

최 종
연구보고서

639.3

L2930

해산어용 고성능 혼합형 모이스트펠릿사료 개발
Development of High Functional Moist Pellet Diet
for the Marine Fin-Fishes

연구기관
여수수산대학교

농 립 부



실험어(넙치) 사육



실험어(조피볼락) 사육



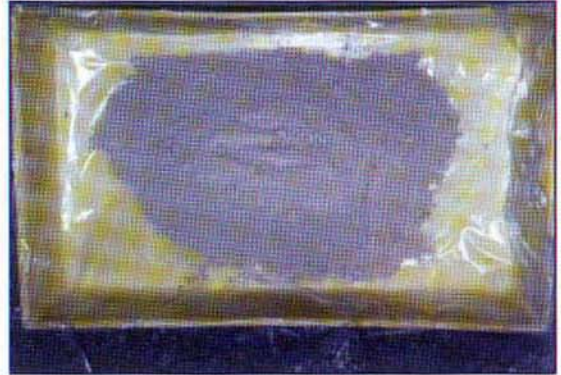
실험사료 제조



사육 실험



모이스트 펠릿 사료 원료
(냉동 생사료)



모이스트 펠릿 사료 원료
(시판 분말 배합 사료)



양식현장에서 주로 사용되는
모이스트 펠릿 사료
(생사료 : 분말배합사료 = 8:2)



신개발 고성능 모이스트 펠릿 사료

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “해산어용 고성능 혼합형 모이스트펠렛사료개발”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997년 12월 일

주관연구기관명 : 여수수산대학교

총괄연구책임자 : 정 관 식

연 구 원 : 최 규 정, 이 원 교
김 태 곤, 문 영 봉
고 창 순, 지 승 철
서 경 란, 주 용 석
양 석 우, 김 호 진
조 재 권, 서 태 호

여 백

요 약 서

I. 제 목

해산어용 고성능 혼합형 모이스트펠렛(MP)사료 개발

II. 연구개발 목적 및 중요성

1. 연구 개발의 목적

어류양식 경영에 있어 사료비는 경영비의 절반 이상을 차지하는 요소로 양질의 경제적인 사료의 확보문제는 어류양식 산업의 성패를 좌우할 만큼 큰 비중을 차지한다. 그러나 현행 국내 해산어류의 양식은 주로 연안다핵성 어종을 생사료로 사용하고 있는 실정으로, 이들 어종의 어획량 감소와 어류양식 산업의 급속한 확대에 의한 생사료의 소비량 증가로 생사료의 절대적인 부족현상과 수급의 불안정으로 가격 폭등현상이 야기되므로서 일부에서는 외국산 생사료를 수입하여 부족분을 충당하고 있다.

한편, 국내 해산 어류양식의 고밀도 양식은 이와같은 생사료에 대한 높은 의존도와 대량 생산을 위한 고밀도 양식은 양식어장의 자가오염의 원인이 되므로서 어병발생과 투약에 대한 경비과다 지출 및 저생산성과 저품질 양식어류 생산에 의한 이종의 경제적 손실로 양식경영을 압박하고 있어 해산 어류양식 산업의 발전을 크게 저해하고 있다. 이러한 생사료 급이 체계에 따른 생사료 부족현상 해소와 양식장의 자가오염 방지 및 노후화를 방지하여 지속적인 해산 어류양식 산업의 발전을 위해서는 새로운 형태의 사료개발이 절실히 요구되어져 왔었다. 이러한 요구에 부응하기 위하여 최근에는 고품

배합사료의 개발이 시도되어 해산어류용 배합사료가 공급되고 있으나 관련기술의 미비와 연구부족으로 사료자체 품질에 많은 문제점과 생사료에 대한 강한 선호도로 생사료의 보조 사료로 사용되고 있는 실정이다.

이와같은 생사료와 고품 배합사료의 단점을 개선, 보완하기 위하여 최근에는 생사료와 분말 배합사료를 혼합한 모이스트펠렛(MP)사료가 개발되어 보급되고 있으나 모이스트펠렛 사료 또한 단점을 지니고 있다. 따라서 현재 보급되기 시작한 모이스트펠렛 사료의 단점을 개선하고, 고품 배합사료의 결점을 보완하므로써, 이들 사료와 비교해 어류성장, 생잔을 및 사료효율면에서 손색이 없는 새로운 형태의 사료개발이 선결 과제로 생각된다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 금후의 양어사료의 질적 향상과 양적 확대에 대처하며 나아가 해산 어류양식 산업의 활성화에 기여하기 위하여, 현 상황에서 가장 경제적이며 실현 가능성이 높은 고성능 모이스트펠렛(MP)사료의 개발 및 실용화를 추진코자 한다.

2. 연구개발의 중요성

국내에서 사용되고 있는 양식용 사료는 생사료, 혼합 MP사료 및 고품 배합사료로 대별 할 수 있다. 이들 사료의 급이 형태는 주로 생사료 급이체계에 의존도가 가장 높으며 일부에서 생사료에 점결제 역할로 소량의 배합사료를 섞어 쓰는 형태의 혼합 MP사료가 사용되고 있으나 양식대상 어종별 영양적 균형과 원료 어종별 및 어획 시기에 따른 성분 등의 변화에 따른 검토가 전혀 되어있지 않은 상태로 생사료의 낭비와 사료의 영양불균형으로 야기되는 많은 문제점을 내포하고 있어, 새로운 형태의 사료개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 현재 일부 사용중인 MP사료는 개인 업체별로 구입제조하여 사용하므로써 생사료 원료 수급 불안정과 보관, 제조에 동반되는 재비용 등의 과다 지출로 인한 양식경영상의 손실이 있으며, 일부 사용중인 혼합형 MP

사료는 사용되는 생사료의 어종별 및 양식대상 어종에 대한 영양학적 검토가 전혀 되지 않은 상태로 성형 목적으로 분말배합사료가 사용되고 있는 실정으로 이들 문제에 대한 검토가 선행되어야 할 것이다. 해산 어류용 고품 배합 사료로써 스팀펠렛이나 부상사료 등의 형태로 일부 생산 시판되고 있으나, 해산 어류의 섭이 특성상 잘 섭이하지 않아 급이전에 수분을 흡착시켜 급이 하는 방법으로, 급이시의 번거로움이 뒤따르고 있다. 시판 고품 배합사료는 여러형태 (스팀펠렛, 부상사료)로 성형하기 위하여 탄수화물이 15~20%정도 첨가되어야 하므로 탄수화물 다량 첨가에 의한 소화장애와 생사료보다 단백질 소화율이 저하되는 결점이 있다.

그러므로 현재 당면한 심각한 생사료 부족 현상을 해소할 수 있고, 사료 유실에 의한 어장의 자가오염을 감소시키며 생사료보다 사료의 제조, 보관 및 급이가 용이하고 경제적이며 해산 어류용 고품 배합사료의 단점을 보완할 수 있는 고성능의 MP사료가 개발되므로써 생사료 사용량 및 사료 허실의 감소로 양적, 질적으로 우수한 사료의 안정적 공급이 가능하여 양식어의 가격 안정 뿐만아니라 고성능 MP사료의 실용화로 양식장의 자가 오염 방지 효과와 어장 환경의 개선으로 생산성 향상 효과와 원료의 공동구매, 제조 및 공급으로 생산단가 절감효과가 기대되어 양식경영비 절감 및 양식어업 활성화에 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

Ⅲ. 연구개발사업의 내용 및 범위

1. 시험사료 개발을 위한 원료 이용성 검토

1-1. 생사료 원료별 이용성 검토

○ 고성능 MP사료제조를 위한 생사료원의 선정

해산어 양식에 사용되는 생사료는 주로 연안다핵성 어류인 전갱이(메가리), 고등어, 정어리, 멸치, 까나리 등이 주로 이용되고 있으나 이들 어종의 어획량은 어종에 따라 어획량이 불안정하며 어획량이 감소추세에 있으며, 또한 어종별, 어체 크기별, 어획시기와 장소 등에 따라 성분이 크게 변동한다. 따라서 본 연구에서는 고성능 MP사료 제조시 주원료로 사용되는 주요 연안다핵성 어종에 대한 안정적 확보가 용이한 어종의 선정과 생사료의 영양학적 불균형을 해소하기 위하여 대상어종별 어획량 조사 및 일반 성분분석을 실시하였다.

○ 선정 생사료 원료별 이용성 검토

MP사료 제조시 생사료원으로써 비교적 안정적인 수급이 용이한 전갱이, 고등어, 정어리, 멸치, 강달이의 5어종을 대상으로 생사료원으로써 이용성을 검토하기 위하여 우리나라 해산 어류양식의 주 대상종인 넙치와 조피볼락을 대상을 사육실험을 실시하였다.

실험에 사용된 실험어의 평균체중은 넙치가 24g 내외 조피볼락의 경우 8g으로 2회반복으로 실험하였으며 사육기간은 넙치가 9주 조피볼락은 4주간 사육실험을 실시하여 성장효과, 어체성분조성 변화 등을 조사하였다.

1-2. 시판 분말 배합사료의 이용성 검토

모이스트펠렛 사료시 생사료와 일정한 비율로 첨가되는 분말 배합사료는 그 배합비율과 질에 따라서 MP사료의 성장효과를 좌우한다. 그러나 시판 분말사료는 사료회사별 가격이 다를 뿐만아니라 품질도 검증 되지 않아 사용현장에서의 MP사료 원료로써의 본래 기능을 상실하고 점결제 기능으로 첨가되는 경우가 있어 현장에서의 피해도 우려가 된다. 따라서 본 실험에서는 시판 분말배합 사료의 효율성과 이용성을 검토하기위해 현재 국내 시판 사료중 생산량이 가장 많은 순으로 5개회사 제품을 선정하여 넙치를 대상으로 사육실험을 통하여 성장 효과를 비교 검토하였다.

실험어는 평균체중 19g 내외의 넙치 치어를 사용하였으며 사료 제조는 사료 회사별 넙치용 분말 배합사료에 증류수를 첨가하여 제조하여, 9주간의 사육 실험을 통하여 성장효과, 어체성분조성 변화 등을 조사하였다.

2. 시험사료의 조성 설계 및 제조

2-1. 생사료 및 분말배합사료의 적정 혼합비 구명

최근 보급된 모이스트펠렛(MP)사료로 생사료에 대한 강한 의존도 때문에 생사료의 MP사료 제조시 생사료의 비율을 높게 하므로써 여러 가지 문제를 야기시킨다. 따라서 어류의 성장을 증대시키고 어장의 오염을 최소화하는 보다 효율적이고 고성능인 MP사료의 개발을 위해 생사료와 분말 배합사료의 적정 혼합비를 구명하고자 생사료와 분말배합사료의 혼합비를 달리한 실험 사료를 제조하여 사육 실험을 실시하였다.

실험어는 평균체중 48g 내외의 넙치치어를 사용하였으며 실험구는 2반복으로 배치하였으며 생사료와 분말배합사료의 혼합비는 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5까지하여 10주간 실험을 실시하였다.

2-2. 특수 첨가물의 첨가효과 검토

해산어용 고성능 모이스트펠렛 사료의 개발에 있어 생산비 절감과 고품질의 사료개발을 위하여 분말배합사료에 대한 대체 가능성과 특수 첨가물에 의한 양식어류의 성장 촉진 효과를 검토하기 위하여 저가의 중국산 Krill Meal 과 갑각류의 껍질에서 추출해낸 천연물질 키토산을 첨가하여 사육 실험을 통한 성장 효과를 검토하였다. Krill Meal은 분말 배합사료의 20%와 50%를 대체하였으며 키토산은 소화흡수가 가능하도록 저분자 단위로 제조한 분말형태의 것을 각각 1%, 5%, 10%씩 첨가하였다.

실험에 사용된 실험어는 평균체중 60g 내외의 조피블락 치어로 2반복으로 설치하여 8주간 실험을 실시하였다.

3. 시험사료의 보완 및 종합평가

3-1. 고성능 MP사료 개발을 위한 Feed oil 첨가효과 검토

지질은 에너지원으로서 단백질이나 탄수화물보다 에너지가 높아 적당량의 첨가에 따라 값비싼 단백질을 절약할 수 있을 뿐아니라 지용성 비타민의 전달체 역할을 하는 중요한 영양소이다. 이러한 중요한 영양소인 지질의 넵치용 모이스트펠렛 사료내의 적정 첨가량과 그 효과를 구명하기 위하여 MP사료 내 지질을 단계별로 첨가하고 실험사료를 제조하여 사육 실험을 실시하였다.

실험사료는 생사료 단독구와 8:2 MP사료구, 8:2 MP에 지질을 각각 3%, 6%, 9%, 12%까지 첨가한 실험구를 설정하였고 실험어는 평균체중 32g의 넵치치어를 사용하여 8주간 실험을 실시하여 성장효과 및 어체 성분 변화를 조사하였다.

3-2. 고성능 MP사료 개발을 위한 비타민 C, E 첨가효과 검토

우리나라 양식어종의 주 생산종인 넙치의 모이스트펠렛 사료 제조시 비타민 C와 E의 첨가에 따른 성장 효과를 검토하므로서 넙치용 모이스트펠렛 사료의 비타민 C와 E의 적정 첨가량을 구명하고자 사육 실험을 실시하였다.

실험사료는 생사료 단독구와 생사료 : 분말사료 (1:1)MP구, 어유6%첨가구, 어유6%+비타민C 첨가구, 어유6%+비타민E 첨가구, 어유6%+비타민C·E 첨가구로 설정하였으며 비타민의 건조량사료 kg당 첨가량은 각각 비타민C는 1000mg/kg, 비타민E는 220mg/kg이 되도록 첨가하였다. 실험어는 평균체중 32g내외의 넙치치어를 사용하였으며 실험수조는 2반복으로 배치하여 8주간 실험을 실시하여 성장효과 및 어체 성분 변화 등을 조사하였다.

4. 신개발 사료의 실용화 및 기술이전

4-1. 고성능 MP사료의 저장성 검토

고성능 MP사료내 첨가된 지질원인 어유는 고도불포화지방산이 다량 함유되어 있어 산패가 우려된다. 따라서 본 실험은 MP사료의 저장조건에 따른 산화 정도를 측정하고 비타민의 첨가에 의한 산화방지 효과를 검토하므로서 사료의 제조, 보관, 취급시 적정 저장조건과 비타민의 항산화제 역할을 검토하고자 하였다. 실험사료는 생사료:분말(8:2)MP+어유6%첨가구, 어유6%+비타민C 첨가구, 어유6%+비타민E 첨가구, 어유6%+비타민C·E 첨가구로 하였으며 비타민 첨가량은 건조사료 kg당 비타민C는 1000mg/kg, 비타민E는 220mg/kg으로 조정하였다. 저장조건은 4℃, -15℃, 직사광선하에서 실시하였으며 산패도 측정은 4℃, -15℃에서 제조직후, 6시간, 12시간, 24시간, 48시간, 72시간 경과후에 실시하였고 직사광선하에서는 제조직후, 1시간, 2시간, 3시간 경과후에 산패도를 측정하였다.

4-2. 고성능 MP사료의 경제성 분석

고성능 MP사료의 경제성 분석을 위하여 생사료, MP사료 및 EP사료를 이용하여 성장실험을 통하여 성장과 사료효율을 조사한후 시험사료 1kg공급시 어체중증율과 제조단가를 비교하여 고성능 MP사료의 경제성을 분석하였다.

실험사료는 생사료 단독구와 EP사료 단독구, MP사료구로는 생사료와 분말배합사료를 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5로 조정하였다.

실험어는 평균체중 48g 내외의 넙치치어를 사용하였으며 실험구는 2반복으로 배치하여 8주간 사육실험을 실시한후 어체중 증가, 사료효율 등을 조사하여 사료 제조 단가 산출에 이용하였다.

4-3. 고성능 MP사료의 기술이전 및 보급

본 연구 결과들을 민간 사료업체를 선정하거나 또는 고성능 MP사료를 제조하기 위하여 원료를 공동구매, 제조하여 공동으로 이용이 가능한 어류 양식 조합을 선정하여 기술을 이전하여 산업적으로 실용화를 꾀할수 있도록하며 고성능 MP사료의 우수성을 홍보하여 어류양식 어민들이 적극 활용하도록 하므로써 어민 소득증대에 기여하고자 한다.

IV 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 개발 결과

1-1. 시험사료 개발을 위한 원료 이용성 검토

1-1-1. 생사료 원료별 이용성 검토

모이스트펠렛 사료는 생사료 원료로 주로 사용되는 어종의 이용성을 검토하기 위해 생사료 주요 대상 어종별, 연도별 생산량 조사 결과 88-95년 사이 가장 생산량이 많았던 5종(멸치, 고등어, 정어리, 전갱이, 강달이)의 어종을 선정하여 각 어종에 대한 일반 성분 분석과 일반 대사 에너지 함량을 구하였다. 또한 이러한 생사료 원료 5종을 가지고 넙치는 9주간 조피블락은 4주간 사육 실험을 통하여 성장, 사료효율등을 조사하였다.

생사료 분석결과, 평균 수분함량은 68.7-74.0%, 평균 조단백질함량은 17.8-20.0%, 평균 조지방은 3.1-9.6%범위였으며, 전어체의 수분 및 조단백질함량은 강달이가 가장 높았으나, 조지방함량은 가장 낮은 값을 나타내었으며 고등어, 정어리의 조지방함량이 타어종에 비해 높은 분석치를 나타내었다. 한편, 각 어종의 평균 조회분은 2.5-3.3%범위로 어종에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 평균 대사에너지 함량은 114.8-156.9 cal/kg으로 고등어와 정어리에서 높은 에너지 함량을 나타내 어종별 조지방함량의 차이를 반영하고 있었다. 이러한 생사료 원료 5종을 가지고 넙치는 9주간 조피블락 4주간 사육실험을 통하여 성장, 사료효율 등을 조사하였다.

사육 실험 결과, 넙치의 경우 실험개시시 평균어체중이 24g 내외였던 것이 9주후 실험종료시에는 117.4~143.5g까지 성장하였다. 조피블락의 경우 실험 전 평균체중이 8g내외였던 것이 16.0~19.5g까지 성장하였다.

성장을에서는 낱치의 경우 전갱이구가 가장 높았으며 강달이구가 가장 낮았고 조피볼락은 강달이구가 성장을이 가장 높았으며 정어리구가 가장 낮았다.

사료효율에서는 낱치 사육실험의 경우 전갱이구가 가장 좋았으며 그 다음으로 고등어구가 좋은 성장을 나타냈으며 강달이구가 가장 낮았다. 조피볼락 사육실험에서는 전갱이구가 가장 높았으며 성장결과가 좋아던 강달이구는 사료효율면에서 다소 낮은 결과를 나타냈으며 멸치구가 가장 낮았다. 두 어종을 대상으로한 성장실험에서 전체적으로 전갱이구와 고등어구에서 성장이나 사료효율에서 좋은 결과를 가져와 모이스트펠렛사료 생사료 원료로서 가장 좋은 이용성을 나타냈다. 그러나 전체적으로 다른 생사료원 어종들도 전갱이구와 고등어구에서 많은 성장차이를 보이지 않았으나 생사료 공급시 생사료원 어종에 따라 생사료로부터의 유기물의 용출에 의한 사육수 오염정도에 차이가 있어, 생사료 공급시에는 성장 기대효과 이외에도 오염원 감소를 위해서도 생사료의 선택이 각별히 고려되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구결과 생사료의 사료효과면에서는 성장이 저조하고 생산량이 계속해서 감소하며 생사료로부터의 유기물 용출에 의한 사육수 오염정도가 심한 멸치, 정어리를 제외한 안정적으로 생사료원으로 공급이 가능한 전갱이, 고등어, 강달이등이 사용가능하나 이들 생사료원의 가격변동에도 적절히 대처할 수 있는 생사료원의 선택이 바람직할 것으로 생각된다.

1-1-2. 시판 분말배합사료 원료별 이용성 검토

현재 양식 현장에서 MP제도시 생사료와 함께 첨가되는 시판 분말사료의 이용성을 검토하므로써, 시판 분말사료의 MP사료 원료로써의 질적 평가를 목적으로 국내 판매 순위가 높은 5개사의 제품을 선정하여 사육실험을 실시하여 비교 검토하였다.

평균체중은 실험개시시 19g 내외였으나 8주후 실험종료시에는 72.1~87.8g까지 성장하였으며, 제조회사에 따라 성장차이가 많았다. 특히 성장율에서는 A사 사료가 가장 좋았으며(357.3%), D사 사료가 그 다음으로 좋았고(333.4%) 나머지 3사 사료는 비슷한 성장(281.5-317.3%)을 보였다.

사료효율에서는 A사 사료가 가장 높았고(81.1%), B사 사료가 그 다음으로 높았으며(79.4%), 나머지 3사 사료는 비슷(67.6-72.5%)하였다. 총 사료 섭취량에서도 A사 사료가 가장 많은 섭취량을 나타내어 사료섭이 유인효과도 뛰어난 것으로 생각된다. 본 실험결과 전체적으로 성장율이나 사료효율, 먹이섭취률에서 A사의 사료가 다른 회사의 사료에 비해 좋은 결과를 보여 A사 분말 배합사료를 원료로 MP사료 제조시 증중율의 향상으로 사료제조 단가의 감소와 성장 기간의 단축으로 경제적인 면에서도 훨씬 이득이 될것으로 예상된다. 실제현장에서의 MP사료제조시 이러한 시판 분말사료의 질적 평가결과를 반영하여 경제적인 분말배합사료를 혼합한 MP사료제조를 제조하여야 할 것이며, 시판 분말사료 제조회사에서도 자체적으로 분말 배합사료의 질적 개선에 많은 노력이 절실히 요구된다.

2-1. 시험사료의 조성 설계 및 제조

2-1-1. 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비 검토

현재 보급된 모이스트펠릿사료는 생사료에 대한 강한 선호도 때문에 생사료의 비율을 높여 제조하므로써 영양성 질병, 사료유실로 인한 수질오염 가중 등 많은 문제점들을 드러내고 있다. 따라서 본 실험에서는 어류의 성장을 증대시키고 어장의 자가오염을 최소화 할 수 있는 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비를 구명하고자 사육 실험을 실시하였다. 생사료와 분말배합사료의 배합비율은 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5로 조정하였으며 생사료 단독구와 분말

배합사료 단독구, EP사료구를 설정하여 그 효과를 비교 검토하였다. 10주간 사육 실험을 실시한 결과 평균 체중은 실험 개시시 48g 내외였던 것이 실험 종료시에는 87.5-164.5g까지 성장하여 생사료와 분말배합사료의 혼합비율에 따라 성장차이를 나타냈다. 성장률은 8:2구가 가장 높았으며 9:1, 7:3, 6:4, 5:5구도 성장률 에서 크게 뒤지지 않은 결과를 보였으나 EP사료구는 낮은 성장을 나타냈다.

사료효율에 있어서는 분말사료의 비율이 증가함에 따라 점차 증가하는 경향을 보였으며 EP부상 사료구에서 가장 높은 사료효율을 보였다.

실험종료시 어체 분석 결과에서는 생사료와 분말배합사료의 비율별 실험구에서 생사료의 비율이 증가할수록 어체내 지질 함량이 증가했다. 또한 생사료의 비율이 증가할수록 사료급이시 사료 내용물의 용출에 의해 수질 오염의 우려를 나타냈다. 8:2, 7:3구는 일반적으로 양식어가에서 가장 널리 사용되는 혼합비로 본 실험 결과 성장면에서는 다소 우수하나 사료효율에서는 생사료 혼합비율이 증가함에 따라 사료효율이 감소하는 경향을 보일뿐만 아니라 어체내에 과도한 지질 축적현상도 나타냄으로써 양식어의 품질저하가 우려되며 수질오염의 가능성도 높아 효율적인 혼합비율으로는 부적합한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구결과를 바탕으로 넙치 MP사료의 생사료와 분말배합사료의 적정첨가비는 6:4, 5:5가 적당한 것으로 생각된다.

2-1-2. 특수첨가물의 첨가효과 검토

·Krill Meal의 분말배합사료 대체효과 검토

저가의 중국산 Krill Meal을 모이스트펠렛 사료의 주원료인 분말배합사료에 대한 대체효과를 검토하고 아울러 생산비 절감 가능성을 검토하기 위해 사육실험을 실시하였다.

Krill Meal은 새우가공 부산물로서 분말상태의 것을 사용하였다. Krill Meal의 첨가량은 분말사료의 20%, 50%를 각각 대체하였으며 분말배합사료 단독구를 대조구로 실험을 실시하였다. 8주간의 실험 결과 평균체중은 실험 시작시 60g 내외였던 것이 실험 종료시에는 79.3~71.0g 까지 성장하였다.

성장과 사료효율에서 분말배합사료 단독구가 Krill Meal첨가구보다 높은 성장과 사료효율을 보였으며 총사료 섭취량에서도 Krill Meal첨가가 분말배합사료 단독구보다 저조한 섭취량을 보여 Krill Meal은 분말배합사료에서의 단백질의 대체원으로써 부적합한 것으로 판단된다.

· 천연물질 키토산의 첨가 효과 검토

갑각류 껍질에서 추출해낸 천연물질 키토산의 사료내의 첨가 가능성을 조사하고 적정 첨가량을 검토하기 위해 분말배합사료에 키토산 분말을 1, 5, 10%첨가하여 사육실험을 실시하였다.

첨가된 키토산 분말은 어체내에서 소화흡수가 가능하도록 저분자 단위의 올리고 키토산 형태로 제조하여 사용하였다. 8주간의 조피볼락의 사육 실험 결과 평균체중 실험개시시 60g 내외였던 것이 8주후 실험종료시에는 77.7~69.4g 까지 성장하였다. 성장을, 사료효율에서 키토산 5%첨가가 가장 좋은 결과를 보였으나 분말배합사료 단독구와는 거의 차이를 보이지 않은 반면 키토산 1%, 10%첨가는 성장과 사료효율에서 대조구보다 낮은 결과를 보였다.

본 실험결과 조피볼락 MP사료에 대한 키토산의 첨가효과는 성장과 사료효율면에서 예상한 기대효과를 얻을수 없었으며 성장에 큰 도움을 주지 않았던 것으로 판단되며 어류의 질병예방이나 항병성 증대를 위해 키토산을 사용한 다면 성장면에서 뒤지지 않는 5%정도의 첨가가 적절한 것으로 생각된다.

