지질 함량이 지질 첨가구들보다 낮은 값을 보인 것은 사료 지질 함량에 영향을 받았기 때문으로 해석되고 앞 실험에서도 이와 유사한 결과를 보였다.

위와 같이 지질 무첨가구의 성장효과가 지질 첨가구들에 비하여 낮아지지 않는 것은 이미 지적한 바 있듯이 참전복의 지질 이용성이 그리 높지 않기 때문으로 생각된다. 앞 실험과 달리 본 실험에서는 단백질원으로 어분을 사용하였기 때문에 어분중의 지질 함량으로도 전복의 지질 요구량을 충족시킬 수 있음

을 시사하고 있으며, 본 실험의 지질 무첨가구의 지질 함량(2.2%)은 Mai et al. (1995)의 연구에서 제시한 적정 지질 함량인 3-7%보다 낮은 값이다. 따라서 참전복 사료의 지질 함량을 2.2% 정도가 되도록 설계하여도 무방할 것으로 생각된다. 본 실험에서 지질 무첨가구를 비롯하여 모든 사료의 n-3HUFA 함량은 0.9%이상으로 나타났기 때문에 참전복의 n-3HUFA 요구량은 만족된 것으로 보인다. 또한, 사료에 지질을 추가로 오징어 간유나 옥수수유를 첨가한 것은 성장에 역효과를 초래하지 않았지만, n-3HUFA 요구량이 만족되었음에도 불구하고 우지를 첨가하는 것은 오히려 역효과가 초래되었으므로 우지는 참전복사료의 지질원으로 적합하지 않은 것으로 판단된다. 하지만 실험 2에서는 옥수수유와 우지를 단독으로 첨가하였을 때 성장이 오징어 간유 첨가구보다 저하되어 본 실험과 차이를 보이고 있다. 이는 우지의 지방산조성이나 융점과 같은 특성에 의한 것으로 생각되나 차후 지방대사 등 상세한 연구가 있어야 할 것이다.

이상의 결과들로부터 참전복은 한 종류의 지방산보다는 n-3HUFA가 0.5%이상 함유된 여러 종류의 지방산들로 구성된 지질을 요구하는 것으로 짐작된다. 또한 어분이 첨가된 사료에 지질이 2% 이상일 때는 지질을 추가로 첨가할 필요는 없으며, 지질을 추가할 경우 우지와 같은 저급 지방보다는 어유나 식물성 기름과 같은 융점이 낮은 지질원을 첨가하는 것이 바람직할 것으로 기대된다.

여 백

제 6 장 참전복 사료의 해조류 및 *spirulina* 첨가 효과

제 1 절 서 론

참전복은 부착기 이후부터 부착규조류를 먹이로 섭취하면서 성장하기 때문에 많은 연구자들이 규조류의 이용성에 관한 연구(Ioriya and Suzuke, 1987; Mai et al., 1994; Norman-Boudrean et al., 1986;, Ohgai et al., 1991; Yamada and Takano, 1987; 김, 1992; 김 등, 1993; 한, 1994)를 수행하여 왔다. 이들 전복이 점차 성장함에 따라 부착규조류만으로 양성하기 어렵기 때문에 각장 1cm 전후가 되면 미역, 다시마, 파래와 같은 해조류가 풍부한 지역의 암반지대에 방류하여 해조류를 주 먹이로 하여 양성시킨다. 하지만 전복은 이동속도가 늦기 때문에 해적생물에 의해 쉽게 공격 당할 수 있을 뿐 아니라 더욱이 어린 시기에는 환경에 대한 적응력이 그리 강하지 못하다. 아직까지 구체적인 자료가 제시되지는 않았지만 양어가들의 경험과 몇 가지 자료(김 · 송, 1993; 조 · 방,1993)들을 검토하여 보면, 전복종묘를 바다에 방류하여 다시 수확하는 것보다 채롱이나 수조에서 고밀도로 양식하는 것이 성장이 빠르고 생존률이 높아지기 때문에, 최근에는 각장이 1cm가 되기 전에서부터 육상수조에서 양성되고 있다. 육상수조 양성시 양어가들은 자연에서 전복의 주 먹이인 미역이나 다시마 같은 천연먹이를 공급하다가 이들 천연먹이의 공급이 부족할 때는 건조된 미역이나 다시마 등을 공급하고 있는 실정이다. 하지만 이러한 천연 먹이는 성장과 생존율이 배합사료보다 저조하고(Mai et al., 1995; Viana et al., 1993; 이 등, 1997a,b,c), 공급이 불안정하기 때문에 배합사료를 사용하는 곳이 현저히 증가되고 있다. 이와 더불어 경제적인 전복용 배합사료를 개발하기 위한 연구(이 등, 1997a,b,c;

정 등, 1994; Harada and Akishima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Ogino and Ohta, 1963; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b,c)가 진행되었다. 하지만 배합사료를 사용함에 따라 패각의 색깔이나 어체의 품질이 천연먹이와 차이가 생길 수 있다는 의문이 제기되고 있다. 현재까지 이에 대한 연구가 구체적으로 이루어지지 못했기 때문에 본 연구는 참전복의 천연먹이가 되는 해조류와 색소를 풍부하게 함유한 *spirulina*를 사료에 첨가하여 참전복의 성장, 체성분 및 패각의 색에 미치는 영향을 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 사료 원료

본 실험에서 사용한 원료인 북양어분(간접식 건조: steam dry, 고려원양 개척호), 대두박(탈지, 탈피, 분쇄입자: 0.25 ㎜) 및 소맥분은 사료회사에서 사용하고 있는 상품화된 것을 구입하였고, 천연먹이인 해조류는 남해안에서 수확된 것을 구입하여 냉동하였다가 습식분쇄기로 분쇄하여 사료에 첨가하였다. 이 들의 일반 성분 및 아미노산 조성을 분석하여 Table 24와 25에 나타내었다.

2. 실험사료

북양어분, 대두박, 소맥분을 주 단백질원으로한 실험사료(Con)에 생파래(M-1), 생미역(M-2), 다시마(M-3) 및 모자반(M-4)을 냉동 분쇄하여 첨가하였고, *spirulina* (S5, S10 및 S15) 및 건조된 미역분(U10과 U20)을 첨가하여 모든 배합사료의 단백질과 지질 함량이 각각 34% 및 7.5% 전후가 되도록 설계하였다 (Table 26). 점착제로는 알긴산나트륨을 23% 첨가하였으며, 사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 압착하여

Table 24. Chemical composition (% in dry matter) of the ingredients used to experimental diet

Ingredient	Moisture	Protein	Lipid	Ash
White fish meal	5.1	69.5	6.71	16.1
Soybean meal	9.5	48.5	1.80	6.21
Raw *Ulva* powder	94.6	2.05	0.16	1.65
Raw *Undaria* powder	95.2	0.95	0.06	1.84
Raw *Laminaria* powder	88.7	1.91	0.20	3.08
Raw *Sargassium* powder	88.5	2.34	0.18	2.93
Spirulina	5.8	52.8	1.26	10.6
Dried *Undaria* powder	12.4	19.7	1.68	26.4

Table 25. Amino acids composition (% in protein) of the macroalgae and *spirulina*

Amino acids	White fish meal	Soybean meal	*Ulva*	*Undaria*	*Laminaria*	*Sargassium*	*Spirulina*
Arginine	7.1	7.8	7.1	4.2	2.0	4.0	6.5
Histidine	1.7	1.9	1.2	1.8	1.1	1.5	0.3
Isoleucine	3.7	3.7	3.8	4.0	2.8	4.4	6.5
Leucine	8.1	8.1	6.5	7.2	5.5	7.3	9.4
Lysine	4.9	4.1	4.0	5.2	3.6	5.3	2.9
Methionine+Cystine	4.3	2.6	3.5	3.6	3.8	4.9	5.0
Phenylalanine+Tyrosine	7.9	8.8	8.3	7.7	5.8	8.3	6.4
Threonine	4.9	4.4	6.2	4.8	4.6	4.7	2.2
Tryptophan	1.3	0.6	1.6	1.6	1.6	1.4	ND
Valine	4.1	3.7	5.9	5.1	3.5	5.0	8.0
Total	48.0	45.7	48.1	45.2	34.3	46.8	47.2

ND: not determined.

5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 사료는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 건조시킨 후 냉동고에 보관하면서 사료 급여시마다 사용하였다. 또한, 건조 미역을 천연먹이구

로 선정하여 배합사료구와 비교하였다.

Table 26. Composition and nutrient content of experimental diet

Ingredient	Dietary additive sources										
	Con	Macroalgae				Spirulina			*Undaria*		Natural sea food[3]
		M-1	M-2	M-3	M-4	S5	S10	S15	U10	U20	
White fish meal	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	22.0	19.0	16.0	22.0	19.0	
Soybean meal	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	20.0	17.0	14.0	20.0	17.0	
Raw *Ulva*		150									
(as dry wt.)		(8.1)									
Raw *Undaria*			150								
(as dry wt.)			(7.5)								
Raw *Laminaria*				100							
(as dry wt.)				(11.0)							
Raw *Sargassium*					100						
(as dry wt.)					(11.0)						
Wheat flour	15.5	7.4	8.0	4.5	4.5	16.5	17.5	18.5	11.5	7.5	
Spirulina						5.0	10.0	15.0			
Dried *Undaria*									10.0	20.0	
Dextrin	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Squid liver oil	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Soybean oil	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Vitamin premix[1]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Mineral premix[2]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Sodium alginate	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	
Proximate analysis (% in dry weight basis)											
Crude protein	34.1	34.9	34.6	34.1	34.3	33.1	32.1	31.1	31.3	29.7	12.8
Crude lipid	8.9	7.9	7.6	7.1	7.7	7.2	7.3	7.4	7.2	7.2	1.0
Crude ash	12.8	15.2	15.8	15.0	16.2	12.9	12.6	12.7	15.2	17.2	36.2
Crude fiber	2.7	2.5	2.8	3.4	3.7	2.6	2.5	2.5	2.5	3.0	

[1,2]Refer to Table 1.
[3]Dried *Undaria*.

3. 실험어 및 사육관리

실험용으로 중간 크기의 건강한 치패(평균체중: 65 mg, 평균각장: 0.8 cm)를 100마리씩 20 ℓ plastic tank×11 diet×4 replication으로 임의 배치하여 20주간(수온: 10~15℃) 사육 실험하였다. 약 5 주 간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였으며, 먹이는 2일 1회 각 실험수조마다 2~3 g씩 충분히 섭취할 수 있도록 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 먹이 공급전에 수거하였다. 각 수조마다 약하게 폭기시켜 산소를 공급하였으며, 주수량은 3 ℓ/min/tank으로 조정하였고, 수온은 매일 오전 10시에 측정하였다. 실험 시작시에는 500마리 이상, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동보관(-75℃)하다가 각 무게, 각장, 각폭 등을 측정한 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

4. 성분분석 및 통계처리

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 사료의 아미노산은 이 등(1996)이 사용한 방법으로 분석하였다.

결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

20주간 사육한 후의 생존율(Fig. 8)은 천연먹인 건미역 공급구가 73%로 가장 낮았지만 다른 실험구들의 77~87%와는 유의차가 없었다(P>0.05). 최종평균체중(Fig. 9와 Table 27)은 모자반 첨가구(M-4)가 370mg으로 가장 높았으며, 건조미역 공급구가 117mg으로 가장 저조한 값을 보였고, 다음으로 생다시마 첨가구가(M-3), 미역분말 20% 첨가구(U20)가 저조한 값을 나타내었다(P<0.05). 이러한 경향은 증체율, 가식부 중량 및 평균각장의 변화에서도 같은 경향을 보였다. 반면에 각장에 대한 체중의 비와 체중에 대한 가식부중량의 비는 모든 실험구에서 서로 차이가 없었다(P>0.05). 각 원료별로 성장효과를 살펴보면 다음과 같다.

분쇄된 생파래, 생미역, 생다시마 및 생모자반을 건물로 환산하여 각각 8.1%, 7.5%, 11% 및 11% 첨가한 배합사료로 사육한 결과, 생 다시마 첨가구(M-3)가 평균체중, 증체율, 가식부 중량 및 평균각장이 저조한 값을 보여 가장 성적이 좋은 생모자반 첨가구와 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 그 외 생파래(M-1) 및 생미역(M-2) 첨가구의 증체율과 가식부 중량은 생모자반 첨가구와 유의한 차이를 보이지 않았지만(P>0.05), 최종평균체중과 각장은 생모자반 첨가구와 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 위의 결과로 보아 참전복용 배합사료에 천연해조류의 첨가는 다시마보다 모자반을 첨가하는 것이 더 성장을 개선시킬 수 있을 것으로 생각된다.

다시마를 첨가하는 것보다 모자반을 첨가하였을 때 성장효과가 좋아지는 것에 대해서는 아직까지 확실히 그 원인을 구명하기 어렵지만, 첨가된 원료의 필수아미노산 조성의 측면에서 살펴보면, 단백질에 대한 필수 아미노산의 총량이 다시마가 가장 낮았고(Table 25), Mai et al.(1994)과 이 등(1997b)의 연구에서 성장과 관련성이 높다고 지적된 필수아미노산인 Arg, His, Ile, Lys 및 Met의

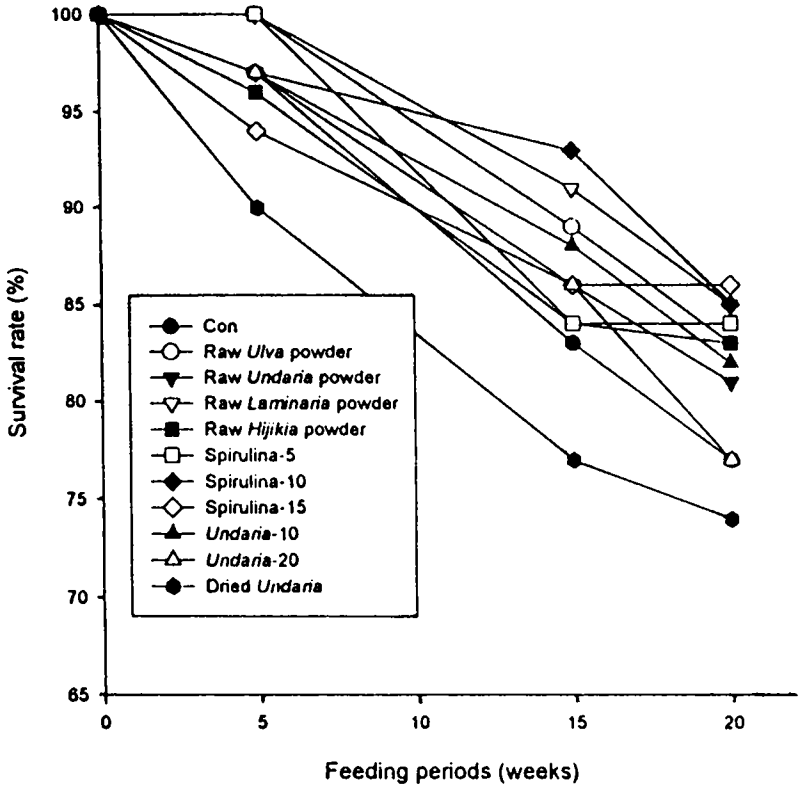


Fig. 8. Survival of abalone fed the diets containing macroalgae and *spirulina* for 20 weeks.

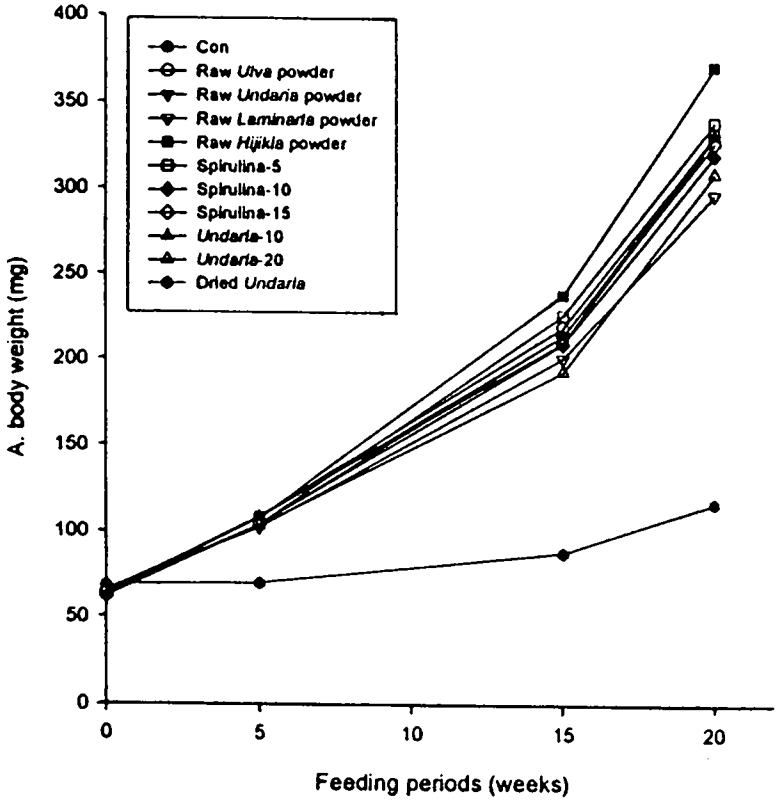


Fig. 9. Growth of abalone fed the diets containing macroalgae and *spirulina* for 20 weeks.

Table 27. Growth performance of abalone fed the diets containing macroalgae and *spirulina* for 20 weeks[1]

Diets	Final mean wt. (mg)	Weight gain (%)	Soft body wt. (mg)	Shell length (mm)	Body wt.(g)/shell length (cm)	Soft body wt.(g)/body wt. (g)
Con	331±23.7^{bc}	411±28.1^{bcd}	155±20.8^{bcd}	14.1±0.37^{bc}	0.21±0.02	0.50±0.01
M-1	331±16.4^{bc}	408±43.2^{bcd}	150±14.1^{bcd}	14.1±0.34^{bc}	0.23±0.03	0.44±0.04
M-2	331±25.7^{bc}	404±54.3^{bcd}	150±14.1^{bcd}	14.1±0.36^{bc}	0.20±0.01	0.49±0.02
M-3	297±32.7^{b}	341±52.5^{b}	132±17.0^{b}	13.6±0.18^{b}	0.18±0.01	0.49±0.02
M-4	370±16.0^{d}	472±44.8^{d}	172± 9.5^{d}	14.7±0.51^{d}	0.21±0.01	0.52±0.03
S5	339±16.3^{cd}	439±41.3^{cd}	162± 5.0^{cd}	14.3±0.21^{cd}	0.22±0.02	0.49±0.06
S10	320±10.7^{bc}	416±13.4^{cd}	147± 9.5^{bc}	13.9±0.12^{bc}	0.21±0.02	0.47±0.07
S15	327±28.3^{bc}	413±43.8^{bcd}	152±17.0^{bcd}	14.0±0.46^{bc}	0.21±0.01	0.49±0.06
U10	331±23.3^{bc}	425±45.7^{cd}	150±14.1^{bcd}	13.9±0.39^{bc}	0.21±0.01	0.51±0.02
U20	309±34.3^{bc}	370±66.8^{bc}	135±12.9^{b}	13.7±0.53^{bc}	0.21±0.04	0.46±0.07
Natural sea food	117± 8.2^{a}	70±14.1^{a}	47± 5.0^{a}	10.1±0.25^{a}	0.29±0.40	0.48±0.06

[1]Values (mean±s.d. of four replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

함량이 다시마에서 낮은 값을 나타낸 것으로 보아 다시마의 아미노산 균형이 다른 해조류에 비해 전복에 부적합한 것으로 판단된다. 천연먹이 공급구에서도 이를 뒷받침할 수 있는 결과가 보고되었는데, 이 등(1997c)은 천연 먹이로 미역과 다시마를 20주간 참전복에 공급한 결과, 미역 공급구가 다시마 공급구보다 좋은 성적을 보였다.

*Spirulina*를 5~15% 첨가한 실험구의 생존률, 평균체중, 증체율, 가식부 중량 및 평균각장은 *spirulina* 첨가 함량에 영향을 받지 않았으며, 대조구와도 차이를 보이지 않았지만($P>0.05$), 모자반 첨가구와는 유의차를 보였다($P<0.05$). 따라서 값비싼 *spirulina*를 성장개선 목적으로는 첨가할 필요가 없을 것으로 판단된다. 하지만 다음에 언급하겠지만 전복의 패각 색깔을 내기 위한 첨가제 등 특수한 목적으로 사용할 필요는 있을 것으로 기대된다.

미역 가공시 생기는 부산물을 분말로 만든 건조 미역분을 10%와 20%씩 첨가한 배합사료로 참전복을 사육한 결과, 생존률, 평균체중, 증체율, 가식부 중량 및 평균 각장은 서로 차이가 없었으며, 대조구나 생미역 분쇄물 첨가구(M-2)와도 차이가 없었다($P>0.05$). 하지만 수치상으로 미역분의 첨가비가 높은 20% 첨가구의 성장(체중, 증체율과 가식부 중량)은 10% 첨가구보다 그 효과가 약 10% 정도, 생존률은 5%가 저조한 결과를 나타내었다. 따라서 미역분을 배합사료에 첨가할 때에는 10% 이하로 첨가하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 사료의 단백질과 지질 함량이 타 실험사료와 동일함에도 불구하고 이처럼 미역분의 첨가비가 높아질수록 성장효과가 약간 낮아지는 것은 Ile 및 Met 등과 같은 필수아미노산 함량이 낮은 등 여러 가지 원인에 의한 것으로 간주된다. 하지만 이 등(1997b)의 연구에서 단백질원으로 어분 10%와 미역분말 55%가 첨가된 배합사료의 경우는 성장이 어분이나 카제인위주의 사료만큼 좋은 결과를 보였다. 이러한 차이에 대해서는 차후 계속 연구되어야 할 과제이다. 또한 천연 먹이인 건조미역 공급구의 성장효과는 타 배합사료구보다 월등히 낮은 값을 보였으며, 이러한 결과들은 이미 이 등(1997a,b,c)이 여러 차례 언급한 바 있다.

실험 종료시의 수분은 78.5% 전후로 시작시의 73.4%에 비해 모든 배합사료구에서 증가되었으며(Table 28), 실험구간에 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$). 단백질의 경우 실험 시작시 17.3%에서 실험 종료시에는 14% 전후로 모든 실험구에서 감소하였고, 실험사료간에는 차이가 없었다($P>0.05$). 배합사료를 섭취한 전복의 지질 함량은 실험시작시의 1%에 비해 증가하여 1.5% 수준을 유지하였으나, 천연먹이인 건조미역 공급구는 오히려 0.7%로 감소하여 배합사료구들 보다 훨씬 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 이처럼 천연먹이구의 지질 함량이 낮은 것은 이미 지적하였듯이 천연먹이인 미역에는 단백질이나 지질과 같은 영양성분이 배합사료보다 훨씬 낮아 전복의 성장을 최대로 증진시키지 못할 만큼 부족한 것 때문으로 판단된다.

Table 28. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diets	Moisture	Protein	Lipid
Initial	73.4	17.3	1.0
Final:			
Con	79.0±0.44	13.6±0.61	1.6±0.14[b]
M-1	78.0±0.49	14.2±0.87	1.5±0.15[b]
M-2	78.5±0.84	14.4±0.88	1.5±0.20[b]
M-3	78.8±0.53	14.0±0.38	1.7±0.11[b]
M-4	78.2±0.46	14.7±0.86	1.6±0.10[b]
S5	78.5±0.16	13.7±0.27	1.6±0.15[b]
S10	78.2±0.87	13.9±0.48	1.7±0.21[b]
S15	78.3±0.57	14.2±0.96	1.6±0.11[b]
U10	78.6±0.41	14.1±0.44	1.6±0.13[b]
U20	78.5±1.11	14.1±0.94	1.5±0.13[b]
Natural sea food	-	-	0.7±0.17[a]

[1]Values (mean±s.d. of four replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

본문에 사진으로 나타내지는 않았지만 실험 종료시의 해조류, *spirulina* 및 미역분말 첨가구의 패각 색깔은 각각 첨가된 원료의 색을 그대로 반영하였다. 따라서 전복 먹이로 천연먹이를 이용하고자 할 때는 패각의 색을 조절하는 배합사료 첨가제로서의 유용성과 함께 영양소 균형을 고려하면서 그 첨가 범위가 연구되어야 할 것이다.

위의 결과를 종합하여 보면 참전복용 배합사료에 천연해조류의 첨가는 다시마보다 모자반을 첨가하는 것이 성장을 더 개선시킬 수 있을 것으로 생각되며, *spirulina*를 성장 개선 목적으로는 첨가할 필요가 없을 것으로 판단된다. 미역분을 배합사료에 첨가할 때에는 10% 이하로 첨가하는 것이 바람직 할 것으로 보인다. 또한 전복 패각의 색을 의도적으로 내고자 할 때를 대비하여 차후 각종 원료의 적정 첨가량을 경제적인 측면 등을 고려하여 연구되어야 할 것이다.

여 백

제 7 장 경제적인 참전복 배합사료 설계 및 평가

제 1 절 서 론

1970년대부터 전복 종묘를 바다에 방류하여 양식이 이루어져 온 전복은 우리나라의 고급 수산 식품으로 각광을 받고 있다(유, 1994). 최근 전복 양식에 관한 관심이 높아지면서 육상수조 양성 등 그 양식 방법이 다양해지고 있다. 우리 나라는 주로 난류계인 참전복이 주로 남해안에서 양식되고 있으며, 현재 양식 생산량이 계속 증가되고 있는 추세이다. 하지만 양어가들은 양성용 먹이를 자연산 조류에 의존하고 있기 때문에, 이들 공급이 부족할때는 건조 미역이나 다시마를 이용하기로 하고 외국에서 값 비싼 배합사료를 수입하여 이용하기 때문에 전복의 체계적인 양식 발전에 걸림돌이 되고 있다. 전복 사료 개발에 관한 연구들이 이미 외국에서 몇 수행되어 있으나(Harada and Akishima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Ogino and Ohta, 1963; Mai et al., 1994, 1995a,b; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b,c), 그들의 연구결과만으로는 경제적인 배합사료를 설계하기가 어려운 면이 있어, 우리 실정에 맞는 값싼 배합사료를 개발하기 위한 일련의 연구(이 등, 1997 a~d)가 이미 수행되었다. 즉, 간단한 형태 실험사료의 실험 배합사료를 설계하여 외국 수입 사료 및 생사료와 비교하여 배합사료의 우수성을 제시하고, 각종 단백질원, 탄수화물원, 지질원 및 각종 첨가제등을 평가하여 전복의 성장을 개선시키면서 사료 단가를 최소화하기 위한 결과들을 제시되었다. 이미 이 등(1997a)이 언급한 것처럼 사료의 단가를 낮추기 위해서는 전복이 최대로 이용할 수 있고, 성장효과가 좋으면서 원료의 가격이 낮아야 한다. Uki et al. (1985b)은 casein이 어분보다 더 양호한 참전복 사료 단백질원이라고 보고하였고, Viana et al.(1993)은 어분도 casein과 동등한 효능을 가진

다고 하였으며, 이 등(1997b)도 어분의 우수성을 입정하였다. 그러나 casein 및 북양어분을 비롯하여 spirulina, 미역분말, 비타민 및 미네랄 혼합물, 알긴산 등은 원료 단가가 비싸고 공급이 불안정한 등 이들을 대체하거나 첨가비를 줄일 수 있는 방안이 제시되어야 할 것이다. 이 등(1996a,b)과 이 · 이(1996)은 사료원료의 필수아미노산 등을 고려하면서 조피볼락에 대해 앞서 수행된 일련의 연구결과들을 바탕으로 각종 원료들을 혼합하여 조피볼락의 경제적인 배합비들을 제시하였다. 본 실험에서는 참전복의 보다 경제적인 배합사료를 개발하기 위해 이미 수행된 실험 결과를 바탕으로, 배합되는 원료의 조성비와 단가를 달리하여 외국산 수입사료 및 천연먹이와 그 효능을 비교하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

이미 수행된 실험 결과를 바탕으로, 경제적인 배합사료를 개발하기 위해 단백질원으로 casein, 어분, 대두박, 면실박, 미역분말 및 소맥분을 적절히 조절하여 첨가하였으며, 지질원으로는 오징어간유를 첨가하여 단백질이 34%, 지질이 7% 전후가 되도록 설계하였다(Table 29). 그 외 spirulina, 전분, 효모, 알긴산 등을 달리 배합하였다. 이렇게 여러 가지 원료를 다양하게 조성하여 배합되는 사료원료의 단가가 kg 당 5,000원에서 800원대가 되도록 다양하게 조정하였다. 또한 이렇게 제조된 7종의 실험 배합사료의 성장효과를 비교하기 위하여 상품사료와 생사료(건조미역)를 설정하였다. 실험 사료 성형은 실험 사료 배합비대로 각 원료를 잘 혼합한 후 이화유지(주)에 의뢰하여 두께 0.15 cm, 1 cm 사각이 되도록 절단하였으며, 진공건조시킨 후 냉동고에 보관(-25℃)하면서 사료 급여시마다 사용하였다. 상품사료는 외국에서 수입된 것이며, 건조미역은 시중에서 상품으로 판매되는 것을 구입하였다.

Table 29. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Experimental diets							Commercial diet (C)	Natural food (NF)
	1	2	3	4	5	6	7		
Casein	33.0		5.0	5.0				- Closed -	Dried-
White fish meal		41.0	20.0	15.0	20.0	10.0			sea
Soybean meal			20.0	23.0	23.0	30.0	40.0		mustard
Cottonseed meal						15.0	15.0		(*Undaria*)
Undaria powder	10.0	10.0	5.0	5.0	5.0	3.0			
Wheat flour	3.8	3.8	13.8	22.3	22.3	19.8	17.8		
Spirulina	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5				
Embryo meal				5.0	5.0		10.0		
α-potato starch	17.0	12.0	16.0	7.0	7.0	11.0	7.0		
Yeast	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0			
Squid liver oil	5.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
Lecithin	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Vitamin premix[1]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
Mineral premix[2]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
Sodium alginate	20.0	20.0	7.0	5.0	5.0				
Enzyme mix[3]	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Nutrient contents (%) in dry matter									
Crude protein	35.6	35.0	34.5	34.8	33.8	33.6	32.8	34.8	12.75
Crude lipid	5.3	5.2	5.2	5.5	5.8	5.0	5.2	2.2	1.0
Carbohydrate[4]	27.5	22.5	37.3	37.9	37.9	45.5	43.3	-	-
Crude ash	10.4	16.5	10.7	10.2	11.1	8.5	7.1	15.8	36.2
Crude fiber	1.0	1.0	2.0	3.6	3.6	5.8	9.3	-	-
n-3HUFA[5]	1.1	1.3	1.1	1.0	1.1	0.8	0.6	-	-
Cost (won)[6]/kg	5023	2587	1911	1695	1330	908	773	-	-

[1,2]Refer to Table.
[6]Cost of ingredients except for diet processing cost based on the price in 1996.

2. 실험어 및 사육관리

실험치패는 평균 평균체중 120㎎의 참전복을 선별하여 27개의 각 실험수조(20ℓ)에 70마리씩 임의 배치하여 각 사료당 3반복으로 4개월 사육 실험하였다.

사료는 2일 1회 각 실험수조마다 2~4 g 씩 급여하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 급여 전에 수거하였다. 각 실험 수조의 주수량은 3 ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온은 12~17℃(평균±표준편차, 13.4±1.17℃), 비중은 1.026~1.028(평균±표준편차, 1.027±0.0005) 범위였다. 분석용 어체는 실험 시작시 100마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관(-75℃)하다가 각 무게, 각장, 각폭 등을 측정한 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 사료의 아미노산은 이 등(1996)이 사용한 방법으로 분석하였다.

결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

사료 단가가 다른 7종의 배합사료(사료 1~7), 수입 상품사료 (C) 및 건조 미역(NF)으로 평균체중 120mg의 참전복 치패를 4개월간 사육한 결과(Table 30), 생존률은 71~90% 범위로 실험구간에 차이가 없었다($P>0.05$). 하지만 건조 미

역 공급구가 71%로 가장 낮은 값을 보였다. 최종 평균 체중은 사료 단가가 5,000원대로 가장 비싼 사료 1과 천연먹이구인 NF사료구가 0.35 g으로 가장 낮은 값을 보여 사료 2, 3, 5 및 7 실험구와 유의한 차이를 나타내었다($P<0.05$). 증체율과 가식부 중량도 이와 유사한 경향을 보여 사료 1과 건조미역구가 가장 저조한 값을 보였으며($P<0.05$), 그 외 실험사료들을 서로 유의차가 인정되지 않았다($P>0.05$). 또한 체중에 대한 가식부 중량의 비도 성장과 비슷한 경향을 보였는데 사료 5(원가 1,330원)가 0.600으로 가장 높아 사료 1과 건조 미역구의 0.549~0.553과 유의차를 보였다($P<0.05$).

Table 31에 표시한 바와 같이 평균 각장 및 각폭의 변화에 있어서도 사료 종류에 따라 차이를 보였는데, 성장과 비슷하게 사료 1과 건조 미역 공급구가 사료 2 및 5와 유의적으로 차이가 나타났다($P<0.05$). 또한 각장에 대한 체중의 비

Table 30. Survival and body weight growth of abalone fed different diets for 4 months[1]

Diet no	Initial av. wt.(g)	Final av. wt.(g)	Survival rate (%)	Weight gain (%)[2]	Soft body wt.(g)	Soft body wt.(g)/ whole body wt.(g)
1	0.12 ± 0.010^{a}	0.35 ± 0.013^{a}	90 ± 3.3^{a}	196 ± 25.5^{ab}	0.169 ± 0.0047^{a}	0.549 ± 0.004^{a}
2	0.12 ± 0.014^{a}	0.50 ± 0.029^{b}	90 ± 4.6^{a}	331 ± 47.3^{c}	0.255 ± 0.0213^{b}	0.595 ± 0.008^{abc}
3	0.12 ± 0.005^{a}	0.50 ± 0.036^{b}	88 ± 2.9^{a}	302 ± 15.8^{abc}	0.261 ± 0.0268^{b}	0.598 ± 0.008^{bc}
4	0.11 ± 0.011^{a}	0.45 ± 0.034^{ab}	86 ± 5.2^{a}	319 ± 13.4^{bc}	0.225 ± 0.0083^{ab}	0.580 ± 0.004^{abc}
5	0.13 ± 0.027^{a}	0.52 ± 0.045^{b}	85 ± 6.3^{a}	322 ± 70.9^{bc}	0.278 ± 0.0261^{b}	0.600 ± 0.015^{c}
6	0.11 ± 0.013^{a}	0.45 ± 0.037^{ab}	85 ± 2.9^{a}	296 ± 16.0^{abc}	0.231 ± 0.0243^{ab}	0.587 ± 0.012^{abc}
7	0.11 ± 0.026^{a}	0.45 ± 0.029^{ab}	89 ± 4.1^{a}	309 ± 55.2^{abc}	0.241 ± 0.0887^{b}	0.588 ± 0.004^{abc}
C	0.11 ± 0.013^{a}	0.48 ± 0.008^{b}	88 ± 5.8^{a}	325 ± 39.8^{bc}	0.244 ± 0.0134^{b}	0.581 ± 0.020^{abc}
NF	0.12 ± 0.020^{a}	0.35 ± 0.048^{a}	71 ± 13.6^{a}	190 ± 17.9^{a}	0.171 ± 0.0309^{a}	0.553 ± 0.027^{ab}

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).
[2](final weight - initial weight) x 100/initial weight.

Table 31. Shell growth of abalone fed different diets for 4 months[1]

Diet no	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Body wt.(g)/ shell length (cm)
1	13.6±0.17^{a}	9.7±0.11^{a}	0.23±0.005^{ab}
2	14.9±0.32^{b}	10.7±0.23^{b}	0.29±0.013^{c}
3	14.8±0.26^{ab}	10.7±0.16^{b}	0.29±0.021^{bc}
4	14.3±0.40^{ab}	10.4±0.32^{ab}	0.27±0.004^{c}
5	15.1±0.49^{b}	10.8±0.29^{b}	0.31±0.022^{c}
6	14.2±0.33^{ab}	10.4±0.21^{ab}	0.27±0.017^{c}
7	14.4±0.31^{ab}	10.4±0.17^{ab}	0.28±0.007^{c}
C	14.5±0.03^{ab}	10.5±0.03^{ab}	0.29±0.011^{c}
NF	13.6±0.63^{a}	9.7±0.43^{a}	0.22±0.022^{a}

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
[2](final weight - initial weight) x 100/initial weight.

도 사료 1과 건조 미역구가 0.22~0.23으로 가장 낮았으며(P<0.05), 그 외 실험들은 서로 유의차없이 양호하였다.

실험 종료시 가식부의 일반성분(Table 32) 중에서 수분과 회분은 실험구간에 서로 유의차가 없었으나(P>0.05), 단백질 함량은 사료 1이 13.5%로 가장 낮아 사료 2, 외국 수입사료 및 건조 미역구의 14.9~15.6%와 차이를 보였다(P<0.05). 또한 지질 함량은 건조 미역구가 0.73%로 가장 낮았으며, 사료 1이 1.78%로 가장 높은 값으로 분석되었다(P<0.05).

위와 같이 단가가 가장 비싼 1번 사료구 외의 실험 배합사료는 외국 수입사료와 비교하였을 때 그 효능이 전혀 뒤지지 않았고, 사료단가가 1,330원인 사료 5의 체 성장이나 패각 성장은 유의차는 없었지만 오히려 외국 수입사료보다 더 높은 값을 보였다. 이미 수행된 실험 결과(이 등, 1997a~d)와 유사하게 본 실험에서도 천연먹이를 그대로 이용하는 것은 성장이나 체성분(지질 함량)에서 배합사료 공급구보다 나쁜 결과를 나타내었다. 또한 사료 1의 결과들이 모두 건

Table 32. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial:	81.44	13.82	0.97	2.92
Final:				
1	74.95±1.002^{a}	13.50±0.506^{a}	1.78±0.205^{d}	2.96±0.169^{a}
2	75.87±0.209^{a}	15.60±0.217^{b}	1.54±0.021^{cd}	2.82±0.119^{a}
3	76.65±0.858^{a}	14.86±0.657^{ab}	1.40±0.102^{c}	2.89±0.156^{a}
4	76.19±0.944^{a}	14.98±0.407^{ab}	1.36±0.079^{bc}	2.93±0.030^{a}
5	77.27±0.265^{a}	14.76±0.079^{ab}	1.36±0.013^{bc}	2.75±0.060^{a}
6	75.87±1.295^{a}	14.72±0.622^{ab}	1.35±0.121^{bc}	3.06±0.258^{a}
7	75.82±0.746^{a}	15.21±0.369^{ab}	1.49±0.048^{cd}	2.76±0.045^{a}
C	74.67±0.786^{a}	15.56±0.452^{b}	1.07±0.017^{b}	2.86±0.112^{a}
NF	76.80±0.810^{a}	14.89±0.658^{b}	0.73±0.065^{a}	3.64±0.020^{a}

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

조미역 공급구와 비슷한 값으로 저조한 것은 실험사료 설계시 예상치 못했는데, 이는 사료 원료가 비싸다해서 참전복의 성장에 좋은 결과를 가져 오지 못함을 입증하고 있다. 하지만 사료 1은 Uki et al. (1985b)이 참전복 사료의 단백질원으로 가장 양호하다고 보고한 casein을 사용하였으며, 이등(1997b)의 실험에서도 casein 사료가 천연먹이구보다 좋은 결과를 보였다. 뿐 만아니라 이 등(1997b)은 참전복 단백질원으로 북양어분이 casein 이상의 성장효과를 가진다고 보고하였으며, 본 실험에서 북양어분이 주 단백질원으로 첨가된 사료 2(사료 단가: 2,587원/kg)의 성장 효과가 casein 사료(사료 1)보다 유의하게 높은 값을 보였다. 또한 사료 3~7도 사료 2와 모든 성장효과에서 차이를 보이지 않았기 때문에($P>0.05$) 사료의 단가는 kg당 1,000원 전후로 낮아질 수 있을 것으로 전망된다.

여 백

제 8 장 경제적인 배합사료내 오징어분, 섭이 촉진제, 한약제 및 레시틴의 첨가 효과

제 1 절 서 론

종묘를 바다에 방류하여 양식이 이루어져 온 전복은 우리 나라의 고급 수산 식품으로 자리를 잡고 있다(유, 1994). 최근에는 전복 양식 생산량을 높이기 위하여 육상수조에서 고밀도로 양성하는 곳이 계속 증가되는 등 양식 방법이 다양해지고 있다(정 등, 1994a). 우리 나라는 주로 난류계인 참전복이 주로 남해안에서 양식되고 있으며, 현재 양식 생산량이 계속 증가되고 있는 추세이나 전복을 양식하는 양어가들은 양성용 먹이로 자연산 조류를 주로 사용하고 있다. 하지만 이들 공급이 부족할때는 건조 미역이나 다시마를 이용하기로 하고 외국에서 값 비싼 배합사료를 수입하여 이용하기 때문에 전복용으로 우리 나라 실정에 적합한 경제적인 배합사료의 개발이 시급한 실정이다. 지금까지의 참전복 배합 사료에 관한 연구(Harada and Akishima, 1985; Ogino and Kato, 1964; Ogino and Ohta, 1963; Mai et al., 1994, 1995a,b; Uki et al., 1985a,b; Uki et al., 1986a,b,c; 이 등, 1997a~d; 정 등, 1994b)들은 주로 영양소 요구, 천연 먹이와의 비교, 단백원, 지질원 및 탄수화물의 이용성에 관해 수행되었다. 이러한 연구들은 사료 단가를 절감시킬 수 있는 경제적인 배합비를 설계하는데 매우 중요한 자료가 된다. 이러한 결과를 토대로 이미 참전복의 경제적인 배합비를 설계하고 평가하여 사료 단가를 kg 당 1,000원 전후로 낮출 수 있다고 보고하였다. 하지만 성장을 증진시키거나 품질을 개선시키는 미지의 성장 인자에 대한 연구는 수행되지 못했다. 물론 미지의 성장 인자가 어느 원료에 존재하는지조차 연구하기 힘든 것이 사실이나 본 실험에서는 몇 가지 원료를 구입하여 성장

이나 체성분에 미치는 영향을 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

참전복 실험 배합사료로 이 등(1997a)이 사용한 표준 실험사료를 모방하여 제조된 대조사료(Con)와 앞 실험에서 제시한 경제적인 참전복용 배합비에 오징어 분(단백질: 72.7%, 지질: 3.1%, 회분: 10.7%) 5% (SM), 섭이촉진물질(Feedbuds, USA) 0.5% (AT), 한약제(한솔 메가톤 A, 국산) 1% (HE), Lecithin 0.5% (LE) 및 한약제 0.5% + Lecithin 0.5% (HE+LE)를 각각 첨가하여 총 6종의 실험 배합사료를 설계하였다(Table 33). 실험 사료 성형은 실험 사료 배합비대로 각 원료를 잘 혼합한 후 이화유지(주)에 의뢰하여 두께 0.15 cm가 1 cm 사각이 되도록 절단하였으며, 진공 건조시킨 후 냉동고에 보관(-25℃)하면서 사료 급여시마다 사용하였다. 또한 외국에서 수입된 상품사료를 구입하여 배합사료와 비교하였다.

2. 실험어 및 사육관리

실험치패는 평균 평균체중 150㎎의 참전복을 선별하여 28개의 각 실험수조(20 ℓ)에 100마리씩 임의 배치하여 각 사료당 4반복으로 18주간 사육 실험하였다. 사료는 2일 간격으로 각 실험수조마다 3 g 씩 급여하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 급여 전에 수거하였다. 사육기간 중의 수온은 보일러로 가온하여 14~16℃(평균, 15℃)가 되도록 조정하였으며, 각 수조마다 주수량은 2 ℓ/min로 조절하였다(Fig. 10). 분석용 어체는 실험 시작시 300마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관(-75℃)하다가 각

Table 33. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Experimental diets						Commercial diet
	Con	SM	AT	HE	LE	HE+LE	
Casein	5.0						- Closed -
White fish meal	20.0	15.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Soybean meal	20.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	
Undaria powder	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Wheat flour	17.8	24.8	24.3	23.8	24.3	23.3	
Spirulina	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Embryo meal		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
α-potato starch	12.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Squid meal		5.0					
Attractant[1]			0.5				
Herb[2]				1.0		1.0	
Yeast	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Squid liver oil	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Lecithin	0.5				0.5	0.5	
Vitamin premix[3]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Mineral premix[4]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Sodium alginate	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Enzyme mix[5]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Nutrient contents (%) in dry matter							
Crude protein	34.8	33.6	33.9	33.9	33.8	33.8	34.9
Crude lipid	5.2	5.6	5.8	5.8	5.8	5.8	2.2
Carbohydrate[6]	36.9	38.3	38.2	38.2	37.9	37.8	
Crude ash	10.3	10.0	10.4	10.4	10.1	10.3	15.8
Crude fiber	2.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	
n-3HUFA[7]	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	
Cost (won)[8]/kg	1900	1390	1320	1320	1330	1330	

[1]Langobuds Goild, Feedbuds, USA.

[2]Hansol megaton A, Hansol Oriental medicine Co., Ltd., Pusan, Korea.

[3,4]Refer to Table 1.

[5]Kemin Industries, Inc., Singapore.

[6]Calculated.

[7]Highly unsaturated fatty acids ($C \geq 20$).

[8]Cost of ingredients except for diet processing cost based on the price in 1996.

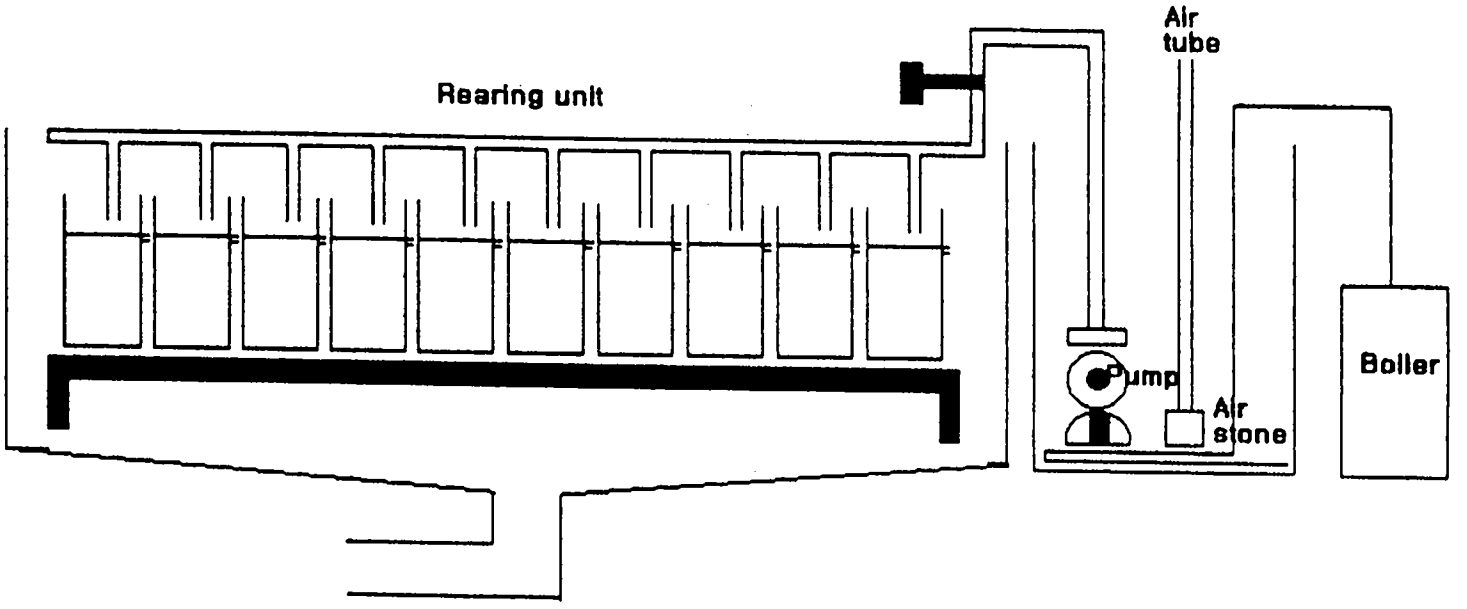


Fig. 10. Culture system

무게, 각장, 각폭 등을 측정한 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 사료의 아미노산은 이 등(1996)이 사용한 방법으로 분석하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

대조사료, 각종 첨가제가 들어 있는 실험사료 및 외국 수입사료로 150mg 전후의 참전복 치패를 18주간 사육 실험한 결과(Table 34와 35), 최종 평균체중은 610~700 mg으로 성장하였으며 실험구간에 유의적인 차이는 없었다(P>0.05). 생존률은 모든 사료에서 89~96%로 서로 유의차없이 (P>0.05) 양호한 결과를 보였다. 증체율은 한약제가 첨가된 HE 사료가 405%로 가장 높았으나 타 실험구의 320~379%와 역시 유의한 차이는 인정되지 않았다(P>0.05). 평균 가식부 중량도 HE 사료가 357mg으로 가장 높았고, Lecithin이 첨가된 LE 사료가 265mg 가장 낮았으나 통계적인 차이는 없었다(P>0.05). 체중에 대한 가식부 중량 비도 실험구간에 차이는 없었다.

각장 및 각폭은 각각 16.1~17.0mm 및 10.92~11.95mm로 사료의 첨가제에

Table 34. Survival and body weight growth of abalone fed different diets for 18 weeks[1]

Diet no	Initial av. wt. (g)	Final av. wt. (g)	Survival rate (%)	Weight gain (%)[2]	Soft body wt. (g)	Soft body wt.(g)/ whole body wt.(g)
Con	0.15±0.009	0.70±0.014	91±2.4	357±22.8	0.325±0.0409	0.493±0.0583
SM	0.15±0.011	0.67±0.055	89±2.9	329±21.4	0.285±0.0542	0.449±0.0546
AT	0.14±0.009	0.66±0.032	91±3.8	379±16.6	0.277±0.0315	0.435±0.0584
HE	0.14±0.009	0.72±0.045	91±1.3	405±10.2	0.357±0.0450	0.510±0.0462
LE	0.15±0.008	0.61±0.033	90±2.9	320±29.0	0.265±0.0427	0.457±0.0585
HE+LE	0.15±0.012	0.69±0.053	89±1.4	353±35.0	0.310±0.0678	0.459±0.0599
C	0.16±0.013	0.66±0.008	96±1.0	328±42.3	0.288±0.0377	0.443±0.0553

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
[2](final weight - initial weight) x 100/initial weight.

Table 35. Shell growth of abalone fed different diets for 18 weeks[1]

Diet no	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Body wt.(g)/ shell length (cm)
Con	16.5±0.06	11.67±0.131	0.399±0.0093
SM	16.7±0.65	11.77±0.492	0.373±0.0261
AT	16.3±0.37	11.62±0.225	0.393±0.0136
HE	16.7±0.30	10.92±0.663	0.416±0.0208
LE	16.1±0.67	11.45±0.184	0.360±0.0209
HE+LE	16.6±0.47	11.95±0.386	0.393±0.0243
C	17.0±0.43	11.82±0.170	0.382±0.0099

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

영향을 받지 않았으며(P>0.05), 각장에 대한 체중 비도 사료간에 유의차가 없었으나(P>0.05), HE가 첨가된 실험구가 다소 높은 값을 보였다. 실험 종료시의

가식부의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량(Table 36)은 사료의 영향을 받지 않았다(P>0.05).

Table 36. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	79.12	13.42	0.94	3.24
Final				
Con	79.32±0.218	13.27±0.119	0.98±0.055	2.78±0.032
SM	79.34±0.096	13.33±0.164	0.93±0.053	2.77±0.077
AT	79.26±0.161	13.35±0.233	0.96±0.057	2.77±0.080
HE	79.07±0.373	13.32±0.425	1.01±0.095	2.70±0.116
LE	79.33±0.232	13.38±0.162	1.01±0.071	2.62±0.173
HE+LE	79.08±0.260	13.63±0.215	1.01±0.067	2.80±0.105
C	78.57±0.294	13.68±0.276	0.86±0.014	2.73±0.086

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

위와 같이 각종 첨가제가 함유된 경제적인 실험 배합사료구의 성장 및 체성분은 대조구 및 외국 수입사료에 비해 유의한 차이가 없었으므로, 앞에서 제시한 경제적인 배합비는 실용적으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 실험에서 각종 첨가제의 첨가효과가 없는 것으로 미루어 보아 이러한 종류의 첨가제는 참전복의 성장 개선을 위해 배합사료에 첨가할 필요는 없을 것으로 판단된다. 유의차는 없었지만 한약재의 첨가가 성장을 다소 개선시키는 경향이 있어, 한약제의 첨가가 성장개선에 얼마나 도움이 될지는 차후 그 첨가 범위 등 다양한 연구가 계속되어야 할 것이다. 김 등(1996)은 넙치 사료에 한약제의 첨가효과가 있는 것으로 보고한 바 있다.

여 백

제 9 장 경제적인 참전복 배합사료의 적정 비타민 및 미네랄 함량

제 1 절 서 론

실용적인 배합사료가 개발되었다 하더라도 실용적인 배합사료의 formulation은 계속 개선되어 성장효과를 더 높이는 한편, 필수영양소의 과다 첨가를 최소화하여 사료원가를 줄이는 연구가 필요하다. 이러한 측면에서 배합사료에 첨가되는 비타민과 미네랄의 적정 첨가수준을 고려하는 것은 매우 중요하다. 비타민은 생명체를 유지하는데 필수적인 영양소이다(NRC, 1993). 이러한 비타민들은 각각 어종마다 요구하는 량이 다를 뿐 아니라 어류의 성장상태나 서식 환경에 따라서도 어체에 대한 활성이 변화되며, 사료에 각종 비타민이 부족하면 성장이 저하되고 질병에 대한 내성이 약해지는 등 여러 가지 결핍증상이 나타난다. 어종에 따라 많은 차이가 있지만 대부분의 비타민들은 어류의 정상적인 성장에 매우 미량으로 요구되기 때문에 사료를 제조할 때 비타민 혼합물(premix)을 별도로 배합하여 첨가하고 있다. 비타민 혼합물에 첨가되는 각종 비타민들은 가격이 비싸고 저장시나 사료 제조시에 안정성이 낮은 종류가 있기 때문에 사료 배합시 각각의 첨가량이 매우 중요하게 고려되고 있다. 따라서 어패류의 영양요구를 위한 실험사료나 실용배합사료에 적합한 비타민 혼합물의 설정은 실험사료의 대조구로서 효능을 발휘하고, 상품배합사료의 품질과 단가에 있어 매우 중요한 요인이다. 하지만 많은 종류의 비타민을 각각 어종마다 그 요구량을 설정하기에는 많은 노력과 시간이 필요할 뿐아니라 모든 종류의 비타민 요구량을 연구하는 것은 매우 힘든 실정이다.

육상 동물과 마찬가지로 어패류도 그들이 처해 있는 환경에서 정상적인 생명

을 유지하기 위하여 각종 미네랄을 요구하며, 이러한 미네랄들은 체 골격 형성, 산-염기의 평형 조절, 삼투압 조절 및 각종 효소의 보조 인자로 작용하여 생체의 활동, 성숙 및 성장에 관여한다(NRC, 1993). 미네랄의 섭취가 부족하면 성장, 사료효율 및 식욕이 감소되고 폐사율이 높아지는 등 무기물의 종류에 따라서 여러 가지 부작용이 초래된다. 미네랄은 그 요구량 차이에 따라 Ca와 P 등과 같은 대량원소 외에는 그들의 요구량이 낮기 때문에 연구에 어려움이 따르며, 현재까지 어류에 대하여 Ca, P, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Se과 I의 요구량이 연구되어 왔다. 어패류는 미네랄들을 환경수로부터 아가미와 피부를 통하여 받아들이고, 먹이 중의 미네랄을 장으로 흡수한다. 그러나 어류가 필요로 하는 미네랄을 수중에서 섭취할 수 없다면, 사료에 필요량을 첨가하여 주어야 할 것이다. 더욱이 고밀도 양식이 이루어지는 어종에 대해서는 그들이 천연적인 먹이로부터 필요한 미네랄을 모두 섭취할 수 없으므로 배합사료에 부족한 미네랄의 첨가는 필수적이다. 따라서 양식어의 성장을 최대로 유지하고 사료효율을 높이기 위해서는 대상 어종의 미네랄 요구에 관한 연구가 먼저 수행되어야 할 것으로 판단된다.

지금까지 참전복용 배합사료를 개발하기 위한 일련의 연구(이 등, 1997)가 수행되어 왔지만, 비타민 및 미네랄의 요구량에 관한 연구는 수행되지 못했기 때문에 배합사료의 적정 비타민 및 미네랄의 첨가수준을 예측하기 힘든 상황이다. 그래서 본 연구에서는 위에서 이미 연구된 실용적인 배합사료 조성으로 사료를 제조하였을 때 첨가되어야 할 비타민 및 미네랄 혼합물 함량을 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

앞 실험에서 제시한 경제적인 참전복용 배합비에 전복용 배합사료 연구(이 등, 1997)에 계속 사용하여온 vitamin 및 mineral premix의 첨가수준을 달리하

여 총 9종의 실험 배합사료를 설계하여(Table 37) 배합되는 사료원료의 단가가 kg 당 550원에서 1,370원까지 조정하였다. 실험 사료 성형은 실험 사료 배합비대로 각 원료를 잘 혼합한 후 이화유지(주)에 의뢰하여 두께 0.15 cm가 1 cm

Table 37. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Experimental diets								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
White fish meal	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Soybean meal	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
Undaria powder	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Wheat flour	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	22.3	24.3	22.3
Spirulina	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Embryo meal	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
α-potato starch	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Yeast	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Squid liver oil	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lecithin	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin premix[1]			0.5	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0
Mineral premix[2]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		2.0	6.0
Sodium alginate	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
α-Cellulose	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5		6.0	2.0	
Choline chloride		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Enzyme mix[3]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Nutrient contents (%) in dry matter									
Crude protein					33.5~33.8				
Crude lipid					5.5~ 5.8				
Carbohydrate[4]					36.2~37.9				
Crude ash	10.5	10.5	10.5	10.6	10.6	10.4	8.0	9.7	11.3
Crude fiber	2.6	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6
n-3HUFA[5]					1.1				
Cost (won)[6]/kg	547	550	745	940	1135	1330	1210	1290	1366

[1,2]Refer to Table 1.

[3]Kemin Industries, Inc., Singapore.

[4]Calculated.

[5]Highly unsaturated fatty acids (C≥20).

[6]Cost of ingredients except for diet processing cost based on the price in 1996.

사각이 되도록 절단하였으며, 진공건조시킨 후 냉동고에 보관(-25℃)하면서 사료 급여시마다 사용하였다.

2. 실험어 및 사육관리

실험치패는 평균 평균체중 100㎎의 참전복을 선별하여 27개의 각 실험수조(20 ℓ)에 70마리씩 임의 배치하여 각 사료당 3반복으로 4개월 사육 실험하였다. 사료는 2일 1회 각 실험수조마다 2~4 g 씩 급여하였고, 먹고 남은 잔량은 다음 사료 급여 전에 수거하였다. 주수량은 3 ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온은 12~17℃(평균±표준편차, 13.4±1.17℃), 비중은 1.026~1.028(평균±표준편차, 1.027±0.0005)였다. 분석용 어체는 실험 시작시 100마리, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관(-75℃)하다가 각 무게, 각장, 각폭 등을 측정한 후, 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다.

결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

실용적인 배합비에 비타민 혼합물(0~2%)과 미네랄 혼합물(0~6%)를 각각 달리 첨가하여 0.1 g 전후의 참전복 치패를 4개월간 사육실험한 결과(Table 38과 30), 생존률은 비타민 혼합물이 1% 및 2% 첨가 실험구(사료 4와 6)와 미네랄 혼합물이 0% 및 2% 첨가 실험구(사료 8)가 89%로 비타민 혼합물 1.5% 첨가구(사료 5)와 0.5% 첨가구(사료3)의 78~81%보다 높았다($P>0.05$), 하지만 생존률의 변화는 사료의 비타민 또는 미네랄 혼합물의 첨가 수준에 따른 특별한 경향은 없었다. 최종 평균체중, 증체율, 가식부 중량, 체중에 대한 가식부 중량비, 각장, 각폭 및 각장에 대한 체중비의 값들은 사료의 비타민 및 미네랄에 영향을 받지 않았다($P>0.05$).

가식부의 일반성분(Table 40)중에서 최종 가식부의 수분은 75.2~77.9%로 실험 시작시의 81.4%보다 감소하였으며, 미네랄 혼합물 6%첨가구가 75.2%로 가

Table 38. Survival and body weight growth of abalone fed different diets for 4 months[1]

Diet no	Initial av. wt.(g)	Final av. wt.(g)	Survival rate (%)	Weight gain (%)[2]	Soft body wt.(g)	Soft body wt.(g)/ whole body wt.(g)
1	0.11±0.011	0.45±0.075	84 ± 3.5^{abc}	308±38.2	0.248±0.032	0.596±0.0044
2	0.10±0.024	0.43±0.078	84 ± 3.2^{abc}	333±19.0	0.253±0.026	0.604±0.0084
3	0.11±0.008	0.53±0.063	81 ± 2.0^{ab}	365±28.2	0.298±0.045	0.624±0.0102
4	0.10±0.003	0.44±0.046	89 ± 1.2^{c}	338±62.4	0.267±0.022	0.605±0.0049
5	0.10±0.010	0.51±0.040	78 ± 2.4^{a}	428±50.3	0.291±0.023	0.623±0.1170
6	0.09±0.003	0.42±0.026	89 ± 2.6^{c}	339± 9.8	0.252±0.025	0.607±0.0091
7	0.10±0.015	0.48±0.029	89 ± 0.8^{c}	392±46.3	0.253±0.014	0.603±0.0026
8	0.09±0.011	0.46±0.055	89 ± 2.0^{c}	402±20.4	0.258±0.034	0.532±0.0774
9	0.10±0.020	0.47±0.096	84 ± 2.8^{abc}	385±36.5	0.264±0.040	0.592±0.0163

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2](final weight - initial weight) x 100/initial weight.

Table 39. Shell growth of abalone fed different diets for 4 months[1]

Diet no	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Body wt. (g)/ shell length (cm)
1	14.37±0.617	10.21±0.384	0.287±0.0255
2	14.13±0.504	10.17±0.401	0.295±0.0202
3	14.73±0.600	10.59±0.382	0.321±0.0300
4	14.70±0.458	10.65±0.348	0.299±0.0151
5	14.80±0.351	10.73±0.310	0.325±0.0052
6	14.07±0.375	10.30±0.268	0.294±0.0169
7	14.53±0.218	10.57±0.103	0.289±0.0116
8	14.37±0.536	10.35±0.361	0.349±0.0533
9	14.70±0.600	10.59±0.412	0.299±0.0291

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

Table 40. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	81.44	13.82	0.97	2.92
Final				
1	76.95 ± 0.829^{ab}	14.37 ± 0.384^{ab}	1.33 ± 0.072^{a}	3.11 ± 0.090^{b}
2	76.41 ± 0.545^{ab}	15.16 ± 0.243^{bc}	1.43 ± 0.010^{ab}	2.91 ± 0.071^{ab}
3	77.28 ± 0.333^{b}	14.37 ± 0.160^{ab}	1.44 ± 0.047^{ab}	2.84 ± 0.102^{a}
4	75.83 ± 0.928^{ab}	14.64 ± 0.495^{abc}	1.48 ± 0.143^{ab}	2.87 ± 0.064^{ab}
5	76.83 ± 0.195^{ab}	14.52 ± 0.188^{abc}	1.49 ± 0.087^{ab}	2.80 ± 0.025^{a}
6	77.91 ± 0.175^{b}	13.76 ± 0.259^{a}	1.34 ± 0.066^{a}	2.81 ± 0.028^{a}
7	76.32 ± 0.621^{ab}	14.79 ± 0.464^{abc}	1.31 ± 0.086^{a}	3.00 ± 0.049^{ab}
8	76.41 ± 0.946^{ab}	14.88 ± 0.570^{abc}	1.44 ± 0.086^{ab}	2.96 ± 0.132^{ab}
9	75.19 ± 0.364^{a}	15.76 ± 0.364^{c}	1.65 ± 0.006^{b}	2.84 ± 0.014^{a}

[1]Values (mean±s.e. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

장 낮았다($P<0.05$). 단백질 함량은 실험 시작시보다 실험 종료시에 대체로 높아졌으며, 미네랄 혼합물 6% 첨가구가 15.8%로 가장 높았다($P<0.05$). 실험 시작시 0.97%였던 지질 함량은 종료시 1.31~1.65% 범위로 모든 실험구에서 증가되었으며, 미네랄 혼합물 6% 첨가구가 가장 높은 값을 보였다($P<0.05$). 회분함량은 실험 전후 2.8~3.1%범위로 서로 비슷한 수준을 유지하였으며, 실험 종료시에는 비타민 혼합물 무첨가 실험구가 가장 높았다($P<0.05$).

이상의 결과로부터 본 실험의 배합비에서는 비타민 혼합물과 미네랄 혼합물은 별도로 보충하지 않아도 될 것으로 판단된다. 이미 언급한 것 처럼 비타민이나 미네랄은 가격이 비싸기 때문에 이들의 과잉의 첨가는 경제적인 낭비를 초래한다. Table 37에 표시한 각 사료의 단가를 살펴보면, 비타민과 미네랄 혼합물을 경제적인 조성비로 설계된 사료에 앞 실험(이 등, 1997e)에서 사용한 수준으로 첨가했을 때(본 실험 사료 6) 1,330원/kg이었고, 비타민과 미네랄 혼합물 첨가 수준에 따라 547~1,366원/kg으로 나타났다. 따라서 본 실험의 결과는 사료단가를 500원대/kg까지도 절감실킬 수 있을 것으로 기대된다.

여 백

제 10 장 배합사료 및 천연먹이 공급시 적정 사육밀도

제 1 절 서 론

전복류는 세계적으로 100여종 이상이 분포하고 있으며, 이중 어획대상이 되는 종으로는 약 20종으로 주로 온대수역에서 많이 생산되고 있다. 우리 나라에는 난류계의 말전복, 둥근전복, 시볼트전복과 한류계인 참전복이 서식하고 있으며(柳, 1979), 제주도를 제외한 대부분 지역의 겨울철 최저 수온이 12℃이하로 서식 환경에 적합한 종으로는 한류계인 참전복이 가장 적합한 양식 대상종으로 생각되어지며, 주요 산업종으로 활용되고 있다.

전복의 생산량은 자연산이 1990년대 이후 급격히 감소하는 반면, 양식 생산량은 점진적으로 증가 추세를 보이고 있다(농림수산통계연보, 1994년). 전복 양성 방법으로는 자연산 및 인공종묘를 구입하여 연안 방류 재포방식 및 채롱 수하식 양성이 주종을 이루었으나, 적합한 양식장의 제한, 태풍에 의한 피해, 부착생물의 부착 및 도난의 위험 등의 환경이 부적합하여 최근에는 종묘생산과 양성에 이르기까지 육상 수조에서 완전 양식이 시도되고 있는 추세이다. 그러므로 양식 생산량이 자연산에 비해 증가하고 있으며, 특히 육상 수조에서의 양식 방법의 개선은 매우 중요한 과제이다. 전복의 종묘에 관한 연구로는 卞(1970)의 전복의 증식에 관한 연구와 金·趙(1976)의 충무 근해산 참전복의 조기 채묘 기술에 관한 연구, 李·卞(1978)등의 전복 종묘 생산 기술 확립과 인공 사육에 관한 연구가 있으며, 盧·柳(1984), 金(1992), 韓(1994) 및 羅(1996)등의 부착규조 및 먹이에 관한 연구가 있다. 이와 병행하여 1970년대 후반기에 국립수산진흥원의 지속적인 기술 개발에 의하여 전복 종묘 생산 기술이 확립되어 있다. 전

복 양성에 관한 연구로는 池 · 柳(1988)의 수하식 양성(채롱)에 의한 참전복 치패의 수용 밀도와 성장에 대한 연구와 鄭(1994)등의 참전복 치패 성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향에 대한 연구 및 朴(1993)의 폐쇄 순환 여과 시스템에서의 전복류 치패 사육 밀도와 성장에 대한 연구 등이 연구되었다.

전복 양식장에서는 양성용 먹이로 생미역, 생다시마와 같은 천연 먹이를 주로 사용하다가 여름에는 건조 다시마를 공급하고 있는 실정이어서 체계적인 양식 발전의 걸림돌이 되고 있다. 이러한 천연 먹이는 생산량에 따라 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격의 변동이 심하고, 성장 또한 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로 보고되어 있다(Viana et al., 1993). 그러므로 전복 양식장에서는 최근에 배합사료로 대체하고 있으나, 국내산 배합사료가 개발되지 않아 외국산 배합사료를 수입하고있는 실정이다. 그래서 최근 국내 배합사료 개발을 위하여 일련의 연구가 진행되어 왔다(이 등 1997). 전복은 어류와는 달리 부착하여 먹이를 섭취하는 동물로서 서식하는 범위가 한정되어 충분한 공간이 확보되어야 할것으로 생각되어지며, 어류를 사육하는 개념으로는 적정 사육밀도를 산출할 수 없고, 육상 수조의 경우 면적을 기준으로 밀도를 적절히 조절하여 사육하는 것이 바람직 할것으로 판단된다. 그래서 본 연구는 육상수조에서 앞에서 제시한 경제적인 배합비로 제조된 배합 사료와 천연먹이를 각각 다른 먹이로하여, ㎡당 사육 마리수를 달리하여 먹이종류 및 사육밀도에 따른 성장, 생존율 및 체성분에 미치는 영향을 조사 비교하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

실험 배합사료(Experimental diet)와 천연먹이(Natural Diet)를 공급하였으며, 실험 배합사료의 성분은 앞에서 제시한 경제적인 배합비, 즉 단백질과 탄수화

물원으로 북양어분, 대두박, 소맥분, 건조미역 분말 등을 첨가하였고, 지질원으로는 오징어간유를 첨가하여 단백질이 33.8%, 지질이 5.8%가 되도록 하였다 (Table 41). 천연먹이는 여천 근해산 생미역(*Undaria*)을 공급하였다.