3-1. 시험사료의 보완 및 종합평가

3-1-1. 고성능 MP사료 개발을 위한 Feed oil첨가효과 검토

넙치용 모이스트펠렛(MP) 사료의 적정 지질 첨가량을 구명하기 위해 MP사료내 지질을 단계별로 첨가하여 에너지/단백질 비를 조정한 실험 사료를 제조하여 넙치의 성장 사료효율 및 어체성분조성 변화에 미치는 영향을 조사하기 위해 사육실험을 실시하였다.

사료내 지질 첨가량은 3%, 6%, 9%, 12%까지 첨가하였으며 에너지/단백질 비는 생사료 원료로 사용된 고등어의 지질함량이 높은 관계로 다소 높은 8.7~11.8 범위로 어유 첨가량의 증가에 따라 증가하였다. 8주간 실험결과 평균체중은 실험 개시시 30g 내외였던 것이 실험 종료시에는 65.3~85.3g 까지 성장하였다. 성장율에 있어서는 에너지/단백질 비가 증가할수록 점차 증가하는 경향을 보였으며 사료효율은 지질 첨가구간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 고지질 첨가구 (12%)의 경우 지질 6%첨가구와 지질 9%첨가구에 비해 성장과 사료효율에서 더 이상의 증가를 보이지 않았으며 단백질 이용율에서도 다소 저조하였다.

어체 성분분석결과 지질 함량이 지질 12%첨가구에서 가장 높은 수치를 나타냈으며 간의 지방함량도 고지질 첨가구 (9%, 12%)가 다른 실험구에 비해 높게 나타나 어체 지방 함량과 비슷한 축적현상을 나타냈다.

본 실험 결과 사료내 에너지/단백질비가 증가함에 따라 성장은 증가하였으나 에너지/단백질 비가 11.0이상은 여분의 에너지가 간과 어체내의 지질 함량을 증가시켜 양식어의 품질을 저하시키는 결과를 초래할 가능성이 높으므로 사료내 과잉 지질 첨가는 바람직하지 못할 것으로 생각되며 실험결과 넙치 MP사료의 적정 Feed oil첨가량은 적정 에너지/단백질 비를 10.1~10.3정도를 유지 할 수 있도록 6~9%지질 첨가가 적당한 것으로 판단되었다.

3-1-2. 고성능 MP사료 개발을 위한 비타민C, E 첨가효과 검토

넙치의 모이스트펠렛 사료 제조시 비타민C, E에 따른 첨가효과를 검토하므로서 넙치용 모이스트펠렛 사료의 비타민C, E적정 첨가량을 구명하고자 실험을 실시하였으며 비타민 첨가량은 건중량사료 kg당 각각 비타민C는 1000mg/kg, 비타민E는 220mg/kg이 되도록 첨가하였으며 8주간의 실험결과는 다음과 같다. 실험개시시 30g 내외였던 평균체중은 실험종료후에는 65.3~93.3g까지 성장하였다. 성장율에서는 비타민 E 첨가구가 가장 높았고 비타민 무첨가구 대조구인 생사료와 분말사료 1:1 MP구가 가장 낮았다. 비타민 첨가구들 사이에는 비타민 E첨가구와 비타민 C·E첨가구의 경우 비슷한 성장을 보였으나 비타민 C첨가구의 경우 비타민 E첨가구와 비타민 C·E첨가구보다 다소 성장율이 낮은 결과를 보였다. 사료효율에서도 비타민 E첨가구가 가장 높았으며 생사료 단독구가 가장 낮았다. 비타민 첨가구들 사이에서는 비타민 C첨가구가 사료효율에서도 다소 낮으나 비타민을 첨가하지 않은구에 비교해서는 비타민 C첨가구가 성장이나 사료효율에서 좋은 결과를 보였다.

어유6%첨가구의 경우 비타민 첨가구에 비해 성장과 사료효율이 다소 낮았으나 어유를 첨가하지 않은 구에 비해서는 높은 성장과 사료효율을 나타내 MP사료 제조시 어유첨가의 필요성을 시사해 주고 있다.

본 실험결과 MP사료내 비타민 첨가는 성장과 사료효율에서 매우 좋은 결과를 나타냈으며 더불어 적절한 지질의 첨가도 비타민 첨가와 함께 넙치의 성장에 도움을 주는 것을 알 수 있다. 따라서 고성능 MP사료 개발을 위해서는 6%의 어유 첨가와 함께 비타민 E가 건조사료 kg당 220mg이상 첨가되어야 하며 비타민 C·E의 복합첨가에 의한 비타민 첨가 상승효과에 있어서는 큰 차이가 없었으나 비타민 C 단용 첨가구에 따른 성장개선 효과를 나타내어 비타민 C는 함께 첨가되는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

4-1. 신개발 사료의 실용화 및 기술이전

4-1-1. 고성능 MP사료의 저장성 검토

넙치용 모이스트펠렛(MP)사료 제조시 MP사료의 효율성을 증대시키기 위하여 고도불포화지방산이 다량 함유된 오징어 간유를 첨가하여 고지방MP사료를 제조하므로써 다량의 지질 첨가에 의한 산패가 우려되므로 고성능 MP사료(고지방함유 MP)의 실용화를 목적으로 실제 현장에서의 취급 및 저장조건에서의 산화정도를 조사하고, 항산화제인 비타민C, E의 첨가효과를 검토하였다.

고성능 MP사료의 제조직후와 제조후 4℃와 -15℃의 저장조건하에서 6시간, 12시간, 24시간, 48시간, 72시간 경과후의 산패도를 측정한 결과 AV는 제조직후에 사료 제조시의 고온고압의 영향으로 인해 11.86의 높은 값을 나타냈으며, 비타민 무첨가구가 저장온도에 관계없이 높은 값을 나타냈다. 비타민 첨가 사료의 경우 72시간 후에도 저장온도와 상관없이 제조직후와 큰 차이를 보이지 않았다.

POV 역시 비타민 무첨가구가 4℃, -15℃ 저장온도 모두에서 높은 값을 나타냈으며 특히 4℃ 저장온도에서 24시간을 기점으로 급격히 상승하는 것을 볼 수 있었다. 직사광선 노출하(27℃)에서 POV, AV측정결과 사료제조 1시간 후부터 다소 증가하는 경향을 보였으며 비타민 무첨가구가 4℃, -15℃ 저장조건에서와 마찬가지로 높은 값을 나타냈다.

비타민 첨가구의 경우 전체적으로 비타민 C·E의 혼합첨가가 좋은 결과를 보였으며 비타민의 단독 첨가의 경우 비타민 C가 비타민 E보다 항산화제의 효과가 큰 것으로 나타났다.

본 실험결과 MP사료 제조시 지질 첨가나 사료의 보관 등에서 일어날 수 있는 산화를 비타민 C와 E의 첨가에 의해 방지할 수 있을 것으로 보이며 MP사

료 제조과정시와 저장, 보관중 비타민 파괴에 의한 필수영양소인 비타민 보충과 항산화제로써의 저장성을 높이기 위해서는 비타민 C와 E가 필히 첨가되어야 할 것으로 판단된다.

4-1-2. 고성능 MP사료의 경제성 분석

고성능 MP사료의 경제성 분석을 위하여 생사료, MP사료, EP사료를 사용하여 8주간의 넙치 사육결과를 바탕으로 각각의 실험 사료를 1kg 공급할 경우 사료 제조단가와 증중율을 비교 분석하였다.

사료 1kg의 제조단가는 약 400~750원으로 생사료구 (고등어)가 가장 낮았으며 분말배합사료의 첨가율이 증가함에 따라 제조단가가 상승하여 생사료: 분말사료 = 5:5구는 750원으로 산출되었으며, 시판 EP사료의 판매 가격은 2300원/kg으로 가장 높은 가격을 나타냈다.

한편 사료효율면에서는 역으로 생사료 1kg 급이로 579g 증중효과를 나타낸 반면 6:4, 5:5, EP사료구에서는 각각 845g, 897g, 1040g의 증중율을 보여 높은 사료효율을 보임으로써 사료의 제조단가와 증중율 그리고 성장기간의 단축 등을 고려할 경우 6:4 또는 5:5가 적당한 것으로 판단되며, EP사료는 사료효율이 뛰어났으나 가격이 비싼 탓으로 비경제적인 것으로 생각된다.

한편, 고성능 MP제조시에는 5:5혼합비에 어유6%정도와 비타민C·E가 별도로 다소 첨가되므로 원가상승요인으로 작용하나, 이들 첨가물에 의하여 5:5보다 높은 성장효과가 예상되므로 충분한 경제성이 있는 것으로 판단된다.

4-1-3. 고성능 MP사료의 기술이전 및 보급

본 연구결과 새롭게 개발된 고성능 모이스트펠렛 사료의 실용화와 기술이전을 목적으로 전라남북도의 해산어류 양식업무를 관장하는 업종별 조합인 서남해수 어류양식 조합과 협의 중에 있으며, 이미 본 조합에서는 고성능 MP

사료의 제조를 위한 생사료 및 고성능 MP사료 보관을 위한, 대형 냉동냉장시설 사업 계획을 수립하여, 정부에 건의하여 특별지원을 확약받아 여수시 국동 어항단지내 고성능 MP사료 제조 및 보관을 위한 시설공사를 추진중에 있으며 구체적인 기술이전에 대하여는 조합측과 상호협의 중에 있어 연구결과의 실용화가 되므로서 지역 양식 산업의 활성화에 크게 기여 할 것으로 생각된다.

2. 활용에 대한 건의

○ 해산 어류양식의 활성화와 지속적인 양식을 위해서는 고성능 모이스트펠렛 사료가 실용화 되어야 하나 MP형태의 사료급이에 따라 환경오염문제는 내재 되어 있어 양식장의 노후화 방지와 생산성 향상을 위해서는 고성능 MP사료 급이에 따른 양식장 오염부하량을 산출하여 오염부하량이 보다 낮은 고성능 저오염 사료를 개발해야 할 것이다.

○ 고성능 모이스트펠렛 사료 개발을 위해 사용된 생사료와 분말배합사료의 대체 단백질으로써 수산가공 부산물 또는 폐기물에 대한 이용성 검토와 이들 원료의 특수가공처리에 의한 대체 단백질으로써의 개발을 시도하므로서 사료비 생산 단가 절감을 위한 연구개발도 뒤따라야 할 것이다.

○ 본 연구 결과를 바탕으로 생사료를 첨가하지 않은 단독형 MP사료개발 나아가서는 연질고형배합사료화로 단계적으로 개발 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

Summary

Marine fish farming is relatively young in Korea. However, marine-fish production through aquaculture has rapidly increased in recent years as demand for live fish increased with the increased living standard, while fisheries production decreased due to decreased resources in the coastal sea. Despite this impressive growth in marine-fish production, not much improvement has been noted in feeding systems.

Feed is a major contributing factor to fish production costs and also to limiting in marine-fish production because diets for marine fish require high-quality protein that is mainly provided with frozen raw fish and white fish meal which are not only expensive but also highly variable in supply, quality and price.

Most marine fish farmer prepare moist pellet using 20~50% commercial compound meal and 80~50% frozen raw fish (horse mackerel, mackerel, sardine, etc.) with this feeding system, fish farmers have faced many problems : feed waste, water pollution, disease outbreaks and consequently economical loss. Demands for high functional diets are expected to increase in future.

The objective of this study is to develop practical high functional moist pellet (HFMP) which are cost-effective feeds for a

activation of marine finfish culture.

I . Ingredient availability for development of high functional moist pellet (HFMP) diet

1. Availability of ingredient in frozen raw fish diet(FRFD)

The frozen raw fish diet used in Moist pellet (MP) mainly derived from most available fishes like sardine, mackerel, horse mackerel, anchovy and convenias etc.; these five species recorded highest catches in 1988~1995. The feeding trial of 9-week and 4-week were conducted to investigate the effects of dietary flesh fish as ingredient of FRFDs on growth and feed efficiency of flounder and rockfish, respectively.

In this experiment, the quality of these flesh fishes were compared. The average contents of moisture, crude protein and crude lipid in the flesh of five fishes varied from 68.7%, 17.8%, and 3.1%to 74.0%, 20.0%and 9.6%, respectively. The whole body of convenias contained highest moisture and crude protein, but lowest crude lipid; the whole body of mackerel and sardine contained highest lipid compaired to those of other fish species. However,

average crude ash of each fish species ranged from 2.5%, to 3.3% without significant changes regardless of fish species. Average digestible energy of 114.8~156.9 kcal/100 g in mackerel and to high in crude lipid of these fish species.

Two 9-week and 4-week feeding trials were conducted to investigate the effect of dietary five flesh fishes as ingredients of FRFDs on growth and feed efficiency of flounder and rockfish, respectively.

In the 9-week feeding trial, 24g flounder and 8g rockfish grew to 117.4~143.5g and to 16.0~19.5g, respectively.

Percent weight gain of flounder fed the MPs containing sardine and convenias had highest and lowest value, respectively; however, rockfish fed the same MPs showed opposite results compared to those of flounder.

In flounder, MPs containing sardine produced significantly greater feed efficiency than MPs containing raw fish from mackerel and convenias; MP with convenias produced significantly lowest feed efficiency in flounder.

The MP containing sardine produced significantly greater feed efficiency in rockfish than the MPs containing raw fish convenias and anchovy; The MP with anchovy produced significantly lowest feed efficiency in rockfish.

According to the growth results in both fish species, MPs

containing the sardine and mackerel produced higher weight gain and feed efficiency; therefore, sardine and mackerel revealed superior ingredients as FRFDs with high availability. However, the other fish species also produced no significantly reduced growth. Before we select a ingredient of FRRD just with a growth result, we should also consider the other aspects like a self-pollution problem from a FRFD, a stable supply by sustainable fishery catches and a fluctuated price of raw fish resulted in a amount of catch; because extracts from anchovy and sardine normally polluted around aquaculture places, there fish species carefully should be used in aquaculture.

2. Availability of commercial compound meal (CCM)

The feeding trials were conducted to investigate availability of five different comeq/kgercial compound meal (CCM) supplemented to a MP containing raw fish used in practical aquaculture places; qualities of different CCMs used comeq/kgently in present mariculture were evaluated through these feeding trials.

The 9-week feeding trial was conducted to investigate the effects of MPs containing five different CCMs for flounder on growth and body composition of fish. The 19g juvenile flounder grew to 72.1~87.8g after 9-week. Percent weight gain of fish fed

various CCM MPs ranged from 281.5% to 357.3%; The MP containing CCM of A Co. produced significantly greater weight gain than the other diet (B, C, D and E Co.); The MP containing CCM of C Co. produced significantly greater weight gain (333.4%) than the MPs with CCM of B, C and E Co. (281.5~317.3%).

Feed efficiency values were highest (81.1%) in the MP containing CCM of A Co. and followed by the MP (79.4%) containing CCM of B Co. and then, MPs (67.6~72.5%) from the other company. In total feed consumption, fish fed MPs containing CCM of A Co. had also the greatest consumption; therefore, the CCM of A Co. considered as having a remarkable feed attractability.

According to the result of this study, the CCM of A Co. produced greater weight gain, feed efficiency and feed consumption than the other company's CCMs.

II. Formulation of high functional moist pellet (HFMP) diet

1. Investigation of optimal mixing ratio of raw fish diet (RFD) and commercial compound meal (CCM).

The MPs prepared by mixing raw fish and CCM in the ratio of 9:1, 8:2 and 7:3 are practically utilized by aquaculture culturists. Higher levels of raw fish in MP led to problems such as disease outbreak and water pollution. Therefore, feeding trials were conducted to maximize a fish growth and to minimize a self-pollution in fishing ground through manipulating the optimal mixing ratio of MP with a raw fish and CCM. Experimental MPs prepared by mixing raw fish and CCM in ratio of 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 and 5:5. A 10-week feeding trial was conducted to evaluate the effect of MPs mention previously, raw fish diet, CCM diet and extruded pellet (EP: floating type) also prepared simultaneously on growth of 48 g juvenile fish. Different mixing raw fish and CCM in the ratios of 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 and 5:5 in MPs produced various growth (87.5~164.5 g); The MP in the ratio of 8:2 produced the higher weight gain than the other diets; EP produced significantly lowest weight gain.

Fish fed the MP containing higher CCM tended to increase feed efficiency. Fish fed EP produced highest feed efficiency.

The highest raw fish in MP resulted in significantly increase lipid in whole-body of fish. Also, higher raw fish level in MPs induced significant extracted substances from MP and then finally caused self-pollution problem.

The mixing ratio of 8:2 and 7:3 in MP produced higher weight gain, but lower feed efficiency. Also, these ratios resulted in excessive accumulation of lipid in whole-body and flesh deterioration of fish, and increased self-pollution around fishing ground. Therefore, mixing raw fish and CCM in ratios of 6:4 and 5:5 considered as the optimal ratios according to the results of this study.

2. Investigation of optimal dietary Energy/Protein (E/P) ratio for development of high functional moist pellet (HFMP)

The 8-week feeding trial was conducted to investigate the effect of optimal dietary energy/protein (E/P) ratio in MP on weight gain, feed efficiency and body composition of flounder; E/P (8.7~11.8) were achieved by selecting lipid levels (0, 3, 6, 9 and 12%) in experimental diets; Fish oil used as lipid source. The 30g

juvenile flounder grew to 65.3~85.3g after 8-weeks. Weight gain was increased, but feed efficiency had no significantly different values with increasing dietary E/P ratio.

Fish fed the MPs supplemented with 12%lipid was the highest lipid in whole-body of fish. Lipid content of liver of fish fed the MPs supplemented 9 and 12%of lipid were higher than those of fish fed the other experimental MPs.

The optimal dietary energy/protein ratio in the MP for flounder were determined to be 6~9%lipid supplementation and 10.1~10.3 E/P ratios, based on higher weight and feed efficiency, as well as lower lipid deposition in the internal organs of fish.

3. supplementary effect of vitimin C, E for development of high functional moist pellet (HFMP)

A 8-week feeding experiment was conducted to investigate the supplementation effects of vitamin C and E to HFMP of flounder. The HFMPs were supplemented with vitamin C and E to provide 1,000 and 220 mg/ kg diet (dry matter), respectively. Each HFMP was fed to groups of flounder initially averagaing 30g/fish; juvenile flounder grew to 65.3~93.3g after 8-week feeding trial. HFMP supplemented with vitamin E produced highest weight gain, but

weight gains were lowest in fish fed the raw fish diet and HFMPs with raw fish and CCM at ratio of 5:5 without supplementating vitamin C and E. HFMP supplemented with the vitamin E only and vitamin C&E produced similar weight gain, but HFMP supplemented with vitamin C produced lower weight gain than those supplemented with vitamin E and vitamin C&E. HFMP supplemented with vitamin E also produced highest feed efficiency, but weight gain were lowest in fish fed the raw fish diet without supplementating vitamin C and E. Among HFMPs supplemented with vitamins, HFMPs supplemented with vitamin C produced relatively lower feed efficiency, but higher weight gain and feed efficiency than the HFMPs without vitamin supplementation.

This study suggests that supplementation of vitamin C and E to flounder's HFMP resulted in higher weight gain and feed efficiency with optimal lipid supplementation. Therefore, dietary vitamin C and E at 1,000 and 220mg/kg diet should be added for flounder's HFMP supplemented with 6%fish oil.

4. Supplementary effects of special substances for development of high functional moist pellet (HFMP)

A feeding trial was conducted to investigate the effects of

dietary supplementation of low-price Krill Meal (KM) on growth of Korean rockfish. The CCM was replaced by 0%(control), 20% and 50% KM powdered from shrimp by-products in China. The 60g juvenile fish grew to 71.0~79.3% after the 8-week feeding trial.

Diets containing only CCM produced significantly higher weight gain, feed efficiency than diets practically (20% and 50%) replaced by KM. KM supplementation resulted in reduced total feed consumption. KM considered as inappropriate alternative protein source in MP of rockfish.

Feeding trial was assessed the effects of supplementing chitosan (CS) at 0, 1, 5 and 10%, to MPs containing CCM on weight gain and feed efficiency of juvenile rockfish. Supplemented CS powder was processed to a form of oligo-chitosan which was easily digestible and absorbable low molecule by fish.

Eight-week feeding trial was conducted to investigate the supplementation effect of dietary CS on growth and body composition of rockfish; the 60 g rockfish grew to 69.4~77.7g.

The MP containing 5% CS produced similar weight gain and feed efficiency to that of the control MP containing CCM only. However, the MPs supplemented 1% and 10% CS produced lower weight gain and feed efficiency than those of the control diet.

This experiment indicates that dietary supplementation of CS has no beneficial effect like increasing growth and feed efficiency

of rockfish. This CS could be supplemented 5%MPs of rockfish for a prevention and resistance to a disease without no harmful effect to fish.

III. Practical application and economical analysis of newly developed high functional moist pellet (HFMP)

1. preservation of high functional moist pellet (HFMP)

The squid liver oil is rich in unsaturated lipids susceptible to oxidation and the consequent formation of hydroperoxides and secondary breakdown products. However, the addition of antioxidant vitamin C and E to diets containing higher lipid inhibited the formation of oxidant products for at least 6 months at room temperature. Therefore, a study for purpose of practical application of HFMP was conducted to investigate rancidity in HFMP by various practical conditions of handling and storage and supplementary effect of the antioxidants such as vitamin C and E to MP.

Immediately before and after manufacturing of HFMP, the

HFMPs were stored at 4°C and -15°C and then, each HFMPs stored at these temperature were determined the rancidities from 0 to 72 hours after pelleting of experimental HFMPs. Acid Value (AV) was highest just after pelleting due to the high temperature and pressure of feed mixture in pressurized conditioning chamber. AV was also high in the HFMP without the both vitamin supplementation regardless of the storage temperature. AV of HFMP just after pelleting were similar to those of HFMP supplemented with the vitamins at storage time of 72 hours after pelleting regardless of the storage temperature. No vitamin supplementation in HFMP resulted in high Peroxide Value (POV) at the all storage temperature; at 4°C as storage temperature, POV was sharply increased at 24 hours after pelleting.

Under the exposure of direct sunlight at 27°C, POV and AV were tended to slightly increased at one hour after pelleting.

Therefore, combined supplementation of vitamin C and E to HFMP produced lower rancidity, singular supplementation of vitamin C resulted in higher antioxidant effect than the supplementation of vitamin E.

Dietary vitamin C and E supplementation to HFMP proved to inhibit the oxidation occurred in storing and processing by lipid addition. Also, unstable vitamins to temperature and light should be supplemented to HFMP for the optimal growth and healthy fish.

2. Economical analysis of high functional moist pellet (HFMP)

A 8-week feeding trial was conducted to evaluate raw fish diet (RFD), HFMP and EP on weight gain and feed efficiency of flounder. Simultaneously, three different experimental diets evaluated to compare the production price of these three diets with weight gain (wet weight gain/kg diet as fed) data during the experiment.

The feed cost of RFD containing mackerel was lowest, 400~750 won. HFMP prepared by mixing raw fish and CCM in the ratio of 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 and 5:5 was 750 won, but the cost of commercial EP was highest as 2,300 won/kg diet. However, base on weight gain, feed efficiency and feed cost, ratios of 6:4 and 5:5 of were considered as the optimal lease-cost diets.

Supplementation of 6%fish oil and vitamin C and E in HFMP prepared by mixing raw fish and CCM in the ratios of 6:4 and 5:5 increased the feed cost, but it in economically feasible in term of fast growth.

3. Technology transfer and propagation of high functional moist pellet (HFMP)

We have plans to apply in practical fields and to transfer

technology of newly developed HFMP to South · west Seawater Fish Aquaculture Cooperative. This cooperative are conducting to establish a large-scale freezer for preservation of raw fish and HFMP.

The cooperation between Yosu Fisheries University and this cooperative are conducted to develop practical feeds like HFMP which are productive and commercially viable feeds for a activation of main-fish aquaculture industry.