2. 실험 전복 및 사육관리

실험에 사용된 치패는 인공산 참전복(*H. discus hannai*)을 사용하였고, 실험 시작시 치패의 평균 각장은 8.41㎜, 전중량은 0.05g로 총개체수는 6,438마리 였다. 실험에 사용된 사육 수조는 불투명 플라스틱 750㎠ (30×25×H20㎝ ; 15ℓ)를 이용하였으며, 수조내에 shelter(25×30㎝의 불투명 경질파판)를 1개씩 설치하였다. 배합사료와 천연사료를 각각 다른 먹이로 사육밀도에 따른 성장을 비교하기 위하여 2(사료종류) × 4(사육밀도) × 3(반복)으로 실시하였다.

1) 치패먹이 및 사육환경

실험 기간중 먹이 공급 시기는 잔류 먹이 및 배설물은 완전히 제거한 후 격일로 개체 중량의 10%이상을 충분히 주었다. 사육 수온 조절은 저수온기에는 보일러로 15℃이상 가온한 해수를 유수 사육하였으며, 수온이 15℃이상에서는 자연 해수를 유수하여 먹이를 충분히 먹을수 있도록 하였다. 조도는 실내 자연채광으로 비교적 어둡게 하였으며, 주수량은 0.3ℓ/min.이상으로 조절하였다. 사육 환경 조사는 디지탈 수온계, 비중계, pH Meter (MODEL-Metrohm 704) 및 DO Meter (MODEL KOK-2F)를 사용하여 측정하였다.

2) 사육밀도

배합사료 및 해조류 실험구의 사육밀도는 사육면적과 Shelter의 단면적을 동일하게 하였으며, 사육밀도는 ㎡당 1430마리, 2860마리, 4290마리 및 5720마리로 설정하여 각 사육 밀도간에 따른 성장 및 생존율 차이를 비교하였다.

Table 41. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Experimental diet (ED)	Natural food (ND)
White fish meal	20.0	
Soybean meal	23.0	
Undaria powder	5.0	
Wheat flour	22.3	
Spirulina	0.5	
Embryo meal	5.0	
α-potato starch	7.0	Sea mustard
Yeast	2.0	(*Undaria*)
Squid liver oil	3.0	
Lecithin	0.5	
Vitamin premix[1]	2.5	
Mineral premix[2]	4.0	
Sodium alginate	5.0	
Enzyme mix[3]	0.20	
Nutrient contents (dry matter basis)		
Crude protein	33.8	20.0
Crude lipid	5.8	1.3
Crude ash	10.5	38.7
Crude fiber	3.6	

[1,2]Refer to Table 1.

[3]Kemin Industries, Inc., Singapore.

3) 성장 및 생존율 조사

성장 조사는 실험시작시에는 300마리의 치패를 무작위로 선택하여 각장, 각폭, 각고, 전중량 및 가식부중량을 측정하였다. 실험 종료시에는 각 실험구 당 생존 마리수와 전체 무게를 측정한 후, 각 수조별로 sample을 취하여 -85℃에 보관하였으며, 각각의 각장, 각폭, 각고, 전중량 및 가식부중량을 측정하였다. 치패의 생존율은 2일간격으로 폐사 개체 유무를 확인하여 누적 폐사 개체수를

환산하여 생존율을 구하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반 성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 사료의 아미노산은 이 등(1996)이 사용한 방법으로 분석하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수질환경 변화

실험기간중의 수온 범위는 16.0~21.5℃(17.8±1.27℃)로 실험 개시시인 3월이 가장 낮았고 종료시인 6월이 가장 높았다(Fig. 11). 비중 범위는 1.0236~1.0258 (1.0245±0.0005), pH 8.2~8.4 및 용존산소 4.7~6.8㎎/ℓ로 비교적 안정된 수질을 유지 하였다.

2. 치패의 성장

배합사료 및 생사료를 각각 달리 공급하여 사육밀도에 따른 치패의 성장을 알아보기 위해 사육면적 ㎡당 1430, 2860, 4290 및 5720마리를 설정하여 사육

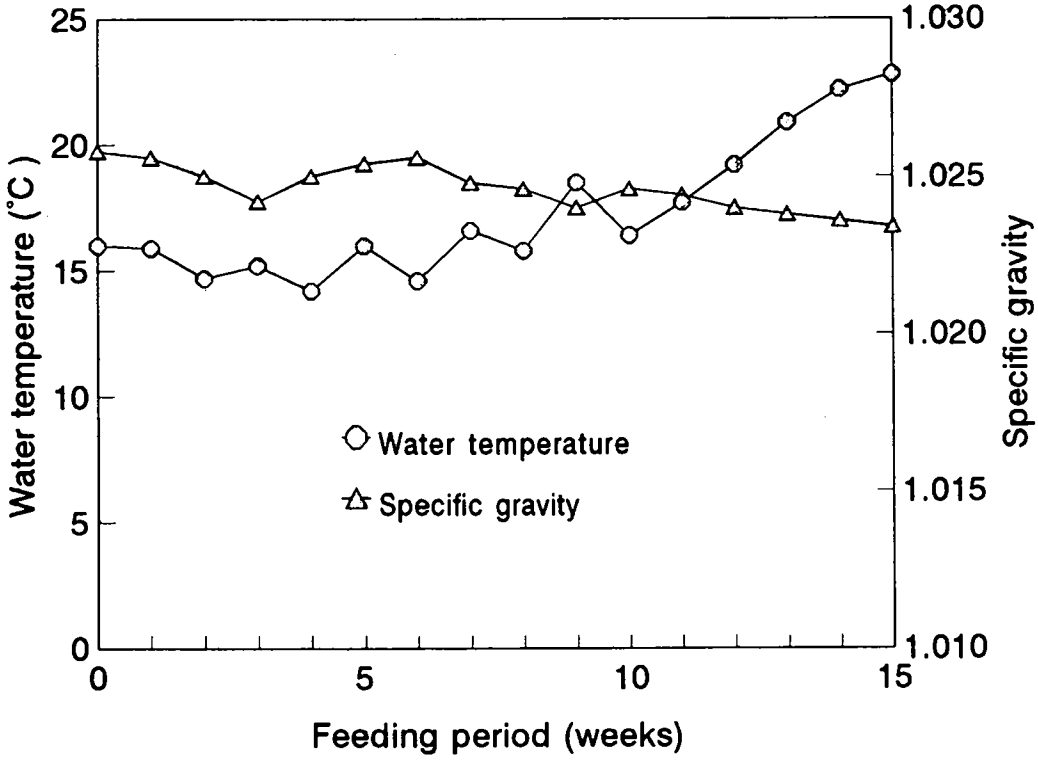


Fig. 11. Variation of water temperature and salinity during the experimental period.

1) 각장의 성장

실험 시작시 치패의 평균 각장 8.41㎜인 치패를 15주일간 사육한 후 각장 성장은 배합사료 1430 마리구에서 각장 17.19㎜로 가장 높게 나타났고, 생사료 5720마리구에서 각장 11.69㎜로 가장 낮았다(Fig. 12, Table 42). 두 실험구의 각장 성장차는 배합사료 1430마리구가 8.78㎜, 생사료 5720마리구가 3.28㎜로 5.5㎜이상으로 나타났다. 이 차이는 각장 증가량으로 볼 때 약 2.68배에 해당되는 값이다. 전 사육 실험구에서 각장의 성장을 비교해보면 배합사료 1430마리구가 17.19㎜, 2860마리구가 16.33㎜, 4290마리구가 15.16㎜ 및 5720마리구가 14.52㎜이며, 생사료 1430마리구가 14.12㎜, 2860마리구가 13.45㎜, 4290마리구가 12.93㎜ 및 5720마리구가 11.69㎜이었다(Table 42). 즉 각 실험구 당 0.7㎜이상 성장차가 나타났으며, 배합사료 1430마리구와 생사료 1430마리구의 성장차는 3.07㎜로 나타났으며, 배합사료 5720마리구와 생사료 5720마리구의 성장차는 2.83㎜로 나타났다.

각장의 일간 성장량으로 비교해 보면 배합사료 1430마리구에서 가장 높은 83.62㎛을 보였으며, 생사료 5720마리구에서 제일 낮은 31.23㎛을 보였다. 먹이 종류에 따라서는 배합사료구가 58.19~83.62㎛로 생사료 31,23~54.38㎛에 비해 월등히 높게 나타났다. 사육밀도에서는 배합사료 1430마리구가 83.62㎛로 배합사료 5720마리구 58.19㎛에 비해 높게 나타났으며, 생사료 1430마리구 54.38㎛로 생사료 5720마리구 31.23㎛에 비해 높은 경향이었다. 실험 종료시 각장의 성장은 배합사료구가 생사료구보다 높았으며, 사육밀도가 낮을수록 높은 경향을 보였다($P<0.05$).

2) 각폭의 성장

실험 시작시 평균 각폭 6.08㎜에서 실험 종료시인 사육 15주일 후 각폭의 성장은 배합사료 1430마리구에서 12.36㎜로 가장 높게 나타났고, 생사료 5720마리

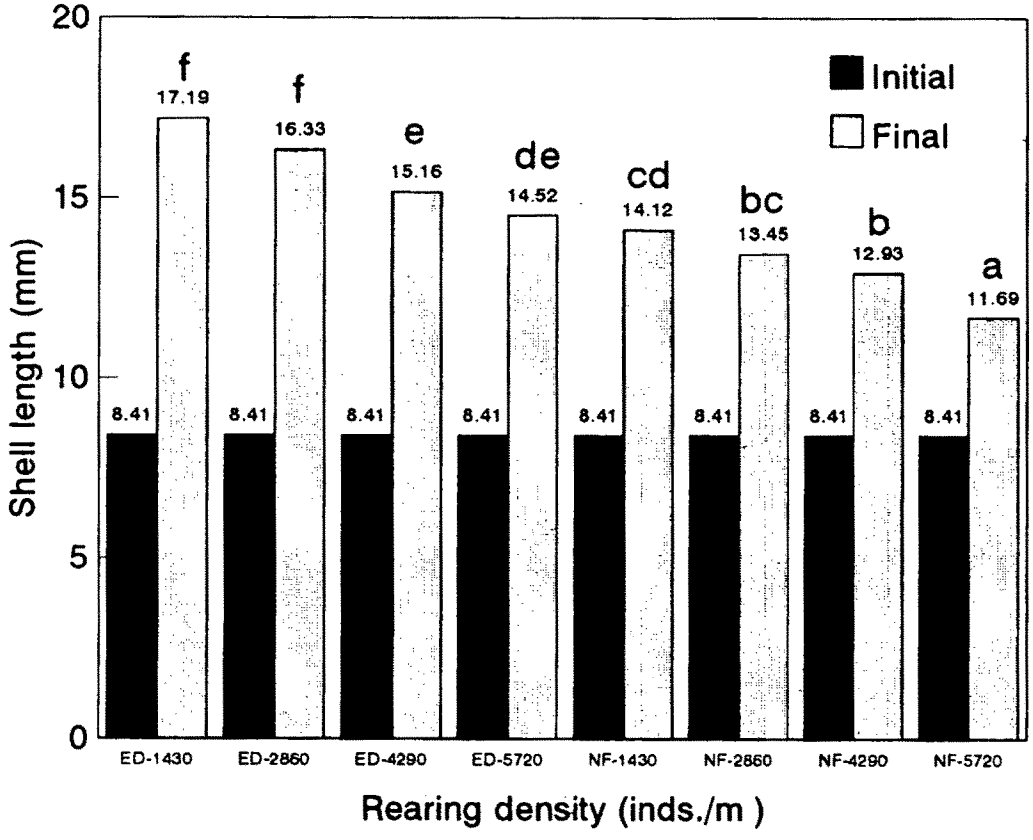


Fig. 12. Initial and final average shell length of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 42. Growth performance of abalone fed different diets for 15 weeks[1]

Diet no	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Shell height (mm)	Body wt.(g)/ shell length(cm)
ED-1430	17.19 ± 0.55^{f}	12.36 ± 0.425^{e}	3.89 ± 0.078^{e}	0.382 ± 0.029^{e}
ED-2860	16.33 ± 0.46^{f}	11.86 ± 0.276^{e}	3.83 ± 0.065^{e}	0.350 ± 0.019^{e}
ED-4290	15.16 ± 0.33^{e}	11.01 ± 0.183^{d}	3.64 ± 0.035^{d}	0.308 ± 0.003^{e}
ED-5720	14.52 ± 0.11^{de}	10.45 ± 8.544^{cd}	3.39 ± 0.046^{d}	0.269 ± 0.005^{d}
NF-1430	14.12 ± 0.42^{cd}	10.09 ± 0.301^{c}	3.25 ± 0.070^{c}	0.255 ± 0.012^{cd}
NF-2860	13.45 ± 0.81^{bc}	9.86 ± 1.072^{bc}	3.13 ± 0.172^{bc}	0.232 ± 0.027^{bc}
NF-4290	12.93 ± 0.34^{b}	9.21 ± 0.214^{b}	3.02 ± 0.042^{b}	0.219 ± 0.011^{b}
NF-5720	11.69 ± 0.31^{a}	8.34 ± 0.199^{a}	2.79 ± 0.045^{a}	0.162 ± 0.011^{a}

Table 42. Continued

Diet no	Initial wt.(g)	Final wt.(g)	Survival rate (%)	Weight gain (%)[2]	Soft body wt.(g)	Soft body wt.(g)/ whole body wt.(g)
ED-1430	0.15 ± 0.011	0.66 ± 0.062^{e}	82 ± 4.0^{e}	349.9 ± 29.11^{f}	0.409 ± 0.042^{e}	0.619 ± 0.0098^{d}
ED-2860	0.13 ± 0.004	0.57 ± 0.029^{e}	78 ± 5.5^{de}	344.2 ± 34.99^{f}	0.349 ± 0.015^{e}	0.608 ± 0.0144^{cd}
ED-4290	0.13 ± 0.005	0.47 ± 0.007^{e}	66 ± 2.0^{bc}	258.0 ± 10.49^{e}	0.289 ± 0.005^{c}	0.614 ± 0.0171^{d}
ED-5720	0.13 ± 0.006	0.38 ± 0.010^{d}	59 ± 4.4^{ab}	195.9 ± 19.57^{cd}	0.233 ± 0.005^{d}	0.598 ± 0.0211^{cd}
NF-1430	0.14 ± 0.011	0.36 ± 0.023^{cd}	70 ± 4.4^{cd}	165.1 ± 16.85^{bc}	0.219 ± 0.015^{cd}	0.602 ± 0.0061^{cd}
NF-2860	0.10 ± 0.004	0.32 ± 0.052^{bc}	67 ± 7.4^{bc}	212.7 ± 45.09^{d}	0.183 ± 0.035^{bc}	0.584 ± 0.0095^{bc}
NF-4290	0.12 ± 0.009	0.29 ± 0.021^{b}	62 ± 4.6^{abc}	141.8 ± 15.76^{b}	0.160 ± 0.010^{b}	0.565 ± 0.0126^{ab}
NF-5720	0.12 ± 0.010	0.19 ± 0.018^{a}	56 ± 7.1^{a}	58.7 ± 4.21^{a}	0.103 ± 0.005^{a}	0.545 ± 0.0199^{a}

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).
[2](final weight - initial weight) x 100/initial weight.

구에서 8.34㎜로 가장 낮았다(Fig. 13, Table 42). 전 실험구에서 각폭의 성장은 배합사료 1430마리구가 12.36㎜, 2860마리구가 11.86㎜, 4290마리구가 11.01㎜, 5720마리구가 10.45㎜이며 생사료 1430마리구가 10.09㎜, 2860마리구가 9.86㎜, 4290마리구가 9.21㎜, 5720마리구가 8.34㎜로 배합사료 1430, 2860, 4290마리구와 생사료 2860, 4290, 5720마리구는 뚜렷한 차이를 나타내었다($P<0.05$).

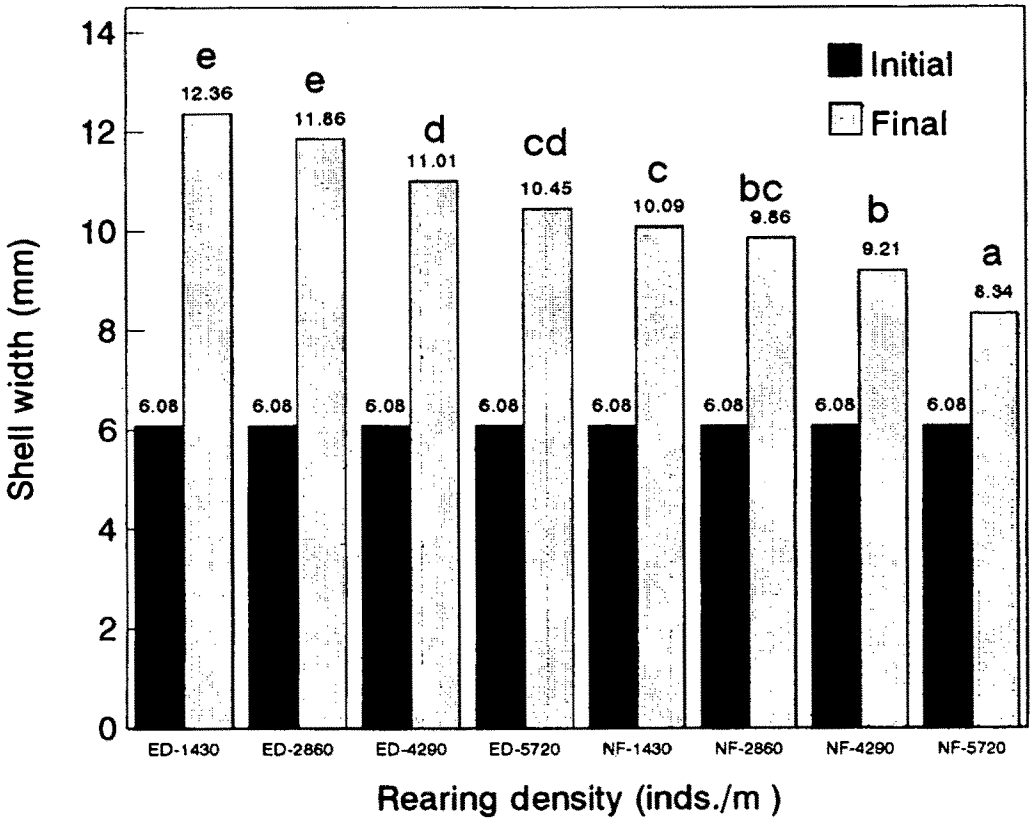


Fig. 13. Initial and final average shell width of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

각폭의 일간 성장량으로 비교해 보면 배합사료 1430마리구에서 가장 높은 59.80㎛을 보였으며, 생사료 5720마리구에서 제일 낮은 21.52㎛을 보였다. 먹이 종류에 따라서는 배합사료구가 41.61~59.80㎛로 생사료 21.52~38.19㎛에 비해 비교적 높게 나타났다. 사육 밀도에서는 배합사료 1430마리구가 59.80㎛로 배합사료 5720마리구 41.62㎛에 비해 높게 나타났으며, 생사료 1430마리구 38.19㎛로 생사료 5720마리구 21.52㎛에 비해 높은 경향이었다($P<0.05$).

3) 각고의 성장

실험 시작시 평균 각고 2.07㎜에서 실험 종료시인 사육 15주일 후 각고의 성장은 배합사료 1430마리구에서 3.89㎜로 가장 높게 나타났고, 생사료 5720마리구에서 2.79㎜로 가장 낮았다(Fig. 14, Table 42). 각고의 일간 성장량으로 비교해 보면 배합사료 1430마리구에서 가장 높은 17.33㎛을 보였으며, 생사료 5720마리구에서 가장 낮은 6.86㎛을 보였다. 먹이종류에 따라서는 배합사료구가 12.57~17.33㎛로 생사료 6.86~11.24㎛에 비해 비교적 높게 나타났다. 사육밀도에서는 배합사료 1430마리구가 17.33㎛로 배합사료 5720마리구 12.57㎛에 비해 높게 나타났으며, 생사료 1430마리구 11.24㎛로 생사료 5720마리구 6.86㎛에 비해 높은 경향이었다. 각 실험구의 성장차는 실험시작시 각장 2.07㎜에서 실험종료시 생 사료 5720마리구가 2.79㎜, 배합사료 1430마리구가 3.89㎜로 나타났으며, 각고의 성장차 역시 각장과 같이 배합사료구가 생사료구보다 높았으며, 사육밀도가 낮을수록 높은 경향을 보였다($P<0.05$).

4) 전중의 성장

실험 시작시 치패의 전중은 평균 0.05g에서 사육 15주일 후 성장은 배합사료 1430마리구에서 0.66g으로 가장 높게 나타났고, 생사료 5720마리구에서 0.19g으로 가장 낮았다(Fig. 15, Table 42). 두 실험구의 성장차는 배합사료 1430마리구가 0.66g으로 생사료 5720마리구 0.19g보다 약 3.5배의 성장을 나타내었다. 전

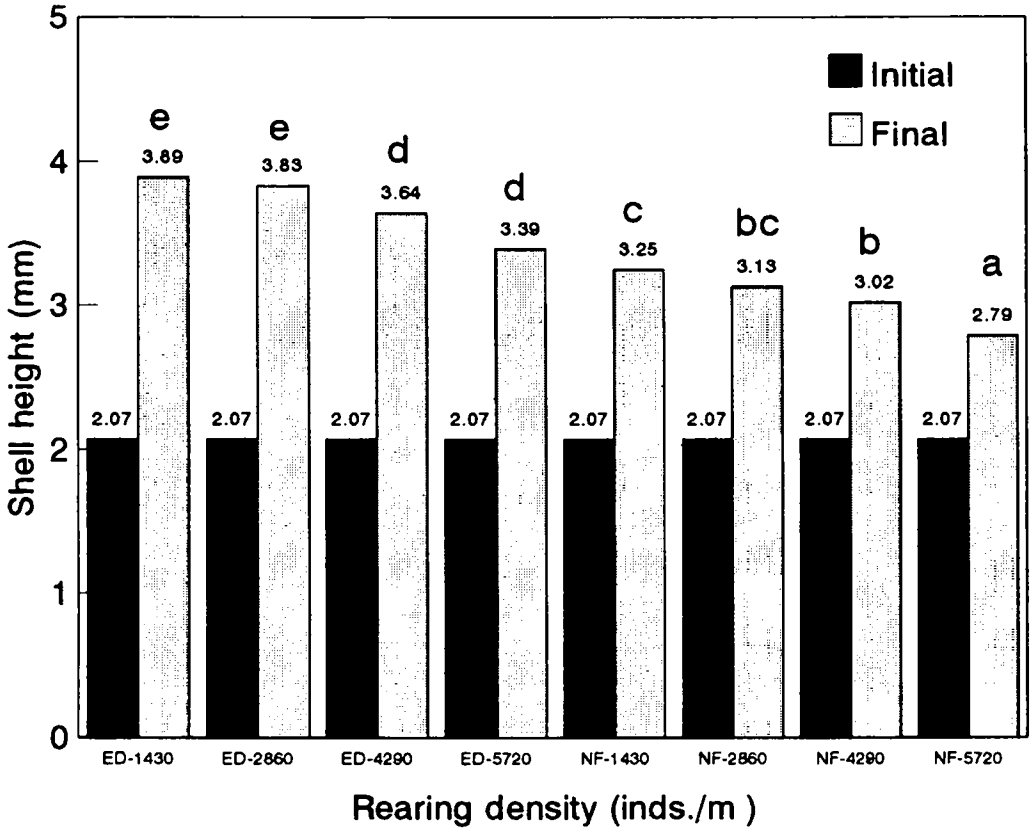


Fig. 14. Initial and final average shell height of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

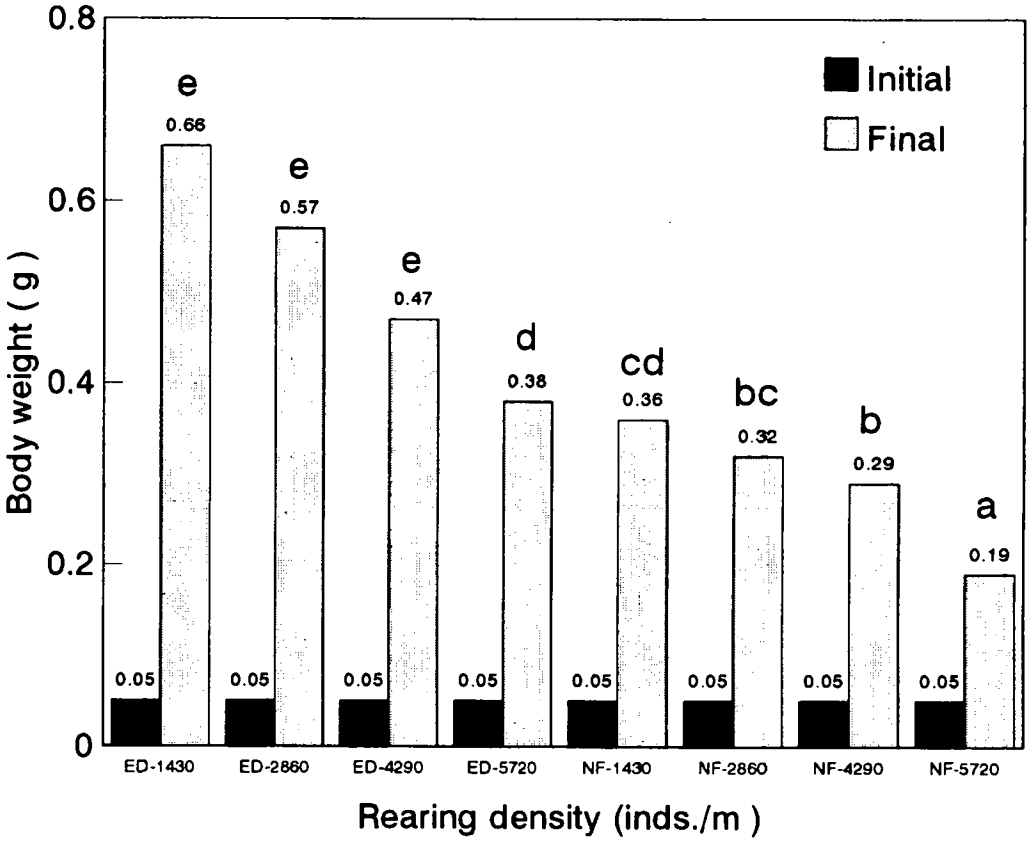


Fig. 15. Initial and final average body weight of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

실험구에서 각장의 성장은 배합사료 1430마리구가 0.66g, 2860마리구가 0.57g, 4290마리구가 0.47g, 5720마리구가 0.38g이며, 생사료 1430마리구가 0.36g, 2860마리구가 0.32g, 4290마리구가 0.29g, 5720마리구가 0.19g이었다. 먹이 종류에 따른 전중의 성장은 배합사료구가 생사료에 비해 높은 경향이며, 사육 밀도가 낮을수록 높은 경향을 보였다($P<0.05$). 그러나 배합사료 최고 밀도인 5720마리구와 생사료 최저밀도인 1430마리구를 비교하면 성장차가 없었다($P>0.05$). 전중의 일간 성장량으로 비교해 보면 배합사료 1430마리구에서 가장 높은 5.81㎎이었으며, 생사료 5720마리구에서 가장 낮은 1.33㎎이었다. 먹이 종류에 따라서는 배합사료구가 3.14~5.81㎎으 로 생사료 1.33~2.95㎎에 비해 비교적 높게 나타났다. 사육 밀도에서는 배합사료 1430마리구가 5.81㎎로 배합사료 5720마리구 3.14㎎에 비해 높게 나타났으며, 생사료 1430마리구 2.95㎎으로 생사료 5720마리구 1.33㎎에 비해 높은 경향이었다. 증체율로서 비교하면 배합사료 1430, 2860, 4290마리구가 높게 나타났고, 생사료 1430, 4290, 5720마리구가 낮았다. 배합사료구는 밀도가 낮을수록 증체율이 높은 경향이나, 생사료구는 2860마리구가 가장 높았다($P<0.05$).

5) 가식부 중량의 성장

실험 시작시 치패의 가식부 중량은 평균 0.03g 이었고, 실험 종료시인 사육 15주일 후 성장은 배합사료 1430 마리구에서 0.41g으로 가장 높게 나타났고, 생사료 5720마리구에서 0.10g으로 가장 낮았다. 전 실험구에서 성장은 배합사료 1430마리구가 0.41g, 2860마리구가 0.35g, 4290마리구가 0.29g, 5720마리구가 0.23g이며, 생사료 1430마리구가 0.22g, 2860마리구가 0.18g, 4290마리구가 0.16g, 5720마리구가 0.10g이었다(Table 42). 가식부의 성장은 배합사료구와 생사료구는 사육밀도가 낮을수록 높은 경향을 보였다($P<0.05$).

3. 치패의 생존율

치패의 생존율은 배합사료 1430마리구에서 가장 높은 82%를 보였으며, 생사료 5720마리구에서 제일 낮은 56%를 나타내었다(Fig. 16, Table 42). 먹이종에 따라서는 배합사료구가 59~82%로 생사료 56~70%보다 높게 나타났으며, 사육밀도에 따라서는 배합사료 1430마리구가 82%, 배합사료 2860마리구가 78%, 배합사료 4290마리구가 66% 및 배합사료 5720마리구가 59%로 나타나 생존율이 가장 높은 배합사료 1430마리구 82%와 생존율이 가장 낮은 배합사료 5720마리구 59%보다는 23%가 높게 나타났으며, 생사료 1430마리구가 70%, 생사료 2860마리구가 67%, 생사료 4290마리구가 62% 및 생사료 5720마리구가 56%로 나타나 생존율이 가장 높은 생사료 1430마리구 70%와 생존율이 가장 낮은 생사료 5720마리구 56%보다는 24%가 높게 나타났다. 치패의 실험 종료시 생존율은 사육밀도가 낮을수록 높은 생존율을 나타내었다($P<0.05$).

4. 가식부 성분 변화

실험 종료시 수분은 생사료 1430마리구에서 79.6%로 가장높게 나타났으며, 배합사료 5720마리구에서 가장 낮게 나타났다(Table 43). 먹이별로는 배합사료구 76.1~78.1%, 생사료 78.8~79.0%로 생사료구가 배합사료구보다 비교적 높게 나타났으며, 사육밀도에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 단백질은 생사료 1430마리구에서 14.8%로 가장 높게 나타났으며, 배합사료 1430마리구 및 2860마리구에서 12.6%로 가장 낮게 나타났다. 먹이별로는 배합사료구 12.6~13.0%, 생사료 13.9~14.8%로 생사료구가 배합사료구보다 다소 높게 나타났다. 지질은 배합사료구에서 1.6~1.7%로 생사료 1.3~1.4%에 비해 높은 경향이 있으며, 회분의 경우 배합사료구에서 3.3~3.9%로 생사료 2.6~2.8%에 비해 높은 경향이 있으나 유의한 차이는 발견할 수 없었다($P>0.05$).