목 차

제 1 장 서 론	52
제 2 장 고성능 모이스트펠렛 (High Functional Moist Pellet : HFMP) 사료개발을 위한 원료의 이용성 검토	55
제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료의 선정	55
1. 서 론	55
2. 재료 및 방법	57
가. 생사료 대상 어종의 어획량 조사	57
나. 성분 분석 및 에너지 함량	57
3. 결과 및 고찰	57
가. 생사료 대상 어종의 생산량 조사 결과	57
나. 일반 성분 및 가소화에너지 함량	61
제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료 원료별 이용성 검토	65
I. 넙치 사육실험	65
1. 서 론	65
2. 재료 및 방법	66
가. 실험어 및 사육관리	66
나. 실험 사료	67
다. 어체 측정	67

라. 성분 분석	69
마. 통계 처리	69
3. 결과 및 고찰	69
가. 사료성분 및 에너지 함량	69
나. 성장 효과	70
다. 어체 성분	75
II. 조피블락 사육실험	79
1. 서 론	79
2. 재료 및 방법	80
가. 실험어 및 사육	80
나. 실험 사료	80
다. 어체 측정	82
라. 성분 분석	82
마. 통계 처리	82
3. 결과 및 고찰	82
가. 실험 사료 성분 및 에너지 함량	82
나. 성장 효과	83
다. 어체 성분	86
제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 시판분말배합사료의 이용성 검토	91
1. 서 론	91
2. 재료 및 방법	92
가. 실험어 및 사육	92

나. 실험 사료	93
다. 어체 측정	93
라. 성분 분석	94
마. 통계 처리	94
3. 결과 및 고찰	94
가. 사료 성분	94
나. 성장 효과	100
다. 어체 성분	100

제 3 장 고성능 모이스트펠렛(HFMP) 사료의 개발을

위한 조성설계	107
---------------	-----

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료와 분말배합사료의

적정 혼합비 검토	107
1. 서 론	107
2. 재료 및 방법	108
가. 실험어 및 사육	108
나. 실험 사료	109
다. 어체 측정	110
라. 성분 분석	110
마. 통계 처리	110
3. 결과 및 고찰	110
가. 사료 성분	110
나. 성장 효과	113

다. 어체 성분	117
제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 적정 에너지/단백질 비의 검토	122
1. 서 론	122
2. 재료 및 방법	123
가. 실험어 및 사육	123
나. 실험 사료	124
다. 어체 측정	124
라. 소화율 측정	125
마. 성분 분석	125
바. 통계 처리	125
3. 결과 및 고찰	126
가. 사료 성분	126
나. 성장 효과	128
다. 어체 성분	131
라. 소화율 사료 조성 및 성분	135
마. 소화율	137
제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 비타민 C,E 첨가효과	142
1. 서 론	142
2. 재료 및 방법	144
가. 실험 사료	144
나. 실험어 및 사육	145
다. 어체 측정	145
라. 성분 분석	146

다. 소화율 측정	146
바. 통계 처리	147
3. 결과 및 고찰	147
가. 사료 성분	147
나. 성장 효과	150
다. 어체 성분	154
라. 소화율 사료 조성 및 성분	159
마. 소화율	161
제 4 절 HFMP 사료개발을 위한 특수첨가물의 첨가효과 검토 ...	165
I. Krill meal의 분말배합사료 대체효과 검토	165
1. 서 론	165
2. 재료 및 방법	166
가. 실험어 및 사육	167
나. 실험 사료	167
다. 어체 측정	170
라. 성분 분석	170
3. 결과 및 고찰	170
가. 사료성분 분석	170
나. 성장 효과	171
II. Chitosan 첨가효과 검토	177
1. 서 론	177
2. 재료 및 방법	178
가. 실험어 및 사육	178

나. 실험 사료	179
다. 어체 측정	179
라. 성분 분석	181
마. 통계 처리	181
3. 결과 및 고찰	182
가. 사료 성분	182
나. 성장 효과	182

제 4 장 고성능 모이스트펠렛(HFMP)사료의 실용화와

경제성분석 및 기술이전	187
--------------------	-----

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 향산화제 첨가효과 검토	187
----------------------------------------	-----

1. 서 론	187
2. 재료 및 방법	189
가. 실험 사료	189
나. 실험어 및 사육	190
다. 어체 측정	190
라. 성분 분석	192
마. 통계 처리	192
3. 결과 및 고찰	193
가. 사료 성분	193
나. 성장 효과	194
다. 어체 성분	197

제 2 절 HFMP 사료의 저장성 검토	202
-----------------------------	-----

1. 서 론	202
2. 재료 및 방법	203
가. 실험 사료	203
나. 저장 조건 및 분석 항목	205
다. 분석 방법	206
3. 결과 및 고찰	207
가. MP사료 원료별 AV 와 POV	207
나. 저장시간 및 저장온도에 따른 AV 와 POV의 변화	208
다. 저장조건에 따른 사료내 비타민 C, E의 함량 조사 ...	213
제 3 절 HFMP 사료의 경제성 분석 및 기술이전	219
1. 서 론	219
2. 재료 및 방법	220
가. 실험어 및 사육	220
나. 실험 사료	220
다. 사료제조단가 산출	221
라. 어체 측정	223
마. 성분 분석	223
바. 통계 처리	223
3. 결과 및 고찰	223
가. 성장 효과	223
나. 생사료, MP, EP사료 경제성 비교	225
다. 신개발 고성능 모이스트펠렛(HFMP) 사료의 기술이전 .	230
참고문헌	232

List of Tables

제 2 장 고성능 모이스트펠렛 (High Functional Moist Pellet : HFMP) 사료개발을 위한 원료의 이용성 검토

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료의 선정

Table 1. Catches by year and fish species used commonly in marine-fin culture food	59
Table 2. Catches by monthly of fish species of frozen raw fish diet	60
Table 3. Nutrients content and digestible energy(DE) of frozen raw fish species	62

제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료 원료별 이용성 검토

I. 넙치사육실험

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diets for flounder	68
Table 2. Performance of flounder fed the experimental diets with raw fish for 9-week feeding trial	71
Table 3. Availability of experimental diets for 9-week feeding trial	72
Table 4. Proximate analysis (%) of whole body of flounder after 9-week feeding trial	75
Table 5. Hepatosomatic index(HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor(CF) of flounder fed the experimental diets for 9-week	76

II. 조피볼락 사육실험

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diets for rockfish	81
Table 2. Performance of rockfish fed the experimental diets with raw fish for 4-week feeding trial	84
Table 3. Availability of experimental diets for 9-week feeding trial	85
Table 4. Proximate analysis of whole body of rockfish after 4-week feeding trial(%)	88

제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 시판분말배합사료의 이용성 검토

Table 1. Proximate composition of commercial compound meal(CCM) used to the experimental diets(%)	96
Table 2. Composition of the experimental diets for flounder	97
Table 3. Performance of flounder fed the experimental diets for 9-week feeding trial	98
Table 4. Availability of experimental diets for 9-week feeding trial	99
Table 5. Proximate analysis of whole body of flounder after 9-week feeding trial(%)	101
Table 6. Hepatosomatic index(HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor(CF) of flounder fed the experimental diets for 9-week	102
Table 7. Dietary nutrient sources of CCM used to the experimental diets	103

제 3 장 고성능 모이스트펠렛(HFMP) 사료의 개발을 위한 조성설계

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비 검토

Table 1. Composition of experimental diets for flounder (%)	111
Table 2. Performance of flounder fed the experimental diets for 10-week	115
Table 3. Availability of experimental diets for 10-week feeding trial	116
Table 4. Proximate analysis of whole body of flounder after 10-week feeding trial(%)	118
Table 5. Hepatosomatic index(HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor(CF) of flounder fed the experimental diets for 9-week	119

제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 적정 에너지/단백질 비의 검토

Table 1. Compoition of experimental diets for floundet(%)	127
Table 2. Performance of flounder fed the experimental diets for 8-week feeding trial	129
Table 3. Availability of experimental diets for 8-week feeding trial	130
Table 4. Chemical composition of whole body after 8-week feeding trial (%)	133
Table 5. The contents of lipid in liver of flounder fed the experimental diets for 8-week(%)	133
Table 6. Hepatosomatic index(HSI), visceralsomatic inde(VSI), condition factor(CF), hematocrit(Ht), hemoglobin(Hb) of flounder fed the experimenter diets for 8-week	134
Table 7. Composition of test diets for apparent digestibility (%)	136
Table 8. Apparent digestibility of fed the test diets for flounder(%) (dry matter)	139

제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 비타민 C,E 첨가효과

Table 1. Composition of experimental diets for flounder(%)	148
------------------------------------------------------------------	-----

Table 2. Contents of vitamin C, E in dietary protein source for MP	149
Table 3. Performance of flounder fed the experimental diets for 8-week feeding trial	151
Table 4. Availability of experimental diets for 8-week feeding trial	152
Table 5. Chemical composition of whole body of flounder fed the experimental diets for 8-week(%).	156
Table 6. The contents of vitamin C($\mu\text{g/g}$), E($\mu\text{g/g}$) in muscle and liver fed the experimental diets for 8-week	156
Table 7. The contents of lipid in liver of flounder fed the experimental diet for 8-week(%)	157
Table 8. Hepatosomatic index(HSI), viscerosomatic index(VSI), condition factor(CF), hematocrit(Ht), hemoglobin(Hb) of flounder fed the experimental diets for 8-week	158
Table 9. Composition of test diets for apparent digestibility(%)	160
Table 10. Apparent digestibility(%) fed the test diets for flounder	161

제 4 절 HFMP 사료개발을 위한 특수첨가물의 첨가효과 검토

I. Krill meal의 분말배합사료 대체효과 검토

Table 1. Experimental diets of additive for rockfish(%)	168
Table 2. Proximate analysis of krill meal for the experimental diets(%)	169
Table 3. Proximate composition of commercial compound meal	169
Table 4. Performance of rockfish fed the experimental diets with additive for 8-week feeding trial	172
Table 5. Amino acid composition of ingredients commonly used in fish feed(as-feed basis)	174

II. Chitosan 첨가효과 검토

Table 1. Experimental diets of additive for rockfish(%)	180
Table 2. Proximate composition of commercial compound meal	181
Table 3. Performance of rockfish fed the experimental diets with additive for 8-week feeding trial	183

제 4 장 고성능 모이스트펠렛(HFMP)사료의 실용화와 경제성분석 및 기술이전

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 항산화제 첨가효과 검토

Table 1. Composition of experimental diets for flounder.	191
Table 2. Composition of antioxidant premix added to the experimental diets for flounder	182
Table 3. Composition of squid liver oil added to the experimental diets for flounder	193
Table 4. POV and AV of squid liver oil added to the experiental diets for flounder	194
Table 5. Performance of flounder fed the experimental diets for 8-week feeding trial	195
Table 6. Availability of experimental diets for 8-week feeding trial	196
Table 7. Chemical composition of whole body after 8-week feeding trial for flounder.	198
Table 8. Hepatosomatic index(HSI), visceralomatic index(VSI), condition factor(CF), hematocrit(Ht), hemoglobin(Hb) of flounder fed experimental for 8-week	198

제 2 절 HFMP 사료의 저장성 검토

Table 1. Composition of experimental diets(%)	204
-----------------------------------------------------	-----

Table 2. Composition of squid liver oil added experimental diets	205
Table 3. POV and AV of each dietary protein source for MP	208
Table 4. The changes of AV in experimental diets with storage time and storage temperature	210
Table 5. The changes of POV in experimental diets with storage time and storage temperature	211
Table 6. The changes of POV and AV in experimental diets under the exposure of direct sunlight at 27°C	212
Table 7. The changes of Vitamin C content (mg/kg) with storage time and storage temperature	214
Table 8. The changes of Vitamin E content (mg/kg) with storage time and storage temperature	215

제 3 절 HFMP 사료의 경제성 분석 및 기술이전

Table 1. Composition of experimental diets for flounder (%)	222
Table 2. Results of 10-week feeding trial for flounder	224
Table 3. Economical efficiency of fed the experimental diets for flounder	226
Table 4. Feed cost to kg fish gain of flounder fed the experimental diets	228

List of figures

제 2 장 고성능 모이스트펠렛 (High Functional Moist Pellet :HFMP) 사료개발을 위한 원료의 이용성검토	
제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료의 선정	
Fig 1. Digestible energy(DE) of frozen raw fish diets	63
제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료 원료별 이용성 검토	
I. 넙치사육실험	
Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with raw fish for 9-week feeding trial	74
Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with raw fish for 9-week feeding tral	74
II. 조피볼락 사육실험	
Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with raw fish for 4-week feeding trial	87
Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with raw fish for 4-week feeding trial	87
제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 시판분말배합사료의 이용성 검토	
Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets for 9-week feeding trial	105
Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets	

for 9-week feeding trial105

제 3 장 고성능 모이스트펠렛(HFMP) 사료의 개발을 위한 조성설계

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비 검토

Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets
for 10-week feeding trial120

Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets
for 10-week feeding trial120

제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 적정 에너지/단백질 비의 검토

Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets
for 8-week feeding trial132

Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets
for 8-week feeding trial132

Fig 3. Apparent digestibility(%) of dry matter fed
the test diets for flounder139

제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 비타민 C,E 첨가효과

Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets
for 8-week feeding trial153

Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets

for 8-week feeding trial	153
Fig 3. Apparent digestibility(%) of dry matter fed the test diets for flounder	162

제 4 절 HFMP 사료개발을 위한 특수첨가물의 첨가효과 검토

I. Krill meal의 분말배합사료 대체효과 검토

Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with Krill Meal for 8-week feeding trial	175
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with Krill Meal for 8-week feeding trial	175
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

II. Chitosan 첨가효과 검토

Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with Chitosan for 8-week feeding trial	184
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with Chitosan for 8-week feeding trial	184
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

제 4 장 고성능 모이스트펠렛(HFMP)사료의 실용화와

경제성분석 및 기술이전

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 항산화제 첨가효과 검토

Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets for 8-week feeding trial	199
-------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets	
-------------------------------------------------------------	--

for 8-week feeding trial 199

제 3 절 HFMP 사료의 경제성 분석 및 기술이전

Fig 1. Weight gain per diet 1kg of flounder fed experimental
diets 227

Flg 2. Feed cost to kg fish gain of flounder fed
the experimental diets 227

제 1 장 서 론

우리나라 해산어양식 생산량은 1986년 2,915톤 이었던것이 1996년에는 57,799톤으로 10년사이 20배 가까운 급속한 생산량의 증대를 보이고 있다 (국립수산진흥원, 1997). 또한, 최근에는 새로운 양식 대상 어종의 개발과 함께 기존 양식 대상 어종의 대량종묘생산 기술의 확립으로 해산어 양식은 품종다양화와 함께 그 생산고가 매년 증가 추세에 있다 (김, 1994).

해산어 양식에 있어서 사료비는 양식 경영비의 절반 이상을 차지하는 중요한 요소로서 양질의 경제적인 사료의 확보 문제는 어류양식 산업의 성패를 좌우할 만큼 큰 비중을 차지한다. 그러나, 현행 국내 해산어류의 양식에 있어서 사료급여 체계는 고등어, 멸치, 정어리, 까나리, 전갱이등의 생사료를 직접 급이하거나 생사료와 분말배합사료를 혼합한 모이스트펠렛 (MP)사료가 개발되어 일부 양식어가에서 사용하고 있으나 대부분의 양식어가에서는 생사료를 이용한 사료급여 체계에 의존하고있는 실정이다.

이와같은 양식 어민들의 높은 생사료 선호도로 인해 양식 생산고의 증가와 함께 생사료의 소비도 매년 증가하여 생사료 부족 현상과 가격 폭등을 발생시키고 있다. 이러한 생사료에 의존하는 사료급여 체계는 사료유실로 인한 양어장 자가오염의 가중으로 어병 발생과 이에 따른 투약에 대한 과다한 경비 지출 및 저생산성과 저품질 양식어류 생산으로 많은 경제적 불이익을 초래하게 된다. 더욱이 생사료 급여 체계는 생사료 대상 어종의 어획량 감소에 따른 수급의 불안정과 생사료 단독 급이에 따른 심한 영양학적 불균형으로 영양성 질병을 유발할뿐 아니라 많은 양의 사료를 준비해야하는 과정에서 시간과 인력면에서 커다란 손실이 가중되며 생사료를 대량으로 보관하기 위한 냉동시설을 확보해야 하므로 과다한 냉동시설비와 냉동 보관료를 부담하여야 한다.

이러한 생사료 부족현상 해소와 양어장의 자가오염 방지를 위해서는 새로운 형태의 해산어 양어사료 개발이 절실한 실정이었다. 이러한 요구에 부응하기 위해 최근에는 고품 배합사료의 개발이 시도되어 해산어류용 배합사료가 개발되어 공급되고 있으나 관련기술 미비와 연구 부족으로 사료자체 품질에 많은 문제점과 생사료에 대한 강한 선호도로 생사료의 보조사료 정도로만 사용되고 있는 실정이다.

이와같은 생사료와 고품 배합사료의 단점을 개선, 보완하기위해 최근에는 생사료와 분말배합사료를 혼합한 모이스트펠렛(MP)사료가 개발되어 보급되고 있다. MP사료는 생사료에 부족되기 쉬운 영양분을 첨가할수 있어 영양학적으로 생사료 단독 급여시보다 훨씬 안정적이며 어류의 성장에 따라 사료의 크기를 마음대로 조절할수 있어 사료의 유실을 최대한 방지하면서 어류에게 확실하게 사료를 섭취시키는 잇점이 있다. 또한, 생사료 단독 급여시보다 생사료 보관에 드는 과다한 보관료를 절감할수 있을뿐 아니라 생사료와 배합사료의 혼합비를 어류의 성장이나 환경, 영양요구량의 변화에 따라 조절할수 있어 생사료 단독 투여시보다 경제적이며 영양적 균형을 고루 갖출수 있을뿐 아니라 사용이 매우 편리하다고 할수 있다.

그러나, 이러한 MP사료는 사용하는 어가마다 제각기 혼합 비율이 다를뿐만 아니라 양식 어민들의 높은 생사료 선호도 때문에 사용빈도가 극히 제한적이며 사료 제조시 생사료 비율을 높게 하므로서 사료유실로 인한 수질오염을 가중시키고 있다. 더욱이 MP사료 제조시 원료로 사용되는 생사료원들은 계절이나 어체크기, 어종에 따라 그 영양성분이 크게 변화하는데도 불구하고 MP를 사용하는 어가에서는 사료제조시 이러한 충분한 고려도 없이 사용되고 있으며 이에관한 정확한 연구자료도 미흡한 실정이다. 또한 MP사료에 일정 비율로 첨가되는 분말배합사료는 그 첨가 비율과 질에 따라 MP사료의 성장효과를 좌우하나 국내 업계에서는 대상어류의 영양학적 검토나 영양 요구량의 검

중이 극히 초보적인 단계를 벗어나지 못하고 있으며 외국산 사료를 모방하거나 외국 및 국내 유사 해산어류의 연구자료를 이용해 제품이 제조되므로서 단지 MP사료를 만드는 점결제 기능으로만 첨가되고 있는 실정이다.

이와같이 MP사료는 생사료보다 영양학적으로 훨씬 안정적이며 사용이 편리하고 환경적으로도 우수하나 우리나라 해산어류 양식에 있어서 MP사료의 영양학적 검토가 제대로 이루어지지 않았을 뿐만 아니라 양식 어민들의 강한 생사료 선호도로 생사료 첨가 비율을 일방적으로 높게 하므로서 이에 따른 피해가 우려된다.

따라서 MP사료의 장점을 극대화시키고 단점을 보완하여 해산어류의 성장을 증대시키고 환경 친화적인 고성능 MP사료의 개발이 시급한 실정이다. 그래서, MP사료 주원료인 생사료와 분말배합사료의 이용성과 함께 적정 혼합비를 구명하여 이를 기초로하여 성장과 사료효율이 뛰어나며 심각한 사료부족 현상을 해소할수 있고, 사료 유실에 의한 어장의 자가오염을 최소화하며, 사료의 제조, 보관 및 급이가 용이하고 경제적이며 해산어류용 고품배합사료의 단점을 보완할수 있는 고성능 MP사료를 개발하여 양식 경영비 절감 및 양식 어업 활성화에 기여하고자 본 연구를 수행하게 되었다.

제 2 장 고성능 모이스트펠렛 (High Functional Moist Pellet ;HFMP)사료개발을 위한 원료의 이용성 검토

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료의 선정

1. 서 론

우리나라의 해산어 양식 생산량은 1986년 2,915톤이었던 것이 1996년에는 57,799톤으로 10년사이 20배 정도의 증가량을 보이고 있다. 특히 최근에는 급속한 생산량 증가를 보여 1995년 28,733톤 이었던 것이 1996년에는 급격한 증가로 2배 이상의 생산량인 57,799톤을 기록했다 (국립 수산진흥원, 1997). 어종별 생산량을 보면 넙치가 29,213톤으로 절반 이상을 차지하고 있으며 그 다음은 조피볼락으로 22,565톤의 많은 생산량을 차지하고 있다. 또한 최근에는 연안 어종으로 저수온 환경에 내성이 강하여 월동이 가능한 농어의 대량종묘생산 기술의 확립으로 남해안 가두리를 중심으로 농어의 양식 생산도 점차 증대되고 있으며 돌돔, 참돔 등의 양식 기술 확대로 해산어 양식은 품종 다양화와 함께 그 생산고가 매년 증가 추세에 있다 (김, 1994).

해산어 양식에 있어서 사료 급여 체계는 전갱이, 까나리, 멸치, 고등어 등을 위주로 생사료를 직접 급여하거나 생사료와 분말 배합 사료를 혼합한 모이스트펠렛사료(moist pellet : MP)를 주로 사용하고 있는 형편이나 대부분 생사료를 이용한 급여체계에 의존하고 있는 실정이다. 이같은 양식어민들의

높은 생사료 선호도로 인해 양식 생산고의 증가와 더불어 생사료의 소비도 매년 크게 증가하게 되었다. 특히, 이들 생사료원으로 사용되는 어종들은 주로 연안 다핵성 어종으로 전갱이(메가리), 고등어, 정어리, 까나리등이 주로 사용되고 있으나, 이들 어종들의 어획량은 어종에 따라 매우 불안정할 뿐만 아니라 어획량이 점차 감소 추세에 있다. 또한, 최근 연안 어장의 황폐화에 따른 연근해 자원 감소로 인한 어획 부진으로 생사료 가격이 크게 폭등하고 있으며 이러한 가격 인상을 노린 대형 냉동업자들의 출하조절, 사료 저장 시설의 부족, 어류양식장의 증가로 인해 생사료 수급은 많은 어려움에 직면하게 되었다. 또한, 현재 사용되고 있는 생사료는 사료의 종류나 보관 상태에 따라 영양분의 차이가 심하며 이러한 영양학적 불균형과 함께 멸치, 까나리 등의 경우 비타민 B₁의 저해효소인 티아미나아제를 함유하고 있어 이를 장기 투여시 영양결핍이 발생할 가능성도 매우 높다. 이처럼 생사료원들은 어종별, 어체크기별, 어획시기와 장소등에 따라 어체 성분이 크게 변동기 때문에 영양학적으로 매우 불균형적이거나 이를 생사료원으로 사용하는 양식어가에서는 사료의 질적, 영양학적 고려없이 저단가의 생사료만을 선호하여 양식 어류에 급여하므로써 영양성질병, 수질오염등을 초래하여 양식 경영상의 많은 불이익을 초래하고 있다. 또한, 생사료의 심한 가격 변동으로 인하여 성 어기에 대량 구입하여 장기간 보존하여 사용하는 일이 빈번하여 어획량의 감소와 냉동보관 및 원가 상승에 따른 양식 어가에 커다란 경제적 부담을 안겨 주고 있다.

따라서, 본 연구에서는 고성능 MP사료 제조시 주원료로 사용되는 주요연안 다핵성 어종에 대해 안정적 확보가 용이한 어종의 선정과 생사료의 영양학적 검토를 위하여 대상 어종별 어획량 조사 및 일반 성분분석을 실시하여 고성능 모이스트펠렛 사료의 원료로서의 이용성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 생사료 대상 어종의 어획량 조사

조사 대상은 양식 현장에서 생사료 어종으로 주로 사용하고 있는 연안 다핵성 어종으로 멸치, 정어리, 고등어, 전갱이, 양미리, 보리멸, 강달이등 총 7종의 연도별 (88~95년), 월별 생산량을 조사하였으며 이중 생산량이 많은 전갱이, 고등어, 정어리, 멸치, 강달이의 5종의 생사료에 대한 일반분석과 가소화 에너지 함량을 구하였다. 일반분석에 사용한 어종은 선도가 좋은 냉동어를 어종별로 크기에 따라 적당히 선정하여 전어체를 분석하였다.

나. 성분 분석 및 에너지 함량

일반 분석은 수분함량은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984). 가소화에너지 함량은 조단백질은 4.5 kcal/g, 조지방은 8 kcal/g으로 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 생사료 대상 어종의 생산량 조사 결과

주요 생사료 어종의 연도별 생산량 조사 결과 (89~95년) 89년도 생산량에 서는 고등어와 정어리가 가장 많은 생산량을 기록했으나 90년대 들어 정어리

는 지속적인 생산량 감소를 거듭하여 95년도에는 13,539톤을 기록하였다. 이와 대조적으로 멸치는 생산량이 계속 증가하여 95년도에는 230,679톤으로 가장 많은 생산량을 기록하였다. 양미리와 보리멸은 조사기간내 모두 만톤 이하의 생산량을 보여 다른 어종에 비해 저조한 생산량을 기록했으며 강달이는 큰 생산량 변화를 보이지 않으면서 95년도 생산량에서는 70,394톤으로 멸치와 고등어에 이어 세번째로 많은 생산량을 나타냈다. 양식 현장에서 생사료로 이용이 가장 많은 고등어의 경우는 90, 91, 92년도에 생산량이 다소 감소하는 경향을 보이긴 했으나 비교적 안정적인 생산량을 보이고 있다.

한편 주요 생사료 어종의 월별 생산량 (95년도 기준)을 보면 멸치의 경우 11월에 30,627톤으로 가장 많은 생산량을 기록했으나 전체적으로 월별 생산량의 두드러진 차이를 보이지 않았으며 정어리는 3~6월 사이 많은 생산량을 나타내므로써 계절에 따른 생산량 차이를 나타냈다. 고등어는 대체적으로 9~2월사이에 많은 생산량을 보였고 봄과 여름에는 생산량이 다소 저조하였으나 전갱이의 생산량은 봄과 여름인 4~9월 사이에 많은 생산량을 기록해 고등어와는 상반된 결과를 나타냈다. 강달이의 경우는 6~9월 사이에는 다소 저조한 생산량을 보였으나 10~5월 사이에는 대체적으로 안정된 생산량을 나타냈다. 양미리와 보리멸도 계절에 따른 생산량의 차이가 다소 나타나긴 하나 총생산량이 다른 어종에 비해 상당히 저조해 생사료 대상 어종으로서 수급에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

이와 같이 생사료 대상 어종의 월별 생산량 조사 결과 멸치의 경우 가장 많은 생산량과 함께 계절적 차이를 나타내지 않은 어종이 있는 반면 정어리, 고등어, 전갱이등과 같은 어종은 생산량은 많으나 계절적인 생산량의 차이를 드러내는 어종도 있어 생사료 대상 어종 선정에 있어서 영양학적 검토와 함께 계절에 따른 주요 생산 어종의 생산량의 검토도 함께 이루어져야 할 것으로 보인다.

Table 1. Catches by year and fish species used commonly in marine-fin culture food

(Metric ton)

Year	Anchovy	Sardine	Mackerel	Horse Mackerel	Sand eel	Sand smelt	Convenias
'88	126,112	145,870	162,828	39,745	4,546	160	35,054
'89	131,855	182,540	163,617	22,969	3,271	141	46,851
'90	168,101	132,924	97,227	17,376	7,379	274	53,217
'91	170,293	44,530	91,538	16,259	8,299	137	71,824
'92	168,235	46,511	116,422	27,715	8,005	120	62,457
'93	249,209	31,285	174,684	38,095	9,632	109	71,728
'94	193,398	36,707	210,442	38,433	9,466	157	69,995
'95	230,679	13,539	200,481	12,269	9,677	199	70,394

본 조사 결과 생사료 대상 어종으로서 수급이 비교적 안정된 어종으로는 멸치, 정어리, 고등어, 전갱이, 강달이의 5종으로 나타났으며 이 어종들은 각 어종의 어체분석과 가소화 에너지 함량을 구하는 대상 어종으로 사용되었으며 넙치와 조피볼락을 대상으로한 생사료 원료별 이용성 검토 사육 실험의 실험 사료로 사용하였다.

Table 2. Catches by monthly of fish species of frozen raw fish diet
(Metric ton, 1995)

Month	Anchovy	Sardine	Mackerel	Horse Mackerel	Sand eel	Sand smelt	Convenias
1	16,310	680	12,318	370	566	56	12,564
2	14,430	169	15,168	466	33	45	9,404
3	28,988	4,180	9,333	749	6	26	9,419
4	15,613	5,864	13,529	1,804	45	5	6,492
5	19,571	848	8,320	943	145	8	5,209
6	15,311	1,286	11,253	1,062	1,377	4	2,938
7	15,603	156	9,891	1,125	45	2	900
8	12,911	7	11,090	1,360	0	0	523
9	19,116	264	15,271	2,375	424	3	2,870
10	22,799	24	25,108	624	1,862	0	6,623
11	30,627	14	29,261	538	1,115	1	7,104
12	19,400	47	39,939	853	4,059	49	6,348
Total	230,679	13,539	200,481	12,269	9,677	199	70,394

나. 일반 성분 및 가소화에너지 함량

생사료 대상 어종의 전어체 분석 결과 평균 수분 함량은 68.7~74.0%, 평균 조단백질 함량은 17.8~20.0%, 평균 조지방 함량은 3.1~9.6%범위로 나타났다. 전어체의 수분 및 조단백질 함량은 강달이가 가장 높았으나 조지방 함량은 가장 낮은 값을 나타내었으며 고등어, 정어리의 조지방 함량이 타어종에 비해 높은 분석치를 나타냈다. 한편 각 어종의 평균 조회분은 2.5~3.3%범위로 어종에 따라 큰 차이를 보이지 않았다.

어체 크기별 일반 성분분석 결과는 Table 3.에 나타난 바와같이 대부분의 어종에서 어체의 크기가 클수록 조지방 함량이 증가하는 경향을 보였으며 수분 함량은 이와 반대로 감소하였다. 조단백질 함량 역시 수분 함량의 증가와 함께 다소 감소하는 경향을 보였으며 조회분의 함량은 어체 크기에 관계없이 거의 비슷한 수치를 나타냈다. 수분 함량의 증감에 따라 조단백질 함량과 조지방 함량이 변화를 보이는 것으로 미루어 보아 계절적으로 어체의 수분 함량이 달라지기 때문에 전어체 성분 함량이 계절에 따라서도 많은 변화가 이루어짐을 미루어 짐작할수 있다.

평균 가소화 에너지 함량 측정결과 114.8~156.9 kcal/100g으로 고등어와 정어리에서 높은 에너지 함량을 나타내 어종별 조지방 함량의 차이를 반영하고 있다. 또한 어체 크기에 따라 조지방 함량의 차이를 보이므로서 어체 크기가 작은 냉동어 일수록 낮은 조지방 함량을 나타내어 에너지 함량 또한 낮은 수치를 나타냈다. 이러한 에너지 함량은 어체 성분이 계절에 따라서도 차이를 나타내므로서 어체의 수분 함량이 증가하는 계절에는 조단백질, 조지방의 함량이 상대적으로 감소하므로서 에너지 함량 또한 감소할 것으로 생각된다. 이처럼 생사료는 계절별, 어종별, 어체 크기에 따라 영양학적으로 큰 차이를 나타내고 있으며 이러한 생사료를 장기 투여시 영양학적 불균형을 일으킬 가능성이 매우 높을뿐만 아니라 생사료의 성분 함량의 차이는 사료내 에너지와

Table 3. Nutrients content and digestible energy(DE) of frozen raw fish species

Fishes	AV. body weight (g)	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Crude ash (%)	DE ¹ (kcal /100 g)
Horse Mackerel	12.1	79.7	14.9	1.2	3.5	76.7
	33.8	72.1	19.4	5.4	2.6	130.5
	45.2	65.8	17.5	13.2	3.0	184.4
	32.5	74.6	20.4	1.5	3.5	130.8
	30.4	71.6	19.8	5.3	3.0	131.5
Average	30.8	72.7	18.4	5.3	3.0	125.2
Mackerel	32.9	66.5	16.5	15.5	3.4	198.3
	40.0	70.5	13.9	13.1	2.0	167.4
	19.7	75.2	19.1	2.5	3.0	106.0
	22.0	73.7	20.8	3.0	2.4	117.6
	31.5	65.1	18.5	13.8	2.5	193.7
Average	29.2	70.2	17.8	9.6	2.7	156.9
Sardine	13.9	74.9	19.2	3.2	3.2	112.0
	30.8	65.8	17.8	12.8	2.8	182.5
	27.8	70.6	20.2	5.4	3.5	102.1
	45.4	64.9	16.4	14.4	3.5	189.0
	40.0	68.1	17.8	10.6	3.5	164.9
Average	31.6	68.7	18.3	9.3	3.3	156.8
Anchovy	5.4	74.7	17.5	4.6	3.2	115.6
	7.9	71.6	17.0	8.3	3.2	142.9
	12.5	67.4	18.7	10.7	3.0	169.8
	18.0	69.8	18.0	7.7	3.8	142.6
	35.5	68.0	17.9	10.6	3.5	165.4
Average	15.9	70.3	17.8	8.3	3.3	146.5
Convenias	15.5	76.2	18.3	2.6	2.4	103.2
	22.6	73.2	19.2	5.1	2.0	127.2
	19.4	72.6	22.1	2.2	2.6	117.1
	35.4	74.0	20.6	1.8	3.2	107.1
	42.5	73.8	19.2	4.0	2.5	118.4
Average	27.1	74.0	20.0	3.1	2.5	114.8

¹DE : Digestible energy : based on 4.5 kcal/g protein, 8 kcal/g lipid, respectively

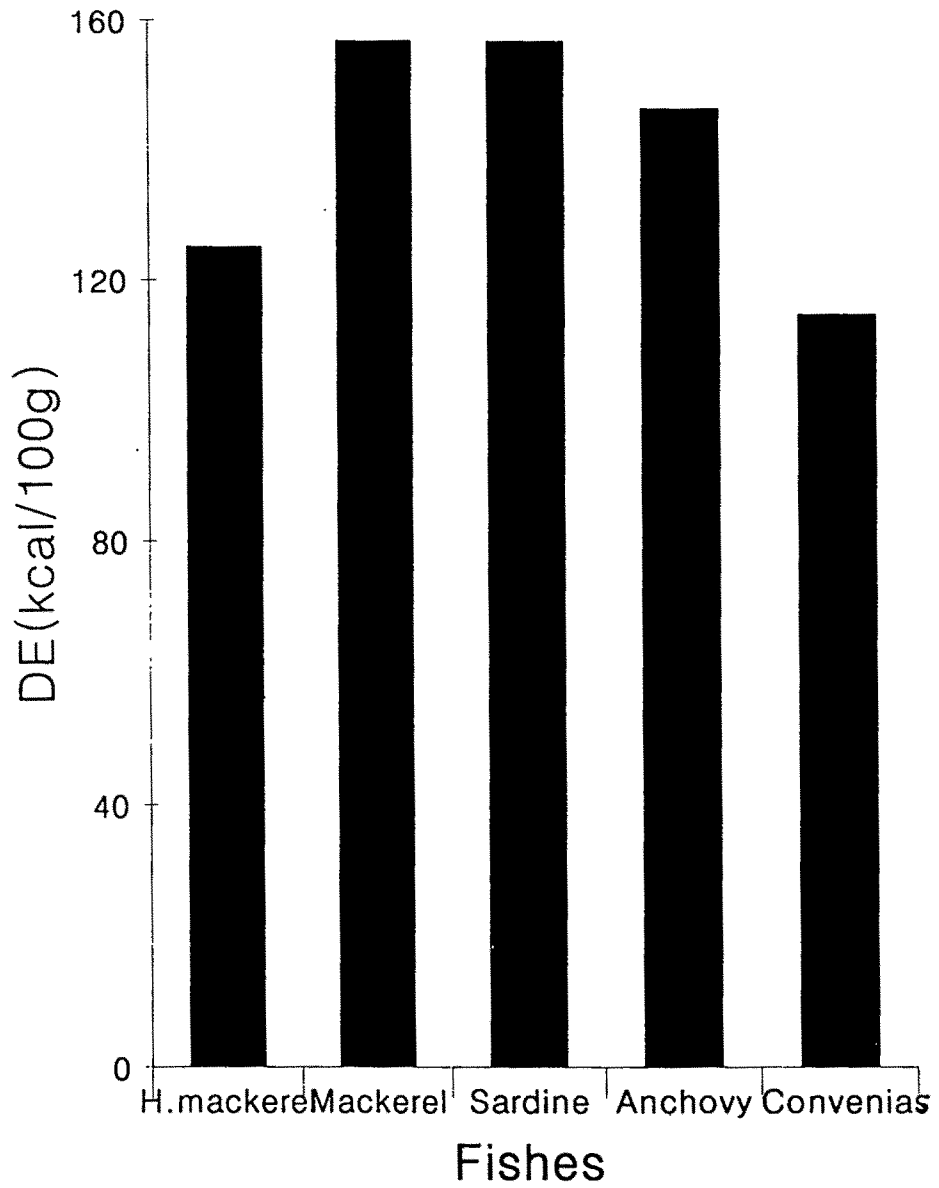


Fig 1. Digestible energy(DE) of frozen raw fish diets

단백질간의 변동폭을 크게 하기도 한다. 즉, 어류는 일정량의 칼로리를 섭취하면 사료 섭취를 중단하므로써 필요한 영양성분의 부족 현상이 일어날 가능성이 크므로 사료중의 단백질을 체단백질로 전환할 수 있도록 사료중의 에너지와 단백질 비를 적절히 유지할 필요가 있다. 또한 생사료의 어종에 따라 비타민 부족 현상을 일으킬 수 있는데 정어리의 경우 비타민 B₁이 부족하고 생사료원으로 주로 사용되는 어종들은 토코페롤이 매우 소량 함유되어 장기 투여시 부족 현상을 일으킬수 있어 (Hamre and Lie 1995) 이러한 성분들의 인위적인 첨가가 사료 준비시 반드시 고려되어야 할것이다.

따라서, 이러한 어종별, 어체 크기별, 계절별 생사료 어종의 어체 성분 조성 변화는 생사료원의 에너지 함량뿐 아니라 사료량의 변화, 사료에 첨가되는 사료 첨가물의 양에도 영향을 미칠 것으로 판단된다. 특히 수분 함량은 모이스트펠렛사료 제조시 분말배합사료와 생사료의 배합에 따른 사료의 물성 변화에 영향을 미칠 것으로 보이며 어체의 지방 함량의 변화는 사료내 에너지원으로 첨가되는 어유 첨가량에 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

그러므로, 생사료 대상 어종의 어종별, 어체 크기별, 계절별 생산량 변화 및 어체의 성분 변화는 생사료 대상 어종의 선정과함께 MP사료의 제조에 있어서 반드시 고려되어야만 적절한 영양적 균형이 고루 갖추어진 사료의 제조가 이루어질수 있으며 이러한 사료를 양식어류에 급이하였을때에 고품질의 양식 어류 생산이 가능하리라 생각된다.

제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료 원료별 이용성 검토

I. 넙치사육실험

1. 서 론

우리나라 해산어 양식 생산량은 매년 증가 추세를 보여 1995년에는 28,733톤을 기록했으며 1996년에는 57,799톤으로 2배이상의 생산량을 보여 급격한 증가량을 보여주고 있다 (국립 수산진흥원, 1997).

그중 넙치 생산량은 29,213톤 (1996년 기준)으로 전체 해산어 양식 생산량의 절반 이상을 차지하고 있다. 이러한 넙치의 양식에 있어 사료 급여 체계는 종묘생산시기에는 로티퍼, 알테미아 등의 먹이생물과 미립자 사료를 급여하며 어느정도 성장한 치어시기에는 EP사료를 급여하고 있으나 육성시기에는 대부분 생사료에 의존하는 사료 급여체계를 갖게 되므로서 이러한 생사료 급여에 따른 여러 가지 제반적인 문제를 초래하게 된다.

특히, 생사료 급여에 있어서 급여하는 생사료원에 따른 정확한 영양학적 검토나 성장에 미치는 영향에 대한 올바른 인식 없이 가격이 싸고 수급이 용이한 생사료원을 급여하므로서 고품질의 양식어 생산에 많은 저해 요인으로 작용하고 있다. 또한, 이러한 생사료 위주의 급여체계는 사료 유실로 인한 수질오염의 증가를 가져와 양어장 자가오염을 가중시키고 적조를 유발하는 등 여러 가지 환경적인 문제를 야기시키기도 한다.

따라서, 본 연구에서는 제 1 절의 연구결과에서 비교적 수급이 용이하고

양식현장에서 생사료원으로 많이 사용하고 있는 강달이, 고등어, 전갱이, 멸치, 정어리의 5종의 생사료원을 대상으로 우리나라 주요 해산어 양식대상 어종인 넙치를 대상으로 사육 실험을 통하여 성장과 사료효율 등을 조사하여 5종의 생사료원의 이용성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육관리

실험어인 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)는 1996년 3월 전라남도 여천군 돌산읍에 위치한 청호수산에서 종묘 생산된 넙치 치어를 여수수산대학교 양식학과 사육실로 활어차를 이용하여 수송하여 2000ℓ 사각 수조에 수용후 100ppm O.T.C로 1시간 약육하였다. 실험전 환경 적응을 위해 넙치 상품 EP(주. 퓨리나코리아 4호) 사료를 급이하면서 4주간 예비사육 하였고 주사육 실험전 실험 사료에 적응시키기 위해 220ℓ 원형수조에 각각 40미씩 무작위로 2반복으로 수용하여 2주간 실험 사료를 급이하였다. 실험 사료 적응이 끝난후 주 사육 실험을 위해 각 수조에 20미씩 선별하여 2반복으로 수용후 실험어 전체의 무게를 측정후 1996. 5. 27 ~ 8. 1일 까지 9주간 사육 실험을 실시하였다.

실험에 사용된 치어의 평균 체중은 23.6~25.0g 이었다. 실험수조의 유수량은 3ℓ/min 되도록 조절하였으며 적절한 산소 공급을 위해 각 실험 수조에 에어스톤을 설치 하였다. 실험 기간중 수온은 19.6~25.6℃ 였으며 사료는 1일 2회 아침, 저녁으로 만복에 가깝게 바닥에 사료 찌꺼기가 남지 않도록 주의하면서 손으로 던져 주었다.

급이량 측정은 매일 저녁에 급이가 모두 끝난후 하루의 섭이량을 매일 측정하였으며 남은 사료는 폐기하고 새로운 사료로 채워 다음날 사료 급이에 사용하였다. 사료급이는 일주일중 6일간 실시하였고 일요일은 사료 급이를 하지 않았다.

나. 실험사료

실험에 사용된 실험 사료와 조성은 Table 1.에 나타내었다. 실험사료는 강달이구, 고등어구, 멸치구, 전갱이구, 정어리구로서 본 연구 조사 결과 비교적 수급이 용이하고 생산량이 많으며 양식 현장에서 주로 사용되는 생사료 어종 5종을 실험 사료로 사용하였다. 실험에 사용된 냉동어의 평균 크기는 고등어의 경우 30cm정도 였으며 강달이, 전갱이는 15cm전후, 멸치 10cm전후, 정어리는 20cm전후의 것을 실험에 사용하였다. 실험 사료는 비슷한 시기에 어획되어 냉동되어진 냉동어를 같은 날짜에 구입하여 비닐로 포장후 냉동보관 (-25℃)하면서 1주일에 1회씩 제조하였으며 꼬리 부분을 제외한 전어체를 냉동상태에서 직접 손으로 세절하여 급이하였다.

실험사료는 세절된후 비닐로 포장하여 냉동한후 1일분씩 덜어내어 사용하였고 모든 사료는 일주일 급이후 남은 사료는 모두 폐기하였으며 새로 1주일분을 제조하여 사용하였다. 실험사료의 크기는 실험어가 성장함에 따라 그 크기를 조정하여 직접 세절하여 제조하였다.

다. 어체측정

어체측정은 실험전, 4주, 8주, 9주 실험 종료시에 실시하였으며 측정전 24시간 절식후 MS-222 100 ppm에 마취시켜 실험어 전체 무게를 측정하였다.

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diets
for flounder

Ingredient	Diet no.				
	1	2	3	4	5
Frozen raw fish	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Nutrients composition in wet matter (dry matter)					
Moisture	71.53 ^a	63.05 ^{bc}	65.32 ^d	70.30 ^a	61.44 ^c
Crude protein	14.72 ^a (51.70)	18.01 ^b (48.74)	17.94 ^d (51.73)	17.73 ^{ab} (59.70)	17.11 ^{ab} (44.37)
Crude lipid	7.79 ^a (27.36)	13.34 ^{cd} (36.10)	11.07 ^{bc} (31.92)	8.30 ^{ab} (27.95)	14.64 ^{de} (37.97)
Crude ash	3.26 ^a (11.45)	2.36 ^a (6.39)	3.31 ^a (9.54)	3.30 ^a (11.11)	2.99 ^a (7.75)
DE ¹ (kcal/kg)	129 ^a	188 ^{cd}	169 ^{bc}	146 ^{ab}	194 ^{cd}

¹Digestible energy : 4.5 kcal/g protein, 8 kcal/g lipid, respectively

실험개시시 실험에 사용된 실험어 중에서 무작위로 20미를 추출하여 전어체 일반 성분 분석을 위해 냉동보관 (-40℃) 하였으며 실험 종료시에는 각 실험 수조당 10미씩 무작위로 추출하여 간중량, 내장중량, 체중, 전장등을 측정한 후 전어체 일반 성분 분석을 위하여 냉동 보관 (-40℃) 하였다.

라. 성분 분석

실험에 사용된 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 (N×6.25), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

마. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 사료성분 및 에너지 함량

Table 1.에 나타난 생사료원들의 일반 성분 분석 결과 수분은 강달이구와 멀치구가 71.5%와 70.30%로 다른 실험구들에 비해 높은값을 나타내었으며 ($P < 0.05$), 고등어와 전갱이는 63.5%, 65.32%로 비슷하였으며 정어리가 61.44%로 가장 낮은 값을 보였다. 조지방 함량에 있어서는 강달이구와 멀

치구가 7.79%와 8.30%로 다른 실험구들의 11.07~14.64%보다 유의하게 낮은 값을 보였으며 ($P < 0.05$), 조희분은 2.36~3.30%로 실험구간에 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 각 실험사료의 가소화 에너지 함량에 있어서는 정어리구가 지방함량이 높은 관계로 194 kcal/100g 으로 가장 높았으며 고등어구 역시 높은 조지방 함량으로 정어리 다음으로 높은 188 kcal/100g 으로 나타났다. 전갱이구는 169 kcal/100g 으로 나타났으며 강달이구와 멸치구는 낮은 조지방 함량으로 129 kcal/100g, 146 kcal/100g 으로 낮은 에너지 함량을 나타내 조지방 함량의 변화가 가소화 에너지 함량에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

나. 성장 효과

9주간의 실험 결과는 Table 2, 3.에 나타내었다. 평균 체중은 실험 개시 시 24 g 내외 이었던 것이 9주후 실험 종료시에는 117.4~143.5 g 까지 실험구간에 차이를 보였다. 멸치구가 평균 체중에서는 가장 좋은 성장 (143.5g)을 보였으며 강달이구는 (117.4 g) 가장 낮은 성장을 보였다. 성장율에서는 전갱이구가 473%로 가장 많은 성장을 하였으며 그 다음은 정어리구 (455%)였으며 강달이구는 평균 체중과 함께 성장률에서도 저조한 성장을 보였다. 사료 효율에서는 전갱이구 54.9%, 고등어 53.1%, 다음으로는 정어리구 (51.8%), 멸치구 (50.7%) 였으며 강달이구는 47.8%로 사료 효율에서도 가장 저조하였다 ($P > 0.05$). 일간증증율은 2.43~2.81%까지 실험구에 따라 다소 차이를 보였으며 일간 사료 섭취율은 4.69~5.09%로 실험구간에 큰차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 일간 단백질 섭취율에서는 정어리구와 전갱이구가 0.85%로 가장 높은 값을 나타냈으며 강달이구가 0.74%로 가장 낮은 값을 나타냈으나 단백질 전환 효율에서는 강달이구가 3.24%로 가장 높은 값

Table 2. Performance of flounder fed the experimental diets with raw fish for 9-week feeding trial

Diets	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Av. body weight(g)					
Initial	24.2 ^a	24.0 ^a	24.0 ^a	24.5 ^a	24.4 ^a
Final	117.4 ^a	130.1 ^a	137.6 ^a	143.5 ^a	135.5 ^a
Number of fish	20	20	20	20	20
Total weight gain(g)	1842.6 ^a	1974.6 ^b	2269.0 ^{cd}	2008.3 ^b	2221.4 ^c
Total feed intake(g)	3858 ^b	3726 ^a	4132 ^d	3971 ^c	4283 ^e
Daily feed intake(%) ¹	5.09 ^a	4.69 ^a	4.74 ^a	4.89 ^a	5.00 ^a
Growth rate(%) ²	381.5 ^a	411.0 ^a	473.0 ^b	409.0 ^a	455.0 ^b
Daily weight gain(%) ³	2.43 ^a	2.49 ^a	2.61 ^a	2.47 ^a	2.57 ^a
Feed efficiency(%) ⁴	47.8 ^a	53.1 ^{ab}	54.9 ^{bc}	50.7 ^{ab}	51.8 ^{ab}

¹Daily weight gain : $(\text{Feed intake} \times 100) / [(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.}) / 2] \times \text{days fed}$

²Growth rate : $(\text{Final body wt.} - \text{Initial body wt.}) / (\text{Initial body wt.}) \times 100$

³Daily feed intake : $(\text{Feed intake} \times 100) / [(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.}) / 2] \times \text{days fed}$

⁴Feed efficiency : $(\text{Fish weight gain} \times 100) / \text{Total feed intake}$

Table 3. Availability of experimental diets for 9-week feeding trial

Diets	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Total feed intake(g)	3858 ^b	3726 ^a	4132 ^d	3971 ^c	4283 ^e
Total protein intake(g)	568 ^a	671 ^{bc}	741 ^{cae}	704 ^{bc}	733 ^{ca}
Daily protein intake(%) ¹	0.74 ^a	0.81 ^a	0.85 ^a	0.78 ^a	0.85 ^a
Protein efficiency ratio ²	3.24 ^a	2.94 ^a	3.06 ^a	2.85 ^a	3.03 ^a
Retention of protein(%) ³	6.23 ^a	5.27 ^a	8.46 ^a	4.66 ^a	6.26 ^a
Total lipid intake(g)	301 ^a	497 ^c	457 ^b	330 ^a	627 ^d
Daily lipid intake(%) ¹	0.39	0.60	0.61	0.36	0.73
Retention of lipid(%) ³	27.07 ^a	21.73 ^{ab}	11.27 ^{ab}	4.36 ^{bc}	8.57 ^{bc}

¹Daily protein, lipid intake : $\frac{[\text{Feed (or Protein, or lipid) intake} \times 100]}{[(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.})/2] \times \text{day fed}}$

²Protein efficiency ratio : $\text{Body wt. gain(g)}/\text{protein intake}$

³Protein, lipid retention : $\frac{[\text{Protein(or lipid) gain} \times 100]}{\text{protein(or lipid) intake}}$

을 나타냈다. 단백질 축적 효율에서는 4.66~8.46%로 각 실험구마다 다소 차이를 나타내었으며 전갱이구가 8.46%로 가장 높은 단백질 축적 효율을 나타냈다. 지질 축적 효율에서는 27.03~4.36%로 실험구간에 차이를 나타냈으며 강달이구의 경우 지질 축적 효율은 27.03%로 가장 높은 값을 나타낸 반면 일간 지질 섭취율은 0.39%로 멸치구 다음으로 낮은 섭취율을 나타냈다.

양식현장에서 생사료를 해동시키거나 해동후 세절육이나 절단하여 먹일 경우 30~70%가 사육수에 유실되어 사료의 허실이 많아짐에 따라 해저나 수조 저면에 침적하게 되어 환경 오염을 유발하게 된다. 특히, 생사료에 함유되어 있는 영양성분들이 사육수에 유실되므로써 세균번식, 질병감염에 많은 영향을 미치게 되며 유실된 사료로부터 용출된 지방질은 수면에 부유하므로써 지방산패와 더불어 사육수 수질 환경악화에 크게 영향을 미칠것이 우려된다.

본 실험 결과 수질 측면에서는 사료 급이후 고등어, 정어리구는 수질오염이 가장 심했으며 강달이나 전갱이구는 비교적 양호한 상태로 평가되었다. 고등어, 정어리의 경우 어체내 지방 함량이 많은 관계로 수질 오염정도가 타 실험구에 비해 다소 심한 것으로 판단되며 본 실험에서는 실험사료를 완전 냉동 상태에서 신속하게 급이하였음에도 불구하고 사료의 유출이 나타나 양식 현장에서는 사료의 취급, 보관, 급이시 많은 사료의 유실이 발생할 것으로 판단된다. 따라서, 수질환경 보호 측면에서도 생사료 대상 어종 선정시 선택에 신중을 기해야 할 것으로 생각되며 어체의 냉동 상태와 냉동조건, 급이방식에 따라서도 수질에 많은 영향을 미칠 것으로 판단되므로 생사료 급이시는 가급적 완전 냉동 상태에서 신속하게 급이하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

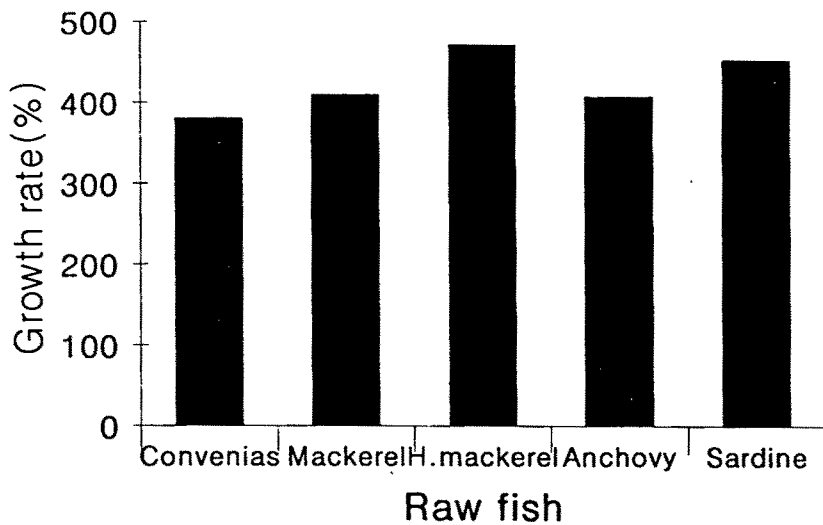


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with raw fish for 9-week feeding trial

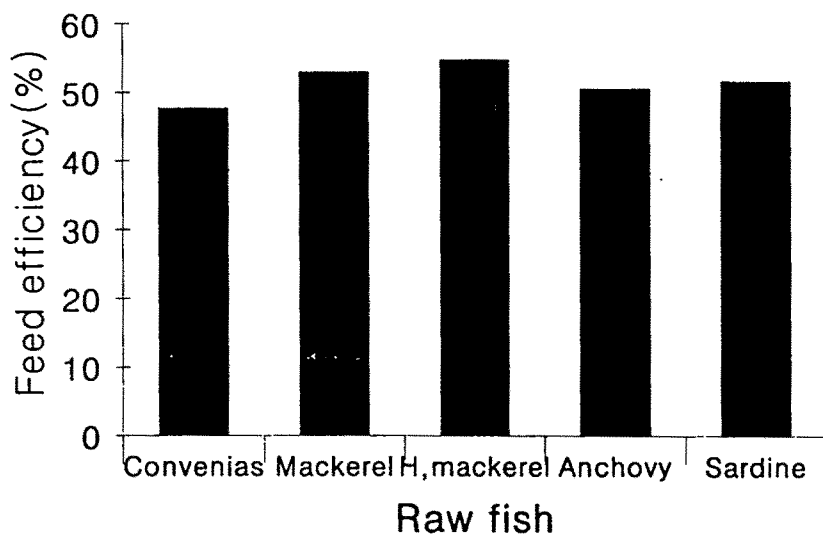


Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with raw fish for 9-week feeding trial

Table 4. Proximate analysis (%) of whole body of flounder after 9-week feeding trial

	Diets					
	Initial	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Moisture	76.31 ^a	72.19 ^{bc}	70.71 ^b	73.39 ^{ab}	74.35 ^{ac}	71.48 ^{bc}
Crude protein	15.92 ^a	17.69 ^{ab}	17.69 ^{ab}	19.06 ^b	17.56 ^{ab}	18.21 ^{ab}
Crude lipid	2.15 ^a	6.21 ^b	7.56 ^b	4.73 ^{ab}	2.87 ^a	4.84 ^{ab}
Crude ash	4.11 ^a	2.47 ^a	3.31 ^a	3.35 ^a	3.18 ^a	3.36 ^a

다. 어체 성분

실험 개시시와 실험 종료후의 전어체 성분분석 결과는 Table 4.에 나타내었다. 전어체의 수분 함량은 실험 개시시 76.31%였던 것이 실험 종료후에는 70.71~74.35%로 약간 감소한 경향을 나타냈다. 전어체의 조단백질 함량은 실험 개시시 15.92%였던 것이 17.56~19.06%로 다소 증가하는 경향을 보였으며 전갱이구가 가장 높은 조단백질 함량을 나타냈다.