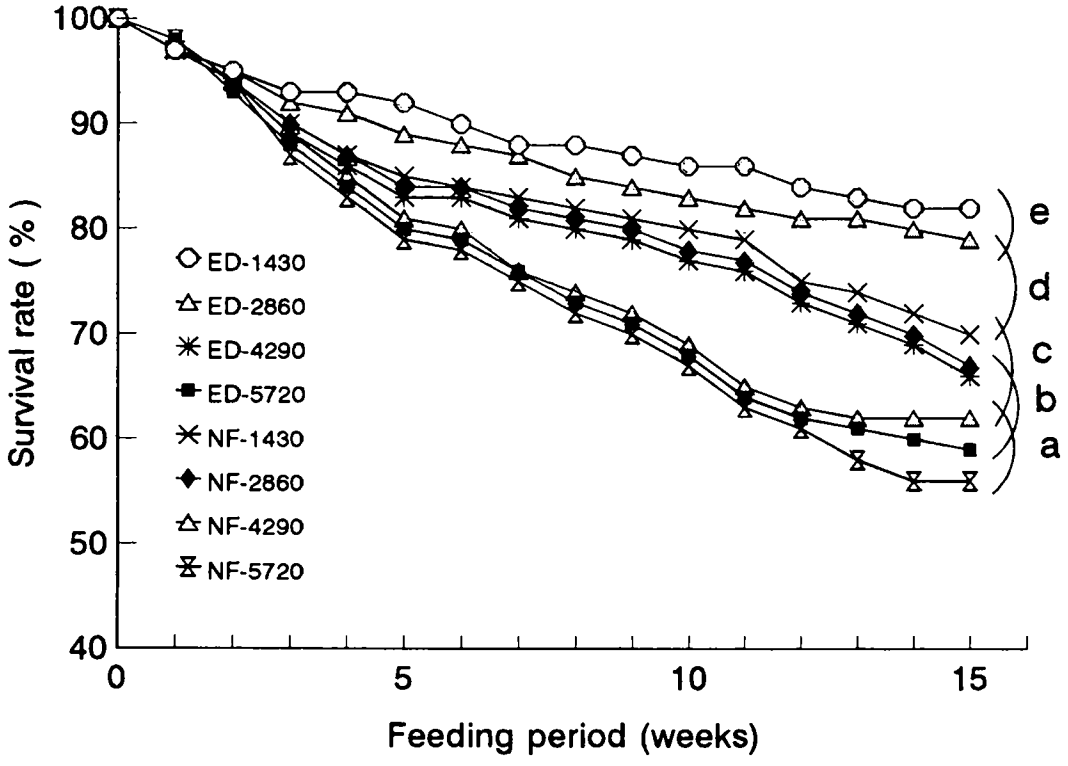


Fig. 16. Initial and final survival rate of abalone fed experimental diet (ED) and natural food (NF) dependent on the different densities. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 43 Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial				
Final				
ED-1430	77.9 ± 0.34^{ab}	12.6 ± 0.18^{a}	1.7 ± 0.13^{c}	3.3 ± 0.26^{bc}
ED-2860	78.1 ± 0.09^{ab}	12.6 ± 0.50^{a}	1.6 ± 0.08^{c}	3.3 ± 0.26^{cd}
ED-4290	76.3 ± 2.14^{a}	13.0 ± 1.13^{ab}	1.6 ± 0.07^{bc}	3.9 ± 0.52^{d}
ED-5720	76.1 ± 0.68^{a}	12.9 ± 0.39^{ab}	1.7 ± 0.14^{c}	3.9 ± 0.61^{d}
NF-1430	79.0 ± 1.64^{ab}	14.8 ± 0.54^{c}	1.3 ± 0.23^{ab}	2.7 ± 0.18^{ab}
NF-2860	78.9 ± 0.81^{b}	13.9 ± 1.11^{bc}	1.3 ± 0.07^{a}	2.6 ± 0.11^{a}
NF-4290	78.9 ± 0.63^{b}	14.6 ± 0.46^{c}	1.4 ± 0.13^{ab}	2.8 ± 0.23^{abc}
NF-5720	78.8 ± 0.25^{b}	14.5 ± 0.50^{c}	1.3 ± 0.14^{a}	2.8 ± 0.05^{abc}

[1]Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

참전복의 사육시 성장 및 생존율에 미치는 영향에 대해 石田(1993)은 종묘의 질, 질병, 수온, 수질, 사료의 질 및 사육밀도등이 중요한 요인으로 작용된다고 했다. 불확정 요인인 종묘의 질, 질병 및 수질을 제외한 요인중에서 사육 수온은 22.5℃ 이상이 되면 급격히 늦어진다는 Uki et al.(1981)의 결과를 놓고 볼 때 본 실험의 사육수온은 16.0~21.5℃로 비교적 안정된 수온을 유지하였다고 생각된다. 본 실험에서 사용된 사료의 질은 앞에서 제시한 사료를 실험 사료로 채택하였다. 사육 밀도에 관해서는 石田(1993)은 제한된 사육 수조에서 한계생물체량을 파악하는 것이 매우 중요한 요인으로 생각되어 진다고 하였다. 즉 한정된 사육공간에 있어 전복의 사육시 밀도는 매우 중요한 요인으로 생각되며, 적정 사육밀도를 알아내는 것이 필요하다고 여겨진다. 사육밀도에 관한 연구로는 池·柳(1988)은 수하식 양성(채롱)에서 각장 14㎜의 밀도가 낮을수록 성장이 빨랐다는 보고가 있다. 그리고 鄭 等(1994)은 각장 20㎜의 치패는 육상수조에서

사육시 1㎡당 1,000~2,000마리 사육 실험시 성장의 차가 없었지만, 40㎜와 50㎜의 치패는 수용밀도가 낮을수록 성장이 빨랐다고 보고하였다. 본 실험에서는 배합사료 1430마리구가 평균 각장 17.19㎜로 가장 높게 나타나 사육밀도가 낮을수록 성장이 빨랐다. 그러나 배합사료 2860마리구와는 각장 성장에 관한 유의차는 없었다($P>0.05$). 이는 사육밀도가 낮을수록 성장은 빠르지만 단위 면적당 경제성을 비교해보면 1㎡당 배합사료 2860마리가 적절하다고 여겨진다. 일간 성장량에 있어 鄭 等(1994)은 평균각장 14.54㎜를 사용하여 일간성장량이 48.19㎛이었는데 본실험의 결과 배합사료 1430마리구가 83.62㎛로 비교적 높게 나타났으며, 이는 전복의 성장은 크기가 작을수록 빠르다는 浮 等(1981)과 池 等(1988)의 결과와 배합사료를 공급한 결과로 보아진다. 전중의 성장의 경우 배합사료 최고밀도인 5720마리구와 생사료 최저밀도인 1430마리구를 비교하면 성장차가 없었다($P>0.05$). 그러나 이 결과는 동일한 밀도의 경우 현저한 차이를 볼 수 있으며, 배합사료의 경우 밀식에 의한 성장 정체 현상이라고 생각되어진다. 증체율에서 각각의 실험구를 비교한 결과 배합사료 1430, 2860, 4290마리구가 높고, 생사료 4290, 5720마리구가 낮게 나타나 배합사료 사육시 고밀도사육인 5720마리구 이상은 피해야 한다고 생각되며, 생사료구의 경우 최적의 성장을 위해서는 4290마리 이상의 고밀도 사육은 피하는 것이 바람직 하다고 생각된다($P<0.05$).

치패의 생존율의 경우 鄭 等(1994)의 실험에서는 평균 각장 39.65㎜를 사육한 결과 90.1~93.9%이었으며, 본 실험에서는 각장 평균 8.41㎜를 사육한 결과 56~82%로 비교적 낮은 경향이었다. 그러나 실험에 사용한 치패의 크기가 서로 다르며, 고밀도 사육한 결과로 보아진다. 그리고 실험에 사용된 사육수조는 소형 불투명 플라스틱 750㎠(30×25×H20㎝ ; 15ℓ)으로 협소하여 사육수조로서는 비교적 부적합하므로 대형 육상 수조를 사용하여 사육할 경우 생존율이 향상될 것으로 보아진다. 이상에서 보는 바와 같이, 배합사료 공급과 사육밀도

를 ㎡당 2860마리 이하로 사육할 경우 생사료 5720마리 보다 각장 성장 2.5배 및 생존율 78%이상으로 먹이종류 및 사육밀도에 따라 성장 및 생존율에 미치는 영향이 크다고 판단되며, 따라서 배합사료의 질적인 향상과 치패의 각장 크기에 따라 단계별로 적정 사육밀도를 파악하고, 사육방법 등을 개선하는 연구가 계속 이어져야 할 것이다.

여 백

제 11 장 자연수와 가온수에서 배합사료 및 천연먹이 공급시 적정 shelter

제 1 절 서 론

전복은 예로부터 우리 국민이 기호식품으로 취급되어 왔지만, 최근에는 국민 경제 수준의 발전에 따른 식생활 변화와 소비형태의 다양화에 따라 고급 수산물에 대한 수요가 날로 증가하는 반면, 연안 자원 남획으로 생산은 오히려 감소되고 있어 이에 대한 대책이 요구되고 있다. 이러한 전복은 1970년대에 들어와서 菊地·浮(1974 a, b)에 의해 적산수온의 개념에 의한 모패의 인위적인 성숙과 자외선조사에 의한 산란유발기법이 확립되므로서 인공종묘의 대량생산이 가능해져, 우리 나라의 경우 매년 수천만 마리의 인공종묘를 생산하여 연안에 방류, 수하식 채롱양식 또는 육상수조식 양식에 의해 사육되고 있다.

그러나, 1~2㎝ 정도의 소형치패를 그대로 연안에 방류할 경우 방류후 자연환경에 대한 적응력이나 해적생물에 대한 식해 등으로 인하여 방류효과가 크게 저하된다고 하였다(涉井, 1971). 따라서 소형치패의 직접적인 방류보다는 중간육성에 의한 대형치패(3㎝ 이상)의 방류, 전복조장 조성에 의한 치패의 방류, 수하식 채롱양식에 의한 완전양식 등을 시도하는 것이 바람직하다고 하였다(小竹, 1974; 立石 等, 1978; 井上, 1976). 그러나 이러한 수하식 채롱양식에 의한 사육도 적합한 양식장의 제한, 태풍에 의한 자연재해, 적조발생에 의한 피해, 따개비, 진주담치 등의 부착생물에 의한 부착 및 도난에 대한 위험이 항상 존재하기 때문에 사육의 전 과정을 인위적으로 관리 할 수 있는 육상수조식 양식이 점차 증가하고 있는 추세다.

전복사육에 대한 연구는 해조류의 종류에 따른 먹이효과(酒井, 1962; 菊地 等,

1967; 浮, 1981), 어분이나 부착규조류(浮 · 菊地, 1979), 육상식물(盧 · 柳, 1984) 및 배합사료(石田 · 石洞, 1992) 등에 따른 먹이효과를 조사한 바 있으나, 이들 연구는 먹이효과(영양학적)를 밝히기 위해 주로 실험실내에서 단기간 동안 실시한 단편적인 실험들이었다.

근년에 들어서는 전복양식 규모가 대형화되면서 전복먹이에 대하여 일년 연중 양질먹이의 안정적인 확보, 공급, 청소, 운반 등에 대한 문제가 대두되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 인공배합사료의 개발과 이용이 절실한데, 전복 인공배합사료는 기존의 미역이나 다시마 같이 해조류 먹이가 가지고 있는 주요 문제점인 연중 신선한 먹이 확보가 어렵고, 채취 및 운반에 많은 노동력이 필요하고, 장기보관이 어렵고, 부피와 무게가 많이 나가 취급이 용이하지 못한 점 등을 해결한 새로운 신 개념의 먹이로 전복양식 산업화를 도입케 한 장본인이다.

그러나, 이러한 전복 인공배합사료 개발 및 이용에 관한 시험이 주로 사료의 영양학적인 측면에서만 주로 행하여졌을 뿐, 효율적인 배합사료의 섭취유도를 위한 사육구조물(Shelter)에 대한 연구자료가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 참전복 치패를 대상으로 사육수온(가온수, 자연수), 먹이(배합사료, 미역)에 따른 Shelter 형태별 치패의 성장, 생존율, Shelter 부착률 및 일간성장률 등을 비교 분석하였다. 배합사료의 손실을 최소화하면서, 섭취효율성을 증가시켜 전복 성장을 촉진할 수 있는 적정 Shelter를 개발하기 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

실험에 사용한 먹이는 실험용 배합사료(Experimental diet)와 생미역 (*Undaria*)

를 공급하였는데, 배합사료는 이미 앞에서 연구된 배합비대로 혼합하여 제조되었다(Table 44). 생미역은 양식산을 현장에서 직접 구입하여 적당한 크기로 절단하여 공급하였다.

2. Shelter 및 실험구

실험에 사용한 Shelter는 Fig. 17에서 보는 바와 같이 4 종류(Shelter 1, Shelter 2, Shelter 3, Shelter 4)를 이용하였다. 크기는 Shelter 1이 가로, 세로, 높이가 24×40×7㎝, Shelter 2가 24×40×6㎝, Shelter 3이 26×40×3㎝, Shelter 4가 15×25×6㎝였다. 그리고 Shelter는 각 사육수조별로 1개씩 수용하여 주었다.

각 사육수조(45×70×30㎝)는 Shelter 형태별 1, 2, 3, 4(4구), 먹이종류별[배합사료(ED), 미역(UP) 2구], 사육수온별[자연수(Ambient), 가온수(Heated) 2구], 반복구(2구)로 총 32구를 설치하여 행하였다(Fig. 18).

3. 실험 전복 및 사육관리

실험 치패는 1996년 6월에 산란 수정시켜 관리해온 평균 각장 1.1㎝(평균 체중 0.14g)인 참전복을 선별하여 32개의 각 실험수조(Fig. 18)에 100마리씩 임의 수용하여 15 주간 사육하였다. 먹이공급은 각 사육수조 청소 후 새로운 신선한 먹이를 2일 1회 공급하였다. 공급량은 사육수조내 항시 잔량이 남아있을 정도로 충분량을 공급하였다. 체성분 분석용 치패시료는 실험 시작시 200마리, 실험 종료시 각 수조에서 50마리씩 임으로 추출하여 일반성분 분석용으로 냉동보관(-70℃)하였다.

4. 조사항목

치패의 Shelter 부착률은 4주 간격으로 Shelter에 부착한 치패를 계수하여 측

Table 44. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Experimental diets	Natural food
White fish meal	20.0	Sea mustard
Soybean meal	23.0	(*Undaria*)
Undaria powder	5.0	
Wheat flour	22.3	
Spirulina	0.5	
Embryo meal	5.0	
α-potato starch	7.0	
Yeast	2.0	
Squid liver oil	3.0	
Lecithin	0.5	
Vitamin premix[1]	2.5	
Mineral premix[2]	4.0	
Sodium alginate	5.0	
Enzyme mix[3]	0.20	
Nutrient contents (%) in dry matter		
Crude protein	33.8	20.0
Crude lipid	5.8	1.3
Crude ash	10.5	38.7
Crude fiber	3.6	

[1,2]Refer to Table 1.
[4]Highly unsaturated fatty acids (C≥20).

정하였다. 성장도는 시험 개시시와 종료시 각장, 각고, 각폭, 전중을 측정 분석하였으며, 길이는 0.05㎜까지 잴 수 있는 Vernier caliper로, 무게는 0.01g까지 잴 수 있는 전자식지시저울에 의해 측정하였고 아울러 생존 개체수도 조사하였다. 일간성장량은 浮(1981)와 菊地 等(1967)의 방법에 의해 구하였고, 일간사망률은 池 等(1988)의 방법을 따랐다. 환경조사는 매일 오전 10시에 수온, Salinity, pH, 용존산소 등을 조사하였다.

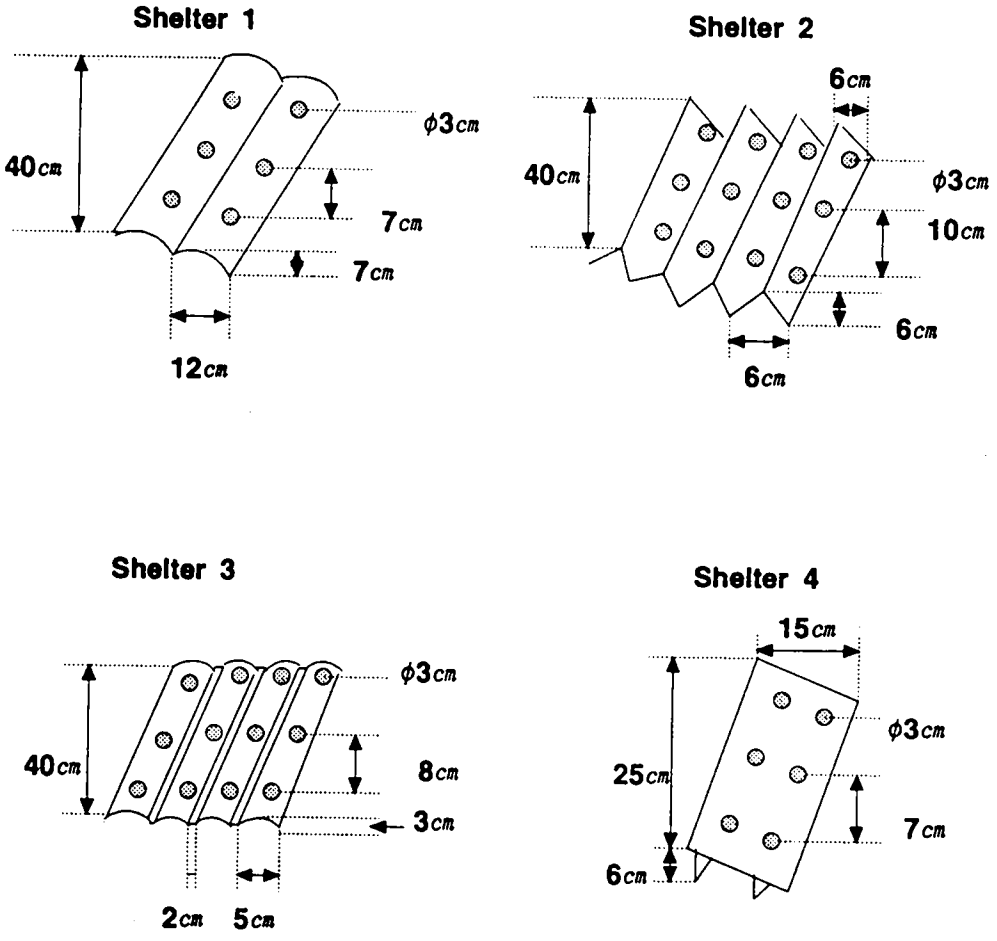


Fig. 17. Shelter types used in the experiment.

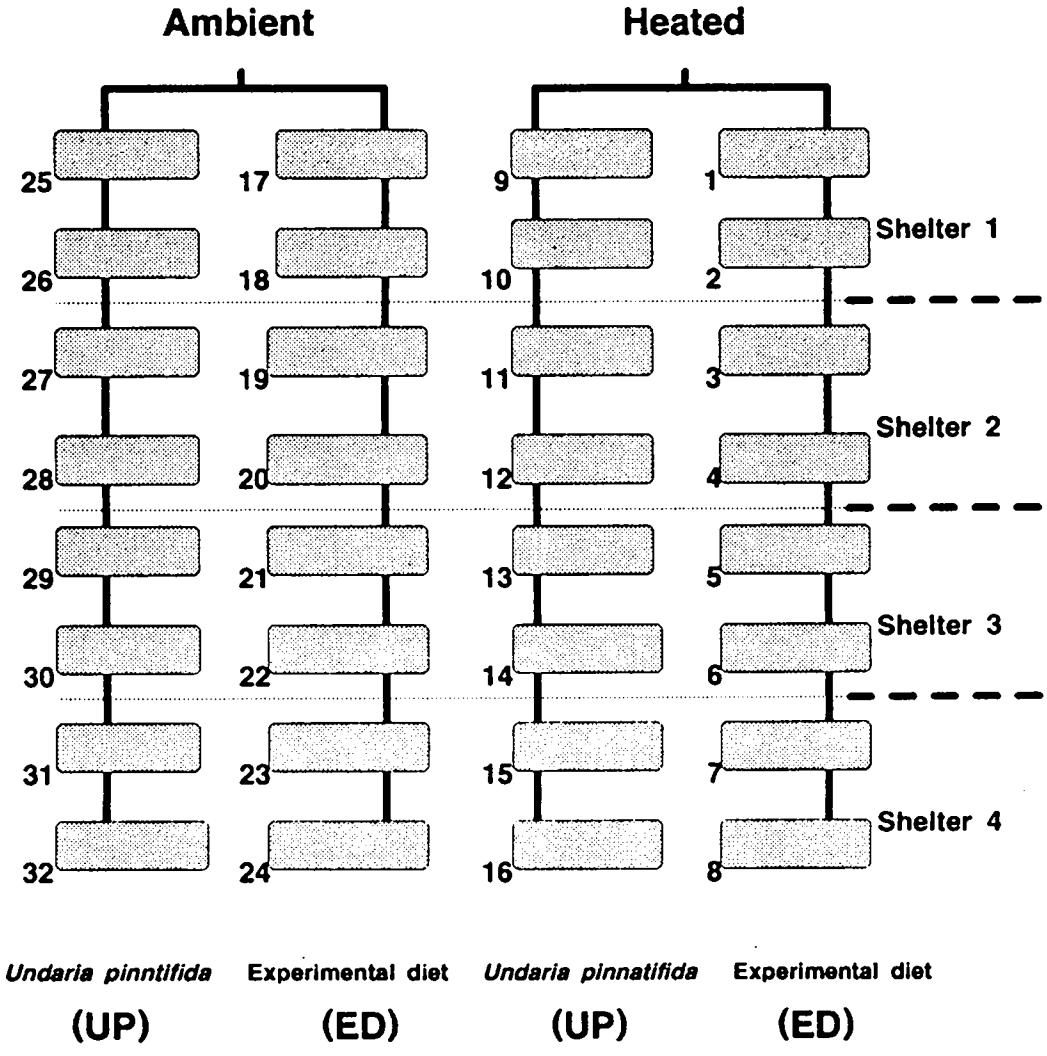


Fig. 18. The diagram of tanks of experiment.

5. 성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 사료의 아미노산은 이 등(1996)이 사용한 방법으로 분석하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 사육환경

사육실험 기간동안의 사육수온(Fig. 19)은 가온수온 13.2~17.9℃(평균 16.4℃), 자연수온 8.3~17.9℃(평균 13.7℃) 범위였다. 가온수온은 15℃를 기준으로 큰 변화폭 없이 사육수온을 유지하다가 자연수온이 15℃ 내외가 되는 기점부터서는 가온을 중단하여 자연수온과 동일하게 유지하였으며, 자연수온은 시험개시시 10℃ 이하의 낮은 수온에서 차츰 수온이 상승하여 시험종료시에는 17.9℃까지 상승하는 경향을 보였다.

용존산소(Fig. 20)는 가온수온의 경우 4.63~9.27㎎/ℓ(평균 6.32㎎/ℓ), 자연수온의 경우 6.36~9.40㎎/ℓ(평균 7.58㎎/ℓ)로 가온수온이 자연수온보다 다소 낮은 용존산소 값을 나타내었다.

pH는 가온수온의 경우 5.95~9.32(평균 8.09), 자연수온의 경우 5.95~9.39

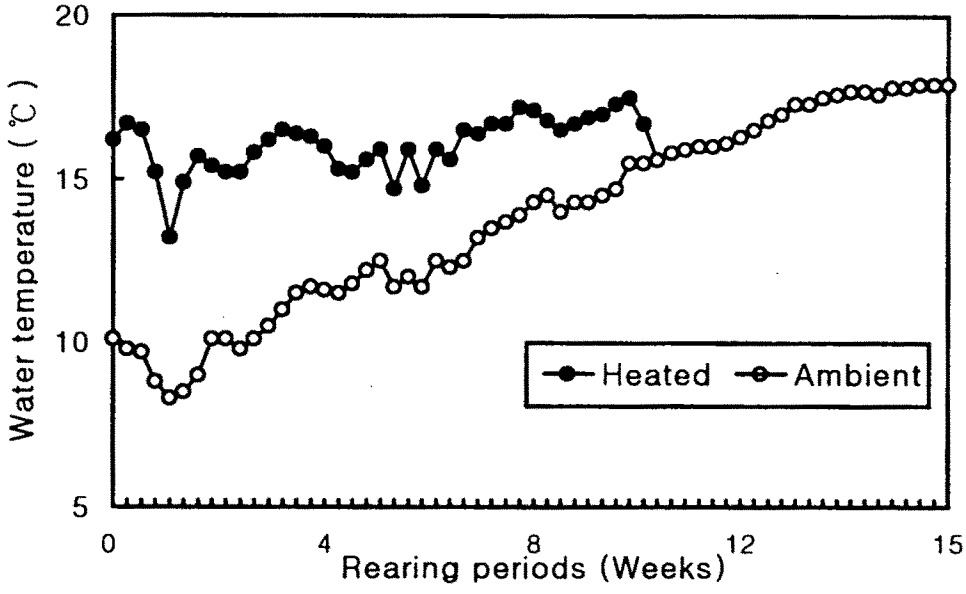


Fig. 19. The changes of water temperature daily measured at rearing tanks from February 10, 1997 to June 10, 1997.

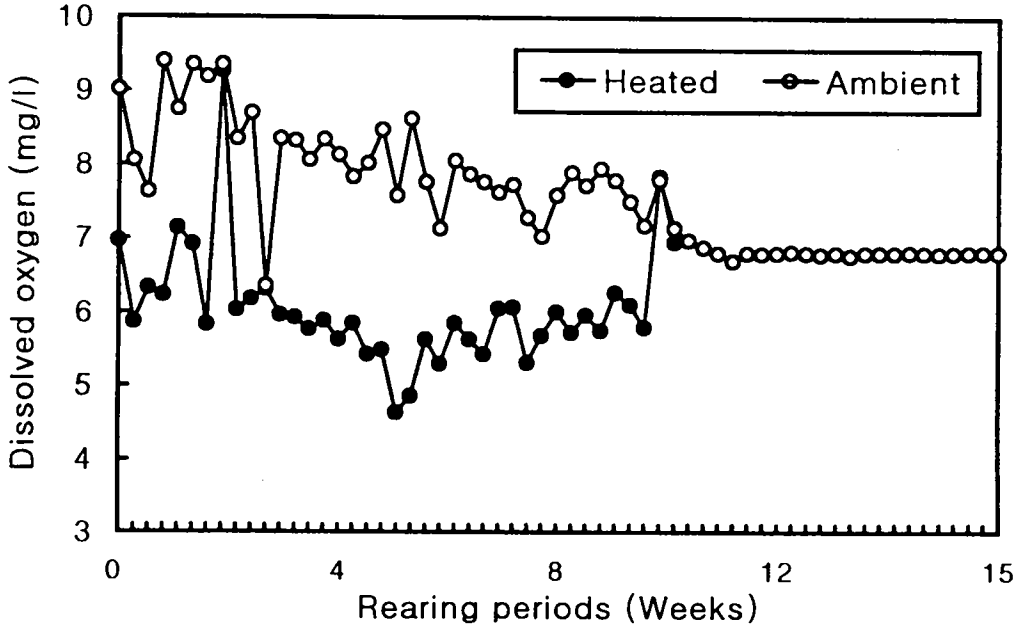


Fig. 20. The changes of dissolved oxygen daily measured at rearing tanks from February 10, 1997 to June 10, 1997.

(평균 8.14)로 가온수온구와 자연수온구 모두 비슷한 경향을 보였으나, 시험개시 약 80일째 부터는 pH가 2 정도 낮아지는 변화 양상을 보였다.

Salinity은 가온수온의 경우 33.8~34.2‰ (평균 34.0‰), 자연수온의 경우 33.8~34.2‰ (평균 34.0‰)로 가온수온구와 자연수온구 모두 매우 유사한 값을 나타내었다.

2. 치패의 부착률

사육시험 기간 동안의 Shelter 형태별(1, 2, 3, 4), 먹이 종류별 (배합사료, 미역), 수온별(가온수, 자연수) 치패의 부착률 변화는 Fig. 21과 22와 같다. 사육시험 종료시 치패부착률은 Shelter 형태별로 보면 Shelter 2와 4에서 각각 95.3%, 96.3%로 높은 치패부착률을 보였으며, Shelter 3에서 50.8%로 가장 낮은 치패부착률을 보였다.

먹이 종류별 치패 부착률은 사육시험 종료시 배합사료가 평균 71.4%, 미역이 97%로 미역 급이구의 shelter에서 25% 이상 높은 치패 부착률을 보였다. 특히, Shelter 3의 경우 먹이종류 (배합사료, 미역)에 따라서 가온수 사육구 경우 배합사료는 4%, 미역은 95%, 자연수 사육구 경우 배합사료가 7%, 미역이 97%로 치패 부착률의 현저한 차이를 보였다. 이는 Shelter 3의 색깔이 거의 투명한 PT판 재질이어서 낮은 조도를 유지해야 하는 Shelter의 기능을 제대로 발휘하지 못한 결과로 판단되었다. 먹이종류별(배합사료, 미역) 치패의 부착률은 같은 형태의 Shelter라도 먹이종류에 따라서 부착률의 차이를 보였는데, 미역 급이구가 배합사료 급여구에서 보다 높은 치패 부착률을 보였다. 이러한 부착률은 특히, 사육시험 초기에 그 차이가 뚜렸하였다.

수온별 (가온수, 자연수) 치패 부착률은 가온수구가 사육시험 종료시 평균 82.9%, 자연수구가 85.5%로 뚜렷한 치패 부착률 차이를 보이지 않았다. 즉, 치패의 부착률에 있어 수온차에 대한 영향은 극히 미비한 것으로 보였다.

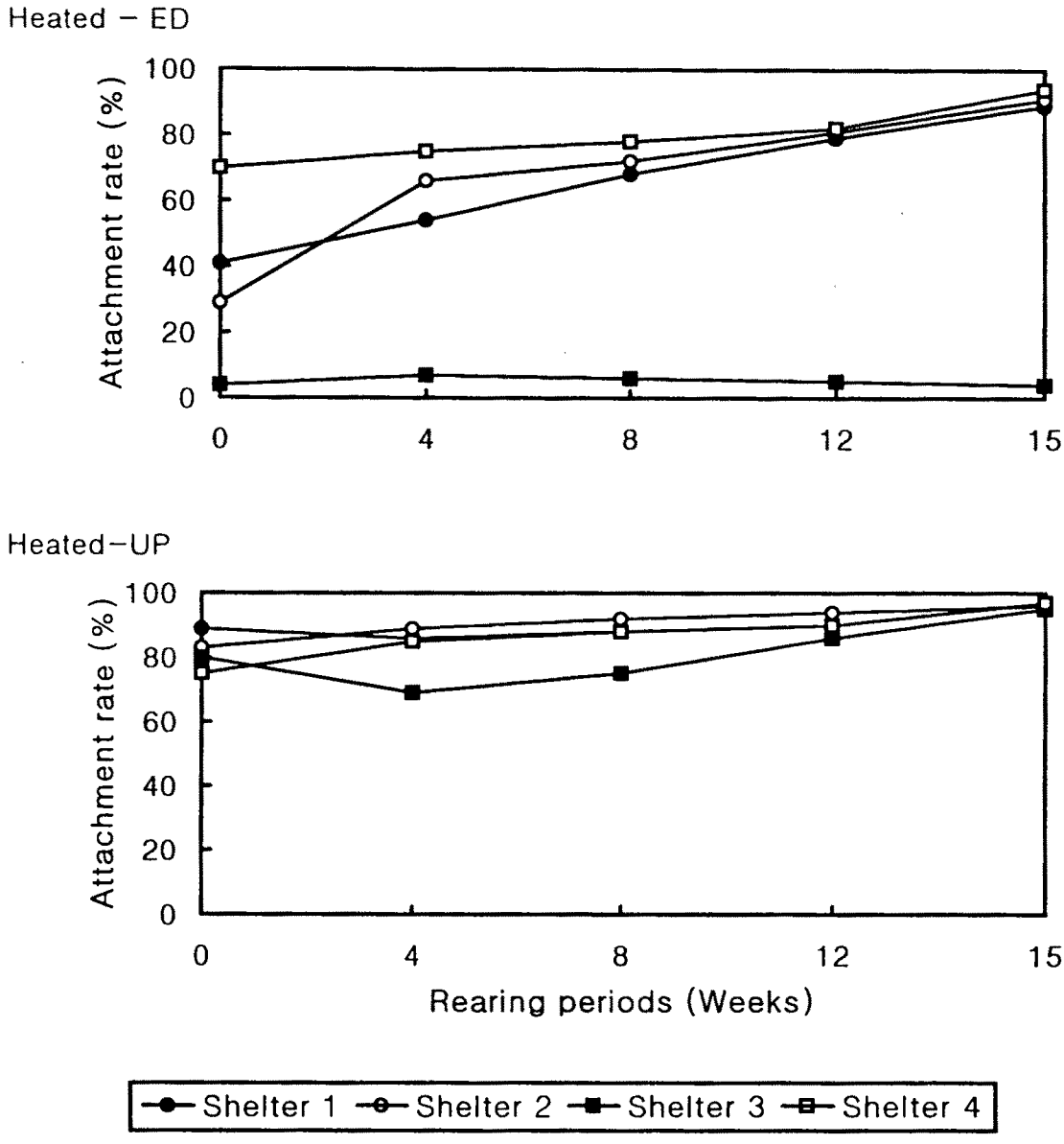


Fig. 21. Monthly changes of attachment rate at heated water during the experiment (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*).

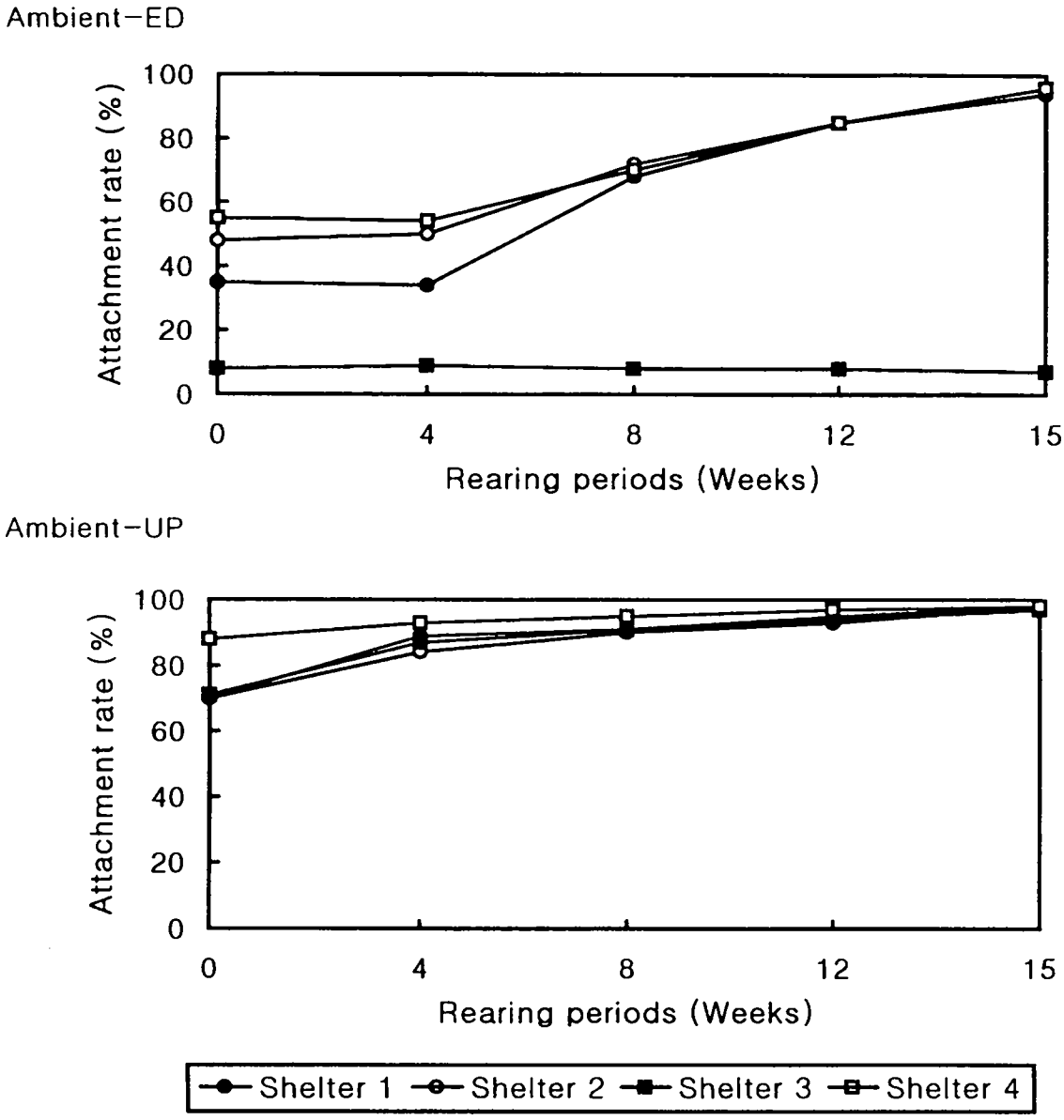


Fig. 22. Monthly changes of attachment rate at ambinet water during the experiment (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*).

3. 치패의 성장

Shelter 형태에 따른 치패의 성장을 알아보기 위해 사육수온을 가온수와 자연수로 먹이를 배합사료와 미역으로 나누어 공급하면서 치패의 각장, 각폭, 각고, 그리고 전중 등을 측정하여 비교 분석하였다.