조지방 함량에서는 실험개시시 2.15%였던 것이 실험종료후에는 증가하여 2.87%~7.56%를 나타냈다. 특히, 강달이구는 실험 사료내 조지방 함량이 7.79%로 가장 낮은 값을 나타냈으나 실험 종료후의 전어체의 조지방 함량이 고등어 (7.56%) 에 이어 6.25%로 높게 나타나 높은 지방 축적 효율을 나타냈다. 이와는 대조적으로 멸치의 경우 실험 사료내 조지방 함량이 강달이에 이어 8.30%로 낮게 나타나 실험 종료시의 어체내 조지방 함량에서도 2.87%로 실험구중에서 가장 낮은 값을 나타냈다.

Table 5.에는 간중량비, 내장중량비, 비만도를 나타냈다. 간중량비에서는

강달이구, 전갱이구, 멸치구가 1.20~1.25%로 다소 낮았으며 정어리구와 고등어구는 각각 1.56%와 1.82%로 다소 높게 나타났다. 내장중량비 역시 이와 비례적으로 강달이구, 멸치구, 전갱이구는 3.60~3.78%로 다소 낮았으며 정어리구와 고등어구는 4.12%와 4.34%로 나타났다. 비만도에서는 고등어구가 1.19로 가장 높은 값을 나타냈으며 나머지구에서는 1.07~1.10 으로 비슷한 값을 나타냈다.

Table 5. Hepatosomatic index(HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor(CF) of flounder fed the experimental diets for 9-week

	Diets				
	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
HSI(%) ¹	1.25 ^a	1.82 ^b	1.21 ^a	1.20 ^a	1.56 ^b
VSI(%) ²	3.78 ^a	4.34 ^b	3.75 ^a	3.60 ^a	4.12 ^b
CF ³	1.07 ^a	1.19 ^a	1.10 ^a	1.07 ^a	1.10 ^a

¹Hepatosomatic index(%) : liver wt. ×100/body wt.

²Visceralsomatic index(%) : (visceral wt+liver wt.) ×100/bodywt.

³Condition factor : (body wt./total length³) ×100

이상의 결과에서 강달이구는 전체적인 성장이나 사료효율에서 저조한 결과를 보였으나 사료내 낮은 단백질 함량으로 단백질 섭취량이 낮았음에도 불구하고 단백질 전환효율과 단백질 축적효율에서도 타구에 비해 뒤지지 않은 것으로 나타나 성장은 다소 뒤지나 단백질 이용율은 다소 높게 나타났다.

고등어의 경우 성장율과 사료효율, 비만도에서는 좋은 효과를 보였으나 단백질 축적효율과 단백질 전환효율에서는 다소 낮은 값을 보였으며 지질축적효율에서는 강달이 다음으로 높은 값을 보였는데 간지수 중량이 타 실험구에 비해 높고 전어체 분석결과 조지방 함량이 높은 것으로 미루어 보아 사료내 지방이 간과 어체내 지방으로 축적된 것으로 판단된다.

정어리구는 성장율에 있어서는 전갱이구 다음으로 좋은 성장을 보였으며 사료효율에 있어서도 크게 뒤지지 않았으며 단백질 이용율에 있어서도 좋은 결과를 보여 좋은 이용율을 나타냈으나 수질 측면에서는 고등어와 더불어 심각한 오염을 나타내 이의 고려가 있어야 한다. 멸치구는 성장, 사료효율, 단백질 이용면 등에서 모두 저조하여 좋은 효과를 보이지 못했다. 전갱이구는 성장, 사료효율, 단백질 이용율등 대부분의 면에서 좋은 효과를 보여 본 실험결과 생사료원으로서 가장 좋은 이용율을 나타냈다.

각 실험구들의 에너지 함량이 조지방 함량의 차이로 인해 강달이구와 멸치구는 낮은 에너지 함량을 보여 사료섭이량이 증가할것으로 예상되었으나 타구에 비해 큰 섭이량 증가를 보이지 않았으며 정어리의 경우 높은 에너지 함량에도 불구하고 사료섭이량이 가장 많았던 것은 사료내 수분함량이 높아 각 영양소 요구량이 충분하지 않았던 것으로 판단되며 사료내 수분함량이 많아 어류가 섭이후 포만감을 느껴 사료섭이량이 에너지 함량과 비례하여 변화를 보이지 않은 것으로 판단된다.

따라서 본 연구결과 원료의 이용성면에서는 전갱이, 정어리, 고등어의 순으로 나타났으나, 이러한 결과들은 사육결과에 의한 이용성으로 안정적인 수급과 생사료 가격면의 경제성, 수질측면을 고려하여 생사료원을 선택해야 할 것이며 생사료 성분 분석결과 영양성분들이 생사료원에 따라 많은 차이를 보이므로 단일어종에 의존하기 보다는 성장면에서 좋은 효과를 보인 생사료원들의 혼합사용이 바람직할 것으로 보이며 생사료에 의존하는 사료급여체계는

심한 영양학적 불균형과 함께 수질오염을 가중시키므로 생사료의 단점을 보완하고 사료유실로 인한 수질오염과 사료효율 저하를 방지하기 위해서는 생사료와 분말배합사료의 적정 첨가비율을 검토하므로서 생사료의 효율적인 이용과 함께 사료허실을 최소화하여 경제적 손실과 환경훼손을 최소화하는 경제적인 사료개발이 시급할 것이다.

II. 조피블락 사육실험

1. 서 론

우리나라 해산어 양식 생산량중 넙치 다음으로 많은 양식고를 차지하는 조피블락은 저온에 강하고 (이등, 1993f), 성장이 빨라 우리나라의 양식대상종으로 매우 적합한 종으로 그동안 조피블락의 종묘생산 기술개발과 먹이생물에 관한 연구 (김등, 1989; 홍등, 1990; 고등, 1990; Hoshiai, 1977; 佐佐木, 岩本·若位, 1982; 박·김, 1990; 조, 1993) 가 꾸준히 수행되어 조피블락 종묘의 대량 생산기술이 가능하게 되어 이러한 종묘의 안정적 수급에 발맞춰 조피블락 양식량 증대도 지속될것으로 생각된다. 또한 최근에는 조피블락의 배합사료 개발을 위한 영양평가나 영양소 요구량에 대한 기초연구들이 보고되고 있다 (이등, 1993a, b, c, d, e, f ; 배등, 1996). 그러나 현재 조피블락을 양식하는 양식어가에서는 조피블락이 요구하는 영양요구량을 전혀 고려하지 않은채 전갱이, 고등어, 까나리, 멸치 등의 생사료를 그대로 공급하거나 극히 일부 생사료에 분말배합사료를 점결제 형식으로 첨가하여 제조한 모이스트 펠릿사료(MP)를 사용하고 있어 이로 인한 영양적 불균형에 따른 영양성질병, 사료유실로 인한 수질오염가중, 병원균 감염 등으로 많은 불이익을 당하고 있다.

또한, 이러한 생사료는 제 1 절에서 서술한 바와 같이 연도별, 계절별, 어종별로 그 수급이 불안정할 뿐만 아니라 최근 연안 자원고갈로 인해 생사료의 공급이 계속 감소될 것으로 판단되므로 많은 문제점이 발생할 것으로 생각된다.

따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 조피블락의 영양학적 요구량을 고려한 고성능 MP사료의 개발이 절실히 요구되는데 본 실험에서는 제 1

결의 연구결과, 수급이 비교적 안정된 강달이, 고등어, 전갱이, 멸치, 정어리, 5종의 생사료원을 가지고 고성능모이스트펠릿(HFMP)사료 원료의 생사료원으로서의 이용성을 검토하고 이들 어종이 조피볼락의 성장에 미치는 영향을 조사하기 위해 사육실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육

실험에 사용된 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)은 전남 여천군 돌산에 위치한 진양 수산에서 한 어미에서 산출된 치어를 사육중인 것을 1996년 8월 활어차로 수송하여 O.T.C 100ppm으로 약육한 후 2ton FRP 수조에 수용하였다. 수용후 환경 적응을 위해 시판 E.P 사료를 급이하면서 4주간 예비사육을 실시 하였다. 실험전 예비 사육했던 실험어중 중간 크기의 건강한 어체를 선별하여 220ℓ 원형수조, 320ℓ 사각수조에 2반복으로 각각 100미씩 수용하였으며 실험어의 도피를 막기위해 각 실험 수조마다 도피 방지망을 설치하였다. 주수량은 3 ℓ/min으로 조정 하였으며 충분한 산소 공급을 위해 각 수조마다 에어스톤을 설치하였다. 주 사육 실험 기간은 1996. 8. 26 ~ 1996. 9. 22까지 4주간 이었으며 사육 기간중 수온은 20℃~24℃였다. 사료 급이는 1일 2회 아침, 저녁으로 반복에 가깝게 손으로 직접 던져 주었다.

나. 실험사료

실험에 사용된 실험 사료와 조성은 Table 1.에 나타내었다. 실험사료는

강달이구, 고등어구, 멸치구, 전갱이구, 정어리구로서 본 연구 조사 결과 비교적 수급이 용이하고 생산량이 많으며 양식 현장에서 주로 사용되는 생사료 어종 5종을 실험 사료로 사용하였다. 실험 사료는 비슷한 시기에 어획되어 냉동되어진 냉동어를 같은 날짜에 구입하여 냉동보관 (-25℃)하면서 1주일에 1회씩 제조하였는데 꼬리 부분을 제외한 전어체를 냉동상태에서 직접 손으로 세절하여 급이하였다. 실험사료의 크기는 실험어가 성장함에 따라 그 크기를 조절하여 직접 세절하여 제조하였다.

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diets for flounder

Ingredient	Diet no.				
	1	2	3	4	5
Frozen raw fish	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Nutrient composition in wet matter (dry matter)					
Moisture	71.53 ^a	63.05 ^{bc}	65.32 ^b	70.30 ^a	61.44 ^c
Crude protein	14.72 ^a (51.70)	18.01 ^b (48.74)	17.94 ^b (51.73)	17.73 ^{ab} (59.70)	17.11 ^{ab} (44.37)
Crude lipid	7.79 ^a (27.36)	13.34 ^{cd} (36.10)	11.07 ^{bc} (31.92)	8.30 ^{ab} (27.95)	14.64 ^{de} (37.97)
Crude ash	3.26 ^a (11.45)	2.36 ^a (6.39)	3.31 ^a (9.54)	3.30 ^a (11.11)	2.99 ^a (7.75)
DE (kcal/kg) ¹	128.6 ^a	187.8 ^{cd}	169.3 ^{bc}	146.2 ^{ab}	194.1 ^{cd}

¹Digestible energy : based on 4.5 kcal/g protein, 8 kcal/g lipid, respectively

다. 어체측정

어체 측정은 실험개시시와 실험 종료인 4주에 각각 측정 하였으며 24시간 절식후 MS-222 100ppm에 마취 시킨후 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험 시작시 실험어중 무작위로 20미를 추출하여 전어체 분석용으로 -40℃에 냉동 보관하였으며 실험 종료시 각 구당 10미씩 전어체 분석으로 -40℃에 냉동 보관하였다.

라. 성분 분석

실험에 사용된 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법(ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다(AOAC, 1984).

마. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 실험 사료 성분 및 에너지 함량

Table 1.에 나타난 생사료원들의 일반 성분 분석 결과 수분은 강달이구와 멸치구가 71.5%와 70.30%로 다른 실험구들에 비해 높은값을 나타내었으며 ($P < 0.05$), 고등어와 전갱이는 63.5%, 65.32%로 비슷하였으며 정어리가

61.44%로 가장 낮은 값을 보였다. 조지방 함량에 있어서는 강달이구와 멸치구가 7.79%와 8.30%로 다른 실험구들의 11.07~14.64%보다 유의하게 낮은 값을 보였으며($P<0.05$), 조회분은 2.36~3.30%로 실험구간에 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 각 실험사료의 가소화 에너지 함량에 있어서는 정어리구가 지방함량이 높은 관계로 194 kcal/kg으로 가장 높았으며 고등어구 역시 높은 조지방 함량으로 정어리 다음으로 높은 187 kcal/kg으로 나타났다. 전갱이구는 169 kcal/kg으로 나타났으며 강달이구와 멸치구는 낮은 조지방 함량으로 129 kcal/kg, 146 kcal/kg으로 낮은 에너지 함량을 나타내 조지방 함량의 변화가 가소화 에너지 함량에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

나. 성장 효과

실험전 평균 체중이 8g 내외였던 것이 실험 종료시에는 16.0~19.5g까지 다소 차이를 보였다($P>0.05$). 강달이구가 19.5g으로 가장 좋은 성장을 보였으며 정어리구가 가장 저조 하였다. 성장율에서도 강달이구가 132.6%로 가장 좋은 성장을 보였고, 고등어, 전갱이구도 강달이구와 비슷한 결과를 보였으며 정어리구가 가장 저조한 성장을 보였다 ($P<0.05$). 사료효율 면에서는 전갱이구가 43.2%로 가장 좋은 효과를 나타냈으며 고등어가 41.5%로 비슷한 효과를 보였으며 멸치구가 32.3%로 가장 저조하였다 ($P<0.05$). 성장율과 평균 체중에서 좋은 성장을 보였던 강달이구는 사료효율 면에서 39.1%로 다소 저조하였다. 이러한 현상은 생사료 마다의 성분의 차이에 기인한 것으로 생각되며 특히 성장과 에너지 대사에 중요한 단백질과 지방 성분의 차이가 이러한 결과를 가져왔다고 생각되어 진다. 특히, 강달이와 멸치의 경우 총사료량이 2794g으로 다른 실험구에 비해 많은 양을 섭취하였으나 성장이나 사료효율이 저조한 것은 에너지 함량이 각각 128.6 kcal/100g과 146.2

Table 2. Performance of rockfish fed the experimental diets with raw fish for 4-week feeding trial

Diet	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Av. body weight(g)					
Initial	8.3 ^a	8.1 ^a	7.9 ^a	8.1 ^a	8.1 ^a
Final	19.5 ^a	18.9 ^a	18.2 ^a	17.4 ^a	16.0 ^a
Number of fish	100	100	100	100	100
Total weight gain(g)	1092.8 ^a	1031.7 ^b	1017.3 ^{bc}	904.5 ^d	755.3 ^e
Total feed consumption(g)	2794 ^a	2490 ^d	2356 ^c	2794 ^a	2005 ^d
Growth rate(%) ^d	132.6 ^a	127.8 ^a	130.1 ^a	111.4 ^{ab}	93.0 ^{bc}
Daily weight gain(%) ¹	3.47 ^a	3.39 ^a	3.43 ^a	3.11 ^a	2.76 ^a
Feed efficiency(%) ⁴	39.1 ^a	41.5 ^a	43.2 ^a	32.3 ^b	37.7 ^{ab}
Daily feed intake(%) ³	8.87 ^{bc}	8.18 ^{abc}	7.94 ^{abc}	9.62 ^{ae}	7.33 ^{bd}

¹Daily weight gain : $(\text{Feed intake} \times 100) / [(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.}) / 2] \times \text{days fed}$

²Growth rate : $(\text{Final body wt.} - \text{Initial body wt.}) / (\text{Initial body wt.}) \times 100$

³Daily feed intake : $(\text{Feed intake} \times 100) / [(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.}) / 2] \times \text{days fed}$

⁴Feed efficiency : $(\text{Fish weight gain} \times 100) / \text{Total feed intake}$

Table 3. Availability of experimental diets for 9-week feeding trial

Diet	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Total feed intake(g)	2794 ^a	2490 ^b	2356 ^c	2794 ^a	2005 ^d
Total protein intake(g)	411 ^a	448 ^b	423 ^a	495 ^c	343 ^d
Protein efficiency ratio ²	2.66 ^a	2.30 ^a	2.40 ^a	1.83 ^a	2.20 ^a
Daily protein intake(%) ¹	1.23 ^a	1.38 ^a	1.35 ^a	1.62 ^a	1.19 ^a
Total lipid intake(g)	218 ^a	332 ^b	261 ^c	232 ^{ac}	294 ^d
Daily lipid intake(%) ¹	0.65 ^a	1.02 ^a	0.83 ^a	0.76 ^a	1.02 ^a
Retention of lipid(%) ³	88.99 ^a	1.51 ^b	83.91 ^a	-22.84 ^c	-78.23 ^d

¹Daily protein, lipid intake : $\frac{[\text{Feed (or Protein, or lipid) intake} \times 100]}{[(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.})/2] \times \text{day fed}}$

²Protein efficiency ratio : $\text{Body wt. gain(g)}/\text{protein intake}$

³Protein, lipid retention : $[\text{protein(or lipid) gain} \times 100]/\text{protein(or lipid) intake}$

㎍/100g으로 다른 실험구에 현저히 낮았던 것 ($P < 0.05$)에 그 원인이 있다고 볼수 있다. 강달이의 경우 섭취량의 증가에 의해 일간 단백질 섭취량, 일간 증중율등이 증가하여 성장은 향상되었지만 사료효율에서는 고등어와 전갱이에 비해 다소 저조한 값을 보였다. 이같은 섭취량의 증가는 사료의 에너지 함량이 낮는데 그 원인이 있는 것으로 보이며 이러한 저에너지 사료의 섭취량의 증가에 관한 보고는 넙치 (Cowey 등, 1975), 무지개송어 (Pfeffer 1982; Hilton et al., 1983), 틸라피아 (Yong등, 1989), 참돔 (Jeong등, 1991) 등의 어류에서도 이미 보고된바 있다. 이에 반해 정어리와 고등어의 경우 사료 섭취량이 강달이에 비해 저조하면서도 성장에서는 비슷하였으며 사료효율에서는 강달이 보다 높은 값을 보였는데 이는 사료내 높은 지질 함량으로 이것이 에너지원으로 사용되므로서 단백질 축적율의 증가로 사료효율이 증가한 것으로 보인다 (정, 1992). 일간 증중율도 강달이, 고등어, 전갱이구가 비슷하였으며 멸치, 정어리구는 다소 저조하였다. 일간 사료 섭취율은 멸치구가 9.62%로 가장 높았으며 정어리구가 7.33%로 가장 저조하였다 ($P < 0.05$). 강달이는 성장을이나 평균 체중에서 좋은 성장을 보이는 반면 사료 효율면에서 저조해 성장이나 사료 효율면에서 고루 좋은 효과를 나타낸 고등어나 전갱이가 M.P사료의 생사료 원료로 적정할 것으로 생각되며 사료 단가의 변동에 따라 강달이의 사료 단가가 낮을 경우 성장면에서 뒤지지 않는 강달이의 사용 또한, 고려해 볼 만한 가치가 있을 것으로 생각된다.

다. 어체성분

실험 개시시와 실험 종료시의 전어체의 일반 성분분석 결과는 Table 4.에 나타내었다. 전어체의 수분 함량은 실험 개시시보다 강달이구와 전갱이구 (67.50~68.78%)는 약간 감소하였으나 멸치구, 정어리구, 전갱이구(70.78~

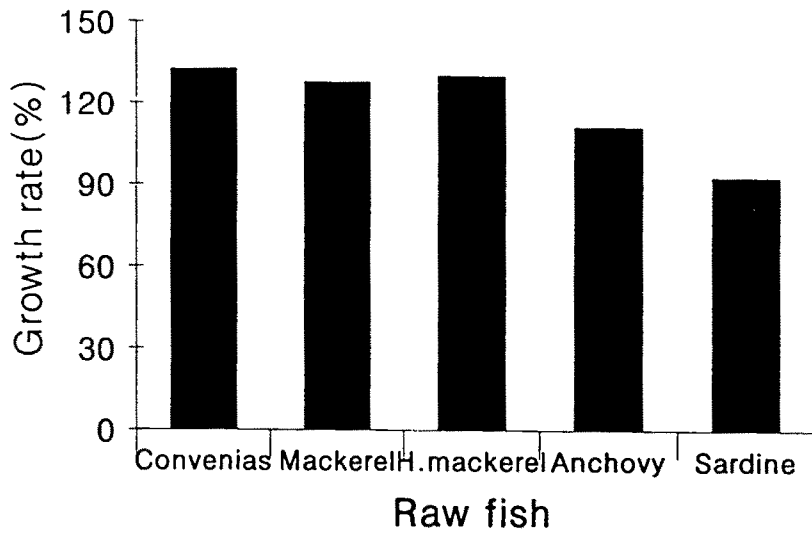


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with raw fish for 4-week feeding trial

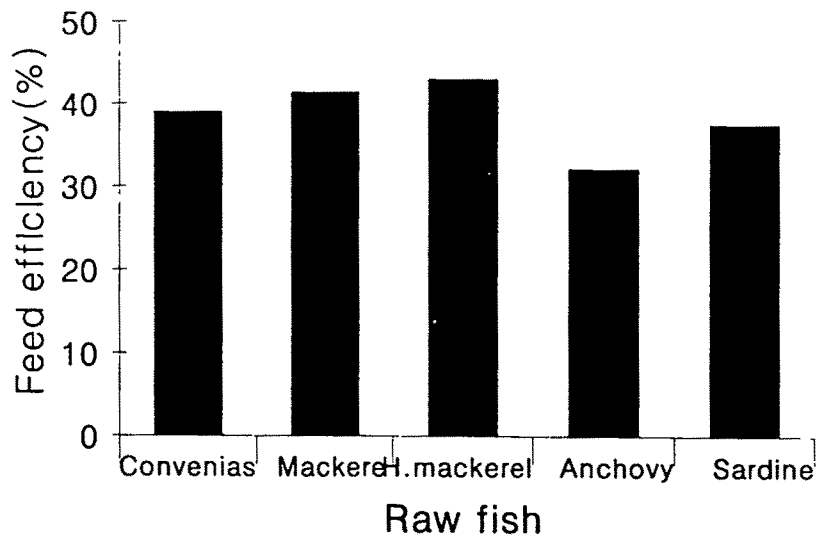


Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with raw fish for 4-week feeding trial

72.52%)로 다소 증가한 경향을 보였다. 강달이의 경우 높은 성장율에도 불구하고 어체내 단백질 함량이 15.03%로 실험전보다 감소하였는데 이는 사료내 단백질 함량이 14.72%로 다른 실험구 사료보다 다소 낮았던데 기인한 것으로 판단된다. 전어체의 조단백질 함량은 실험 개시시의 15.92%보다 대부분의 실험구에서 14.22~16.30%로 약간 감소하거나 비슷한 경향을 보였다 ($P>0.05$). 조지방 함량에 있어서는 멸치구, 고등어구, 전갱이구에서는 7.78~9.92%로 실험 개시시의 7.73%보다 증가하였으나 멸치구와 정어리구는 각각 7.20%, 5.43%로 감소하는 경향을 보였다 ($P>0.05$). 특히, 강달이구의 경우 넙치 사육 실험 결과에서도 나타났듯이 사료내 조지방 함량이 낮은데도 불구하고 실험 종료후 전어체 조지방 함량은 전갱이구의 9.92%에 이어 9.67%로 나타나 지질의 축적이 상당히 많이 일어났음을 알수 있다.

Table 4. Proximate analysis of whole body of rockfish after 4-week feeding trial(%)

	Diets					
	Initial	Convenias	Mackerel	Horse mackerel	Anchovy	Sardine
Moisture	69.90 ^{abcde}	68.78 ^{abc}	70.78 ^{be}	67.50 ^{cd}	72.52 ^e	71.59 ^{abe}
Crude protein	15.92 ^a	15.03 ^a	16.30 ^a	15.96 ^a	14.07 ^a	14.22 ^a
Crude lipid	7.73 ^{abc}	9.67 ^c	7.78 ^{abc}	9.92 ^c	7.20 ^{abc}	5.43 ^d
Crude ash	4.25 ^a	4.28 ^a	5.56 ^a	4.75 ^a	4.59 ^a	5.61 ^a

이상과 같이 생사료원으로서 비교적 수급이 안정된 5종의 생사료 대상 어종을 가지고 넙치와 조피볼락을 대상으로 생사료 이용성 검토 실험을 실시한 결과, 넙치 사육 실험에 있어서는 성장을이나 사료효율에서 강달이를 제외한 나머지구에서는 대체적으로 비슷한 결과를 나타냈으나 단백질 효율에서도 좋은 결과를 보인 전갱이가 가장 우수한 생사료원으로 판단되었다. 본 조피볼락 사육 실험의 경우 강달이가 성장면에서는 좋은 결과를 보였으나 사료효율에서는 다소 저조하였으며 고등어, 전갱이는 성장과 사료효율에서도 좋은 결과를 보였는데 이처럼 넙치와 조피볼락 두 어종간에 생사료에 따른 성장 차이를 보인 것은 조피볼락의 치어의 적정 성장에 관한 단백질 요구량 및 에너지/단백질 비가 40%와 8로 보고되는 반면 (이등, 1993a) 넙치의 단백질 요구량은 55%이상으로 보고되어 (Yone, 1976; Sato and Kikuchi; 1997) 이러한 성장차이의 원인은 두 어종간의 영양요구량의 차이때문인 것으로 판단된다. 위의 두 실험 결과를 종합하면 생사료 대상 어종으로 가장 좋은 이용성을 나타낸 것은 전갱이로 볼수 있으며 고등어도 매우 만족스러운 결과를 나타냈다. 강달이는 조피볼락 사육 시험에서 좋은 성장을 보이긴 했으나 사료내 낮은 단백질, 지질 함량으로 저조한 사료효율을 보여 이를 생사료원으로 사용할 때는 이에 대한 보완을 해야할것으로 판단된다. 정어리는 넙치 사육 실험에서는 전갱이 다음으로 많은 성장을 보였으나 본 조피볼락 사육 실험에서는 저조한 성장을 보였으며 멸치와 정어리는 비타민B₁ 저해효소가 함유되어 있어 장기 사육시 비타민B₁ 의결핍으로 인한 신경성 질병, 피하의 출혈이나 꼬리의 울혈이나 충혈, 다양한 폐사율 등의 (NRC, 1993) 영양성 질병의 발생이 우려되므로 이의 지속적 투여는 바람직하지 않을 것으로 보인다.

따라서 본 실험 결과 생사료 대상 어종으로 가장 우수한 이용성을 나타낸 것은 전갱이와 고등어이며 계절적인 생산량 변동이나 고등어, 전갱이의 어획부진으로 인한 가격 폭등시 강달이의 사용도 고려해볼 가치가 있으나 강달이

의 사용할 시에는 전술한바와 같이 강달이 어체내의 낮은 단백질, 지질 함량의 고려가 있어야 할 것이다.

제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 시판분말배합사료의 이용성 검토

1. 서론

우리나라 해산어류 양식에 있어서 주로 사용되는 사료의 형태는 대부분이 생사료이며 최근에는 생사료와 분말 배합사료를 일정 비율로 혼합한 모이스트 펠렛 (MP) 사료의 사용이 확산되고 있다. 그러나, 아직까지 생사료에 대한 강한 선호도 때문에 생사료 사용 의존도가 높아 이로 인한 세균의 감염, 영양학적 불균형에서 초래되는 영양성 질병, 사료유실에 따른 수질오염, 생사료 수급의 불안정과 원료원가 상승등으로 많은 불이익을 초래하고 있다. 또한, 생사료의 유통, 보관 및 사료 준비에 소요되는 많은 노동력과 시간은 양식 경영에 부담을 더해주고 있다.

이러한 생사료수급의 불안정과 영양학적 불균형 해소 및 자가오염 방지를 위해 최근에는 고품배합사료의 개발이 시도되어 해산어류용 배합사료(스팀펠렛, 부상사료)가 일부 공급되고 있으나 관련기술의 미비와 연구 부족으로 사료자체 품질에 많은 문제점과 해산어류의 섭이 특성상 잘 섭이하지 않아 급이전에 수분을 흡착시켜야 하는 번거러움이 뒤따르고 있다. 또한 시판 고품 배합사료는 여러 형태로(스팀펠렛, 부상사료) 성형하기 위하여 탄수화물이 15 ~ 20%정도 첨가되어야 하므로 탄수화물의 다량 첨가에 의한 소화장애와 생사료보다 단백질 소화율이 저하되는 단점이 있다(Furyichi and Yone, 1980; Shimeno 1982).

이와 같은 생사료와 고품배합사료의 단점을 개선, 보완하기 위해서 최근에는 생사료에 분말배합사료를 혼합한 형태의 MP가 개발되어 보급되고 있는 실정이다. 이러한 MP사료 제조시 생사료에 일정 비율로 첨가되는 분말배합

사료는 그 배합비율과 질에 따라서 모이스트펠렛 사료의 성장 효과를 좌우한다. 그러나 현재 시판되고있는 분말배합사료는 주요 해산 양식 어종의 집단 양식이 체계를 잡기 시작한 시기부터 개발이 시작되었으나 양식어류의 기초적인 사료 영양학적 연구에 바탕을 두고 개발했다기 보다는 단지 MP사료를 만드는 보조사료 내지는 첨가사료의 의미로 개발되었다. 또한 국내에서도 이러한 영양학적 검토나 실험이 극히 초보적인 단계를 벗어나고 있지 못해 업계에서도 외국산 사료를 모방하거나 외국 및 국내 유사어종이나 다른 해산 어종의 연구자료를 이용해 제품이 제조되고 있는 실정이다. 이러한 분말 배합사료는 사료 회사별 가격이 다를뿐 아니라 품질도 검증되지않아 MP사료의 본래 기능을 상실한채 단순히 점결제 기능으로만 첨가되는 경우가 대부분으로 현장에서 피해가 우려된다. 김 등 (1993)은 시판분말배합사료와 실험실에서 제조한 배합사료와의 품질평가와 함께 사육실험을 통해 성장 효과를 비교한 결과 성장면에서 시판 사료가 낮은 성장을 보이므로써 시판 사료가 개선의 여지가 있음을 시사하였다.

본 실험에서는 시판 분말배합사료의 효율성과 이용성을 검토하기 위하여 현재 국내 시판사료중 생산량이 가장 많은 순으로 5개회사 제품을 선정하여 넙치를 대상으로 사육실험을 통하여 성장 및 사료효율등을 비교 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육

실험어인 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) 는 1996년 3월 전라남도 여천군 돌산읍에 위치한 청호수산에서 종묘 생산된 넙치 치어를 여수수산대학교 양

식학과 사육실로 활어차를 이용하여 수송하여 2000ℓ 사각 수조에 수용후 100 ppm O.T.C로 1시간 약육하였다. 실험전 환경 적응을 위해 넙치 상품 EP 사료를 급이하면서 4주간 예비사육 하였고 주사육 실험전 실험 사료에 적응 시키기위해 220ℓ 원형수조에 각각 50미씩 무작위로 2반복으로 수용하여 2주간 실험 사료를 급이하였다. 실험 사료 적응이 끝난후 주 사육 실험을 위해 각 수조에 30미씩 선별하여 2반복으로 수용후 실험어 전체의 무게를 측정 한 후 1996. 5. 27 ~ 8. 1일 까지 9주간 사육 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 실험어의 평균 체중은 18.9~19.2g 이었다. 실험수조의 유수량은 3ℓ /min 되도록 조절하였으며 적절한 산소 공급을 위해 각 실험 수조에 에어스 톤을 설치 하였다. 실험 기간중 수온은 19.6~25.6℃ 였으며 사료는 1일 2 회 아침, 저녁으로 만복에 가깝게 손으로 던져 주었다.

나. 실험 사료

실험사료는 95년도 국내 양어사료 생산량이 많은 순위로 5개 회사를 선정 하여 각 회사에서 시판되고있는 넙치 치어용 분말 사료를 구입하여 실험 사 료로 사용하였다. 실험 사료 제조는 분말 사료 1kg에 증류수 400ml를 첨가 하여 고루 섞은후 moist pellet 제조기에서 성형한 다음 -25℃에 냉동 보관 하여 사용하였다. 실험 사료는 실험어가 성장함에 따라 사료 크기를 조절하 였다.

다. 어체 측정

어체 측정은 실험전, 4주, 8주, 9주 실험종료시에 실시하였으며 24시간 절 식후 MS-222 100 ppm 에 마취시켜 실험어 전체의 무게를 측정하였다. 실험

개시시 실험에 사용된 실험어종 무작위로 20미를 추출하여 전어체 성분 분석에 사용하였으며 실험 종료시 각 실험구마다 10미씩 무작위 추출하여 간 중량, 내장중량, 전장을 측정후 전어체 성분분석을 위하여 (-40℃)에 냉동보관 하였다.

라. 성분 분석

실험에 사용된 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

마. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 실험사료 성분분석

각 제조회사별 포장용지에 표시된 성분함량과 본 실험실에서 분석한 성분 함량을 Table 1.에 나타내었다. 수분 함량은 모든 회사에서 5.88~9.08%로 큰차이를 보이지 않았으며 조단백질 함량은 각 제조회사의 포장용지에 표시된 함량은 46.0~49.0%로 별다른 차이를 보이지 않았으나 실험실에서 분석

한 조단백질 함량에 있어서는 A사 사료와 C사 사료는 포장용지와 거의 비슷한 값을 보였으나 B사 사료의 경우는 포장용지에 표시된 것보다 분석된 사료의 조단백질 함량이 더 높은 값을 나타내었으며 D사와 E사의 경우는 분석치가 다소 낮은 값을 나타내 전체적으로는 포장용지와 분석치의 조단백질 함량이 10%정도의 차이를 나타내었다. 조지방 함량에 있어서는 포장용지에 표시된 함량은 3.0~5.0%였으나 분석치 함량은 대부분 포장용지에 표시된 것보다 다소 증가한 5.36~6.09%를 나타냈으나 D사 사료만이 포장용지에 표시된 함량보다 분석치 함량이 다소 낮은 3.65%를 나타냈다. 조회분은 포장용지에 표시된 함량은 15.0~19.0%로 회사별로 별다른 차이를 보이지 않았으나 분석치에 있어서는 이보다 많은 차이를 보여 9.11~16.33%를 보였으며 E사 사료의 경우는 포장용지에 표시된 함량과 분석치의 함량이 2배 정도의 차이를 보였다. A, B, C사는 단백질함량과 회분함량 분석치 결과로 어분이 D, E사 보다 다소 많이 사용되어졌을 가능성이 높은 것을 시사해 주고 있다.

이러한 각 제조회사별 사료에 증류수를 40%첨가하여 제조한 실험사료의 성분 함량에 있어서 수분은 33.08~33.71%로 각 사료간에 거의 차이를 보이지 않았으며 ($P>0.05$) 조단백질 함량에 있어서는 B사 사료가 38.74%로 가장 높은 값을 나타냈는데 이는 각회사별 사료의 실험실 분석치에서도 가장 높은 값을 나타내었던 것과 일치하였다. 조지방 함량에 있어서는 2.94~3.74%로 D사 사료에서 약간 낮은 값을 보였을뿐 제조회사간에 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 제조된 실험사료의 물성에 있어서는 A사 사료의 경우 가장 높은 점결력을 보여 제조된 사료가 거의 부스러지지 않고 축축함을 유지하였다. E사 사료의 경우 제조직후에 잘 부스러지는 현상과 함께 사료 급여후에도 사료통에 분말가루가 많이 남아 있었으며 나머지 3사의 사료는 비슷한 점결력을 보였다. 이처럼 각 사료마다 같은 양의 증류수를 첨가하여 사료를 제조하였음에도 불구하고 사료 물성의 차이를 보이는 것은 각 사료마다 점결제로

주로 사용하는 전분의 첨가량이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

Table 1. Proximate composition of commercial compound meal(CCM) used to the experimental diets(%)

Ingredients	Diets				
	A co.	B co.	C co.	D co.	E co.
Indicated nutrients composition levels on packing bag					
Crude protein (up)	47.0	48.0	46.0	48.0	49.0
Crude lipid (up)	3.0	3.0	3.0	5.0	3.0
Crude fiber (down)	3.0	3.5	4.0	4.0	5.0
Crude ash (down)	17.0	19.0	18.0	15.0	18.0
Ca (up)	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0
P (down)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Analytical nutrients composition of commercial compound meal (wet matter)					
Moisture	7.05 ^{ab}	5.88 ^a	7.42 ^{ab}	7.35 ^{ab}	9.08 ^b
Crude protein	47.58 ^a	53.44 ^c	47.28 ^a	43.33 ^b	45.43 ^{ab}
Crude lipid	5.77 ^a	5.43 ^a	5.36 ^a	3.65 ^a	6.09 ^a
Crude ash	10.02 ^a	16.33 ^b	13.97 ^b	9.88 ^{ac}	9.11 ^{ac}
NFE ¹	22.88 ^a	10.72 ^b	17.27 ^c	28.09 ^a	21.59 ^a
DE (kcal/kg) ²	324.3 ^a	313.9 ^{ab}	304.0 ^b	302.8 ^b	313.6 ^{ab}
E/P ³	6.8 ^{ab}	5.9 ^c	6.4 ^{abc}	7.0 ^a	6.9 ^a

¹NFE : Nitrogen free extract : [100 - (Moisture + Crude protein +Crude lipid+Crude ash)]

²DE (kcal/kg) : Digestible energy, 4.5kcal/protein, 8kcal/lipid, 2.8kcal/NFE respectively

³E/P : Energy/protein ratio : Digestible energy(kcal/kg)/Crude protein(%)

Table 2. Composition of the experimental diets for flounder

Ingredient	(%)				
Commercial compound meal ¹ (CCM)	100				
Distill water	40				
Nutrients composition in wet matter (dry matter)					
	Diets				
	A co.	B co.	C co.	D co.	E co.
Moisture	33.38 ^a	33.08 ^a	33.37 ^a	33.71 ^a	33.51 ^a
Crude protein	35.70 ^{ab} (53.59)	38.74 ^b (57.89)	34.25 ^a (51.40)	34.95 ^a (52.71)	35.66 ^a (53.55)
Crude lipid	3.11 ^a (4.67)	3.47 ^a (5.19)	3.17 ^a (4.76)	2.94 ^a (4.44)	3.74 ^a (5.62)
Crude ash	7.71 ^a (11.57)	12.06 ^b (18.02)	10.20 ^{bc} (15.31)	8.58 ^c (12.94)	7.93 ^c (11.91)
Crude fiber	2.03 ^a (3.05)	1.56 ^a (2.33)	1.60 ^a (2.40)	1.52 ^a (2.29)	2.07 ^a (3.11)

¹Used 5 feed company products (A, B, C, D, E)

Table 3. Performance of flounder fed the experimental diets for 9-week feeding trial

Diets	A co.	B co.	C co.	D co.	E co.
Av. body weight(g)					
Initial	19.2 ^a	18.9 ^a	18.9 ^a	19.0 ^a	19.0 ^a
Final	87.8 ^a	72.1 ^a	79.1 ^a	84.0 ^a	73.9 ^a
Number of fish	30	30	30	30	30
Total weight gain(g)	2058.3 ^c	1674.5 ^a	1799.1 ^{ab}	1905.1 ^b	1601.8 ^a
Total feed consumption(g)	2537 ^a	2110 ^b	2480 ^a	2728 ^c	2368 ^a
Growth rate(%) ¹	357.3 ^a	295.3 ^b	317.3 ^{bc}	334.4 ^{ac}	281.5 ^b
Daily weight gain(%) ²	2.37 ^a	2.21 ^a	2.27 ^a	2.32 ^a	2.17 ^a
Feed efficiency(%) ³	81.1 ^a	79.4 ^{ab}	72.5 ^a	69.8 ^a	67.6 ^b
Daily feed intake(%) ⁴	2.93 ^a	2.78 ^a	3.13 ^a	3.32 ^a	3.20 ^a

¹Growth rate : (Final body wt. - Initial body wt.)/(Initial body wt.)×100

²Daily weight gain : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain×100)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

Table 4. Availability of experimental diets for 9-week feeding trial

Diet	A co.	B co.	C co.	D co.	E co.
Total feed intake(g)	2537 ^a	2110 ^b	2480 ^{ab}	2728 ^c	2368 ^a
Protein intake(g)	906 ^{ac}	817 ^b	849 ^{ab}	953 ^c	844 ^b
Protein efficiency ratio ¹	2.27 ^a	2.05 ^{ab}	2.12 ^{ab}	2.00 ^{ab}	1.90 ^b
Daily protein intake(%) ⁴	1.05 ^a	1.11 ^a	1.07 ^a	1.14 ^a	1.12 ^a
Retention of protein(%) ³	7.25 ^b	11.9 ^a	9.86 ^c	5.38 ^d	11.42 ^a
Total lipid intake(g)	79 ^{ab}	73 ^a	79 ^{ab}	80 ^{ab}	89 ^b
Daily lipid intake(%) ²	0.09 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.12 ^a

¹Protein efficiency ratio : Body wt. gain(g)/protein intake

²Daily protein, lipid intake : $\frac{[\text{Feed (or Protein, or lipid) intake} \times 100]}{[(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.})/2] \times \text{day fed}}$

³Protein, lipid retention : $\frac{[\text{protein(or lipid) gain} \times 100]}{\text{protein(or lipid) intake}}$

나. 성장 효과

모이스트펠릿사료 제조시 일정비율로 첨가되는 시판분말배합사료의 효율성과 이용성을 검토하기 위해 넙치를 대상으로 9주간 사육 실험을 실시한 결과 평균 체중은 실험 개시시 19 g 내외였으나 실험 종료시에는 각 회사별 사료에 따라 72.1~87.8 g으로 다소 차이를 보였으며 A사 사료가 87.8 g으로 가장 높은 평균 체중을 나타냈고 B사 사료가 가장 낮은 평균 체중을 나타냈다 ($P>0.05$). 성장률 에서는 A사 사료가 357.3%로 가장 좋은 성장을 보였으며 ($P<0.05$) 가장 낮은 평균 체중을 나타냈던 B사 사료의 경우 성장률 에서도 295.3%로 저조한 값을 보였으며 E사 사료가 281.5%로 가장 낮은 성장률을 나타냈다 ($P<0.05$). 사료효율에 있어서도 A사 사료가 81.1%로 가장 좋은 사료효율을 나타냈으며 성장률, 평균 체중에서도 저조한 값을 보였던 E사 사료는 사료효율에서도 저조한 값을 나타내었다 ($P<0.05$). 일간 먹이 섭취율 에서는 D사 사료가 3.32%로 가장 높았으며 A사의 경우 2.93%로 비교적 낮은 값을 나타내었다 ($P>0.05$). 반면 일간 증중율은 E사 사료가 가장 저조하였으며 A사 사료가 가장 높은 값을 나타내었다.

다. 어체성분

전어체의 성분분석 결과는 Table 5.에 나타냈으며 간중량비, 내장중량비, 비만도는 Table 6.에 나타내었다. 전어체 수분함량은 실험 개시시 76.31%였던 것이 실험 종료시에는 72.67~75.62%로 약간 감소하는 경향을 보였으며 조단백질 함량은 실험전 15.92%였으나 실험 종료시에는 17.63~19.15%로 모든 실험구에서 증가하였다. 전어체 조지방 함량은 실험전 2.15%였던 것이 실험종료후 대부분의 실험구에서 감소하였으나 E사 사료구에서만 2.25%로 약간 증가하였는데 ($P>0.05$) 이는 사료내 조지방 함량이 6.09%로 가장

높았는데 그 원인이 있는 것으로 판단되며 조희분은 실험전과 실험후에 모든 실험구에서 비슷한 값을 나타냈다 ($P>0.05$).

Table 5. Proximate analysis of whole body of flounder after 9-week feeding trial(%)

	Diets					
	Initial	A co.	B co.	C co.	D co.	E co.
Moisture	76.31 ^a	74.25 ^{ab}	72.67 ^{bc}	74.28 ^{ac}	75.62 ^a	73.45 ^a
Crude protein	15.92 ^a	18.11 ^{ab}	19.15 ^{bc}	18.71 ^{ac}	17.63 ^{ac}	19.13 ^{bc}
Crude lipid	2.15 ^a	1.93 ^a	1.04 ^a	1.95 ^a	2.05 ^a	2.25 ^a
Crude ash	4.11 ^a	3.81 ^a	4.68 ^a	3.94 ^a	3.81 ^a	4.16 ^a

간중량비는 성장이 가장 좋았던 A사 사료구에서 1.21%로 가장 높게 나타났으며 ($P<0.05$) 나머지 실험구들은 0.84~1.01%로 비슷하였다 ($P>0.05$). 내장 중량비 역시 A사 사료가 가장 높았으며 비만도에 있어서는 C사 사료구가 0.96으로 가장 높은 값을 나타냈으며 ($P>0.05$) A사 사료구가 그 다음으로 높게 나타나 성장뿐만 아니라 간중량비, 내장중량비, 비만도에서도 높은 값을 나타냈다. 특히, A사 사료구의 경우 간중량비와 내장중량비가 높아 사료의 고에너지함량으로 여분의 에너지가 간과 내장에 축적된 것으로 판단되기 쉬우나, 어체내 지방함량이 실험 개시시 보다 감소하여 여분의 에너지가 지질로 축적된 것으로 판단되지는 않았다.

Table 6. Hepatosomatic index(HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor(CF) of flounder fed the experimental diets for 9-week

	Diets				
	A co.	B co.	C co.	D co.	E co.
HSI(%) ¹	1.21 ^a	0.86 ^b	0.98 ^b	1.01 ^{ab}	0.84 ^b
VSI(%) ²	4.12 ^a	3.90 ^a	3.91 ^a	3.67 ^a	3.59 ^a
CF ³	0.92 ^a	0.88 ^a	0.96 ^a	0.90 ^a	0.90 ^a

¹Hepatosomatic index(%) : liver wt. ×100/body wt.

²Visceralsomatic index(%):(visceral wt+liver wt.)×100/body wt.

³Condition factor : (body wt./total length³)×100

전체적인 성장률이나 사료 효율면에서 A사의 사료가 다른 회사의 사료에 비해 좋은 성장 효과를 나타냈다. 이러한 성장의 차이는 각회사의 사료내 함유된 영양성분의 차이에 기인한 것으로 생각되며 B사 사료의 경우 사료내 단백질 함량이 53.44%로 시험 사료중 가장 높은 단백질 함량을 나타냈으나 B사 사료의 경우 가소화 에너지 함량이 336.9 kcal/100 g diet로 A사 사료에 이어 E사 사료와 함께 높은 에너지 함량을 나타냈으나 높은 단백질 함량과 분말사료의 특성상 낮은 지질 함량으로 에너지/단백질 비가 6.3으로 가장 낮아 이러한 영양학적 불균형이 저조한 성장을 초래한 것으로 생각된다. A사 사료의 경우는 가소화 에너지 함량이 343.1 kcal/100 g diet로 시험사료중 가장 높을 뿐만 아니라 에너지/ 단백질 비도 7.2로 비교적 높았으며 섭이량도 D사 사료에 이어 두 번째로 많은 양을 보여 이러한 높은 에너지 함량과 높은 섭이량이 성장에 직접적인 영향을 준 것으로 판단된다. D사 사료의 경우는 에너지 함량은 가장 낮았으나 에너지/ 단백질 비는 7.5로 가장 높았는데 낮

은 에너지 함량이 섭이량의 증가를 가져와 양호한 성장으로 이어진 것으로
생각된다.

Table 7. Dietary nutrient sources of CCM used to the experimental
diets

Feeds companys	Nutrients Source
A	fish meal, soybean meal, wheat flour, starch, corn gluten meal, yeast, fish oil, salt, calcium phosphate, additive
B	fish meal, soybean meal, wheat flour, α ~ starch, salt, corn gluten meal,, yeast, sodium phoshate, polyacrylic acid, sodium, gua gum
C	fish meal, wheat flour, soybean meal, corn gluten meal,, yeast, calcium phoshate, salt, vitamin premix, mineral premix,
D	fish meal, soybean meal, wheat hull, salt, calcium phoshate, fish oil, gluten feed, starch, corn gluten, defatted soybean, wheat flour
E	fish meal, wheat flour, squid meal, gluten, yeast et al.