1) 각장의 성장

사육시험 개시시 치패의 평균 각장은 10.1±0.8㎜ 이었는데, 사육시험 종료시인 사육 15주일 후 Shelter 형태에 따른 각장의 성장은 Fig. 23와 같다. 각장의 최대 성장은 Shelter 1의 가온수+배합사료 급여구에서 평균 23.4±2.9㎜로 가장 높게 나타났고, 최소 성장은 Shelter 4의 자연수+미역 급여구에서 평균 18.1±2.4㎜로 가장 낮았다. 이러한 성장차는 5㎜ 이상으로 사육시험 개시시의 평균 각장 10.1㎜의 50%에 해당되는 값이다. Shelter 형태별 각각의 각장성장은 shelter 1이 20.3mm, shelter 2가 20.0mm, shelter 3이 19.2mm 그리고 shelter 4가 19.5mm로 나타났다. 성장이 가장 높은 shelter 1의 20.3mm은 성장이 가장 낮은 shelter 3의 19.2mm와 비교해 평균 1mm 정도의 성장차를 보였다. 즉, 각 shelter 형태별 치패 각장의 성장차는 0.3~1.1mm로 매우 적은 차이를 보였다. 각장의 주요 성장차는 Shelter의 형태 즉 치패의 이동범위, 색깔, 재질의 감촉 등과 먹이의 종류, 사육수온 등의 복합적인 요인에 의한 것으로 판단되었다.

먹이종류에 따른 각장의 성장은 배합사료가 미역보다 모든 사육시험구에서 우세하게 나타났다. 즉, 배합사료 급여구가 미역 급여구보다 가온수구에서는 평균 각장 3㎜이상 성장이 우세하였고, 자연수구에서는 평균 각장 1㎜이상 성장차가 나타났다. 즉, 배합사료 급여구 전체의 평균 각장은 20.9mm인 반면, 미역 급여구 전체의 평균 각장은 18.6mm로 평균 각장에서 2.3mm 정도 배합사료 급여구가 높게 나타났다.

사육수온별 각장의 성장은 가온수구가 17.7~23.4mm 범위로 자연수구 18.1~

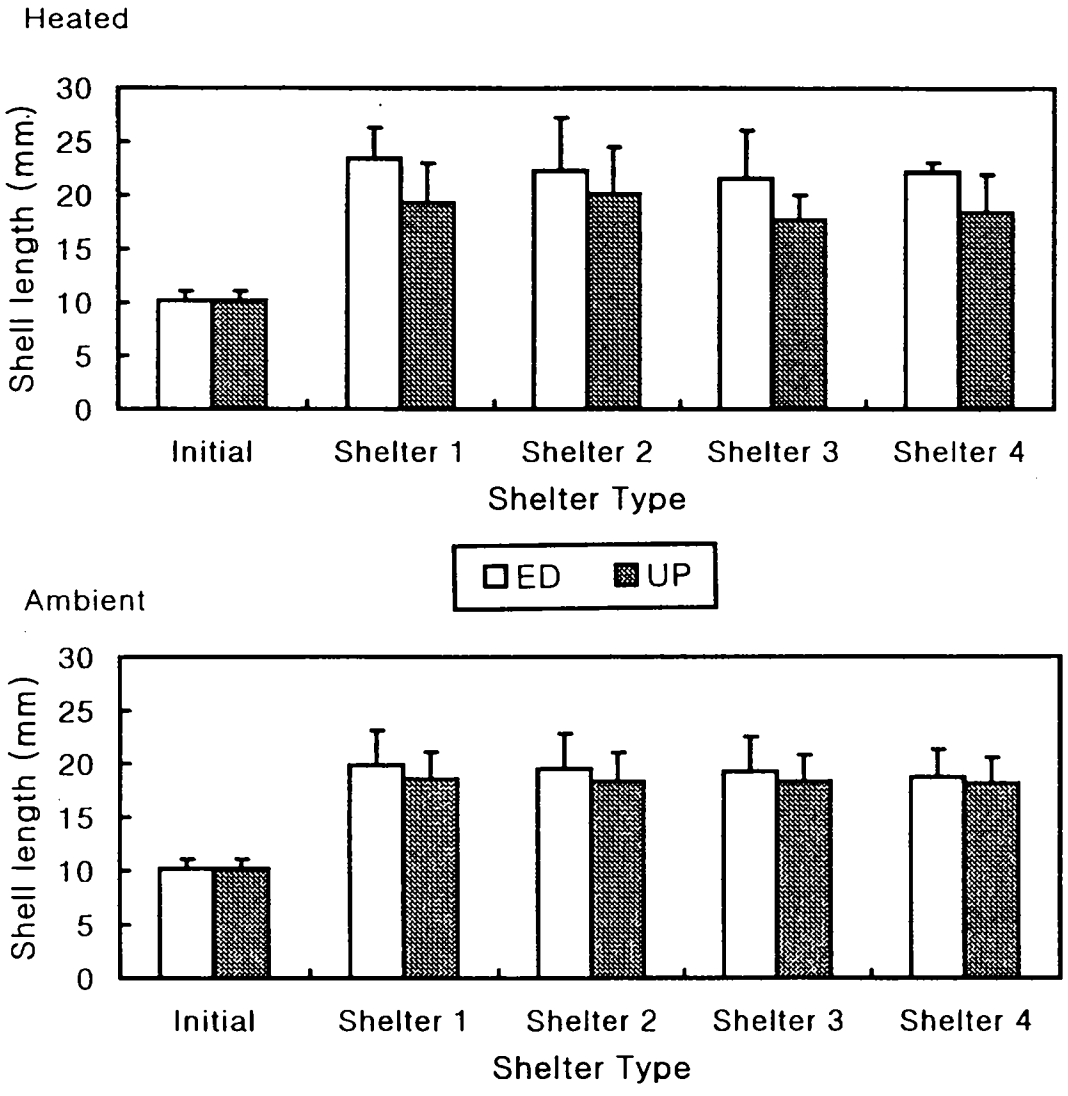


Fig. 23. The changes of shell length of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*).

19.8mm 범위에 비해 대체적으로 성장이 우세하였으나, 가온사육 미역 급여구의 각장 성장은 자연수사육 배합사료 급여구보다 오히려 성장이 1~2㎜ 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 저수온하에서 치패를 사육할 때 생미역보다는 배합사료의 효율이 높은 것으로 판단되었다. 가온사육 시험구 전체의 평균 각장은 20.7mm인 반면, 자연수온 사육시험구 전체의 평균 각장은 18.8mm로 평균 2mm 정도 가온사육 시험구에서 높은 값을 보였다. 각장의 성장차는 먹이종류에 따라 2.3mm, 사육수온에 따라 2mm 그리고 shelter형태에 따라 0.3~1.1mm의 차를 보였다.

2) 각폭의 성장

사육시험 개시시 치패의 평균 각폭은 7.3±0.6㎜이었고, 사육시험 종료시인 사육 15주일 후 Shelter 형태별 각폭의 변화는 Fig. 24과 같다. 각폭의 최대 성장은 Shelter 1의 가온수, 배합사료 급여구에서 평균 16.4±2.3㎜로 가장 높았고, 최소 성장은 Shelter 3의 가온수, 미역 급여구에서 평균 12.6±1.7㎜로 가장 낮았다. 이들의 성장차는 4㎜ 정도로 사육시험 개시시의 평균 각폭 7.3㎜의 약 60%에 해당되는 값이다. Shelter 형태별 각각의 각폭성장은 shelter 1에서 14.4mm, shelter 2가 14.2mm, shelter 3이 13.8mm 그리고 shelter 4가 13.7mm로 나타났으며, 성장이 가장 높은 shelter 1의 14.4mm은 성장이 가장 낮은 shelter 4의 13.7mm와 비교해 평균 0.7mm 정도의 성장차를 보였다. 즉, 각 shelter 형태별 치패의 각장 성장차는 0.2~0.7mm로 매우 적은 차이를 보였다. 각폭의 주요 성장차는 Shelter의 형태, 색택, 재질의 감촉, 크기 등과 먹이의 종류, 사육수온 등의 복합적인 요인에 의한 것으로 판단되었다.

먹이종류에 따른 각폭의 성장은 배합사료가 미역보다 전반적으로 높게 나타났다. 미역 급여 가온수구에서는 Shelter 3에서 제일 낮은 값을 보였는데 이는 전 사육 실험구에서 가장 낮은 값이었다. 가온구에서는 배합사료 급여구가 미역 급여구보다 평균 각폭이 2.5㎜ 이상 컸으며, 자연수구에서도 평균 각폭이 1㎜

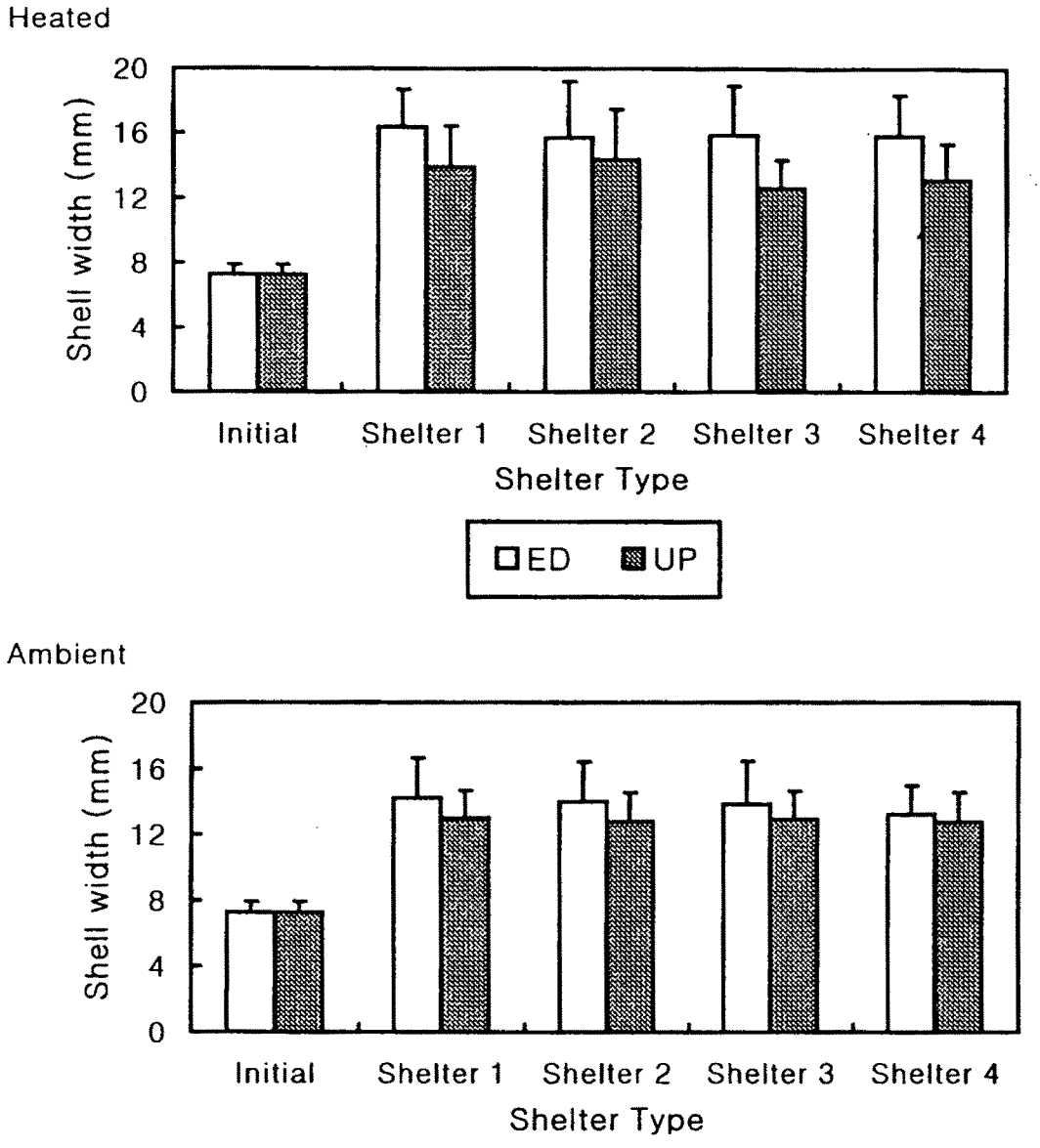


Fig. 24. The changes of shell width of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*).

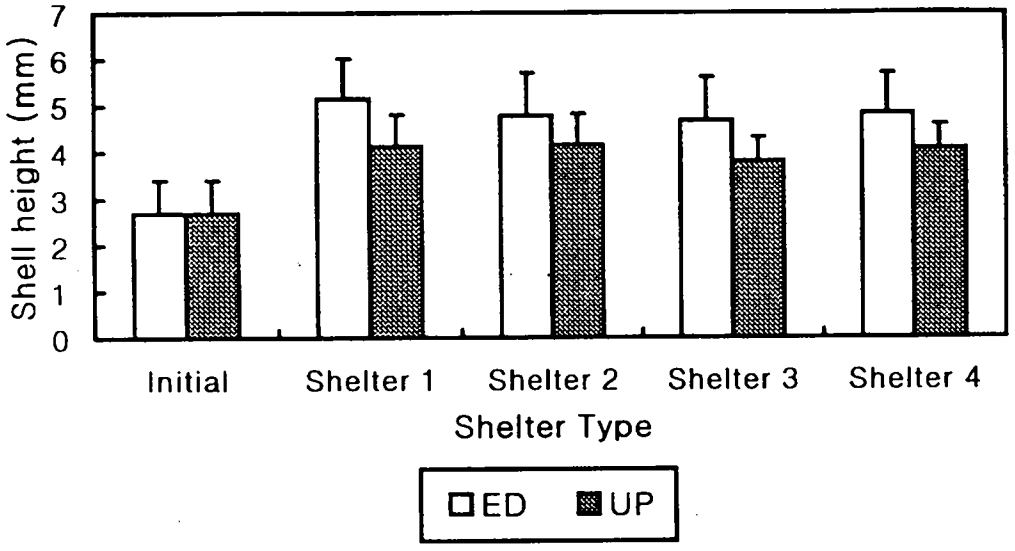
이상 높은 값을 나타내었다. 즉, 배합사료 급여구 전체의 평균 각폭은 14.9mm인 반면, 미역 급여구 전체의 평균 각폭은 13.2mm로 평균 각폭에서 1.7mm 정도 배합사료 급여구가 높게 나타났다.

사육수온에 따른 각폭의 성장은 가온수구가 12.6~16.4mm 범위로 자연수구 12.8~14.2mm 범위에 비해 전반적으로 우세하였으나, 가온수 미역급여구 Shelter 3의 경우는 자연수구의 어떤 Shelter 보다도 낮은 값을 보였다. 그리고 자연수 배합사료 급여구 Shelter 1은 가온수 미역 급여구의 Shelter 2를 제외한 나머지 Shelter에서 보다 오히려 높은 성장을 보였다. 가온사육 실험구 전체의 평균 각폭은 14.7mm인 반면, 자연수온 사육실험구 전체의 평균 각폭은 13.3mm로 평균 1.4mm 정도 가온사육 실험구에서 높은 값을 보였다. 각폭의 성장차는 먹이 종류에 따라 1.7mm, 사육수온에 따라 1.4mm 그리고 shelter형태에 따라 0.2~0.7mm의 차를 보였다.

3) 각고의 성장

사육시험 개시시 치패의 평균 각고는 2.8±0.4㎜이었고, 사육시험 종료시인 사육 15주일 후 Shelter 형태별 각고의 변화는 Fig. 25와 같다. 각고의 최대 성장은 Shelter 1의 가온수, 배합사료 급여구에서 평균 5.1±0.8㎜로 가장 컸으며, Shelter 3의 가온구, 미역 급여구에서 평균 3.8±0.5㎜로 최소값을 나타내었다. 이들 성장차는 1㎜ 내외로 사육시험 개시시의 평균 각고 2.8±0.4㎜의 약 40%에 해당되는 값이었다. Shelter 형태별 각각의 각고 성장은 shelter 1에서 4.4mm, shelter 2에서 4.4mm, shelter 3에서 4.3mm 그리고 shelter 4에서 4.3mm로 나타났다. 성장이 높은 shelter 1과 2의 4.4mm은 성장이 낮은 shelter 3과 4의 4.3mm와 비교해 평균 0.1mm 정도의 성장차를 보였다. 즉, 각 shelter 형태별 치패 각고의 성장차는 0.1mm로 매우 적은 차이를 보였다. 각고의 성장차는 Shelter 형태별, 먹이별, 사육수온에 따른 각장, 각폭, 전중 등에 대한 성장차 보다 낮게 나타났다.

Heated



Ambient

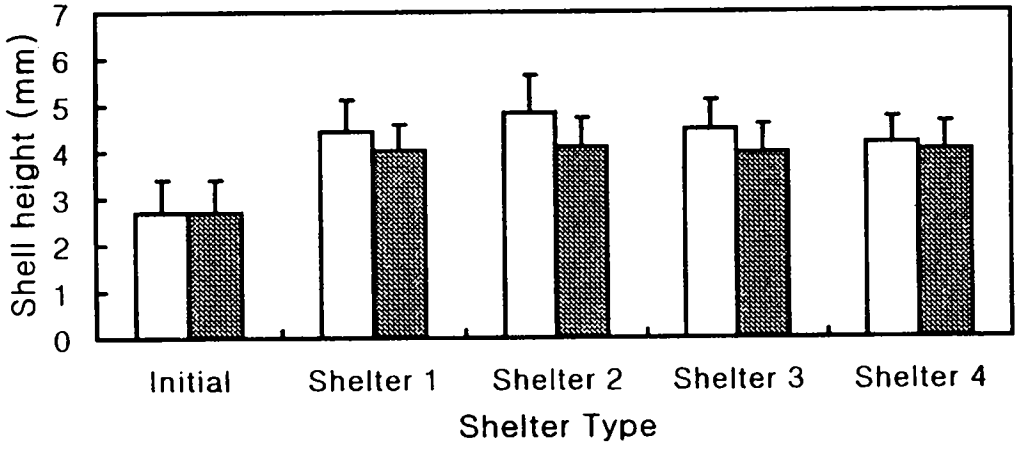


Fig. 25. The changes of shell height of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*).

먹이종류에 따른 각고의 성장은 배합사료 급여구나 미역 급여구나 큰 차이 없이 거의 비슷한 양상을 보였다. 그러나 각고의 성장은 각장, 각폭, 전중과는 달리 자연수 배합사료 급여구가 가온수 미역 급여구보다 Shelter 1~4 모두 성장이 우세하였다. 그리고 가온수 미역 급여구나 자연수 미역 급여구나 거의 비슷한 값을 보였다. 즉, 배합사료 급여구 전체의 평균 각고는 4.6mm인 반면, 미역 급여구 전체의 평균 각고는 4.0mm로 평균 각고에서 0.6mm 정도 배합사료 급여구가 높게 나타났다.

사육수온에 따른 각고의 성장은 가온수 배합사료 급여구를 제외한 나머지 실험구에서 거의 비슷한 성장을 나타내었다. 가온수온구중 높은 각고 값을 보인 Shelter는 1과 2이었으며, 다소 낮은 값을 나타낸 Shelter는 3과 4였다. 이와 같은 경향은 자연수온구에서도 거의 비슷하게 보였다. 가온사육 실험구 전체의 평균 각고는 4.5mm인 반면, 자연수온 사육실험구 전체의 평균 각고는 4.2mm로 평균 0.3mm 정도 가온사육 시험구에서 높은 값을 보였다. 각고의 성장차는 먹이종류에 따라 0.6mm, 사육수온에 따라 0.3mm 그리고 shelter형태에 따라 0.1mm의 차를 보였다.

4) 전중의 성장

사육시험 개시시 치패의 평균 전중은 0.14±0.04g이었고, 사육시험 종료시인 사육 15주일 후 Shelter 형태별 전중의 변화는 Table 45와 Fig. 26과 같다. 전중의 성장은 시험구간 모두에서 최소 5배 최대 10배 이상의 높은 성장값을 보였다. 시험구간중 전중의 최대 성장은 가온수 배합사료 급여구 Shelter 1에서 1.66±0.60g로 가장 높았고, 최소 성장은 가온수 미역급여구 Shelter 3에서 0.69±0.31g의 값이었다. 전중의 주요 성장차는 Shelter의 형태, 색택, 재질의 거칠기, 크기, 먹이의 종류, 사육수온 등에 의한 차이가 뚜렷하였다. Shelter 형태별 전중의 성장은 Shelter 1과 2에서 전중이 높게 나타난 반면 Shelter 3과 4는 다소 낮은 경향을 보였다. Shelter 형태별 각각의 전중 성장은 shelter 1 1.10g, shelter

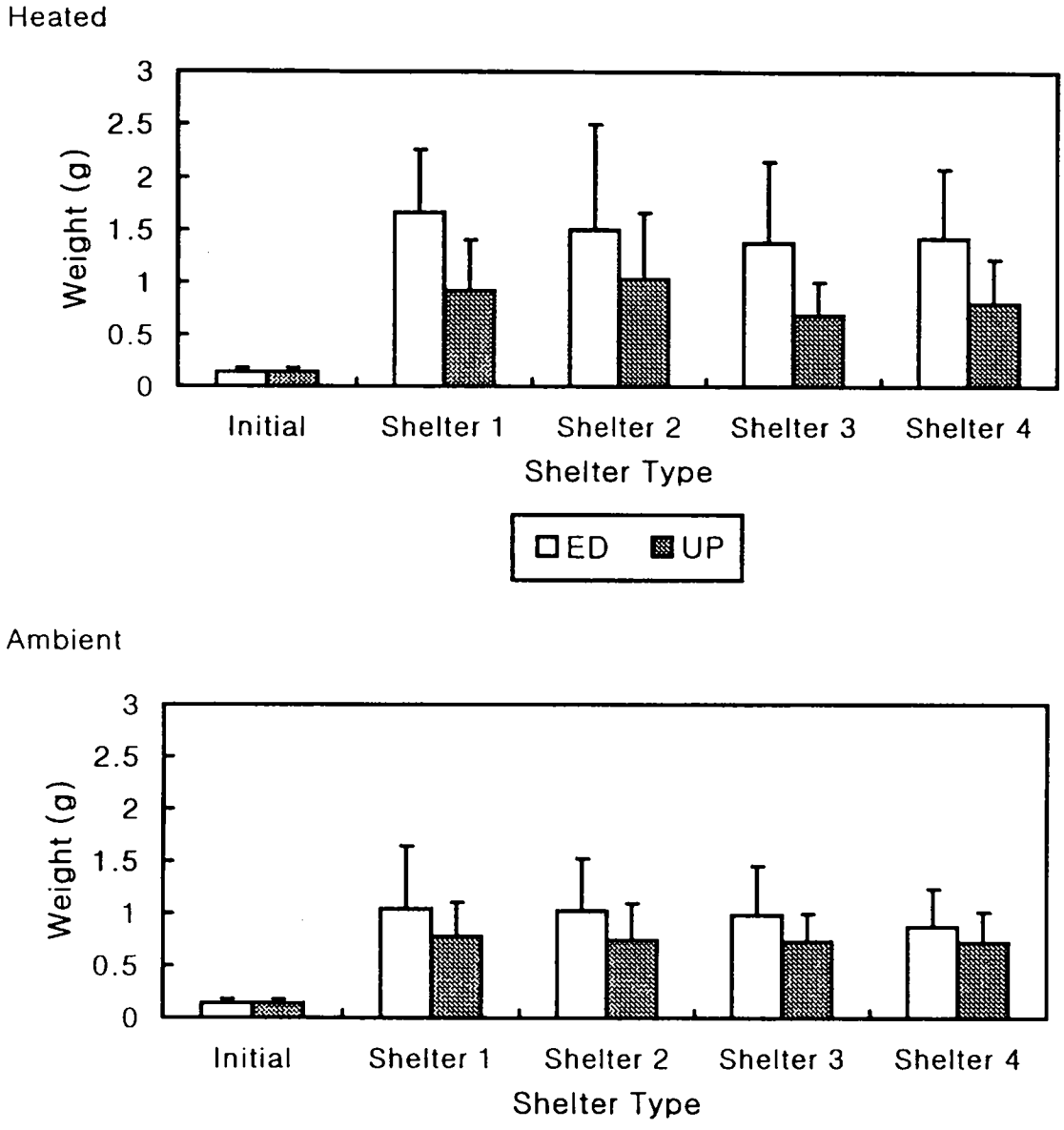


Fig. 26. The changes of body weight of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*).

Table 45. Growth performance of abalone fed different diets for 15 weeks[1]

Exp. no	Initial wt. (g)	Final wt. (g)	Survival rate (%)	Weight gain (%)[2]
1(S1+H+ED)*	0.14±0.008^{a}	1.06±0.919^{d}	92.50±2.121^{cde}	631.40±60.669^{e}
2(S2+H+ED)*	0.14±0.004^{a}	1.10±0.212^{d}	83.50±4.949^{abc}	655.45±16.899^{e}
3(S3+H+ED)*	0.14±0.000^{a}	1.08±0.127^{d}	95.50±4.949^{de}	638.90±89.944^{e}
4(S4+H+ED)*	0.14±0.002^{a}	1.05±0.212^{d}	90.50±2.121^{bedc}	621.30±14.142^{e}
5(S1+H+NP)*	0.14±0.001^{a}	0.83±0.565^{c}	98.00±0.000^{e}	467.10±34.931^{d}
6(S2+H+NP)*	0.14±0.003^{a}	0.75±0.353^{c}	89.00±2.727^{bcde}	414.45±25.809^{cd}
7(S3+H+NP)*	0.14±0.000^{a}	0.60±0.636^{ab}	87.50±2.121^{bcde}	315.00±40.587^{ab}
8(S4+H+NP)*	0.14±0.000^{a}	0.60±0.212^{ab}	84.00±0.000^{abc}	313.60±14.707^{ab}
9(S1+A+ED)*	0.14±0.002^{a}	0.78±0.000^{c}	97.50±2.121^{e}	434.90±1.414^{d}
10(S2+A+ED)*	0.14±0.002^{a}	0.74±0.127^{bc}	97.00±1.414^{e}	408.95±86.196^{bcd}
11(S3+A+ED)*	0.14±0.000^{a}	0.77±0.424^{c}	90.00±4.242^{bcde}	427.00±28.425^{d}
12(S4+A+ED)*	0.14±0.001^{a}	0.71±0.141^{abc}	88.00±4.242^{bcde}	387.20±13.010^{abcd}
13(S1+A+NP)*	0.14±0.001^{a}	0.58±0.000^{a}	85.00±1.414^{bcd}	298.50±1.838^{a}
14(S2+A+NP)*	0.14±0.001^{a}	0.59±0.070^{ab}	81.00±5.656^{ab}	309.70±6.222^{ab}
15(S3+A+NP)*	0.14±0.002^{a}	0.58±0.777^{a}	74.50±0.707^{a}	301.55±50.55^{a}
16(S4+A+NP)*	0.14±0.001^{a}	0.61±0.565^{ab}	81.00±2.828^{ab}	317.95±39.66^{abc}

[1]Values (mean±s.d. of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2](final weight - initial weight)×100/initial weight.

*S: Shelter; H: Heated; A: Ambient; ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*.

2 1.07g, shelter 3 0.95g 그리고 shelter 4 0.95g로 나타났다. 성장이 높은 shelter 1의 1.10g은 성장이 낮은 shelter 3과 4의 0.95g과 비교해 평균 0.15g 정도의 성장차를 보였다. 즉, 각 shelter 형태별 치패 전중의 성장차는 0.03~0.15g로 매우 적은 차이를 보였다.

먹이종류에 따른 전중의 성장은 배합사료 급여구가 미역 급여구보다 월등히 높은 전중값을 보였다. 즉, 배합사료 급여구 전체의 평균 전중은 1.23g인 반면,

미역 급여구 전체의 평균 전중은 0.80g로 평균 전중에서 0.43g 정도 배합사료 급여구가 높게 나타났다.

사육수온에 따른 전중의 성장은 가온수 배합사료 급여구에서 가장 높았으며, 자연수 미역 급여구에서 가장 낮았으나, 자연수 배합사료 급여구가 가온수 미역 급여구보다 오히려 높은 값을 보였다. 가온사육 실험구 전체의 평균 전중은 1.18g인 반면, 자연수온 사육실험구 전체의 평균 전중은 0.86g로 평균 0.32g 정도 가온사육 실험구에서 높은 값을 보였다. 전중의 성장차는 먹이종류에 따라 0.43g, 사육수온에 따라 0.32g 그리고 shelter 형태에 따라 0.03~0.15g의 차를 보였다.

4. 치패의 일간 성장량

Shelter 형태별 치패의 일간 성장율을 알아보기 위해 사육수온을 가온수온구와 자연수온구로 먹이를 배합사료와 미역으로 나누어 공급하면서 치패의 각장, 각폭, 각고 그리고 전중 등을 측정하여 일간성장량을 구하였다.

1) 각장의 일간 성장량

각장의 일간 성장량은 가온수 배합사료 급여구 Shelter 1에서 가장 높은 110.8㎛을 보였으며, 가온수미역 급여구 Shelter 3에서 제일 낮은 63.3㎛을 보였다(Table 46). Shelter 형태에 따른 각 사육실험구별 일간 성장량은 Shelter 1과 2에서 68.3~110.8㎛로 높은 성장량을 보인 반면 Shelter 3과 4는 63.3~100.8㎛로 5~10㎛정도 낮은 성장량을 보였다. Shelter 형태별 각각의 일간 성장량은 Shelter 1 85.0㎛, Shelter 2 82.9㎛, Shelter 3 75.8㎛ 그리고 Shelter 4 77.1㎛로 나타났다. 성장량이 제일 높은 Shelter 1의 85.0㎛와 성장량이 가장 낮은 Shelter 3의 75.8㎛를 비교해 보면 평균 9.2㎛정도 성장량의 차이를 보였다. 즉, 각 Shelter 형태별 치패 각장의 일간성장량 차이는 2.1~9.2㎛로 분석되었다.

Table 46. Growth of *Haliotis discus hannai* in their shell length at the experiment completion

(ED : Experimental diet; UP : *Undaria pinnatifida*)

No. of group	Initial			Final			Daily increment	Feed type	Shelter type
	Date	Number	Shell length (mm)	Date	Number	Shell length (mm)	Shell length (㎛)	ED, UP	1 2 3 4
1	Feb. 10, 1997	100	10.1±0.8	Jun. 10, 1997	92.5±2.1	23.4±2.9	110.8	ED	1
2	〃	〃	〃	〃	83.5±4.9	22.3±4.9	101.7	ED	2
3	〃	〃	〃	〃	95.5±4.9	21.5±4.4	95.0	ED	3
4	〃	〃	〃	〃	90.5±2.1	22.2±3.7	100.8	ED	4
5	〃	〃	〃	〃	98.0±1.2	19.3±3.6	76.7	UP	1
6	〃	〃	〃	〃	89.0±2.7	20.1±4.3	83.3	UP	2
7	〃	〃	〃	〃	87.5±2.1	17.7±2.3	63.3	UP	3
8	〃	〃	〃	〃	84.0±1.1	18.4±3.5	69.2	UP	4
9	〃	〃	〃	〃	97.5±2.1	20.0±3.2	82.5	ED	1
10	〃	〃	〃	〃	97.0±1.4	19.5±3.3	78.3	ED	2
11	〃	〃	〃	〃	90.0±4.2	19.3±3.2	76.7	ED	3
12	〃	〃	〃	〃	88.0±4.2	18.7±2.6	71.7	ED	4
13	〃	〃	〃	〃	85.0±1.4	18.5±2.5	70.0	UP	1
14	〃	〃	〃	〃	81.0±5.6	18.3±2.7	68.3	UP	2
15	〃	〃	〃	〃	74.5±0.7	18.3±2.5	68.3	UP	3
16	〃	〃	〃	〃	81.0±2.8	18.1±2.4	66.7	UP	4

먹이종류에 따른 각장의 일간성장량은 배합사료 급여구가 71.7~110.8㎛로 미역급여구의 63.3~83.3㎛ 범위 보다 8.4~27.5㎛ 정도 높은 값을 보였다. 즉, 배합사료 급여구 전체의 평균 일간 성장량은 89.7㎛인 반면, 미역 급여구 전체 평균 일간 성장량은 70.7㎛로 평균 19㎛ 정도 배합사료 급여구에서 성장량이 높게 나타났다.

사육수온에 따른 각장의 일간 성장량은 가온수온 사육구가 63.3~110.8㎛ 범위였으며, 자연수온 사육구가 66.7~82.5㎛의 범위였다. 실제 가온수 미역 급여구 Shelter 3의 경우는 자연수 배합사료 급여구나 자연수 미역 급여구 보다 더 낮은 성장량을 나타내었다. 그러나 가온사육 실험구 전체의 평균 일간 성장량은 87.6㎛인 반면 자연수온 사육실험구 전체의 평균 일간 성장량은 72.8㎛로 평균 14.8㎛정도 가온사육 시험구에서 높은 것으로 나타났다.

각장의 일간 성장량차는 먹이종류에 따라 19㎛, 사육수온에 따라 14.8㎛, 그리고 Shelter 형태에 따라 2.1~9.2㎛의 차를 보였다.

2) 각폭의 일간성장량

각폭의 일간성장량은 가온수 배합사료 급여구 Shelter 1에서 가장 높은 75.8㎛을 보였으며, 가온수 미역 급여구 Shelter 3에서 제일 낮은 42.2㎛을 나타내었다(Table 47). Shelter 형태에 따른 각 사육실험구별 일간 성장량은 Shelter 1과 2에서 45.8~75.8㎛로 높은 성장량을 보인 반면 Shelter 3과 4가 42.2~71.7㎛로 3~4㎛ 정도 낮은 성장량을 보였다. Shelter 형태별 각각의 일간 성장량은 Shelter 1 59.0㎛, Shelter 2 57.5㎛, Shelter 3 53.7㎛ 그리고 Shelter 4 53.5㎛로 나타났다. 성장량이 제일 높은 Shelter 1의 59.0㎛과 성장량이 가장 낮은 Shelter 4의 53.5㎛를 비교해 보면 평균 5.5㎛정도 성장량의 차이를 보였다. 즉, 각 Shelter 형태별 치패 각폭의 일간 성장량 차이는 1.5~5.5㎛로 분석되었다.