또한, 각 사료회사의 단백질원으로 사용된 원료나 질의 차이도 성장에 큰 영향을 미칠 것으로 보이는데 Table 3.에는 각 사료회사에서 사료제조 원료로 사용한 원료들을 나타내었는데 대부분의 회사에서 단백질원으로 사용하는 원료는 북양어분과 대두박, 소맥분, 글루텐밀 등으로 큰차이를 보이지 않았다. 성장차이를 보이는 것은 이러한 성분들이 각 회사마다 그 배합비율이 각기 다른데 그원인이 있는 것으로 판단된다. 특히 A사 사료의 경우 다른 4개 회사 사료보다 짙은 검은색의 사료색을 띄었는데 이는 타회사 사료보다 혈분의 함량이 다소 많았던지 아니면 백색어분보다 적색어분을 사용하였기 때문인지는 정확히 판단할수 없으나 사료의 색이 짙은 검은색을 나타낸 것으로 보아 적색어분첨가 보다는 혈분 첨가 가능성이 높을 것으로 판단된다. 이러한 혈분은 무지개송어 (Luzier and Summerfelt, 1992; Luzier et al., 1995), 뱀장어(Gallagher and Degani, 1988; Lee and Bai, 1997) 등에서 그 이용성이 보고되고 있는데 송등(1995)은 잉어에 있어서 단백질원의 100%까지는 대체가 가능함을 보고하여 혈분이 대체 단백질원으로서의 우수한 이용성을 증명하였다. 해산어 양식어류는 대부분 육식성 어류로 높은 단백질을 필요로 하며 섭취되는 단백질은 양적인 면만 아니라 질적인 면도 충분한 고려가 있어야 한다 (Cowey et al., 1974; Cowey, 1975; Wilson, 1985). 최근 엑스트루전 기술의 개발로 탄수화물 이용성이 큰 온수성 어류를 대상으로 대두박의 이용성이 늘어나고 있는 추세며 (정, 1992) 잉어와 틸라피아에서는 단백질을 거의 대두박으로 대체 가능한 것으로 보고 있다 (Mohsen and Lovell, 1990; 정, 1991). 그러나 이러한 대체 단백질의 연구는 대부분 담수어류에 한정되어 있으며 해산어 사료의 경우 대부분 육식성에 강한 식성 때문에 그 연구가 미흡한 실정이다. 우리나라의 경우 국내 양어사료회사에서 양어사료제조시 주단백질 공급원으로서 어분이 차지하는 비중이 높으며 이중 대부분을 수입산 어분에 의존하고 있는 실정이며 (단미협회, 1995) 국

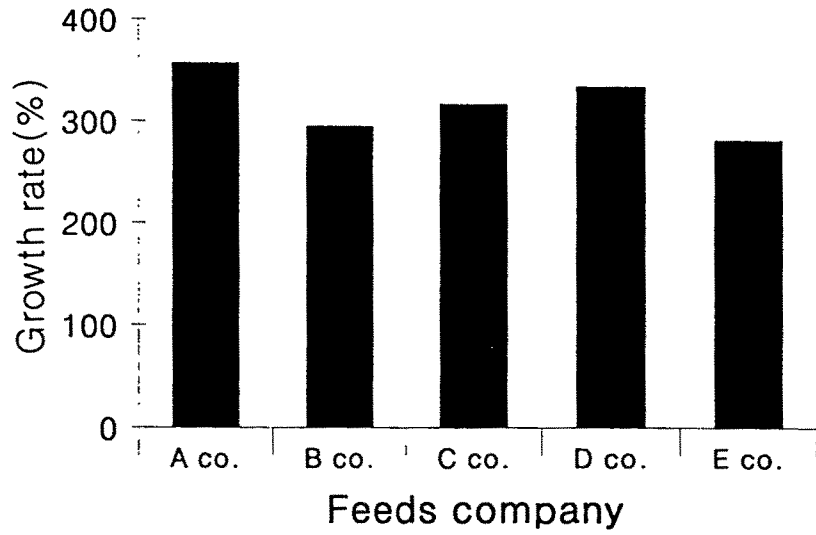


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets for 9-week feeding trial

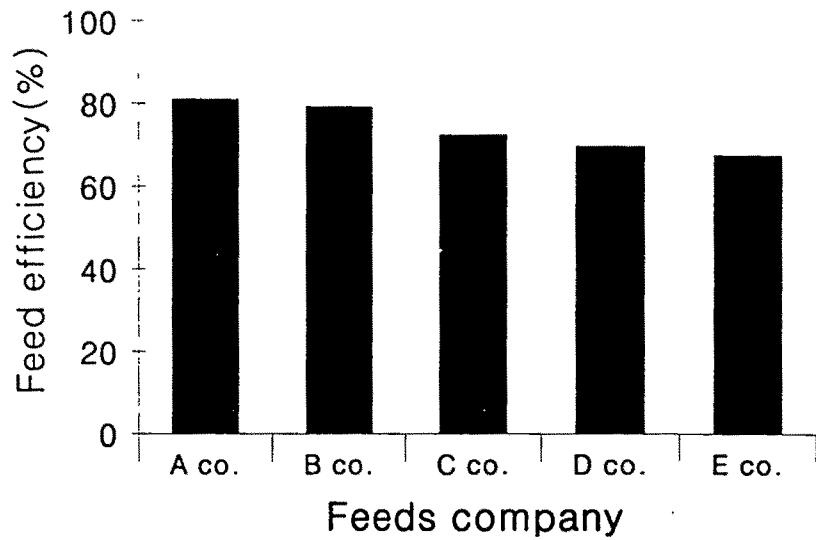


Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets for 9-week feeding trial

내의 양식생산량이 담수어보다 해산어류의 생산고가 계속 증가하는 추세이므로 해산사료에 있어서의 배합사료의 개발이 시급한 실정이므로 값싸고 성장면에서 뒤지지 않는 배합사료 개발을 위해서는 대체단백원의 해산어 양어 사료에의 적용과 함께 그 이용성을 높이기 위한 연구도 함께 병행되어야 할 것이다. 또한 MP사료에 일정 비율로 첨가되는 분말 배합사료는 생사료와 함께 사용되므로 그 배합에 따른 영양요구량도 크게 달라질 것으로 판단되므로 MP사료에 첨가되는 분말 배합사료는 또다른 각도에서 그 개발이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 이와함께 단백질 요구량 결정에 있어서는 우수한 단백질원의 선택이 앞서야만이 어류의 성장과 유지에 큰 도움을 줄 것이며 건강한 양식어를 생산하는 지름길이 될 것이다. 본 실험결과 각 회사사료에 따라 성장차이를 보이는 것은 사용된 단백질원의 품질이나 함량, 가공방법의 차이나 기타 첨가제 및 영양소의 균형이 서로 다르기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 단백질과 에너지함량 즉, 에너지/단백질 비가 심한 불균형을 나타내 시판사료의 이용율을 높이기 위해서는 품질개선이 필요할 것으로 보이며 MP사료 제조시 생사료 첨가비에 따른 적정 영양소 균형의 검증도 반드시 뒤따라야 할 것이다.

제 3 장 고성능 모이스트펠릿(HFMP) 사료의 개발을 위한 조성설계

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비 검토

1. 서 론

사료는 양식 경영비의 절반 이상을 차지하는 중요한 요소로써 값싸고 질 좋은 사료의 확보는 양식 경영의 성패에 아주 중요한 몫을 차지한다. 현재 우리나라의 해산어 양식용 사료는 전갱이, 까나리, 고등어와 같은 생사료를 직접 급이하거나 생사료와 분말 배합사료를 혼합하여 제조한 모이스트펠릿(MP) 사료를 주로 사용하고 있다. 특히 생사료에 대한 높은 의존도는 양식 어장의 자가오염의 원인이 되므로써 어병 발생과 투약에 대한 과다한 경비 지출 및 저생산성과 저품질 양식 어류 생산에 의한 경제적 손실등의 많은 불이익을 초래하고 있다.

생사료의 이러한 단점을 개선, 보완하기 위해 최근에는 생사료와 분말 배합사료를 적정 비율로 혼합한 MP사료가 개발되어 보급되고 있다. 이러한 MP 사료는 생사료에 부족되기 쉬운 영양성분을 첨가할 수있어 영양학적으로 생사료보다 훨씬 안정적이며 어류의 성장에 따라 사료의 크기를 마음대로 조절할 수있어 사료의 유실을 최대한 방지하면서 어류에게 확실하게 사료를 섭식시키는 잇점이 있다. 또한, 생사료만 사용할 때 보다 생사료 보관에 드는

과다한 냉동 보관료를 절감할 수있으며 생사료와 배합사료의 혼합비를 어류의 성장이나 환경, 영양요구량 변화에 따라 조절할 수있어 생사료 단독 투여시보다 경제적이며 영양적 균형을 고루 갖추수 있고 사용이 편리하다고 할수있다. 그러나, 이러한 MP사료는 사용하는 양식 어가마다 제각기 혼합 비율이 다를뿐 아니라 생사료에 대한 강한 선호도 때문에 MP사료 제조시 생사료의 비율을 높게 하므로서 영양성 질병, 사료 유실로 인한 수질오염 가중등 많은 문제점을 드러내고 있다.

MP사료 제조에 있어서 생사료의 비율이 증가하면 생사료의 유통, 보관, 제조시 시간과 인력면에서 많은 어려움이 있는 반면 분말배합사료의 비율이 증가하면 분말사료내 첨가된 탄수화물의 증가로 어류의 소화와 흡수에 장애(Furyichi and Yone, 1980; Shimeno, 1982)를 일으킬수 있으며 사료 제조시 성형에 있어서도 문제가 발생한다. 또한, 생사료와 분말배합사료의 혼합비율에 따라 에너지 함량과 지질 함량 및 단백질 함량이 크게 변화하므로서 어류의 성장에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서, 어류의 성장을 증대시키고 어장의 자가오염을 최소화 할 수 있는 생사료와 분말 배합 사료의 적정 혼합비의 검토가 시급한 실정이다.

본 연구에서는 보다 효율적이고 고성능인 넙치용 MP사료를 개발하기 위해 생사료와 분말 배합사료의 적정 혼합비를 구명하고자 생사료와 분말 배합사료의 혼합비를 달리한 실험 사료를 제조하여 사육 실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육

실험어인 넙치는(*Paralichthys oilvaceus*) 전남 여천군에 위치한 양어장에서 중간 육성중인 평균체중 $48 \pm 0.4\text{g}$ 의 넙치를 사용하였다. 실험어를 본 사육장인 여수수산대학교 양식학과 양어장으로 옮긴후 모이스트펠렛 (MP)사료에 적응시키기 위해 2주간 MP (생사료:분말사료=5:5) 사료에 종합비타민을 보강한 사료로 예비 사육을 실시하였다. 이 실험어를 실험전 선별하여 220 ℓ 원형수조와 320 ℓ 사각수조에 각각 25미와 30미씩 2반복으로 무작위로 수용하여 10주간 사육 실험을 실시하였다. 각 실험수조의 주수량은 4 ℓ/min으로 조정하였으며 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 사료 급이는 1일 2회 (8:00, 17:00) 반복에 가깝게 급이하였으며 사육 기간중의 수온은 16.5~23.8℃였다.

나. 실험사료

실험사료 원료로 생사료는 양식현장에서 일반적으로 사용되는 고등어를 사용하였으며 분말사료는 시판되는 넙치 전용 분말사료 (주. 퓨리나코리아)를 사용하였다. 실험사료는 생사료단독구와 생사료와 분말사료의 혼합비를 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4, 5 : 5로 조정한 구, 분말사료 단독구, EP부상사료구의 총 8개의 실험구를 설치하였다. 사료제조는 생사료 원료인 고등어를 초퍼기로 잘게 갈은후 분말배합사료와 잘 혼합한후 모이스트펠렛 제조기로 압출 성형하였다. EP부상사료구는 (주)퓨리나코리아 5호, 6호 사료를 사용하였으며 분말사료 단독구는 분말배합사료에 중류수를 50% 첨가하여 고루 섞은후 모이스트펠렛 제조기로 압출 성형 하였으며 생사료 단독구는 고등어를 냉동상태에서 꼬리부분만을 제외한 나머지 부분만을 손으로 직접 세절하여 다시 냉동후 사용하였다. 제조된 사료는 -25℃에 냉동 보관하면서 급이하였으며 실험어가 성장함에 따라 사료크기를 조절하였다.

다. 어체 측정

어체 측정은 사육 실험 개시 4주, 8주, 10주후에 각각 실시하였으며 24시간 절식시킨 후 MS-222 100 ppm에 마취후 수조내 전어체의 무게를 측정하였다. 실험 개시 및 종료시에는 어체 성분분석을 위하여 실험어중 10마리를 무작위로 추출하여 -40℃에 냉동 보관하였다. 실험 결과 분석을 위하여 성장, 사료효율 및 어체분석등을 실시하였다.

라. 성분분석

실험에 사용된 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

마. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 사료성분

Table 1.의 실험사료의 성분분석 결과를 보면 수분함량은 생사료단독구가 66.16%로 가장 높은 값을 나타냈으며 분말배합사료의 비율이 증가할수록 감소하여 5:5MP구에서 31.35%로 가장 낮은 값을 나타내었으며 분말사료단독구

Table 1. Composition of experimental diets for flounder (%)

Ingredients	Diet no.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Commercial diet ¹	-	-	-	-	-	-	-	E.P
Frozen raw fish (mackerel)	100	90	80	70	60	50	-	-
Commercial compound meal ¹	-	10	20	30	40	50	100	-
Distll water	-	-	-	-	-	-	50	-
Nutrients composition in wet matter (dry matter)								
Moisture	66.16 ^a	51.59 ^b	49.24 ^c	47.51 ^d	36.55 ^e	31.35 ^f	35.05 ^e	5.93 ^g
Crude protein	20.04 ^a (59.22)	19.92 ^a (40.98)	24.96 ^b (49.17)	26.94 ^c (51.32)	33.88 ^d (53.41)	36.71 ^e (53.47)	39.58 ^f (60.94)	46.48 ^g (49.41)
Crude lipid	13.69 ^a (40.46)	17.56 ^b (36.12)	16.30 ^c (32.11)	12.97 ^d (24.71)	11.39 ^e (17.95)	13.13 ^f (19.13)	3.31 ^g (5.10)	6.84 ^h (7.27)
Crude ash	2.97 ^a (8.78)	3.35 ^a (6.89)	5.20 ^b (10.24)	6.38 ^b (12.15)	8.86 ^c (13.96)	9.00 ^c (13.11)	11.50 ^d (17.71)	10.04 ^d (10.67)
Crude fiber	0	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.00
NFE ²	0 ^a	7.08 ^b	3.30 ^c	4.70 ^{cd}	7.32 ^{de}	7.31 ^{di}	7.31 ^{dg}	25.71 ^d
DE ³	199.7 ^a	249.9 ^c	252.0 ^c	238.2 ^c	264.1 ^{bc}	290.7 ^b	225.1 ^e	335.9 ^f
E/P ratio ⁴	10.0	12.5	10.1	8.8	7.8	7.9	5.7	7.22

¹Provided by Purina Korea Feeds company, EP : Extruded pellet (floating type : Purina Korea Feeds company)

²NFE : Nitrogen free extract [100 - (Moisture + Crude protein + Crude lipid + Crude ash + Crude fiber)]

³Digestible energy : basd on 4.5kcal/g protein, 8kcal/g lipid, 2.8kcal/g NFE

⁴E/P ratio : Energy(kcal/kg)/Protein(%)

는 35.05%로 5:5MP구보다 다소 높은값을 나타냈다. 조단백질 함량은 이와 반대로 분말배합사료의 비율이 증가할수록 점차 증가하는 경향을 보였는데 이처럼 수분함량과 조단백질함량이 반대 경향을 보인 것은 생사료내의 높은 수분함량이 생사료 첨가비율이 많을수록 수분함량을 증가시켰으며 반대로 생사료의 낮은 조단백질함량과 분말배합사료의 경우 조단백질함량이 생사료에 비해 2배 이상 높아 분말배합사료 비율이 증가할수록 조단백질 함량이 증가한 것으로 판단된다. 그러나 9:1배합비의 경우 분말배합사료의 첨가에도 불구하고 생사료 단독구보다 낮은 조단백질함량을 보인 것은 사료제조시 높은 생사료 비율 때문에 분말사료가 완전히 혼합되지 못하여 생사료 단독구와 비슷한 조단백질 함량을 보인 것으로 판단된다. 조지방 함량은 생사료 단독구에서 13.69%를 나타냈으며 9:1구는 17.56%로 가장 높은 값을 나타냈으며 ($P < 0.05$) 분말배합사료의 비율이 증가할수록 분말배합사료내 낮은 조지방 함량에 따라 점차 감소하였으나 5:5구는 13.13%로 7:3구보다도 다소 높은 조지방함량을 나타냈다 ($P > 0.05$). 조회분은 분말사료단독구가 11.50%로 가장 높은값을 나타냄으로써 분말배합사료내 비율이 증가할수록 분말배합사료의 높은 조회분 함량의 영향을 받아 점차 증가하는 경향을 보였다. ($P < 0.05$)

사료성분의 함량의 건중량에 있어서는 습중량에서 낮은 조단백질함량을 보였던 생사료 단독구가 59.22%로 분말사료단독구의 60.94%에 이어 매우 높은 조단백질 함량을 나타냈으며 분말배합사료의 비율이 증가할수록 분말배합사료의 높은 조단백질함량에 의해 건중량에서도 습중량과 마찬가지로 사료내 조단백질 함량이 점차 증가하는 경향을 보였다. 건중량의 조지방 함량에 있어서는 생사료 단독구가 40.46%로 가장 높은 값을 나타내었으며 분말배합사료의 첨가비가 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 보였으나 5:5MP구는 6:4MP구보다 습중량에서와 마찬가지로 다소 높은 조지방 함량을 나타냈다 ($P > 0.05$). 또한, 조지방함량의 경우 8:2MP구를 기준으로 혼합비에 따른 조

지방 함량이 확연히 구분되는 경향을 보인 것이 특이한 점으로 생각된다.

나. 성장효과

10주간의 실험 결과는 Table 3.에 나타내었다. 평균 체중은 실험 개시시 48 g 내외였던 것이 실험 종료시에는 87.5 g ~164.5 g 까지 다양한 성장 결과를 보였다.

성장률은 8:2구가 241.8%로 가장 좋은 성장을 보였으며 9:1구, 7:3구, 6:4구, 5:5구는 197.6%~224.2%로 8:2구와 큰 차이를 보이지 않았으나 ($P>0.05$) EP 부상사료구는 82.7%로 성장률에서 낮은 결과를 나타냈다 ($P<0.05$).

사료효율에 있어서는 분말 사료의 비율이 증가함에 따라 57.5%에서 90.5%까지 점차 증가하는 경향을 보였으며 EP 부상사료구에서 90.5%로 가장 높은 사료효율을 나타냈고 생사료와 분말배합사료의 비율별 시험구에서는 5:5구가 89.7%로 EP부상사료구에 이어 높은 사료효율을 나타냈다.

일간 사료 섭취율에서는 9:1구가 2.92%로 가장 높았으며 EP 부상사료구가 1.08%로 가장 낮았다. 그러나 9:1구는 일간 증중율에서는 8:2구의 1.82%, 7:3구의 1.76%에 비해 다소 저조하였는데 ($P>0.05$) 이는 사료 급이시 사료 내용물의 용출에 의한 사료의 허실이 많았던것에 그원인이 있다고 생각되며 이로 인해 다른 비율별 첨가구에 비해 성장률이나 사료효율에서도 저조했던 것으로 추측된다. 단백질전환효율에서는 생사료단독구에서 2.98로 가장 높게 나타났으며 다음으로는 7:3구가 2.97로 생사료단독구에 이어 높게 나타났다. 일간 단백질 섭취율에서는 분말사료단독구가 0.84%로 가장 높았으며 생사료의 비율이 증가할수록 대체적으로 감소하는 경향을 나타냈으나 8:2구에서는 0.68%로 5:5구의 0.69%와 거의 비슷한 결과를 나타냈는데 이는 사료

섭취량이 많았던것에 기인한 것으로 판단된다. 일간지질섭취량에 있어서는 사료내 지질 함량이 증가함에 따라 높아졌으며 지질 축적율에 있어서는 이와 반대로 지질 함량이 낮았던 분말사료단독구와 EP부상사료구가 66.02%, 76.67%로 아주 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 사료내 에너지 함량은 생사료구가 199.7 kcal/kg으로 가장 낮은 에너지 함량을 나타냈으며 EP부상사료구가 335.9 kcal/kg으로 가장 높게 나타났는데 분말 사료의 비율이 증가할수록 사료내 에너지 함량도 점차 증가하였다.

생사료단독구와 9:1, 8:2MP구는 일반적으로 양식어가에서 가장 널리 쓰이고 있는 혼합비이다. 본 실험 결과 생사료단독구의 경우 낮은 단백질 함량과 에너지 함량으로 섭취량이 크게 증가하여 생사료 단독 급이시는 사료 급여를 위해서 많은양의 사료를 준비해야 하므로써 시간과 인력 면에서 다른 MP사료구보다 큰 손해를 볼것으로 판단되며 또한, 생사료내의 높은 지방함량으로 간과 어체내 많은 양의 지질이 축적되므로써 양식어의 품질저하가 우려된다 (NRC, 1983; Lee et al., 1993b; Page and Andrews, 1973).

9:1MP구의 경우 생사료단독구보다 높은 에너지 함량에도 불구하고 8:2MP구와 더불어 성장면에서 다소 앞섰지만 사료효율이 다소 저조하였는데 이는 높은 생사료 함량에 의한 사료유실로 인해 사료허실이 발생하였는데 특히, 생사료의 경우 초퍼기로 갈지않고 냉동 상태에서 적절한 크기로 세절하여 완전 냉동상태에서 냉동이 풀리기전 신속히 급이하여 사료허실을 최대한 줄였으나 9:1MP구의 경우 본 실험에 있어서 사료허실을 최소화 하고자 생사료를 초퍼기로 갈은후 분말사료와 혼합제조하여 완전 냉동후 단시간에 급이하여도 냉동이 빨리 풀리는 현상을 보였으며 사료급이시 실험어가 사료를 섭취하기 위해 다투는 과정에서도 사료 자체의 물성으로 인해 사료유실이 발생하므로써 생사료단독구보다 사료효율에서 다소 저조했던 것으로 판단된다. 이러한 사료유실은 경제적인 손실뿐만 아니라 수질측면에서 많은 오염을 가중시킬것

으로 판단되는데 본 실험에서도 사료급여후 생사료 단독구를 비롯해 생사료

Table 2. Performance of flounder fed the experimental diets for 10-week

Diet no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Av. body weight(g)								
Initial	48.0	48.0	48.1	48.1	48.1	48.0	47.9	47.9
Final	141.8 ^{ab}	145.7 ^{ab}	164.5 ^b	155.8 ^b	143.1 ^{ab}	146.1 ^{ab}	124.8 ^a	87.5 ^c
Number of fish	55	55	55	55	55	55	55	55
Total weight gain(g)	5161.2 ^a	5377.0 ^b	6398.8 ^c	5926.8 ^d	5224.6 ^a	5394.7 ^b	4229.9 ^f	2179.2 ^g
Total feed consumption (g)	8650 ^a	9345 ^b	9381 ^b	7402 ^c	6186 ^d	6011 ^e	6021 ^e	2407 ^f
Growth rate(%) ¹	195.6 ^a	203.8 ^a	241.8 ^b	224.2 ^{ab}	197.6 ^a	204.5 ^a	160.7 ^c	82.7 ^d
Daily weight gain(%) ²	1.65 ^{ab}	1.68 ^{ab}	1.82 ^a	1.76 ^{ab}	1.66 ^{ab}	1.69 ^{ab}	1.49 ^b	0.98 ^c
Feed efficiency (%) ³	59.7 ^a	57.5 ^a	68.2 ^{ab}	80.1 ^{bcde}	84.5 ^{cf}	89.7 ^{cg}	70.3 ^{ad}	90.5 ^{efg}
Daily feed intake(%) ⁴	2.76 ^{ab}	2.92 ^a	2.67 ^{ab}	2.20 ^{bc}	1.96 ^{cd}	1.88 ^{ce}	2.11 ^{abce}	1.08 ^f

¹Growth rate : (Final body wt. - Initial body wt.)/(Initial body wt.)×100

²Daily weight gain : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain×100)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

Table 3. Availability of experimental diets for 10-week feeding trial

	Diet no.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Total feed intake(g)	8650 ^a	9345 ^b	9381 ^b	7402 ^c	6186 ^d	6011 ^e	6021 ^e	2407 ^f
Total protein intake(g)	1733 ^a	1862 ^a	2341 ^b	1994 ^a	2096 ^a	2207 ^a	2383 ^b	1119 ^a
Protein efficiency ratio ¹	2.98 ^a	2.89 ^a	2.73 ^{ab}	2.97 ^a	2.49 ^b	2.44 ^b	1.78 ^c	1.95 ^c
Daily protein intake(%) ²	0.55 ^{ab}	0.58 ^{ab}	0.68 ^{ab}	0.59 ^{ab}	0.66 ^{ab}	0.69 ^{ab}	0.84 ^a	0.50 ^b
Retention of protein(%) ³	6.13 ^a	-0.23 ^b	4.37 ^{ab}	7.20 ^a	8.66 ^a	7.70 ^a	8.31 ^a	22.06 ^c
Total lipid intake(g)	1184 ^a	1641 ^a	1529 ^a	960 ^a	705 ^a	789 ^a	199 ^b	165 ^b
Daily lipid intake(%) ²	0.38 ^a	0.51 ^{ab}	0.44 ^{ac}	0.29 ^{ade}	0.22 ^{af}	0.25 ^{bcdef}	0.07 ^{df}	0.07 ^{df}
Retention of lipid(%) ³	34.18 ^{ac}	21.21 ^b	22.09 ^{abc}	30.09 ^{abc}	38.85 ^c	25.92 ^{ab}	66.02 ^d	76.67 ^d

¹Protein efficiency ratio : Body wt. gain(g)/protein intake

²Daily protein, lipid intake : $\frac{[\text{Feed(or Protein, or lipid) intake} \times 100]}{[(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.})/2] \times \text{days fed}}$

³Protein, lipid retention : $\frac{[\text{Protein(or lipid) gain} \times 100]}{\text{protein(or lipid) intake}}$

비율이 높을수록 수조내의 탁도가 증가하여 높은 생사료 비율에 따른 수질오염의 가중을 그대로 드러냈다.

일반적으로 간중량비는 간에 지방이나 글리코겐이 축적되어 증대되나 생사료 단독구와 9:1, 8:2MP구의 경우는 사료내의 높은 지방함량으로 인해 간에 지방이 축적된 것으로 판단되는데 어체내 높은 지방함량이 이를 뒷받침한다고 할수 있겠다. 7:3MP구의 경우는 8:2MP구에 이어 좋은 성장을 보였으며 단백질 축적효율, 단백질 이용효율 등에서도 높은 값을 나타냈을 뿐만아니라 간중량비도 생사료:분말비율별 실험구중 가장 낮은 값을 나타내어 지방 축적이 다른 실험구에 비해 크게 일어나지 않았던 것으로 판단되며 비만도에서는 1.10으로 가장 높은 값을 보여 전체적인 영양소 이용율이 균형적으로 이루어진 것으로 판단된다. 특히, 분말배합사료의 함량이 증가하면서 대부분의 실험구들이 에너지 함량이 증가하였으나 7:3구는 생사료단독구를 제외한 생사료와 분말사료 비율별 실험구들중 가장 낮은 에너지함량을 보인반면 에너지/단백질 비는 8.8로 나타나 이러한 에너지함량과 C/P비의 균형이 영양소의 이용율을 높인 것으로 판단된다.

6:4, 5:5MP구는 성장면에서 뒤지지 않았으며 사료효율에서도 높은 값을 보임으로써 높은 이용율을 나타냈으며 어체내 지방축적도 적었을뿐만 아니라 사료섭취량도 높은 생사료비율구에 비해 낮았는데 이는 사료내 에너지 함량이 비교적 높았기 때문으로 판단된다.

다. 어체성분

실험개시시와 종료후의 전어체 일반 성분분석결과와 간중량비, 내장중량비, 비만도 측정결과를 Table 4, 5에 나타내었다. 전어체 수분함량에 있어서는 실험전 77.31%였으나 실험종료시에는 전체 실험구에서 66.25%~73.09%로 모두 감소하는 경향을 나타내었는데 그중 7:3구가 가장 낮은 수분

Table 4. Proximate analysis of whole body of flounder after 10-week feeding trial(%)

	Diet no.								
	Initial	1	2	3	4	5	6	7	8
Moisture	77.31 ^o	69.75 ^a	71.95 ^{ab}	69.70 ^{bc}	66.25 ^e	71.57 ^{ac}	72.11 ^{ac}	72.68 ^{ac}	73.09 ^{bc}
Crude protein	15.29 ^a	17.22 ^{ab}	15.21 ^{ac}	17.15 ^{ad}	17.90 ^{bc}	18.59 ^d	18.38 ^{cd}	18.89 ^{cd}	19.78 ^{cd}
Crude lipid	0.89 ^a	8.25 ^{ab}	7.22 ^c	7.03 ^{cd}	6.14 ^{dce}	5.87 ^{bcf}	4.63 ^{dc}	3.28 ^{bd}	3.19 ^{de1}
Crude ash	4.58 ^a	3.54 ^b	3.22 ^{ab}	3.40 ^{ab}	3.40 ^{ab}	3.81 ^{ab}	3.69 ^{ab}	3.71 ^{ab}	3.76 ^{ab}

함량을 나타냈다. 조단백질함량에 있어서는 실험 개시시 15.29%였으나 실험종료시에는 9:1MP구의 15.21%를 제외하고 모두 증가하는 경향을 보였는데 9:1MP구는 사료 자체의 낮은 단백질 함량과 사료 급여시 많은 사료허실이 영양분의 유실로 이어져 충분한 영양분을 공급받지 못했던 것이 조단백질함량 저하의 원인으로 판단된다.