먹이종류에 따른 각폭의 일간성장량은 배합사료 급여구가 49.2~75.8㎛로 미역급여구의 42.2~59.1㎛ 범위 보다 7~16㎛ 정도 높은 값을 보였다. 즉, 배합사

Table 47. Growth of *Haliotis discus hannai* in their shell width at the experiment completion

(ED : Experimental diet; UP : *Undaria pinnatifida*)

No. of group	Initial			Final			Daily increment	Feed type	Shelter type
	Date	Number	Shell width (mm)	Date	Number	Shell width (mm)	Shell width (㎛)	ED, UP	1 2 3 4
1	Feb. 10, 1997	100	7.3±0.6	Jun. 10, 1997	92.5±2.1	16.4±2.3	75.8	ED	1
2	〃	〃	〃	〃	83.5±4.9	15.7±3.4	70.0	ED	2
3	〃	〃	〃	〃	95.5±4.9	15.9±3.1	71.7	ED	3
4	〃	〃	〃	〃	90.5±2.1	15.8±2.5	70.8	ED	4
5	〃	〃	〃	〃	98.0±1.2	13.9±2.5	55.0	UP	1
6	〃	〃	〃	〃	89.0±2.7	14.4±3.1	59.1	UP	2
7	〃	〃	〃	〃	87.5±2.1	12.6±1.7	44.2	UP	3
8	〃	〃	〃	〃	84.0±1.1	13.1±2.2	48.3	UP	4
9	〃	〃	〃	〃	97.5±2.1	14.2±2.4	57.5	ED	1
10	〃	〃	〃	〃	97.0±1.4	13.9±2.4	55.0	ED	2
11	〃	〃	〃	〃	90.0±4.2	13.8±2.5	54.2	ED	3
12	〃	〃	〃	〃	88.0±4.2	13.2±1.7	49.2	ED	4
13	〃	〃	〃	〃	85.0±1.4	13.0±1.6	47.5	UP	1
14	〃	〃	〃	〃	81.0±5.6	12.8±1.7	45.8	UP	2
15	〃	〃	〃	〃	74.5±0.7	12.9±1.7	46.7	UP	3
16	〃	〃	〃	〃	81.0±2.8	12.8±1.7	45.8	UP	4

료 급여구 전체의 평균 일간 성장량은 63.0㎛인 반면, 미역 급여구 전체 평균 일간 성장량은 48.8㎛로 배합사료 급여구가 평균 14㎛ 정도 성장량이 높게 나타났다.

사육수온에 따른 각폭의 일간 성장량은 가온수온 사육구에서 42.4~75.8㎛ 범위였으며, 자연수온 사육구에서 45.8~57.5㎛의 범위였다. 실제, 가온수 미역 급여구 Shelter 3의 경우는 자연수 배합사료 급여구나 자연수 미역 급여구 보다 더 낮은 성장량을 나타내었다. 그러나 가온사육실험구 전체의 평균 일간 성장량은 61.6㎛인 반면 자연수온 사육실험구 전체의 평균 일간 성장량은 50.2㎛로 평균 11.4㎛정도 가온사육 시험구에서 성장량이 높게 나타났다.

각폭의 일간 성장량차는 먹이종류에 따라 14㎛, 사육수온에 따라 11.4㎛, 그리고 Shelter 형태에 따라 1.5~5.5㎛의 차를 보였다.

3) 각고의 일간 성장량

각고의 일간 성장량은 가온수 배합사료 급여구 Shelter 1에서 가장 높은 19.2㎛을 보였으며, 가온수 미역 급여구 Shelter 3에서 제일 낮은 8.3㎛을 나타내었다(Table 48). Shelter 형태에 따른 각 사육실험구별 일간 성장량은 Shelter 1과 2에서 11.3~19.2㎛로 높은 성장량을 보인 반면 Shelter 3과 4가 8.3~15.8㎛로 3~4㎛ 정도 낮은 성장량을 보였다. Shelter 형태별 각각의 일간 성장량은 Shelter 1 13.8㎛, Shelter 2 13.2㎛, Shelter 3 12.1㎛ 그리고 Shelter 4 12.7㎛로 나타났다. 성장량이 가장 높은 Shelter 1의 13.8㎛과 성장량이 가장 낮은 Shelter 3의 12.1㎛와 비교해 보면 평균 1.7㎛정도 성장량의 차이를 보였다. 즉, 각 Shelter 형태별 치패의 각고 일간성장량 차이는 0.6~1.7㎛로 매우 작은 차이를 보였다.

먹이종류에 따른 각고의 일간 성장량은 배합사료 급여구가 12.6~19.2㎛로 미역 급여구의 8.3~14.6㎛ 범위보다 4~5㎛정도 높은 값을 보였다. 즉, 배합사료 급이구 전체의 평균 일간 성장량은 15.2㎛인 반면, 미역 급여구 전체 평균 일간 성장량은 10.6㎛로 평균 4.6㎛정도 배합사료 급여구에서 성장량이 높게 나타났다.

Table 48. Growth of *Haliotis discus hannai* in their shell height at the experiment completion

(ED : Experimental diet; UP : *Undaria pinnatifida*)

No. of group	Initial			Final			Daily increment	Feed type	Shelter type
	Date	Number	Shell height (mm)	Date	Number	Shell height (mm)	Shell height (㎛)	ED, UP	1 2 3 4
1	Feb. 10, 1997	100	2.8±0.4	Jun. 10, 1997	92.5±2.1	5.1±0.8	19.2	ED	1
2	〃	〃	〃	〃	83.5±4.9	4.8±0.9	16.7	ED	2
3	〃	〃	〃	〃	95.5±4.9	4.7±0.9	15.8	ED	3
4	〃	〃	〃	〃	90.5±2.1	4.8±0.8	16.7	ED	4
5	〃	〃	〃	〃	98.0±1.2	4.1±0.6	11.3	UP	1
6	〃	〃	〃	〃	89.0±2.7	4.2±0.6	11.6	UP	2
7	〃	〃	〃	〃	87.5±2.1	3.8±0.5	8.3	UP	3
8	〃	〃	〃	〃	84.0±1.1	4.1±0.5	11.3	UP	4
9	〃	〃	〃	〃	97.5±2.1	4.4±0.6	13.3	ED	1
10	〃	〃	〃	〃	97.0±1.4	4.4±0.7	13.3	ED	2
11	〃	〃	〃	〃	90.0±4.2	4.5±0.6	14.2	ED	3
12	〃	〃	〃	〃	88.0±4.2	4.2±0.5	12.6	ED	4
13	〃	〃	〃	〃	85.0±1.4	4.1±0.5	11.3	UP	1
14	〃	〃	〃	〃	81.0±5.6	4.1±0.6	11.3	UP	2
15	〃	〃	〃	〃	74.5±0.7	4.0±0.6	10.0	UP	3
16	〃	〃	〃	〃	81.0±2.8	4.0±0.6	10.0	UP	4

사육수온에 따른 각고의 일간 성장량은 가온수온 사육구가 8.3~19.2㎛ 범위였으며, 자연수온 사육구가 10.0~14.2㎛의 범위였다. 실제, 가온사육 실험구 전체의 평균 일간 성장량은 13.9㎛인 반면 자연수온 사육실험구 전체의 평균 일간성장량은 12.0㎛로 평균 1.9㎛정도 가온사육 실험구에서 성장량이 높은 것으로 나타났다.

각고의 일간성장량차는 먹이종류에 따라 4.6㎛, 사육수온에 따라 1.9㎛ 그리고 Shelter 형태에 따라 0.6~1.7㎛의 차를 보였다.

4) 전중의 일간성장량

전중의 일간성장량은 가온수 배합사료 급이구 Shelter 1에서 가장 높은 127㎎을 보였으며, 가온수 미역 급이구 Shelter 3에서 제일 낮은 46㎎을 나타내었다 (Table 49). Shelter 형태에 따른 각 사육실험구별 일간성장량은 Shelter 1과 2에서 50~127㎎로 높은 성장량을 보인 반면 Shelter 3과 4는 46~75㎎로 Shelter 1과 2에 비해 4~52㎎ 정도 낮은 성장량을 보였다. Shelter 형태별 각각의 일간 성장량은 Shelter 1 80㎎, Shelter 2 78㎎, Shelter 3 67㎎ 그리고 Shelter 4 68㎎로 나타났다. 성장량이 가장 높은 Shelter 1의 80㎎과 성장량이 가장 낮은 Shelter 3의 67㎎와 비교해 보면 평균 13㎎정도 성장량의 차이를 보였다. 즉, 각 Shelter 형태별 치패의 전중 일간성장량 차이는 1~13㎎로 매우 작은 차이를 보였다.

먹이종류에 따른 전중의 일간성장량은 배합사료 급이구가 60~127㎎로 미역 급이구의 46~74㎎ 범위보다 14~53㎎ 정도 높은 값을 보였다. 즉, 배합사료 급이구 전체의 평균 일간성장량은 91㎎인 반면, 미역 급이구 전체 평균 일간 생장량은 55㎎로 평균 36㎎ 정도 배합사료 급이구에서 성장량이 높게 나타났다.

사육수온에 따른 전중의 일간성장량은 가온수온 사육구가 46~127㎎ 범위였으며, 자연수온 사육구가 48~75㎎의 범위였다. 실제, 가온사육 실험구 전체의 평균 일간 성장량은 86㎎인 반면 자연수온 사육실험구 전체의 평균 일간 성장량은 60

Table 49. Growth of *Haliotis discus hannai* in their body weight at the experiment completion

(ED : Experimental diet; UP : *Undaria pinnatifida*)

No. of group	Initial			Final			Daily increment	Feed type	Shelter type
	Date	Number	Body weight (g)	Date	Number	Body weight (g)	Body weight (mg)	ED, UP	1 2 3 4
1	Feb. 10, 1997	100	0.14±0.04	Jun. 10, 1997	92.5±2.1	1.66±0.60	127	ED	1
2	〃	〃	〃	〃	83.5±4.9	1.50±1.01	113	ED	2
3	〃	〃	〃	〃	95.5±4.9	1.38±0.77	103	ED	3
4	〃	〃	〃	〃	90.5±2.1	1.42±0.66	107	ED	4
5	〃	〃	〃	〃	98.0±1.2	0.92±0.48	65	UP	1
6	〃	〃	〃	〃	89.0±2.7	1.03±0.63	74	UP	2
7	〃	〃	〃	〃	87.5±2.1	0.69±0.31	46	UP	3
8	〃	〃	〃	〃	84.0±1.1	0.81±0.41	56	UP	4
9	〃	〃	〃	〃	97.5±2.1	1.04±0.59	75	ED	1
10	〃	〃	〃	〃	97.0±1.4	1.02±0.49	73	ED	2
11	〃	〃	〃	〃	90.0±4.2	0.98±0.46	70	ED	3
12	〃	〃	〃	〃	88.0±4.2	0.87±0.35	60	ED	4
13	〃	〃	〃	〃	85.0±1.4	0.78±0.31	53	UP	1
14	〃	〃	〃	〃	81.0±5.6	0.74±0.35	50	UP	2
15	〃	〃	〃	〃	74.5±0.7	0.73±0.25	49	UP	3
16	〃	〃	〃	〃	81.0±2.8	0.72±0.29	48	UP	4

㎎로 평균 26㎎정도 가온사육 실험구에서 성장량이 높은 것으로 나타났다.

전중의 일간 성장량차는 먹이종류에 따라 36㎎, 사육수온에 따라 26㎎ 그리고 Shelter 형태에 따라 2~12㎎의 차를 보였다.

5. 치패의 생존율

치패의 생존율은 사육수온을 가온수온구와 자연수온구로 먹이를 배합사료와 미역으로 나누어 공급하면서 Shelter 형태별 치패의 생존을 조사하였다. 사육실험 종료시 각 실험구별 생존율은 Table 45와 Fig. 27과 같다.

치패의 생존율은 가온수 미역 급여구 Shelter 1에서 가장 높은 98%를 보였으며, 자연수 미역 급여구 Shelter 3에서 제일 낮은 74.5%를 나타내었다. Shelter 형태에 따른 각 사육실험구별 생존율은 Shelter 1 93.3%, Shelter 2 87.6%, Shelter 3 86.9% 그리고 Shelter 4 85.9%로 나타났다. 생존율이 가장 높은 Shelter 1의 93.3%는 생존율이 가장 낮은 Shelter 4의 85.9%보다 평균 7.4% 정도 생존율이 높게 나타났다. 즉, Shelter의 형태별 치패의 생존율 차이는 5.7~7.4% 범위로 나타났다.

먹이 종류에 따른 치패의 생존율은 배합사료 급여구가 전체 평균 91.8%, 미역급여구가 85%로 배합사료가 미역보다 평균 6.8% 높은 생존율을 보였다. 사육수온에 따른 치패의 생존율은 가온수온구에서 평균 90.1%, 자연수사육구에서 86.8%로 가온사육구에서 평균 3.2%정도 높은 생존율을 보였다.

치패의 생존율은 Shelter 형태에 따라 5.7~7.4%, 먹이종류에 따라 6.8% 그리고 사육수온에 따라 3.2%의 생존율차를 보였다.

6. 치패의 일간사망률

치패의 일간사망률은 사육수온을 가온수온구와 자연수온구로 먹이를 배합사

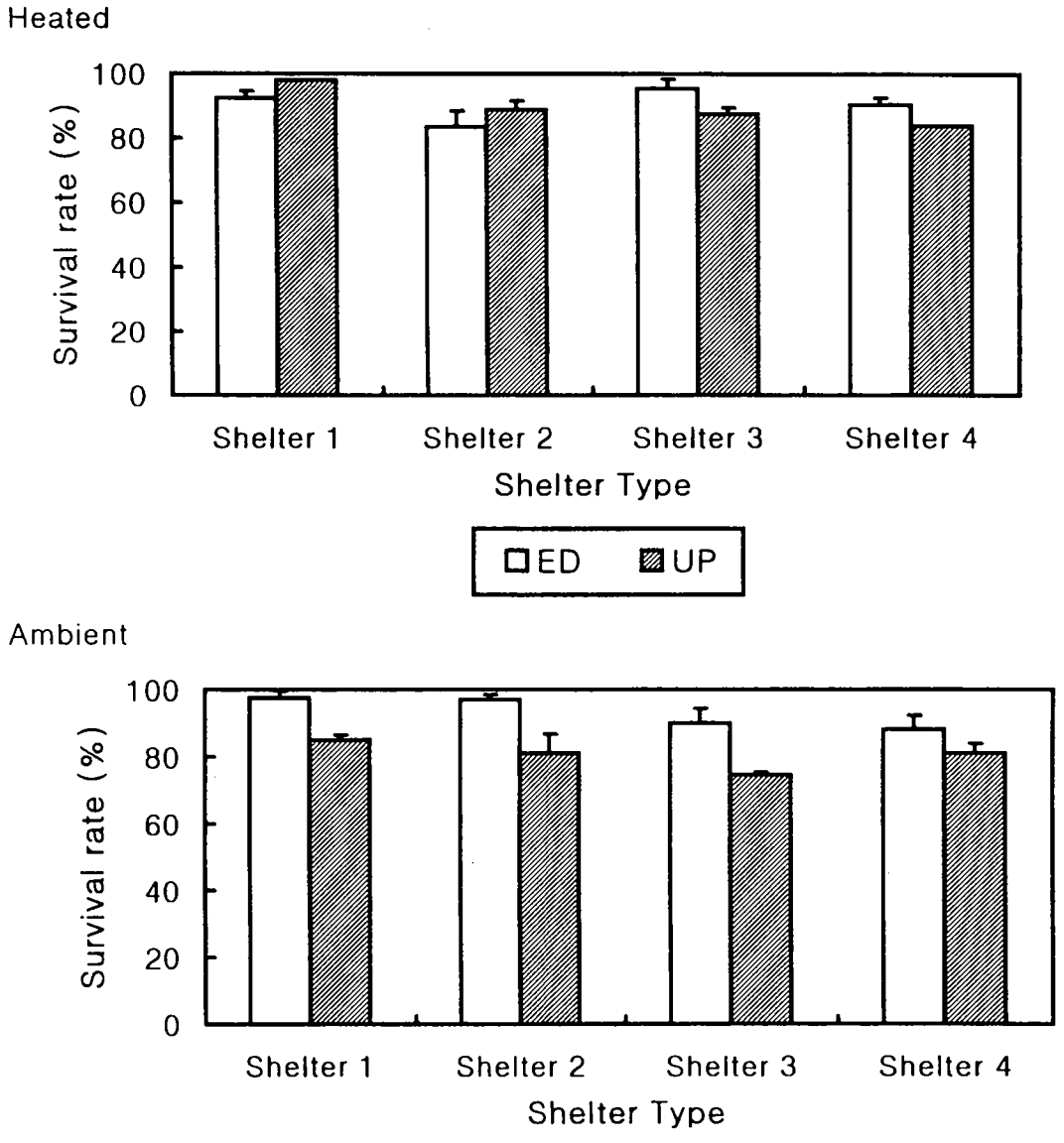


Fig. 27. The changes of survival rates of juvenile abalones at the experiment completion (ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*).

료와 미역으로 나누어 공급하면서 Shelter 형태별 치패의 일간사망률을 조사하였다. 사육시험 종료시 각 사육 시험구별 일간사망률은 Table 50과 같다. 치패의 일간사망률은 가온수 미역 급여구 Shelter 1에서 가장 낮은 1.68×10^{-4}를 보였으며, 자연수 미역 급여구 Shelter 3에서 가장 높은 24.56×10^{-4}를 나타내었다. Shelter 형태에 따른 각 사육시험구별 평균 일간 사망률은 Shelter 1 5.96×10^{-4}, Shelter 2 11.21×10^{-4}, Shelter 3 10.95×10^{-4} 그리고 Shelter 4 14.51×10^{-4}로 나타났다. 일간 평균사망률이 가장 낮은 Shelter 1의 5.96×10^{-4}는 일간사망률이 가장 높은 Shelter 4의 14.51×10^{-4} 보다 평균 8.55×10^{-4} 정도 일간사망률이 낮게 나타났다. 즉, Shelter 형태별 치패의 일간사망률 차이는 4.99×10^{-4}~8.55×10^{-4} 범위로 나타났다. 먹이종류에 따른 치패의 일간사망률은 미역 급여구가 평균 13.82×10^{-4}, 배합사료 급여구가 6.65×10^{-4}로 배합사료가 미역보다 평균 7.17×10^{-4} 낮은 일간사망률을 보였다. 사육수온에 따른 치패의 일간사망률은 가온수온구에서 평균 10.09×10^{-4}, 자연수온구에서 11.60×10^{-4}로 가온수온구가 자연수온구와 비교해 평균 1.51×10^{-4}낮은 일간사망률을 보였다.

결국, 치패의 일간사망률은 Shelter 형태에 따라 4.99×10^{-4}~8.55×10^{-4}, 먹이종류에 따라 7.17×10^{-4} 그리고 사육수온에 따라 1.51×10^{-4}의 차를 보였다.

7. 치패의 체성분 분석

치패의 체성분 변화는 실험 시작시 및 종료시의 전복치패 가식부의 일반성분(Moisture, Protein, Lipid, Ash)을 분석 하였다(Table 51). 수분은 실험 시작시 81.01이었는데 실험 종료시 실험구 4 (Shelter 4+가온수+배합사료)의 79.37±0.134에서 실험구 16 (Shelter 4+자연수+미역)의 82.85±0.332 범위로 배합사료 공급 실험구가 미역 공급구 보다 다소 낮았고, 가온수 실험구 보다는 자연수 사육실험구에서 다소 높게 나타났다. 단백질은 실험 시작시의 10.44 보다 전반적으로 거의 모든 실험구간에서 높게 나타났으나, 실험구 5, 6, 7에서는 실험 시

Table 50. Comparisions of survival rates at the experiment completion (N: number; SN: survival number; SR: survival rate; ED : Experimental diet; UP : *Undaria pinnatifida*)

No. of group	Initial				Final				Daily death rate	Feed type Shelter type	
	Date	N	SN	SR	Date	N	SN	SR		ED, UP	1 2 3 4
1	Feb. 10, 1997	200	200	100	Jun. 10, 1997	185	185	92.5±2.1	6.49×10^{-4}	ED	1
2	〃	〃	〃	〃	〃	167	167	83.5±4.9	15.02×10^{-4}	ED	2
3	〃	〃	〃	〃	〃	191	191	95.5±4.9	3.84×10^{-4}	ED	3
4	〃	〃	〃	〃	〃	181	181	90.5±2.1	8.31×10^{-4}	ED	4
5	〃	〃	〃	〃	〃	196	196	98.0±1.0	1.68×10^{-4}	UP	1
6	〃	〃	〃	〃	〃	178	178	89.0±2.7	9.71×10^{-4}	UP	2
7	〃	〃	〃	〃	〃	175	175	87.5±2.1	11.13×10^{-4}	UP	3
8	〃	〃	〃	〃	〃	168	168	84.0±0	14.53×10^{-4}	UP	4
9	〃	〃	〃	〃	〃	195	195	97.5±2.1	2.11×10^{-4}	ED	1
10	〃	〃	〃	〃	〃	194	194	97.0±1.4	2.54×10^{-4}	ED	2
11	〃	〃	〃	〃	〃	190	190	90.0±4.2	4.27×10^{-4}	ED	3
12	〃	〃	〃	〃	〃	176	176	88.0±4.2	10.65×10^{-4}	ED	4
13	〃	〃	〃	〃	〃	170	170	85.0±1.4	13.54×10^{-4}	UP	1
14	〃	〃	〃	〃	〃	162	162	81.0±5.6	17.56×10^{-4}	UP	2
15	〃	〃	〃	〃	〃	149	149	74.5±0.7	24.53×10^{-4}	UP	3
16	〃	〃	〃	〃	〃	162	162	81.0±2.8	17.56×10^{-4}	UP	4

Table 51. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	81.01	10.44	0.84	3.38
Final:				
1(S1+H+ED)*	80.34±0.275^{abc}	11.04±0.353^{ab}	0.87±0.070^{cde}	2.53±0.106^{a}
2(S2+H+ED)*	79.99±0.643^{ab}	11.15±0.657^{ab}	0.86±0.113^{bcde}	2.53±0.141^{a}
3(S3+H+ED)*	79.74±0.700^{ab}	11.52±0.650^{ab}	0.97±0.070^{de}	2.49±0.141^{a}
4(S4+H+ED)*	79.37±0.134^{a}	11.47±0.254^{ab}	1.05±0.155^{e}	2.46±0.212^{a}
5(S1+H+NP)*	80.95±0.784^{bcd}	10.33±0.848^{ab}	0.92±0.183^{cde}	3.20±0.226^{bc}
6(S2+H+NP)*	81.85±0.707^{cde}	9.98±0.325^{a}	0.69±0.565^{abc}	3.16±0.169^{bc}
7(S3+H+NP)*	81.53±0.622^{de}	10.26±0.148^{ab}	0.85±0.141^{bcde}	3.20±0.120^{bc}
8(S4+H+NP)*	81.90±0.127^{de}	11.90±0.070^{b}	0.74±0.424^{abce}	3.03±0.495^{b}
9(S1+A+ED)*	80.97±0.509^{bcd}	11.67±1.096^{ab}	1.02±0.353^{e}	2.56±0.707^{a}
10(S2+A+ED)*	81.09±0.883^{bcd}	11.25±2.043^{ab}	0.96±0.919^{de}	2.62±0.070^{a}
11(S3+A+ED)*	80.91±0.565^{bcd}	11.15±0.586^{ab}	0.93±0.106^{de}	2.57±0.282^{a}
12(S4+A+ED)*	81.50±1.025^{cde}	11.83±1.124^{b}	0.91±0.989^{cde}	2.62±0.353^{a}
13(S1+A+NP)*	82.31±0.113^{de}	10.79±0.134^{ab}	0.59±0.495^{a}	3.18±0.636^{bc}
14(S2+A+NP)*	82.65±0.728^{e}	10.61±0.198^{ab}	0.64±0.134^{ab}	3.04±0.176^{b}
15(S3+A+NP)*	82.26±0.770^{de}	10.91±0.530^{ab}	0.63±0.141^{ab}	3.13±0.120^{bc}
16(S4+A+NP)*	82.85±0.332^{e}	10.94±0.339^{ab}	0.63±0.636^{ab}	3.40±0.410^{c}

[1]Values (mean±s.d. of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

*S: Shelter; H: Heated; A: Ambient; ED: Experimental diet; UP: *Undaria pinnatifida*.

작시보다 오히려 낮는 수치를 보였다. 지질은 실험 시작시 0.84와 비교해 볼 때 배합사료 공급구 모두에서는 실험 시작시보다 높게 나타났으며, 미역공급구에서는 실험 시작시보다 전반적으로 낮아졌는데 이러한 경향은 자연수 사육 실험구에서 더욱 뚜렸하였다. 그리고 회분의 경우는 실험 시작시(3.38)보다 전 실험구에서 낮게 나타났다. 이와 같은 값은 배합사료 공급구가 미역 공급구보다 훨씬 낮아 뚜렸한 유의차($P>0.05$)를 보였다.

제 12 장 실험사료, 시판사료 및 천연 먹이가 까막전복, 시볼트전복 및 참전복 치패의 성장과 체성분에 미치는 효과

제 1 절 서 론

전복류는 세계적으로 100여종 이상이 분포하고 있으며, 우리 나라에서는 한류계인 참전복(*H. discus hannai*)과 난류계의 말전복(*Haliotis giganta*), 까막전복(*H. discus*), 시볼트전복(*H. silboldii*) 등이 서식하고 있다(柳, 1989). 전복류는 옛날부터 식용으로 이용되어지는 등 산업적으로 매우 중요하게 취급되어져 왔고, 앞으로도 고가의 기호식품으로서 전망이 밝은 유용 수산물이다. 전복류에 대한 연구는 비교적 오래전부터 여러 학자에 의해 다루어져 왔다(Kikuchi and Uki, 1974 ; Seki and Kanno, 1981a,b ; 김, 1992; 노 · 유, 1984; 盧, 1988 ; 이 등, 1978 ; 한, 1994).

전복류는 부착기 유생을 부착규조파판에 채묘하여 초기 먹이를 규조를 주 먹이로 사육하여 각장 7~8㎜까지 성장시킨 후 파판에서 박리하여 중간 육성하여 각장 3㎝정도의 것을 바다에 방류하여 상품 크기의 것을 다시 수확하는 방식으로 이루어지고 있으며 부분적으로 채롱 수하식으로 양식되어 왔다. 하지만 최근 전복양식에 대한 관심이 높아짐에 따라 전복을 육상 수조에서 양성하는 곳이 현저히 증가되고 있는 실정이며, 정 등(1994a, b)은 육상 사육 수조에 관한 효과를 비교하였다. 하지만, 전복을 양식하는 양어가들은 육성용 먹이로 생미역, 생파래, 생다시마와 같은 천연 먹이를 주로 사용하다가 여름에는 건조미역이나 건조다시마를 공급하고 있는 실정이어서 체계적인 양식 발전의 걸림돌이 되고 있다. 이러한 천연먹이는 생산량에 따라 공급이 불안정할 뿐 아니라 가격

의 변동이 심하고, 성장 또한 배합사료로 사육하는 것보다 낮은 것으로 보고되어 있다(Viana et al., 1993). 하지만 국내에서는 아직까지 적정한 배합사료를 개발하기 위한 연구가 수행되어 있지 않기 때문에, 외국에서 비싼 가격으로 배합사료를 수입하고 있어 경제적인 면에서 국가적으로도 큰 손실의 요인이 되고 있다. 그래서 국내 실정에 맞는 경제적인 배합사료를 개발하기 위해서 일령의 실험을 수행하여 왔다(이 등, 1997). 또한 제주도를 중심으로 양성되고 있는 남방계 전복 양성장에서는 천연 먹이의 공급, 저장 및 공급가격에서 상대적으로 불리한 여건에 처해 있어 경제성 있는 사료의 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다. 그래서 본 연구에서는 앞에서 참전복용으로 제시한 경제적인 배합비로 제조한 실험 사료로 까막전복, 시볼트전복 및 참전복에 대해 그 효능을 국내에서 제조된 배합사료 시제품, 외국산 시판사료 및 천연 먹이와 비교하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험사료

. 전복 치패의 성장 효과 및 체성분 조사를 위해 사용된 사료로 실험 배합사료(ED), 국내에서 제조된 배합사료 시제품(CD1), 외국산 시판사료(CD2)와 천연 먹이로 제주도 자연산 생미역(NF)을 구입하여 이용하였다(Table 52). 이 중 실험 배합사료는 이미 참전복용으로 제시된 경제적인 배합비의 처방대로 각 원료를 잘 혼합하여 이화유지(주)에서 길이 1㎝, 두께 0.15㎝정도의 사각형이 되도록 제조되었다. 제조된 배합사료는 진공 건조 후 냉동 보관(-25℃)하면서 사료 공급시마다 사용하였다. 구입한 생미역은 유수식 수조에 넣어 두고 공급시마다 적량 절단하여 공급하였다.

Table 52. Composition (%) of experimental diets

Ingredients	Experimental diet	Commercial diets		Natural food
		CD1	CD2	
White fish meal	20.0	-Closed-	-Closed-	
Soybean meal	23.0			
Undaria powder	5.0			
Wheat flour	22.3			
Spirulina	0.5			
Embryo meal	5.0			
α-potato starch	7.0			Sea mustard
Yeast	2.0			(*Undaria*)
Squid liver oil	3.0			
Lecithin	0.5			
Vitamin premix[1]	2.5			
Mineral premix[2]	4.0			
Sodium alginate	5.0			
Enzyme mix[3]	0.2			
Nutrient contents (%) in dry matter				
Crude protein	33.8	32.8	34.5	20.0
Crude lipid	5.8	3.9	2.2	1.3
Crude ash	10.5			38.7
Crude fiber	3.6			

[1,2]Refer to Table 1.
[3]Kemin Industries, Inc., Singapore.

2. 실험어 및 사육관리

실험 치패는 1996년 10월 11일에 북제주수산종묘배양장에서 채묘한 각장 10~17㎜ 정도의 까막전복(HD), 시볼트전복(HS) 및 참전복(HDH)의 3종이다. 실험용으로 1주간 먹이 적응시킨 건강한 치패를 각 실험수조(34×28.5×23㎝ ; 유효수량 17ℓ)에 100마리씩 각 사료별 3반복으로 임의배치하였다. 실험기간은 1997년 5월 27일부터 7월 26일까지의 9주간이었으며, 먹이공급은 매일 오전 11시경 잔여먹이 및 배설물을 청소한 후, 배합사료는 약 5~10g정도를 성장함에

따라 차차 그 양을 늘여 먹고 남을 정도로 충분히 공급하였고, 생미역은 전복 치패 쉘타를 1겹으로 덮을 정도의 양으로 절단하여 공급하였다. 주수량은 약 1 ℓ/min/tank로 조정하였으며, 약하게 산소 공급하였다. 사육기간중의 수온은 17.2~26.2℃고, 염분농도는 30.01~35.53‰였다(Fig. 28). 조도는 15~750lx, pH는 8.01~8.26, DO는 7.2~9.1㎖/ℓ였다. 분석용 치패는 실험시작시 300마리, 실험종료시 각 수조에 생존한 모든 개체를 수거하여 각장, 각폭, 각고, 전중량, 연체부중량, 패각중량을 조사한 후, 가식부를 분리하여 일반성분 분석용으로 냉동보관(-60℃)하였다.

3. 성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

전복 치패를 9주간 사육한 결과, 그 성장 효과 및 생존율에 대한 결과는 Table 53에 표시하였다. 실험 시작시의 전복 종류별 개체 평균 체중은 0.28~0.35g으로 처리 평균간 그 차이는 인정되지 않았으며($P<0.05$), 최종 평균 체중(Fig. 29)은 0.41~1.25g으로 시볼트전복에 배합사료를 공급한 구들이 1.25~

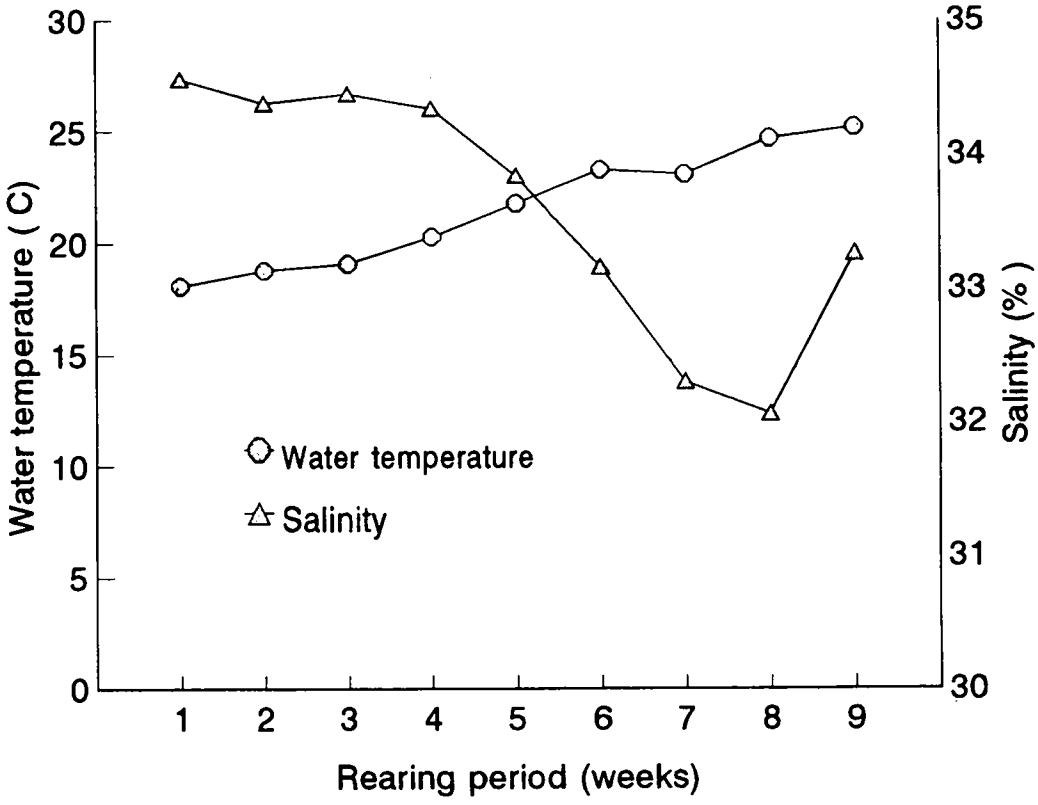


Fig. 28. Variation of water temperature and salinity during the experimental period.

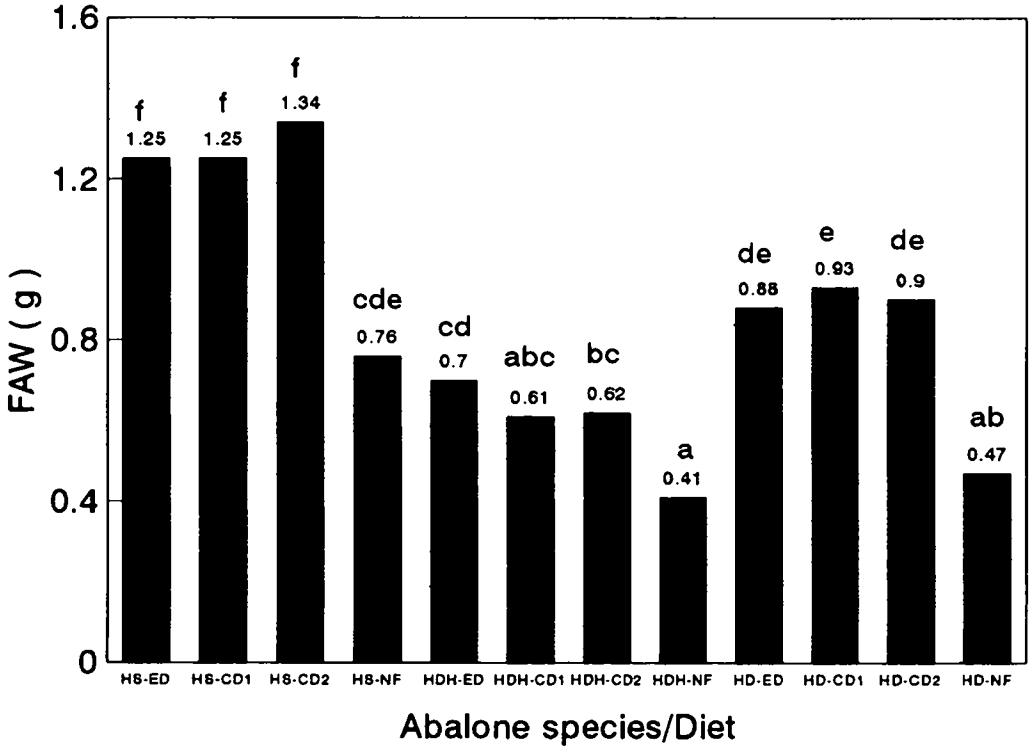


Fig. 29. Final average weight among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 53. Growth performance of abalone fed different diets for 9 weeks[1]

Diet no	Initial av. wt.(g)	Final av. wt.(g)	Survival rate (%)	Weight gain (%)[2]	Soft body wt. (g)	Soft body wt.(g)/ total wt.(g)
HS-EP	0.35 ± 0.025^{a}	1.25 ± 0.176^{f}	99.3 ± 1.15^{b}	262.9 ± 26.95^{de}	0.70 ± 0.092^{e}	0.62 ± 0.012^{efg}
HS-CD1	0.32 ± 0.025^{a}	1.25 ± 0.150^{f}	97.3 ± 0.58^{b}	287.7 ± 40.22^{de}	0.67 ± 0.102^{e}	0.60 ± 0.015^{cde}
HS-CD2	0.33 ± 0.015^{a}	1.34 ± 0.096^{f}	97.3 ± 0.58^{b}	310.4 ± 28.85^{e}	0.74 ± 0.051^{e}	0.63 ± 0.006^{fgh}
HS-NF	0.34 ± 0.006^{a}	0.76 ± 0.000^{cde}	97.7 ± 0.58^{b}	124.4 ± 3.17^{ab}	0.39 ± 0.012^{c}	0.57 ± 0.000^{b}
HDH-EP	0.32 ± 0.025^{a}	0.70 ± 0.234^{cd}	77.7 ± 3.79^{a}	123.7 ± 72.99^{ab}	0.32 ± 0.031^{bc}	0.59 ± 0.012^{cd}
HDH-CD1	0.30 ± 0.036^{a}	0.61 ± 0.095^{abc}	74.7 ± 4.16^{a}	105.3 ± 7.28^{ab}	0.34 ± 0.045^{bc}	0.59 ± 0.006^{bc}
HDH-CD2	0.31 ± 0.020^{a}	0.62 ± 0.072^{bc}	74.0 ± 2.00^{a}	101.9 ± 10.66^{ab}	0.34 ± 0.044^{bc}	0.59 ± 0.010^{bcd}
HDH-NF	0.28 ± 0.025^{a}	0.41 ± 0.015^{a}	76.0 ± 2.65^{a}	55.2 ± 13.68^{a}	0.21 ± 0.015^{a}	0.55 ± 0.010^{a}
HD-EP	0.33 ± 0.006^{a}	0.88 ± 0.055^{de}	98.7 ± 1.15^{b}	167.9 ± 17.54^{bc}	0.52 ± 0.021^{d}	0.63 ± 0.006^{ghi}
HD-CD1	0.30 ± 0.087^{a}	0.93 ± 0.120^{e}	98.3 ± 0.58^{b}	224.7 ± 74.23^{cd}	0.56 ± 0.086^{d}	0.64 ± 0.006^{hi}
HD-CD2	0.30 ± 0.032^{a}	0.90 ± 0.026^{de}	98.7 ± 1.15^{b}	219.6 ± 47.96^{cd}	0.56 ± 0.053^{d}	0.65 ± 0.026^{i}
HD-NF	0.28 ± 0.050^{a}	0.47 ± 0.064^{ab}	98.3 ± 1.15^{b}	68.6 ± 8.87^{a}	0.27 ± 0.038^{ab}	0.61 ± 0.000^{def}

Table 53. (Continued)

Diet no	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Shell height (mm)	Body wt.(g)/ shell length(cm)
HS-EP	21.8 ± 1.15^{d}	15.6 ± 0.94^{d}	3.95 ± 0.171^{bc}	0.52 ± 0.047^{d}
HS-CD1	21.6 ± 1.00^{d}	15.6 ± 0.83^{d}	4.12 ± 0.183^{c}	0.51 ± 0.055^{d}
HS-CD2	21.9 ± 0.44^{d}	15.8 ± 0.30^{d}	3.95 ± 0.044^{bc}	0.54 ± 0.033^{d}
HS-NF	18.8 ± 0.15^{c}	13.3 ± 0.10^{c}	3.76 ± 0.025^{b}	0.36 ± 0.026^{b}
HDH-EP	16.1 ± 0.50^{b}	11.2 ± 0.28^{b}	3.77 ± 0.124^{b}	0.33 ± 0.019^{b}
HDH-CD1	16.4 ± 0.68^{b}	11.4 ± 0.49^{b}	3.82 ± 0.170^{b}	0.35 ± 0.032^{b}
HDH-CD2	16.3 ± 0.74^{b}	11.4 ± 0.57^{b}	3.78 ± 0.136^{b}	0.35 ± 0.030^{b}
HDH-NF	14.8 ± 0.19^{a}	10.3 ± 0.14^{a}	3.50 ± 0.046^{a}	0.25 ± 0.012^{a}
HD-EP	18.8 ± 0.30^{c}	13.2 ± 0.24^{c}	3.95 ± 0.052^{bc}	0.44 ± 0.013^{c}
HD-CD1	19.2 ± 0.85^{c}	13.4 ± 0.62^{c}	4.00 ± 0.212^{bc}	0.45 ± 0.041^{c}
HD-CD2	18.8 ± 0.44^{c}	13.1 ± 0.10^{c}	3.86 ± 0.035^{b}	0.46 ± 0.018^{c}
HD-NF	16.1 ± 1.09^{b}	10.9 ± 0.52^{ab}	3.37 ± 0.174^{a}	0.28 ± 0.028^{a}

Table 53. (Continued)

Diet no	Shell width (mm)/ shell length (mm)	Shell height (mm)/ shell length (mm)	Shell height (mm)/ shell width (mm)
HS-EP	0.72 ± 0.005^{cd}	0.18 ± 0.005^{a}	0.25 ± 0.007^{ab}
HS-CD1	0.72 ± 0.006^{d}	0.19 ± 0.001^{b}	0.26 ± 0.002^{b}
HS-CD2	0.72 ± 0.002^{d}	0.18 ± 0.005^{a}	0.25 ± 0.002^{a}
HS-NF	0.71 ± 0.002^{bcd}	0.20 ± 0.001^{c}	0.28 ± 0.002^{c}
HDH-EP	0.70 ± 0.006^{ab}	0.23 ± 0.001^{d}	0.34 ± 0.004^{f}
HDH-CD1	0.70 ± 0.002^{ab}	0.23 ± 0.001^{d}	0.33 ± 0.002^{f}
HDH-CD2	0.70 ± 0.004^{ab}	0.23 ± 0.003^{d}	0.33 ± 0.006^{f}
HDH-NF	0.70 ± 0.002^{ab}	0.24 ± 0.001^{d}	0.34 ± 0.006^{f}
HD-EP	0.70 ± 0.002^{bc}	0.21 ± 0.005^{c}	0.30 ± 0.002^{de}
HD-CD1	0.69 ± 0.002^{ab}	0.21 ± 0.004^{c}	0.30 ± 0.006^{de}
HD-CD2	0.70 ± 0.015^{ab}	0.21 ± 0.007^{c}	0.30 ± 0.004^{d}
HD-NF	0.68 ± 0.026^{a}	0.21 ± 0.009^{c}	0.31 ± 0.003^{e}

[1]Values (mean ± s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).
[2](final weight - initial weight) × 100/initial weight.

1.34g으로 뚜렷이 성장이 좋았으나($P<0.05$), 배합사료구 간에는 성장차가 없었다($P>0.05$). 또한, 동일 전복종류내에서는 배합사료 공급구들이 천연 먹이 공급구보다 성장이 좋았고, 전체 실험구중에서 참전복에 천연 먹이를 공급한 구가 0.41g으로 가장 성장이 나빴다($P<0.05$). 생존율(Fig. 30)은 시볼트전복과 까막전복이 97.3~99.3%로 참전복의 74.0~77.0%에 비해 높았으며($P<0.05$), 각 전복종내에서의 먹이 종류별로는 그 유의차가 인정되지 않는다($P>0.05$). 증체율(Fig. 31)은 시볼트전복에 배합사료 공급구들이 262.9~310.4%로 가장 높은 경향이며($P<0.05$), 시볼트전복과 까막전복은 배합사료구들과 천연 먹이 사이에 유의차가 인정되었다($P<0.05$). 또한, 참전복은 배합사료구들과 천연 먹이 사이에 유의차가 인정되지 않았으나($P>0.05$) 수치상으로는 천연 먹이 급여구가 낮았으며, 까막전복과 참전복의 천연 먹이구에서의 증체율이 각각 55.2%와 68.6%

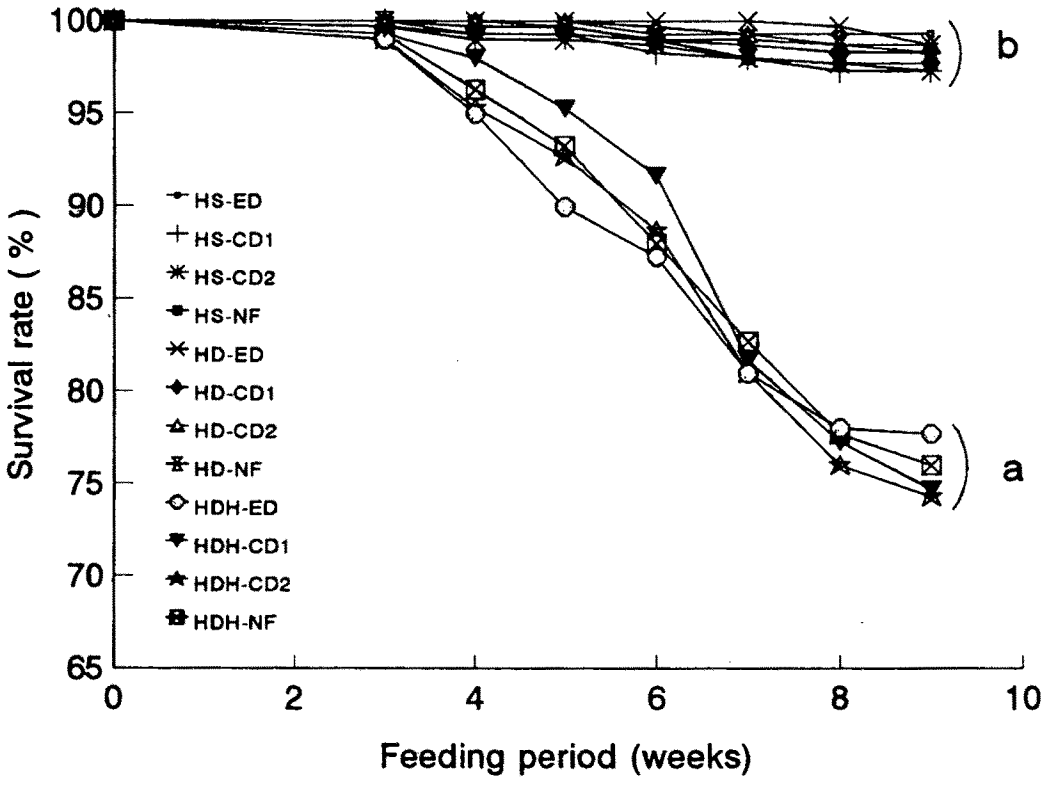


Fig. 30. Average survival rate among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

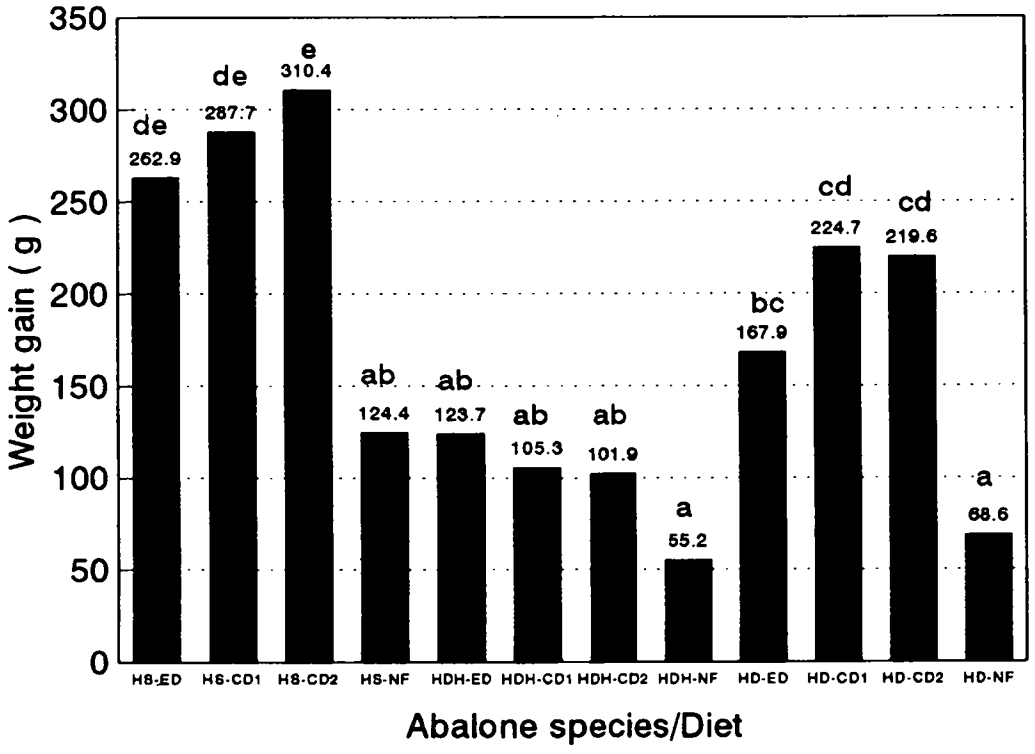


Fig. 31. Weight gain among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

로 낮았다(P<0.05). 체중에 대한 가식부의 비(Fig. 32)는 동일 전복종류내에서는 배합사료구들과 천연 먹이구간에는 유의차가 인정되어, 배합사료 공급구들이 천연 먹이구에 비해 가식부비율이 높아 가식부가 패각에 비해 상대적으로 두터운 편이다(P<0.05). 각장(Fig. 33)은 각 전복 종류 내에서는 배합사료구들간에 유의차가 없었고(P>0.05), 배합사료구와 천연 먹이구와는 유의차가 있었다(P<0.05). 또한 동일 전복 종류내에서도 배합사료구들간 및 천연 먹이구간내에서 시볼트 전복>까막전복>참전복 순으로 그 크기 차가 인정되었다(P<0.05). 각폭 및 전중량/각장비도 각장의 경우와 거의 유사한 경향을 보인다. 각폭/각장비는 시볼트전복에 배합사료를 공급한 구들에서 0.72로, 까막전복 및 참전복에 배합사료를 공급한 구들의 0.69~0.70에 비해 높아 패각의 형태가 상대적으로 둥근 형태임를 나타낸다(P<0.05). 각고/각폭비(Fig. 35)는 전복 3종간에 먹이 종류에 관계없이 뚜렷한 차를 보이고 있고(P<0.05), 참전복>까막전복>시볼트전복 순으로 각고쪽이 높은 형태를 보여, 종의 형태적 분류의 키로서도 활용이 가능할 것으로 생각된다. 특히 인공 종묘의 외부 형태상 그 구분이 매우 어려운 참전복과 까막전복을 구분하는데에는 각정부위가 상대적으로 두드러져 올라와 있는 참전복의 각고/각폭비가 높은 점을 감안하여 구분하는 상대적 기준이 될 것이다.

실험 시작시 및 종료시의 사료별로 전복 연체부의 일반성분(Table 54)을 분석한 결과, 수분은 참전복과 까막전복에서 실험 시작시에 비해 종료시 모두 감소하였고, 단백질은 전복 3종류 모두에서 먹이 종류에 관계없이 모두 증가하였으며, 회분은 전복 3종류 모두에서 먹이 종류에 관계없이 모두 감소하였다. 실험 종료시 수분 함량은 시볼트전복과 까막전복에 비해 참전복이 높았으며(Fig. 36), 먹이의 종류에는 뚜렷한 차는 인정되지 않는다(P>0.05). 실험종료시 단백질 함량은 전복 종류에 관계없이 국산사료 공급구(CD1)에서 높은 수치를 보이고(Fig. 37), 참전복의 실험사료(HDH-EP) 및 천연 먹이구(HDH-NF)에서는 비

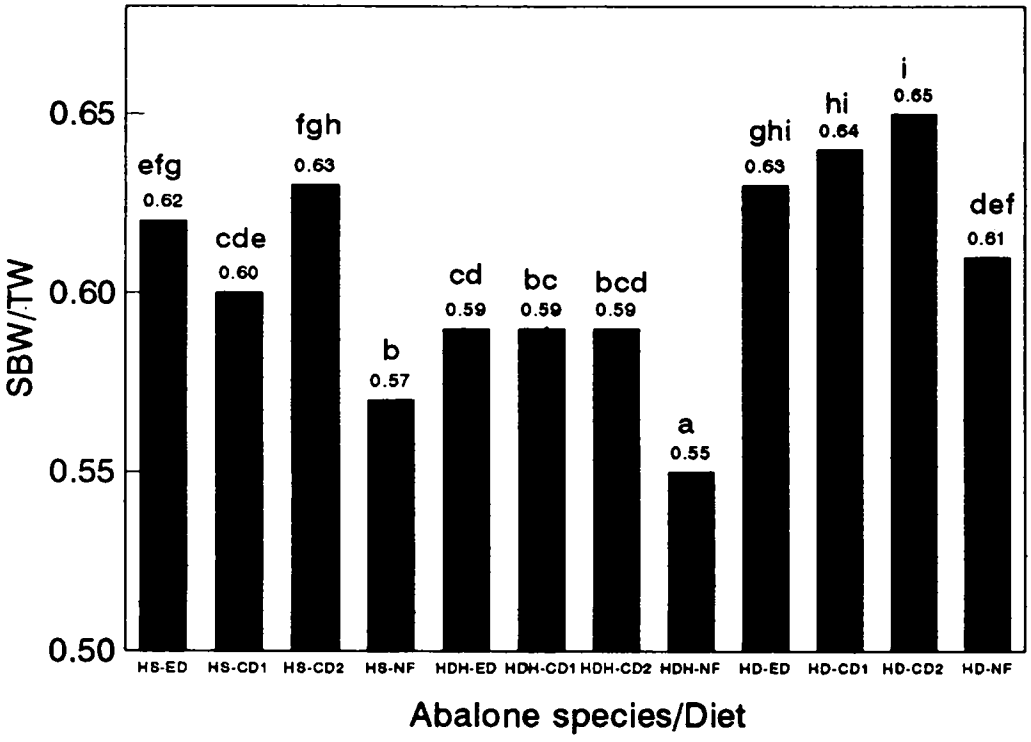


Fig. 32. Ratios of soft body weight (SBW) to total weight (TW) among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

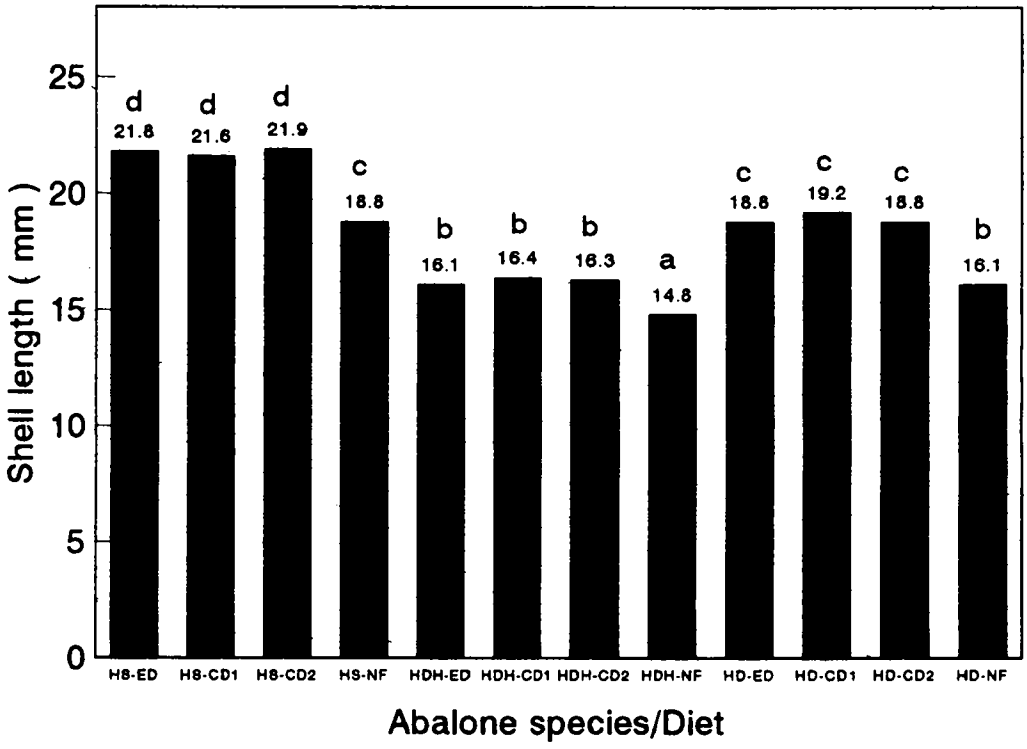


Fig. 33. Shell length of *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

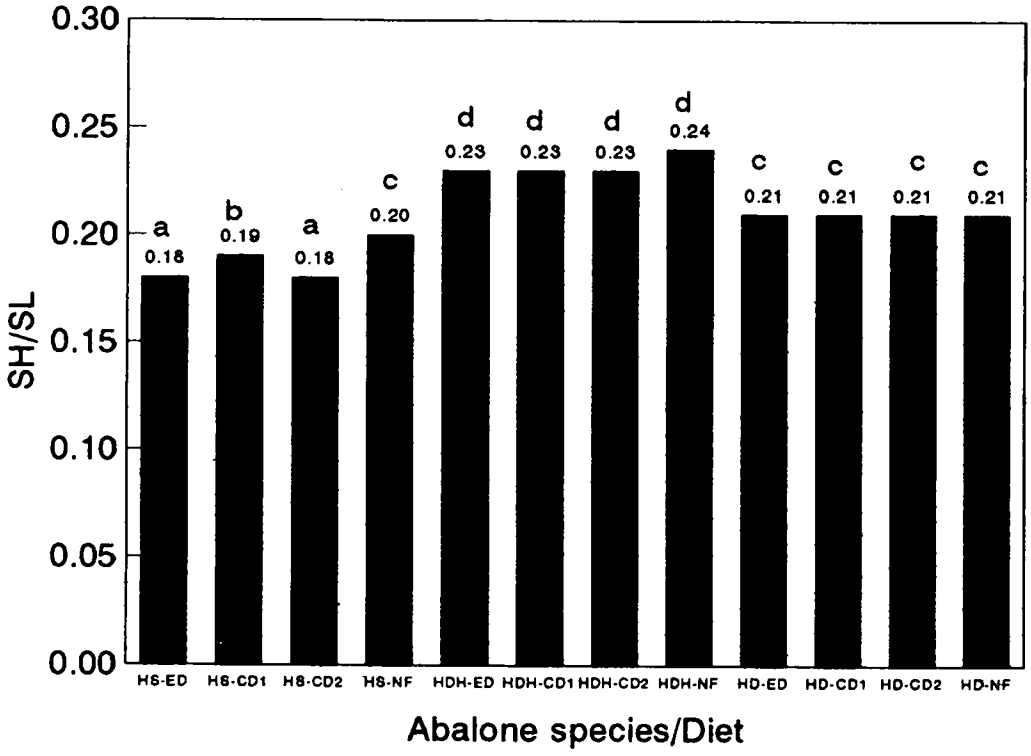


Fig. 34. Ratios of shell height (SH) to shell length (SL) among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

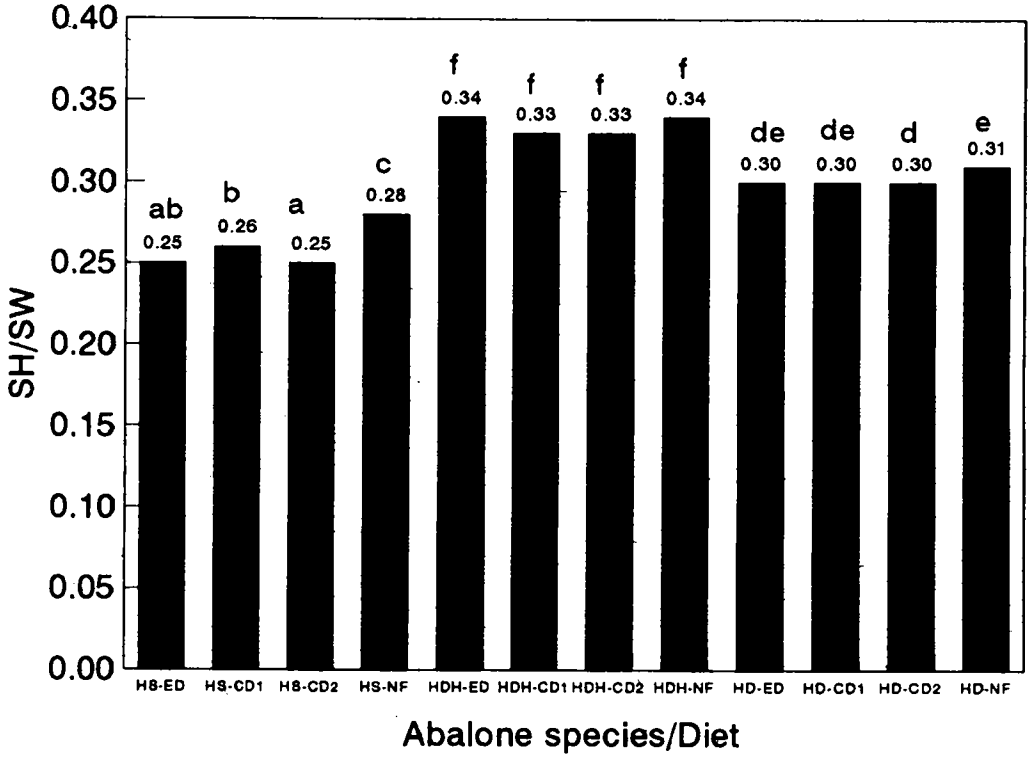


Fig. 35. Ratios of shell height (SH) to shell width (SW) of *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

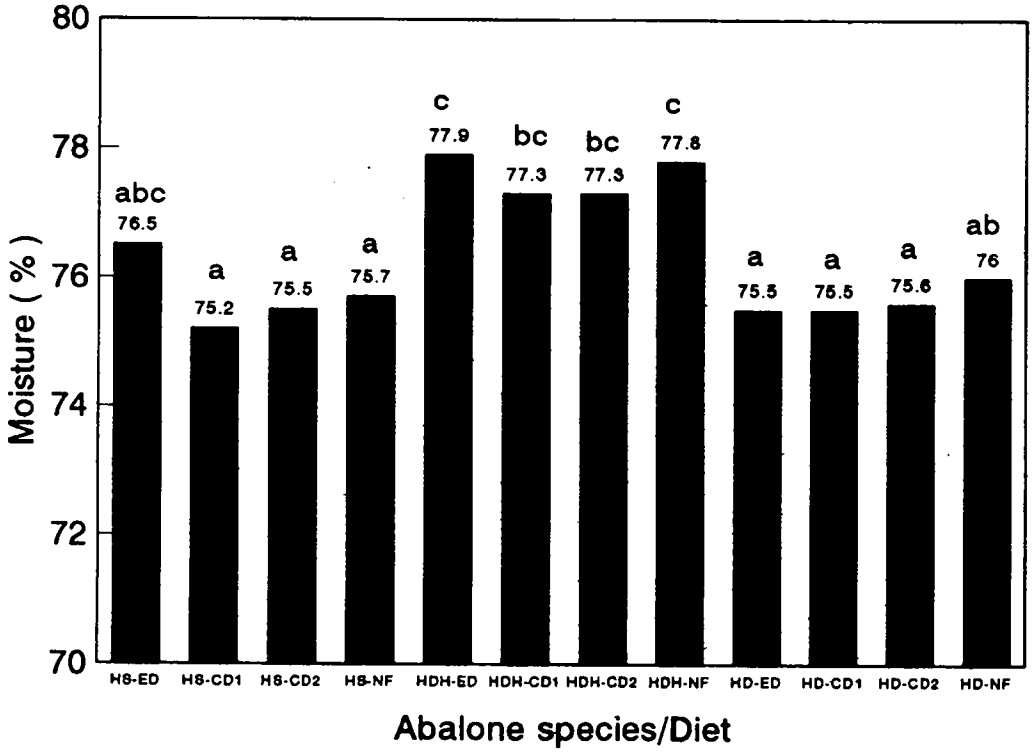


Fig. 36. Moisture contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

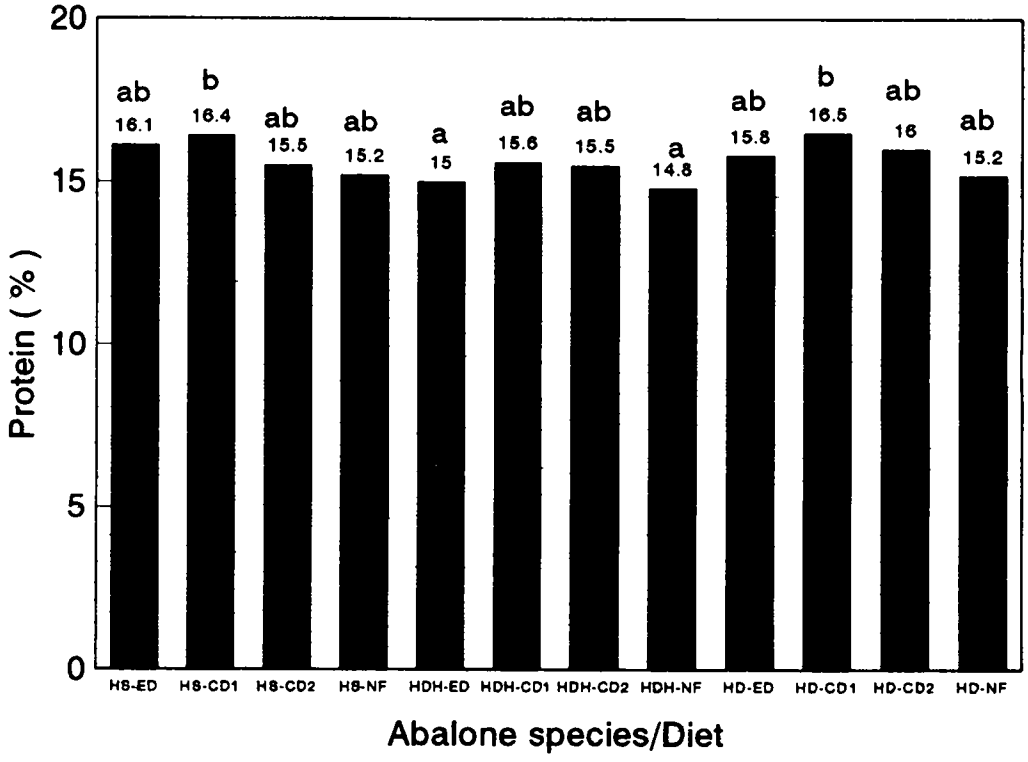


Fig. 37. Protein contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 54. Chemical compositions (%) of the soft whole body[1]

Diet no	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial:				
HS	75.47	14.69	1.86	4.27
HDH	79.59	12.67	1.05	3.29
HD	78.57	13.23	1.15	4.02
Final:				
HS-EP	76.5 ± 0.26^{abc}	16.1 ± 0.41^{ab}	2.17 ± 0.512^{ef}	2.20 ± 0.061^{a}
HS-CD1	75.2 ± 0.80^{a}	16.4 ± 0.85^{b}	2.41 ± 0.079^{f}	2.20 ± 0.222^{a}
HS-CD2	75.5 ± 1.00^{a}	15.5 ± 0.67^{ab}	1.58 ± 0.175^{cd}	2.27 ± 0.045^{a}
HS-NF	75.7 ± 0.81^{a}	15.2 ± 0.95^{ab}	1.90 ± 0.196^{de}	3.43 ± 0.206^{c}
HDH-EP	77.9 ± 0.99^{c}	15.0 ± 0.88^{a}	1.10 ± 0.045^{ab}	2.51 ± 0.266^{a}
HDH-CD1	77.3 ± 1.30^{bc}	15.6 ± 1.02^{ab}	1.46 ± 0.207^{bc}	2.49 ± 0.165^{a}
HDH-CD2	77.3 ± 0.41^{bc}	15.5 ± 0.17^{ab}	1.03 ± 0.104^{a}	2.39 ± 0.089^{a}
HDH-NF	77.8 ± 0.59^{c}	14.8 ± 0.12^{a}	1.11 ± 0.006^{ab}	2.95 ± 0.301^{b}
HD-EP	75.5 ± 0.56^{a}	15.8 ± 0.60^{ab}	2.24 ± 0.445^{ef}	2.33 ± 0.092^{a}
HD-CD1	75.5 ± 1.26^{a}	16.5 ± 0.68^{b}	2.16 ± 0.117^{ef}	2.20 ± 0.090^{a}
HD-CD2	75.6 ± 0.80^{a}	16.0 ± 0.66^{ab}	1.46 ± 0.060^{bc}	2.37 ± 0.162^{a}
HD-NF	76.0 ± 0.53^{ab}	15.2 ± 0.22^{ab}	1.54 ± 0.178^{cd}	3.11 ± 0.031^{b}

[1]Values (mean ± s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

교적 낮은 수치를 나타냈다. 지방 함량은 시볼트전복 및 까막전복의 실험사료와 국산 사료에서 높았고(Fig. 38), 참전복에서 낮은 경향이다($P<0.05$). 회분 함량은 배합사료의 종류에 관계없이 전복 3종류 모두에서 천연 먹이 투여구보다 낮았으며(Fig. 39), 특히 시볼트전복의 천연 먹이 투여구(HS-NF)에서 가장 높았다($P<0.05$).

전복 종류와 먹이 종류간에 미치는 영향(Table 55)을 2요인 분석한 결과, 증체율, 최종 평균 체중, 각장, 각폭, 각고, 가고/각장, 체중/각장, 수분, 단백질, 지질은 각각 전복 종류 및 먹이 종류에 유의하게 영향을 받았으나 전복 종류와 먹이 종류간 상호작용은 인정되지 않았다. 그러나, 생존율은 먹이 종류간 및 전

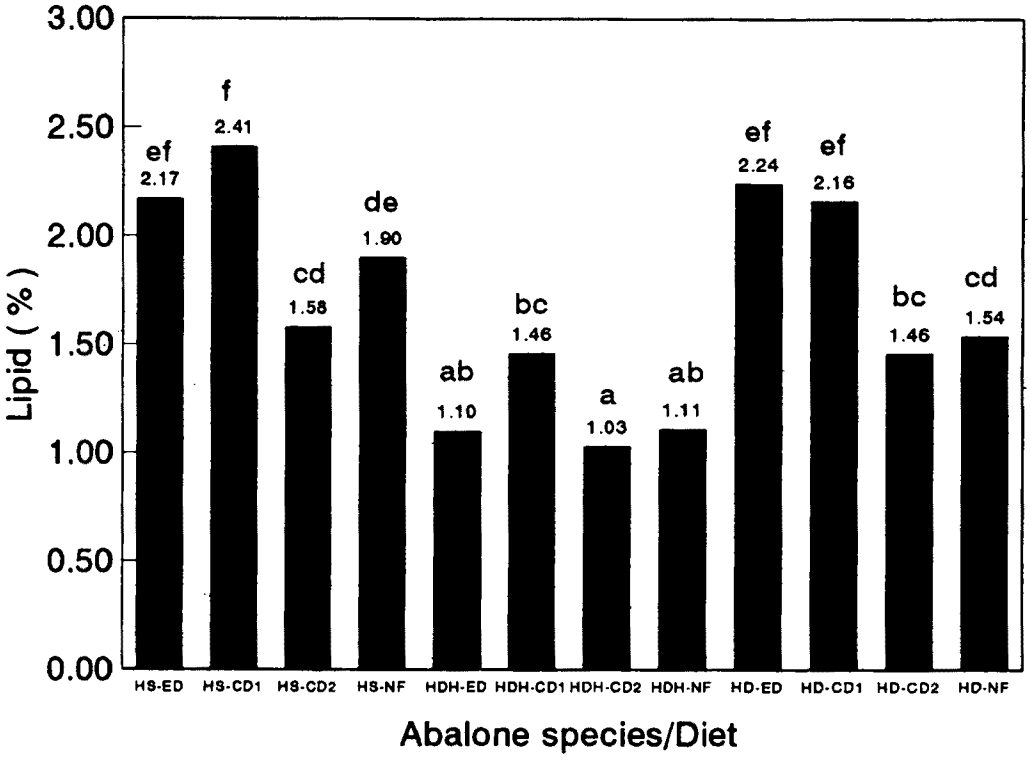


Fig. 38. Lipid contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

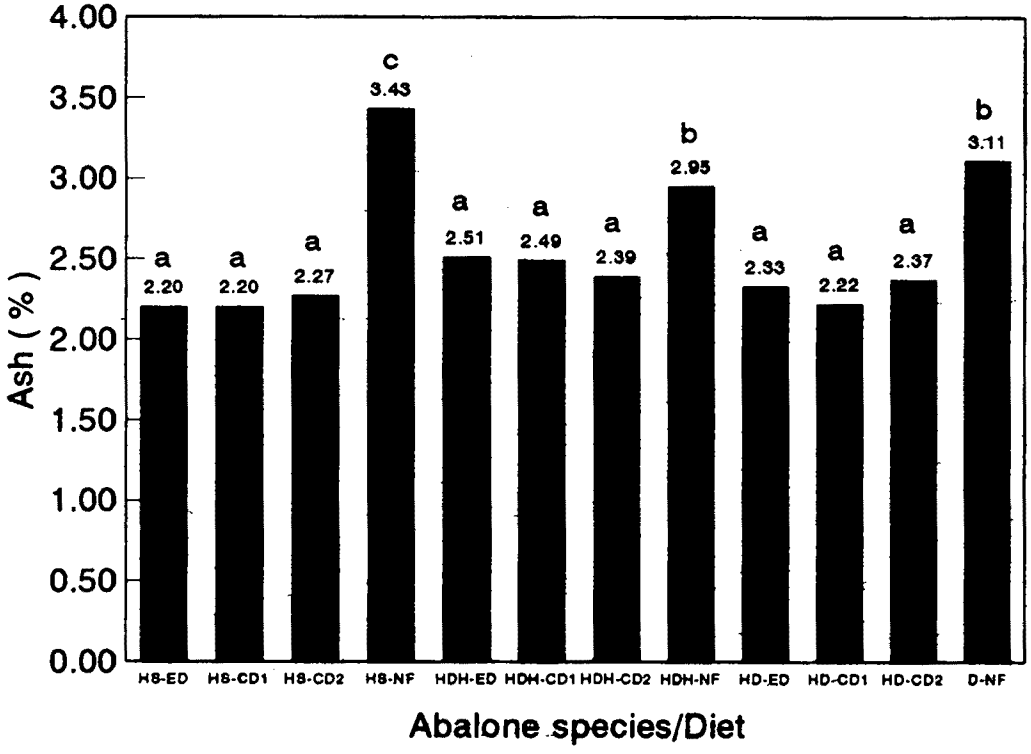


Fig. 39. Ash contents of soft body among *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, 2) and natural food (NF) for 9 weeks. Values (mean of three repelicate groups) with different letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 55. Two-way ANOVA analysis for growth performance and body composition among the juvenile *Haliotis sieboldii* (HS), *Haliotis discus* (HD) and *Haliotis discus hannai* (HD) fed experimental diet (EP), commercial diets (CD1, CD2) and natural food (NF) for 9 weeks

	species	Diets	Interaction
Weight gain (%)	P<0.001	P<0.001	NS
Survival rates (%)	P<0.001	NS[2]	NS
Final average weight (g)	P<0.001	P<0.001	NS
Shell length (㎜)	P<0.001	P<0.001	NS
Soft body weight (g)	P<0.001	P<0.001	P<0.05
Shell width (㎜)	P<0.001	P<0.001	NS
Shell height (㎜)	P<0.001	P<0.001	NS
Total weight / shell length	P<0.001	P<0.001	NS
Shell height / shell length	P<0.001	P<0.001	NS
Moisture content of SB[1] (%)	P<0.001	P<0.001	NS
Protein content of SB (%)	P<0.05	P<0.05	NS
Lipid content of SB (%)	P<0.001	P<0.001	NS
Ash content of SB (%)	NS	P<0.001	P<0.01

[1]SB : soft body
[2]NS : not significant.

복 종류와 먹이 종류간 상호작용은 인정되지 않았으나 전복 종류간에는 유의하게 영향을 받았다. 또한 연체부의 회분 함량은 전복 종류간에는 영향을 받지 않았으나 먹이 종류간 및 전복 종류와 먹이 종류간 상호작용은 유의하게 영향을 받았다.

본 실험에서 사용된 실험 배합사료는 천연 먹이인 자연산 미역보다 성장 효과가 높았으며, 국산 시제품 및 외국산 배합사료와 그 성능이 동등한 것으로 나타났다. Viana et al.(1993)은 casein이나 어분 위주의 배합사료가 macroalgae (*Macrocystis pyrifera*)보다 전복(*H. fulgens*)의 성장에 더 높은 효과가 있다고

하였으며, Nie et al.(1986)도 역시 배합사료가 다시마보다 참전복의 성장에 월등히 좋은 결과를 보인다고 보고하였다. 정 등(1994b)은 배합사료, 건조미역 및 배추를 0.7 g의 참전복에 공급한 결과, 배합사료와 건조미역이 배추보다 높은 성장 효과가 있다고 보고하였다. 이와 같이 천연먹이의 저조한 성장효과는 그들의 영양성분 중 단백질이나 지질 등의 함량이 배합사료보다 현저히 낮기 때문으로 해석된다. 반면에 정 등(1994b)은 배합사료와 건조 미역 공급구간에 서로 차이가 없었다고 보고하였는데, 본 실험에서 배합사료구는 건조미역구보다 생존율이 유의하게 높았고($P<0.05$), 증체율도 수치상으로 건조미역구보다 30% 정도 더 개선된 것으로 나타나 차이를 보이고 있다.

이상의 결과로부터 앞에서 제시된 경제적인 배합비는 3종류의 전복 모두에서 외국 상품 사료에 뒤지지않는 효능을 갖은 것으로 나타났다. 또한 국내에서 제조된 시제품도 실용적인 전복 사료가 될 것으로 기대된다. 본 실험에서 사용된 실험 배합사료는 그 단가가 kg당 1,000원대로 기존의 상품사료에 비해 매우 경제적이며 이 배합비를 실용화시키면 경제적인 절감 효과를 거둘 것으로 전망된다. 뿐만 아니라 본 실험의 실험 배합사료로 까막전복이나 시볼트전복을 사용하여도 양호한 결과가 나타나 앞으로 이들 종에 대한 양식 발전을 도모할 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

○ 제1장 서 론

Harada K. and Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. fish., 51: 2051~2058.

Ioriya, T. and H. Suzuke. 1987. Changes of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. The Suisanzoshoku. 35: 81~98.

Norman-Boudreau, K., D. Burns, C.A. Cooke and A. Austin. 1986. A simple technique tor detection of feeding in newly metamorphosed abalone. Aquaculture, 51: 313~317.

Ogino, C. and E. Ohta. 1963. Studies on the nutrient of abalone, Ⅰ. Feeding trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29: 69~670.

Ogino, C. and N. Kato. 1964. Studies on the nutrient of abalone, Ⅱ. Protein requirements for growth of abalone, *Halitis discus* Reeve, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30: 523~526.

Ohgai, M., M. Wakano, and S. Nagai. 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Suisanzoshoku, 39: 263~266.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of sem-ipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of

several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1985c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

노섬, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33: 173~183.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994b. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육 수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7: 77~87.

한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이 효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.

○ 제2장 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

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

~42.

Kikuchi, S. and N. Uki. 1974. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis*, I. Relation between water temperature and several maturity of *Haliotis discus hannai* Ino. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 33: 69~78.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

Nie, Z.Q., Z.Q. Wang and J.P. Yan. 1986. Experiments on preparing of formulated feed and feeding efficiency of yong abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Mar. Fish. Res., 7: 53~64.

Seki, T. and H. Kanno. 1981a. Observation of the settlement and metamorphosis of the velizer of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, Haliotidae, Gastropoda. Bull. Tohoku Reg. fish. Res. Lab., 42: 31~39.

Seki, T. and H. Kanno. 1981b. Induced the settlement of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai*, velliger by the mucous trail of the juvenile and adult abalone. Bull. Tohoku Reg. fish. Res. Lab., 43: 29~36.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai.* Bull. Jap.

Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

김용구. 1992. 참전복(*Haliotis discus hannai* Ino) 種苗生産을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.

盧暹. 1988. 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino의 種苗生産에 관한 연구. 부산수산대학 박사학위논문, 139 pp.

노섭, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33: 173~183.

柳晟奎. 1989. 淺海養殖. 새로출판사. 부산. pp. 309~368.

이택렬, 변충규, 진평, 홍성윤. 1978. 전복의 종묘생산기술설립과 인공사육에 관한 연구. 부산수대해연보, 11: 47~61.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994a. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한연구. I. 치패성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향. 한국양식학회지, 7: 9~20.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994b. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7: 77~87.

한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.

o 제3장 참전복 사료의 단백질원 평가

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

Arai, S. 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*,

fry. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47: 547~550.

Dabrowska, H. and T. Wojno. 1977. Stydies on the utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) of feed mixture containing soy bean meal and an addition of amino acid. Aquaculture, 10: 297~310.

Dorsa, W. J., Robinette, H. R., Robinson, E. H. and poe, W. E. 1982. Effects of dietary cotton seed meal and gossypol on growth of young channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc., 3: 651~655.

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

El-Sayed, A. M. 1990. Long-term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). Aquaculture, 84: 315~320.

Fowler, L. G. 1980. Substitution of soy bean and cotton seed products for fish meal in diets fed to chinook and coho salmon. Prog. Fish. Cult., 42: 87~91.

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

Harada K. and Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. fish., 51: 2051~2058.

Herman, R. L. 1970. Effects of gossypol on rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richarson. F. Fish Biol., 2: 293~304.

Ioriya, T. and H. Suzuke. 1987. Changes of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. The Suisanzoshoku. 35: 81~98.

Jackson. A. J., B. S. Capper and A. J. Matty. 1982. Evaluation of some plant

proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture, 27: 97~109.

Ketola, H.G. 1982. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. Comp. Biochem. Physio. B, 73: 17~24.

Klein, R.G. and J.E. Halver. 1970. Nutrition of salmonoid fishes. Arginine and histidine requirements of chinook and coho salmon. J. Nutr., 1105~1109.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1994. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. Aquaculture, 128: 115~130.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

Murai, T., H. Ogata, and T. Nose. 1982. Methionine coated with various materials supplemented to soybean meal diet for fingerling carp *Cyprinus carpio* and channel catfish *Ictalurus punctatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48: 85~88.

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

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

Norman-Boudreau, K., D. Burns, C.A. Cooke and A. Austin. 1986. A simple technique tor detection of feeding in newly metamorphosed abalone. Aquaculture, 51: 313~317.

NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.

Ogata, H., S. Arai and T. Nose. 1983. Growth responses of cherry salmon (*Oncorhynchus masou*) and amago salmon (*O. rhodurus*) fry fed purified casein diets supplemented with amino acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49: 1381~1385.

Ogino, C. and E. Ohta. 1963. Studies on the nutrient of abalone, I. Feeding trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29: 69~670.

Ogino, C. and N. Kato. 1964. Studies on the nutrient of abalone, II. Protein requirements for growth of abalone, *Halitis discus* Reeve, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30: 523~526.

Ohgai, M., M. Wakano, and S. Nagai. 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Suisanzoshoku, 39: 263~266.

Robinson, E. H., Rawles, S. D., and Stickney, R. R. 1984. Evaluation of glanded and glandless cotton seed products in catfish diets. Prog. Fish Cult., 46: 92~97.

Shiau, S. Y., B. S. Pan, S. Chen, H. L. Yu and S. L. Lin. 1988. Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. J. World Aquacult. Soc., 19: 14~19.

Smith, R. R. 1988. Soybeans and wheat flour byproducts in trout feeds. American soybean association, 541 Orchard Road #11-03 Liat Towers, Singapore 0923, 8pp

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 32: 27~28.

Wilson, R. P. and W. E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with

varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catifish. Aquaculture, 46: 19~25.

Wilson, R.P., D.E. Harding and D.L. Garling. 1977. Effect on dietary pH on amino acid utilization and the lysine requrement of fingling channel catfish. J. Nutr., 107: 166~170.

김용구. 1992. 참전복(*Haliotis discus hannai* Ino) 種苗生産을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.

노섬, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33: 173~183.

이상민, 류진형, 이종윤. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. 한국영양사료학회지, 20: 21~30.

이상민, 류진형. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 면실박 및 채종박의 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20: 128~135.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 투고중

정성채, 지영주, 손팔원. 1994. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7: 77~87.

한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.

ㅇ 제4장 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

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

~42.

Furuichi, M. and Y. Yone. 1980. Effect of dietary dextrin levels of the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver ans dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. Bull. Jpn. Sco. Sci. Fish., 46: 225-229.

Furuichi, M. and Y. Yone. 1982. Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 48: 945-948.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995a. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Response of abalone to various levels of dietary lipid. Aquaculture, 134: 65~80.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995b. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.

Oshima, K. 1931. Alginase and their characteristics. J. Agric. Chem., 7: 332~339.

Shimeno, S. H. Hosokawa and M. Takeda. 1979. The importance of carbohydrate in the diet of a carnivorous fish. In J.E. Halver and Tiews (editors), Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June, 1978, Vol.I, Berlin. p.127~143.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Development of semipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Wilson, R. P. and W.E. Poe. 1987. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono-and disaccharides as energy sources. J. Nutr., 117: 280-285.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997a. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 투고중.

이상민 · 윤성종 · 허성범. 1997b. 참전복 사료의 단백질원 평가. 한국양식학회지, 투고중.

정관식 · 이상민 · 강용진. 1995. 조피볼락 영양요구에 관한 연구- I. 조피볼락 영양실험, I-4 사료의 탄수화물 원료별 이용성 및 α 화율의 영향. 수진사업보고 pp. 364-369.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994a. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한 연구. I. 치패성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향.

한국양식학회지, 7: 9~20.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994b. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육 수조에 관한 연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7: 77~87.

○ 제5장 참전복 사료의 지질원 평가

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

Baud, I., J.P. Oudinet, M. Bens, L. Noe, M.N. Peraldi, E. Rondeau, J. Etienne and R. Ardaillou. 1989: Production of tumor necrosis factor by rat mesangial cells in response to bacterial lipopolysaccharide. Kidney Int., 35: 1111-1118.

Castell, J.D. 1979: Review of lipid requirements of finfish. In: Proc. World Symp. on Finsish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. I. Hamburg 20-23 June, 1978. pp. 59-84.

Castell, J.D., R.O. Sinnhuber, J.H. Wales and D.J. Lee, 1972: Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. J. Nutr., 102: 77-86.

Cowey, C.B. and J.R. Sargent. 1979: Nutrition. In: W. S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Eds), Fish Physiology, Vol. VIII. Academic Press, Orlando, FL, pp. 1-69.

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

Gatesoupe F., C. Leger, R. Metailler and P. Luquet, 1977: Alimentation lipidique du turbot (*Scophthalmus maximus* L.) I. Influence de la longueur de chaine des acides gras de la serie ω3. Ann. Hydrobiol., 8:

89-97.

German, J.B., B. Lokesh and J.E. Kinsella. 1987: Modulation of zymosan stimulated leukotriene release by dietary unsaturated fatty acids. Prostaglandins Leukotrienes Med., 30: 69-76.

Kanazawa, A., S.I. Teshima, M. Sakamoto and Md.A. Awal, 1980: Requirements of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46: 1353-1356.

Kalogeropoulos, N., M.N. Alexis and R.J. Henderson, 1992: Effect of dietary soybean and cod-liver oil levels on growth and body composition of gilthead bream (*Sparus aurata*). Aquaculture, 104: 293-308.

Lee S. M., J. Y. Lee and S. B. Hur. 1994. Essentiality of dietary eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli.* Bull. Korean Fish. Soc. 27: 721-726.

Leger, C., F.J. Gatesoupe., R. Metailler., P. Luquet and L. Fremont, 1979: Effect of dietary fatty acids differing by chain lengths and ω series on the growth and lipid composition of turbot *scophthalmus maximus* L. Comp. Biochem. Physiol., 64B: 345-350.

Lokesh, B.R., J.M. Black and J.E. Kinsella. 1989: The suppression of eicosanoid synthesis by peritoneal macrophages is influenced by the ratio of dietary docosahexaenoic acid to linoleic acid. Lipids, 24: 389-593.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1994. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional

value. Aquaculture, 128: 115~130.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995a. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Response of abalone to various levels of dietary lipid. Aquaculture, 134: 65~80.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995b. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

Sargent J.R., R.J. Henderson and D.R. Tocher, 1989: Lipids. In: J.E. Halver (Eds), Fish Nutrition, 2nd Edn, Academic Press, London, pp. 153-218.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Stubbs, C.D. and A.D. Smith. 1984: The modification of mammalian membrane polyunsaturated fatty acid composition in relation to membrane fluidity and function. Biochim. Biophys. Acta, 779: 89-137.

Takeuchi, T., S. Arai, T. Watanabe and Y. Shimma, 1980: Requirement of eel *Anguilla japonica,* for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46: 345-353.

Takeuchi, T., S. Satoh and T. Watanabe, 1983: Requirement of *Tilapia nilotica* for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49: 1127-1134.

Thomson, A.B.R., M. Keelan, M.T. Clandinin and K. Walker. 1986: Dietary fat selectively alters transport properties of rat jejunum. J. Clin. Invest., 77: 279-288.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of sem-

ipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

Watanabe, T., M.S. Izquierdo, T. Takeuchi., S. Satoh and C. Kitajima, 1989: Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficacy in larval red seabream. Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 1635-1640.

노섬, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33: 173~183.

이상민 · 이종윤 · 강용진 · 윤호동 · 허성범. 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 의 n-3 계고도불포화지방산 요구량. 한국수산학회지 26: 477-492.

이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범. 1993b. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량

에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 II. 혈액 성분 변화 및 간세포 성상. 한국양식학회지, 6: 107-123.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997a. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 허성범. 1997b. 참전복 사료의 단백질원 평가. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 민광식 · 김대희 · 허영백 · 유성규. 1997c. 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 투고중.

이상민. 1997. 사료 지질원과 사육 수온에 따른 조피볼락 치어 및 성어의 영양소 소화율. 한국영양사료학회지 21: 인쇄중.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7: 77~87.

○ 제6장 참전복 사료의 해조류 및 spirulina 첨가 효과

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

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

Harada K. and Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. fish., 51: 2051~2058.

Ioriya, T. and H. Suzuke. 1987. Changes of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. The Suisanzoshoku. 35: 81~98.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1994. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and

Haliotis discus hannai Ino. II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. Aquaculture, 128: 115~130.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

Norman-Boudreau, K., D. Burns, C.A. Cooke and A. Austin. 1986. A simple technique tor detection of feeding in newly metamorphosed abalone. Aquaculture, 51: 313~317.

Ogino, C. and E. Ohta. 1963. Studies on the nutrient of abalone, I. Feeding trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29: 69~670.

Ogino, C. and N. Kato. 1964. Studies on the nutrient of abalone, II. Protein requirements for growth of abalone, *Halitis discus* Reeve, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30: 523~526.

Ohgai, M., M. Wakano, and S. Nagai. 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Suisanzoshoku, 39: 263~266.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap.

Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

Yamada, O and H. Takano. 1987. Acceleration of the growth of benthic diatoms by using gelled agar. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 121: 29-34.

김병균 · 고태승 · 이창규. 1993. 참전복 치패의 성장률 향상을 위한 부착규조 배양에 관한 연구. 양식자료집 21: 95-102.

김용구. 1992. 참전복(*Haliotis discus hannai* Ino) 종묘생산을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.

김상근 · 송천호. 1993. 전복치패 수송과 방류의 기술적 방법에 관하여. 양식자료집 21: 137-144.

노섭, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33: 173~183.

이상민, 류진형, 이종윤. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. 한국영양사료학회지, 20:

21~30.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997a. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 투고중.

이상민 · 윤성종 · 허성범. 1997b. 참전복 사료의 단백질원 평가. 한국양식학회지, 투고중.

이상민 · 윤성종 · 민광식 · 김대희 · 허영백 · 유성규. 1997c. 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 투고중.

정성채 · 지영주 · 손팔원. 1994. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육 수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7: 77~87.

조은섭 · 방극순. 1993. 전복 중간양성 및 방류효과 분석의 기술적 고찰. 양식자료집 21: 145-159.

한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이 효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.

o 제7장 경제적인 참전복 배합사료 설계 및 평가

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

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

Harada K. and Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. fish., 51: 2051~2058.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1994. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Amino acid composition of abalone and

six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. Aquaculture, 128: 115~130.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995a. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Response of abalone to various levels of dietary lipid. Aquaculture, 134: 65~80.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995b. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

Ogino, C. and E. Ohta. 1963. Studies on the nutrient of abalone, I. Feeding trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29: 69~670.

Ogino, C. and N. Kato. 1964. Studies on the nutrient of abalone, II. Protein requirements for growth of abalone, *Halitis discus* Reeve, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30: 523~526.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of sem-ipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai.* Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in

diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

이상민, 전임기, 이창국, 임치원, 김태진, 민진기. 1996a. 경제적인 조피볼락용 배합사료 설계 및 평가. 한국양식학회지, 9: 255-264.

이상민, 이종윤. 1996. 조피볼락 치어용 사료의 어분 대체원으로서 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20: 409-418.

이상민 · 전임기 · 이종윤 · 박승렬 · 강용진 · 정관식. 1996b. 조피볼락 육성용 사료의 어분 대체원으로서 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국수산학회지, 29: 651-662.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997a. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 허성범. 1997b. 참전복 사료의 단백질원 평가. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 민광식 · 김대회 · 허영백 · 유성규. 1997c. 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 투고중.

이상민 · 임영수 · 문영봉 · 유성규 · 노 섬. 1997d. 참전복 사료의 해조류 및 spirulina 첨가 효과. 한국양식학회지, 투고중.

유성규. 1994. 양식개론. 신흥출판사. 부산. 185pp.

○ 제8장 경제적인 배합사료내 오징어분, 섭이촉진제, 한약제 및 레시틴의 첨가 효과

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

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

Harada K. and Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. fish., 51: 2051~2058.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. Aquaculture, 128: 115~130.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995a. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Response of abalone to various levels of dietary lipid. Aquaculture, 134: 65~80.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995b. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

Ogino, C. and E. Ohta. 1963. Studies on the nutrient of abalone, I . Feeding

trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29: 69~670.

Ogino, C. and N. Kato. 1964. Studies on the nutrient of abalone, Ⅱ. Protein requirements for growth of abalone, *Halitis discus* Reeve, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30: 523~526.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of sem-ipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai.* Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai.* Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens.* Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

김동수 · 김종현 · 정창화 · 이상민 · 문영봉. 1996. 습사료에 한방제제 첨가시 넙

치의 성장 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 9: 461-465.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997a. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 허성범. 1997b. 참전복 사료의 단백질원 평가. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 민광식 · 김대희 · 허영백 · 유성규. 1997c. 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 투고중.

이상민 · 임영수 · 문영봉 · 유성규 · 노 섭. 1997d. 참전복 사료의 해조류 및 spirulina 첨가 효과. 한국양식학회지, 투고중.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994a. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육 수조에 관한 연구. I. 치패성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향. 한국양식학회지, 7: 9~20.

정성채, 지영주, 손팔원. 1994b. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육 수조에 관한 연구. II. 먹이별 사육효과. 한국양식학회지, 7: 77~87.

유성규. 1994. 양식개론. 신홍출판사. 부산. 185pp.

○ 제9장 경제적인 참전복 배합사료의 적정 비타민 및 미네랄 함량

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

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

NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc.,

444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997a. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 허성범. 1997b. 참전복 사료의 단백질원 평가. 한국양식학회지, 인쇄중.

이상민 · 윤성종 · 민광식 · 김대희 · 허영백 · 유성규. 1997c. 사료의 탄수화물원과 함량이 참전복의 성장과 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 투고중.

이상민 · 임영수 · 문영봉 · 유성규 · 노 섬. 1997d. 참전복 사료의 해조류 및 spirulina 첨가 효과. 한국양식학회지, 투고중.

○ 제10장 배합사료 및 천연먹이 공급시 적정 사육밀도

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., 1981. Feeding of experimental populations of the abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 43. 53~58.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of semi-ipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

浮 永久, 1981. エゾアワビに對 するコンブ目海藻の餌料價値. 東北水産研究報告, 42: 19~29.

石田 修, 1993. クロアワビの成長に及ぼす飼育密度の影響. 水産增殖 41(4): 431～433.

김용구. 1992. 참전복(*Haliotis discus hannai* Ino) 種苗生産을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.

김용술, 조창환, 1976. 충무근해산 참전복의 조기채묘 기술에 관한 연구. 한수지, 9(1): 61～68.

나기환, 1996. 전복치패 부착파판에서 저서미소규조 엽록소 및 갈색소의 년변화. 한수지, 9(1): 65～71.

노섬, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33: 173～183.

농림수산통계연보, 1994. 농림수산부, 동양문화인쇄주식회사.

박무억, 1993. 폐쇄순환여과식 시스템에서 전복류 치패의 사육밀도와 성장. 제주대학석사학위논문, 26～41.

변충규, 1970. 전복의 증식에 관한 연구. 한수지, 3(3): 177～185.

유성규, 1979. 천해양식 309～368. 새로출판사, 부산.

지영주, 유성규, 노섬, 김승현, 1988. 수하식 양식채롱에 의한 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino 치패의 수용밀도와 성장. 수진연구보고, 42. 59～69.

정성채, 지영주, 손팔원, 1994. 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino의 육상수조 사육에 관한 연구. Ⅰ. 치패 성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향. 한국양식학회지, 7(2). 77～87.

한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이 효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.

○ 제11장 자연수와 가온수에서 배합사료 및 천연먹이 공급시 적정 shelter

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official

Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

Duncan, D.B.(1995) : Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1 ~42.

井上正昭(1976) : 種苗の放流效果. アワビの種苗放流場所とその效果. 水産學シリズ, 12: 9~25.

菊地省吾・櫻井保雄・佐佐木實・伊藤富夫(1967) : 海藻20種のアワビ稚貝に對する餌料效果. 東北西水研報, 27 : 93~100.

菊地省吾・浮永久伊(1974 a) : アワビ屬の採卵技術に關對する研究. 第 1 報 エゾアワビ *Haliotis discus hannai* Ino.の性成熟と溫度との關係. 東北區西水研報, 33 : 69~78.

菊地省吾・浮永久伊(1974 b) : アワビ屬の採卵技術に關對する研究. 第 4 報 生殖巢の受精能力の持續時間と溫度との關係. 東北區西水研報, 34 : 73~75.

小竹子之助(1974) : 培養魚礁組成に關する研究 3. クロアワビ稚貝の中間保護育成場の組成について (その 1). 栽培技研, 3(2) : 1~5.

立石賢・田代征秋・矢田式義(1978) : クロアワビ小型種苗の放流場所と生殘率. 水産增殖, 26(1) : 1~5.

浮永久(1981) : エゾアワビに對するコンブ目海藻の餌料價値. 東北水研究報告, 42 : 19~29.

涉井正(1971) : エゾアワビ稚貝の害敵生物に關する實驗的研究. 日水誌, 37(12) : 1173~1176.

盧暹・柳晟奎(1984) : 전복의 增殖에 관한 硏究. (3) 전복먹이로서 陸上植物의 利用에 관한 硏究. 水振硏報, 33 : 173~183.

이상민・류진형・이종윤. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백질원으로서 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. 한국영양사료학회지, 20: 21~30.

池榮洲 · 柳晟奎 · 盧暹 · 金承憲(1988) : 垂下式養殖採籠에 의한 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino. 稚貝의 收容密度와 成長. 水振研報, 42 : 59~69.

○ 제12장 실험사료, 시판사료 및 천연 먹이가 까막전복, 시볼트전복 및 참전복 치패의 성장과 체성분에 미치는 효과

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

Arai, S. 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47: 547~550.

Dabrowska, H. and T. Wojno. 1977. Stydies on the utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) of feed mixture containing soy bean meal and an addition of amino acid. Aquaculture, 10: 297~310.

Dorsa, W. J., Robinette, H. R., Robinson, E. H. and poe, W. E. 1982. Effects of dietary cotton seed meal and gossypol on growth of young channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc., 3: 651~655.

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

El-Sayed, A. M. 1990. Long-term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). Aquaculture, 84: 315~320.

Fowler, L. G. 1980. Substitution of soy bean and cotton seed products for fish meal in diets fed to chinook and coho salmon. Prog. Fish. Cult., 42: 87~91.

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

Harada K. and Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. fish., 51: 2051~2058.

Herman, R. L. 1970. Effects of gossypol on rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richarson. F. Fish Biol., 2: 293~304.

Ioriya, T. and H. Suzuke. 1987. Changes of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. The Suisanzoshoku. 35: 81~98.

Jackson. A. J., B. S. Capper and A. J. Matty. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture, 27: 97~109.

Ketola, H.G. 1982. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. Comp. Biochem. Physio. B, 73: 17~24.

Klein, R.G. and J.E. Halver. 1970. Nutrition of salmonoid fishes. Arginine and histidine requirements of chinook and coho salmon. J. Nutr., 1105~1109.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1994. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. Aquaculture, 128: 115~130.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two spescies of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165~180.

Murai, T., H. Ogata, and T. Nose. 1982. Methionine coated with various

materials supplemented to soybean meal diet for fingerling carp *Cyprinus carpio* and channel catfish *Ictalurus punctatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48: 85~88.

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

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

Norman-Boudreau, K., D. Burns, C.A. Cooke and A. Austin. 1986. A simple technique tor detection of feeding in newly metamorphosed abalone. Aquaculture, 51: 313~317.

NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.

Ogata, H., S. Arai and T. Nose. 1983. Growth responses of cherry salmon (*Oncorhynchus masou*) and amago salmon (*O. rhodurus*) fry fed purified casein diets supplemented with amino acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49: 1381~1385.

Ogino, C. and E. Ohta. 1963. Studies on the nutrient of abalone, I. Feeding trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29: 69~670.

Ogino, C. and N. Kato. 1964. Studies on the nutrient of abalone, II. Protein requirements for growth of abalone, *Halitis discus* Reeve, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30: 523~526.

Ohgai, M., M. Wakano, and S. Nagai. 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone, *Haliotis*

discus hannai Ino. Suisanzoshoku, 39: 263~266.

Robinson, E. H., Rawles, S. D., and Stickney, R. R. 1984. Evaluation of glanded and glandless cotton seed products in catfish diets. Prog. Fish Cult., 46: 92~97.

Robinson, E. H., J. K. Muler and V. M. Vergara. 1985. Evaluation of dry extrusion cooked protein mixes as replacements for soybean meal and fish meal in catfish diets. Prog. Fish. Cult., 47: 102~109.

Shiau, S. Y., B. S. Pan, S. Chen, H. L. Yu and S. L. Lin. 1988. Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. J. World Aquacult. Soc., 19: 14~19.

Smith, R. R. 1988. Soybeans and wheat flour byproducts in trout feeds. American soybean association, 541 Orchard Road #11-03 Liat Towers, Singapore 0923, 8pp

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of sem-ipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1825~1833.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51: 1835~1839.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1005~1012.

Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Effect of heat treatment of

dietary protein source on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1190~1204.

Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe. 1986c. Requiremint of essential fatty acids in the abalone, *Haniotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 1013~1026.

Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149~156.

Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 32: 27~28.

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

Wilson, R.P., D.E. Harding and D.L. Garling. 1977. Effect on dietary pH on amino acid utilization and the lysine requrement of fingling channel catfish. J. Nutr., 107: 166~170.

김용구. 1992. 참전복(*Haliotis discus hannai* Ino) 種苗生産을 위한 부착성 규조류의 배양 및 먹이생물 효과. 부산수산대학 석사학위논문, 70 pp.

노섭, 유성규. 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. 수진연보, 33: 173~183.

이상민, 류진형, 이종윤. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. 한국영양사료학회지, 20: 21~30.

이상민, 류진형. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 면실박 및 채종

박의 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20: 128~135.

이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997. 실험 배합사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. 한국양식학회지, 투고중

한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이효율. 부산수산대학 석사학위논문, 61 pp.