전어체 조지방 함량에 있어서는 실험개시시는 0.89%로 낮은 조지방함량을 보였다. 실험 종료시에는 3.19~8.25%로 모든 실험구에서 증가하는 경향을 나타냈다. 특히, 생사료구를 비롯한 생사료와 분말사료 비율별 첨가구에서는 생사료의 비율이 증가할수록 생사료내 높은 지방함량으로 전어체 조지방 함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 조회분도 실험개시시의 4.58%보다 모두 감소하여 3.22~3.81%로 실험구간의 유의적인 차는 보이지 않았다 ($P>0.05$).

실험종료후의 간중량비에서는 대체적으로 생사료 비율이 높을수록 중량비가 높게 나타났으며 이와함께 내장중량비는 높은 값을 나타냈다. 이는 생사

료내의 많은 양의 지방이 충분히 에너지원으로 활용되지 못하고 지방으로 축적된 것으로 판단되는데 전어체 성분의 높은 조지방함량이 이를 뒷받침해 준다고 할수 있다. 그러나 비만도에 있어서는 7:3, 6:4구가 다른구에 비해 다소 높게 나타났으며 생사료구가 0.94%로 가장 낮은 값을 나타내었는데 ($P>0.05$) 이는 사료내 낮은 단백질함량과 낮은 에너지 함량으로 영양분의 충분한 축적이 이루어지지 않았음을 알수있었다.

5Table 5. Hepatosomatic index(HSI), visceralomatic index (VSI), condition factdr(CF) of flounder fed the experimental diets for 9-week

	Diet no.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
HSI(%) ¹	1.67 ^{ad}	1.69 ^b	1.76 ^b	1.53 ^{ab}	1.60 ^{ab}	1.68 ^b	1.12 ^d	1.30 ^b
VSI(%) ²	5.49 ^{ab}	5.05 ^{acg}	4.75 ^{ab}	4.26 ^{bd}	4.20 ^{b1e}	4.47 ^{acde}	3.63 ¹	4.67 ^g
CF ³	1.05 ^a	1.03 ^a	1.06 ^a	1.10 ^a	1.09 ^a	1.03 ^a	1.01 ^a	0.94 ^a

¹Hepatosomatic index(%) : liver wt. ×100/body wt.

²Visceralsomatic index(%):(visceral wt.+liver wt.)×100/body wt.

³Condition factor : (body wt./total length³)×100

본 실험결과 생사료단독구를 비롯한 생사료와 분말배합사료의 혼합비율별 실험구에서는 전체적인 성장면에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 사료효율면에서는 분말사료비율이 증가할수록 높은 값을 보였으며 에너지 함량의 증가로 사료섭취량이 감소함에 따라 사료급여를 위한 사료준비나 생사료 등의 보



Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets for 10-week feeding trial

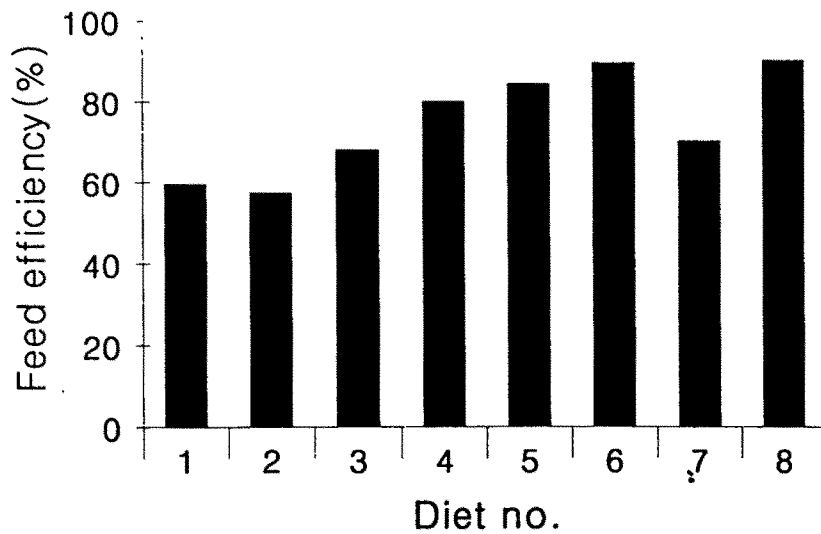


Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets for 10-week feeding trial

관등에 있어 시간적인 면이나 경제적인 면에서 매우 우수한 것으로 판단된다. 특히, 생사료단독구 9:1, 8:2구의 경우는 사료유실로 인한 사료허실의 대량 발생으로 질병감염, 양어장 자가오염, 적조발생등의 우려가 있어 이의 사용은 앞으로 자제하여야 할 것으로 보이며 7:3, 6:4, 5:5MP구를 중심으로 생사료 수급의 변동이나 제 1 장에서 연구된 결과를 토대로 생사료의 계절에 따른 영양소의 변화에 맞추어 그 배합비율을 조절하여 사용하여야 할 것으로 판단된다. 또한 MP사료의 적절한 에너지/단백질 비의 구멍을 통해 값비싼 단백질원을 절약하고 과도한 에너지함량에 의한 암모니아 질소 배출로 가중되는 수질오염도 막아야 할것으로 생각되므로 고성능 MP사료의 적정 에너지/단백질 비의 구멍이 뒷따라야 할 것으로 보인다.

제 2 절 HFMP 사료개발을 위한 적정 에너지/단백질 비의 검토

1. 서 론

모이스트펠렛 (MP) 사료의 원료로 사용되는 분말사료는 고단백질의 어분이 주로 사용되기 때문에 가격이 높고 주단백원으로 사용되는 생사료 역시 수급의 불균형과 계절에 따른 가격의 폭등, 취급 및 보관 경비의 과다 등으로 양식 어가가 많은 어려움을 겪고 있어 고가의 단백질에 대한 효율적 이용이 절실히 요구된다.

어류의 활동과 성장에는 많은 영양소와 에너지가 필요하나 그중 단백질은 어류의 영양 특성상 중요한 영양소 역할을 담당하고 있으며 사료내 영양성분중 단백질이 차지하는 비율이 매우 높다. 더욱이 해산어 사료의 경우 담수어 사료보다 단백질 요구량이 높을 뿐만아니라 단백질원으로 고가의 어분이 사용되기 때문에 적절한 단백질 이용은 사료비 절감에 매우 중요하다고 할수 있다. 특히 사료내 에너지 함량이 너무 낮으면 어체내의 단백질이 분해되어 에너지원으로 동원되어 이용되므로서 단백질 효율이 낮아지고 사료중의 단백질원의 높은 단가로 인해 사료제조 비용의 증가로 생산비용이 높아지게 된다. 이러한 고가의 단백질의 절약효과를 위해 에너지원으로 주로 연구되어 온 것은 대부분 지질과 탄수화물의 함량 조절에 의한 것이었다 (Beamish and Medland, 1986; De silva et al., 1991; Degani and Viola, 1987).

특히, 지질은 에너지원으로서 단백질이나 탄수화물 보다 에너지가가 높아 적당량의 첨가에 따라 값비싼 단백질을 절약할수 있을 뿐만 아니라 지용성 비타민의 전달체 역할을 하는 중요한 영양소이다. 그러나, 사료의 에너지가

가 너무 높으면 최적 성장에 필요한 영양소인 단백질, 필수아미노산, 미량원소들의 섭취가 상대적으로 줄어 성장이 저해되고 여분의 에너지가 어체에 지질로 축적되어 상품 가치를 저하 시킨다 (NRC 1983; Lee et al., 1993b; Page and Andrews, 1973). 또한, 사료내 에너지/단백질 비의 증가에 따라 암모니아 질소 배설율이 증가하여 (Jayaran and Beamish, 1992; Kim and Jin, 1995; Kim et al., 1996) 과도한 에너지는 수질 오염의 증가도 가져와 어류의 성장을 저해시킬 것으로 우려된다. 따라서, 단백질 효율을 증가와 함께 양식어의 품질을 향상 시키고 수질 오염을 최소화하기 위해서는 사료 제조시 에너지/ 단백질 비가 신중하게 고려되어야 한다.

본 실험은 넙치용 모이스트펠렛 (MP) 사료의 적정 지질 첨가량을 구명하기 위하여 MP 사료내 지질을 단계별로 첨가하여 에너지/단백질 비를 조정한 실험 사료를 제조하여 넙치의 성장, 사료효율, 및 어체 성분 조성 변화에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육

실험어는 전라남도 완도군 고금도에 위치한 양어장으로부터 활어차로 수송하여 2ton FRP수조에 O.T.C 100 ppm 으로 약욕후 수용하였다. 처음 1주는 적정 크기의 EP 사료에 비타민 (주, 한동) 을 흡착하여 사육하였으며 어느정도 안정된 후에 moist pellet (생사료:분말사료=5:5) 사료로 4주간 예비 사육후 크기가 고른 것을 선별하여 실험어로 사용하였다.

실험어의 평균체중은 31.4 ± 0.7 g 이었으며 220 ℓ 원형수조와 320 ℓ 사각

수조에 각 30미씩 2반복 무작위로 수용하여 8주간 사육실험을 실시하였다. 유수량은 각 실험 수조마다 5 l/min 으로 조정하였으며 충분한 산소 공급을 위하여 각 수조마다 에어스톤을 설치하였다. 사육 기간중의 수온은 19.5~22.3℃ 였으며 사료 공급은 1일 2회 (8:00, 17:00) 로 나누어 만복에 가깝게 손으로 던져 주었다.

나. 실험사료

실험사료는 고등어 단독구와 고등어와 시판 넙치 전용 분말사료 (주. 퓨리나코리아) 를 5:5로한 MP사료 실험구, 별도로 지질원으로써 어유 (주. 이화유지) 를 각각 3%, 6%, 9%, 12%까지 첨가한 MP사료 실험구를 설정하여 이들 원료들을 잘 혼합한후 moist pellet 제조기로 압출성형 하였다. 제조된 사료의 에너지/단백질 비는 생사료 원료로 사용된 고등어의 지질함량이 높은 관계로 다소 높은 8.7~11.8 범위로 어유 첨가량의 증가에 따라 증가하였다.

다. 어체측정

실험어 측정은 실험 개시후 3주, 6주, 8주에 각 실험 수조에 수용된 실험어를 24시간 절식후 MS~222 100ppm 으로 마취시켜 전체 무게를 측정하였다. 실험전 실험어중 무작위로 10미를 추출하여 전어체 성분분석용으로 사용하였다. 실험 종료후 성장률, 사료효율, 일간성장율, 일간 사료 섭취율등을 조사하였으며 전어체 일반성분 분석을 위하여 각 실험구당 5미씩을 무작위로 추출하여 냉동보관(-45℃)하였다.

라. 소화율 측정

본 실험에 있어서의 소화율 측정은 사육 실험이 모두 끝난후 2일간 실험어를 절식시킨 다음 분석용으로 샘플하고 남은 실험어를 대상으로 Table 2.에 나타낸 바와 같이 산화크롬을 지표물질로 하는 간접식 소화율을 측정하기 위하여 소화율 사료 조성에 따라 소화율 측정 사료를 제조하여 급이하였다. 사료급이는 1일 2회 만복에 가깝게 급이하였으며 정상적인 급이와 섭이 활동을 하기 시작한 3일 후부터 사료 급이 1시간 후에 주의하면서 실험어의 동일 부위의 항문 끝부분을 엄지 손가락으로 살며시 압박하여 분을 수집하였다. 분 수집은 1주일간 계속하였으며 수집된 분은 플라스틱 샘플병 (100ml)에 넣어 -25℃에 냉동고에 보관하다 분석전 드라이오븐 110℃에서 24시간정도 수분을 충분히 제거한후 각 영양소의 일반 성분을 분석하여 아래와 같은 식에 의하여 간접 소화율을 측정하였다.

$$\text{영양소 소화율} = \left(1 - \frac{\text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3(\%)}{\text{분중의 Cr}_2\text{O}_3(\%)} \times \frac{\text{분중의영양소}(\%)}{\text{사료중의영양소}(\%)} \right) \times 100$$

마. 성분분석

실험에 사용된 실험사료, 분중의 영양소 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 (N×6.25), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984). 산화크롬은 Furukawa and Tsukahara(1966)의 방법에 따라 분석하였다.

바. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 사료성분

실험사료의 조성에 따른 일반성분 분석결과와 가소화 에너지함량, 에너지/단백질 비를 Table 1.에 나타내었다. 사료조성에 따른 수분함량에 있어서는 생사료 단독구가 63.04%로 가장 높은 수분 함량을 나타냈으며 지질 첨가량이 증가함에 따라 조금씩 감소하는 경향을 나타냈으며 조단백질 함량에 있어서는 생사료 단독구가 습증량에 있어서 17.23%로 가장 낮은 값을 보였으나 건증량에 있어서는 지질 6%이상 첨가구들 보다 다소 높은 조단백질 함량을 나타냈으며 지질 첨가구들에 있어서는 습증량과 건증량 모두 지질첨가량이 증가할수록 조단백질 함량이 조금씩 감소하는 경향을 나타냈다. 이처럼 실험구 모두 생사료와 분말배합사료 비율이 5:5로 동일함에도 불구하고 지질첨가량에 따라 수분함량과 조단백질 함량이 점차 감소한 것은 지질첨가에 따라 조지방함량이 점차 증가하여 이에 비례하여 수분과 조단백질 함량이 조금씩 감소하였다. 조회분 함량에 있어서는 생사료 단독구에서 2.85%로 가장 낮은 값을 나타냈으며 나머지 실험구에서는 생사료와 분말배합사료 비율이 같은 관계로 큰차이를 보이지 않았다.

실험사료의 가소화 에너지 함량에 있어서는 생사료 단독구가 202.9 kcal/kg으로 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 에너지/단백질 비에서는 생사료 단독구가 에너지 함량과는 반대로 11.8로 가장 높은 값을 나타내 영양적인 불균형을

Table 1. Compoition of experimental diets for flounder(%)

Ingredients	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
Commercial compound meal ¹	-	50	50	50	50	50
Frozen raw fish(mackerel)	100	50	50	50	50	50
Squid liver oil ²	-	-	3	6	9	12
E/P ratio ³	11.8	8.7	8.9	10.1	10.3	11.0
Nutrients composition in wet matter (dry matter)						
Moisture	63.04 ^a	31.28 ^b	30.69 ^b	30.05 ^b	28.94 ^b	27.08 ^b
Crude protein	17.23 ^a	32.94 ^b	33.13 ^b	31.20 ^b	31.58 ^b	31.18 ^b
	(46.62)	(47.93)	(47.80)	(44.60)	(44.44)	(42.76)
Crude lipid	15.02 ^{bc}	11.81 ^a	13.34 ^{ab}	17.05 ^c	18.48 ^{cd}	21.14 ^d
	(40.64)	(17.19)	(19.25)	(24.37)	(26.01)	(28.99)
Crude ash	2.85 ^a	8.70 ^b	9.07 ^b	8.22 ^b	8.42 ^b	8.46 ^b
	(7.71)	(12.66)	(13.09)	(11.75)	(11.85)	(11.60)
NFE ⁴	1.86 ^b	15.27 ^c	13.77 ^a	13.48 ^a	12.58 ^d	12.14 ^e
DE(kcal/kg) ⁵	202.9 ^a	285.5 ^b	294.4 ^b	314.5 ^{bc}	325.2 ^c	343.4 ^c

¹Provided by Purina Korea Feeds company

²Used Ihwa yuji company products

³Energy(kcal/kg)/Protein(%) ratio : basd on 4.5kcal/g protein, 8kcal/g lipid, 2.8kcal/g NFE

⁴NFE : Nitrogen free extract [100 - (Moisture + Crude protein + Crude lipid + Crude ash)]

⁵Digestible energy : basd on 4.5 kcal/g protein, 8 kcal/g lipid, 2.8 kcal/g NFE

보였으며 어유첨가구에서는 에너지 함량과 마찬가지로 어유첨가량이 증가함에 따라 8.7~ 11.0까지 단계적으로 증가하였다.

나. 성장효과

넙치용 모이스트펠릿 사료의 적정 에너지/단백질 비를 조사하기 위해 사료내 지질을 단계별로 첨가한 MP사료를 제조하여 8주간 실험한 결과 평균 체중은 65.3g~85.8g 까지 성장하였다. Table 2.에 나타난 바와 같이 성장률에 있어서는 111.9%~172.7%로 에너지/단백질 비가 증가할수록 점차 증가하는 경향을 보였다. 일간 증중율에 있어서는 생사료단독구와 지질 무첨가구에 있어서는 1.50%로 같은 결과를 나타냈으나 지질첨가구에 있어서는 에너지/단백질 비가 증가할수록 1.64~1.93%까지 증가하는 경향을 보였다. 사료효율에 있어서는 67.5%~71.7%로 지질 첨가구간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 일간사료 섭취율에 있어서는 에너지 함량이 가장 낮았던 생사료 단독구가 3.26%로 가장 높은 값을 나타냈으며 지질 첨가구에서는 에너지 함량이 증가할수록 일간 사료 섭취량도 증가하는 경향을 보였다. 일간단백질 섭취량에 있어서는 사료내 단백질 함량이 가장 낮았던 생사료단독구에서 0.56%로 가장 낮게 나타났다. 총지질섭취량과 일간 지질섭취량은 지질 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 나타냈으며 생사료 단독구의 경우 일간 지질 섭취량이 지질 9%첨가구와 비슷한 수치를 나타냈다. 그러나 지질축적율에 있어서는 지질 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈는데 생사료단독구의 경우 일간 지질섭취량이 지질 9%첨가구와 비슷하였음에도 불구하고 -2.12%를 나타냈는데 이는 사료내 낮은 단백질 함량에 따른 사료내 낮은 에너지 함량으로 어류의 활동과 대사 과정에 있어서 지질이 에너지원으로 대부분 동원되어 소모되었음을 시사한다. 해산어류의 단백질 요구량을 보면 조

Table 2. Performance of flounder fed the experimental diets for 8-week feeding trial

Diet no.	1	2	3	4	5	6
Av. body weight(g)						
Initial	30.7	31.1	32.1	31.4	31.2	31.5
Final	65.3 ^a	66.0 ^a	73.5 ^{ab}	76.0 ^{abc}	84.0 ^{bc}	85.8 ^c
Number of fish	30	30	30	30	30	30
Total weight gain(g)	1037.9 ^a	1044.9 ^a	1242.7 ^b	1337.3 ^c	1585.6 ^d	1630.3 ^d
Total feed consumption(g)	2257 ^a	1547 ^b	1733 ^c	1869 ^d	2252 ^a	23a52 ^e
Growth rate(%) ¹	112.6 ^a	111.9 ^a	129.2 ^a	141.9 ^{abc}	169.7 ^{bc}	172.7 ^c
Daily weight gain(%) ²	1.50 ^a	1.50 ^a	1.64 ^{ab}	1.73 ^{ab}	1.91 ^b	1.93 ^b
Feed efficiency(%) ³						
wet	46.0 ^a	67.5 ^b	71.7 ^b	71.6 ^b	70.4 ^b	69.3 ^b
dry	124.4 ^a	98.3 ^b	103.5 ^b	102.3 ^b	99.1 ^b	95.1 ^b
Daily feed intake(%) ⁴	3.26 ^a	2.21 ^{bc}	2.28 ^{bc}	2.42 ^{bcd}	2.72 ^d	2.79 ^d

¹Growth rate : (Final body wt. - Initial body wt.)/(Initial body wt.)×100

²Daily weight gain : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain×100)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

Table 3. Availability of experimental diets for 8-week feeding trial

Diet no.	1	2	3	4	5	6
Total feed intake(g)	2257 ^a	1547 ^b	1733 ^c	1869 ^d	2252 ^a	2352 ^e
Total protein intake(g)	389 ^a	510 ^a	574 ^b	583 ^b	711 ^c	733 ^c
Protein efficiency ratio ¹	2.67 ^a	2.05 ^b	2.16 ^b	2.29 ^b	2.23 ^b	2.22 ^b
Daily protein intake(%) ²	0.56 ^a	0.73 ^{ab}	0.75 ^{ab}	0.75 ^{ab}	0.86 ^{ab}	0.87 ^b
Total lipid intake(g)	339 ^a	183 ^b	231 ^c	319 ^a	416 ^b	497 ^e
Daily lipid intake(%) ²	0.49 ^{ab}	0.26 ^a	0.30 ^{ab}	0.41 ^{ab}	0.50 ^{ab}	0.59 ^b
Retention of lipid(%) ³	-2.12 ^a	12.95 ^b	44.16 ^c	24.27 ^b	25.02 ^b	21.30 ^b

¹Protein efficiency ratio : Body wt. gain(g)/protein intake

²Daily protein, lipid intake : $\frac{[\text{Feed(or Protein, or lipid)intake} \times 100]}{[(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.})/2] \times \text{days fed}}$

³Protein, lipid retention : $\frac{[\text{Protein(or lipid)gain} \times 100]}{\text{protein(or lipid) intake}}$

피볼락 40%(Lee et al., 1993b), 방어, 참돔 및 넙치는 55%(Takeda et al., 1975; Yone, 1976) 으로 보고되어 있으나 본 실험에 사용된 사료의 경우 사료내 많은 수분 함량으로 인해 단백질 함량이 감소되었으며 사료내 지질 함량이 증가함에 따라 사료효율은 비슷하였으나 사료섭취율, 성장률등이 증가한 것은 지질 첨가효과로 판단된다. 참돔의 경우 최대 성장을 위한 사료내 에너지 함량을 4,000 kcal/kg으로 보고 (Takeuchi et al., 1991) 하고 있으나 본 실험의 경우 어종이 다르기는 하나 해산어임을 감안했을 경우 실험에 사용된 사료의 최대 에너지 함량이 낮은 단백질 함량으로 인해 3343 kcal/kg으로 다른 해산어종인 참돔, 방어 등의 실험 (Takeuchi et al., 1991; Shiemeno et al., 1996) 과 비교해서 낮은 에너지 함량을 나타냈다.

다. 어체성분

어체 성분 조성의 변화는 Table 4.에 나타내었다. 실험전 어체의 수분 함량은 73.9%였으며 실험종료후는 지질 3%첨가구에서 68.18%로 조금 낮게 나타났으며 다른 실험구들은 큰 차이를 보이지 않았다.

어체의 조단백질 함량은 실험전 17.9%였으나 실험 종료후의 각 구의 조단백질 함량은 15.8%~16.5%로 약간 감소하였다.

어체의 조지방 함량은 실험전 3.8%인데 반해 실험 종료시 지질 12%첨가구는 7.3%로 가장 높은 수치를 나타내었다. Table 5.에 나타낸 실험 종료후의 간의 조지방 함량에 있어서도 고지질 첨가구 (9%, 12%) 가 39.83%와 43.31%로 다른 실험구에 비해 높게 나타나 어체 조지방 함량과 비슷한 축적 현상을 나타냈다. 이러한 축적 현상은 사료내 지질 함량에 기인한 것으로 판단되는데 사료내 에너지 함량의 상승과 함께 에너지 이용율이 증가되면서 지방으로 축적된 것으로 판단된다.

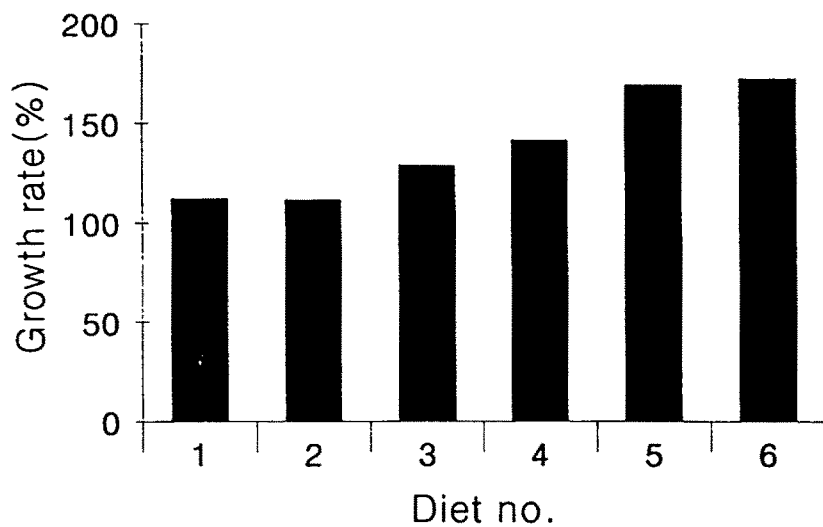


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets for 8-week feeding trial



Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets for 8-week feeding trial

Table 4. Chemical composition of whole body after 8-week feeding trial (%)

	Diet no.						
	Initial	1	2	3	4	5	6
Moisture	73.92 ^c	74.31 ^c	71.56 ^b	68.18 ^d	71.84 ^b	72.45 ^c	72.41 ^c
Crude protein	17.92 ^a	16.25 ^b	16.20 ^b	16.52 ^c	16.48 ^{bc}	15.80 ^d	15.89 ^d
Crude lipid	3.77 ^a	3.53 ^a	4.56 ^b	7.17 ^c	6.35 ^d	7.24 ^c	7.30 ^c
Crude ash	3.64 ^{ac}	3.27 ^b	3.65 ^{ac}	3.53 ^{abc}	3.57 ^{abc}	3.28 ^b	3.74 ^c

Table 5. The contents of lipid in liver of flounder fed the experimental diets for 8-week(%)

	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
Moisture	51.74 ^a	63.79 ^b	46.61 ^c	45.97 ^d	39.12 ^e	40.64 ^f
Crude lipid	21.42 ^a (44.38) ¹	24.09 ^b (66.53)	34.31 ^c (64.26)	34.75 ^d (64.32)	39.83 ^e (65.32)	43.31 ^f (72.96)

¹(dry matter)

Table 6. Hepatosomatic index(HSI), visceralsomatic inde(VSI), condition factor(CF), hematocrit(Ht), hemoglobin(Hb) of flounder fed the experimenter diets for 8-week

	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
HSI(%) ¹	1.19 ^a	1.47 ^a	1.65 ^{abc}	2.08 ^c	2.10 ^c	1.88 ^c
VSI(%) ²	4.44 ^{ab}	4.51 ^{ab}	4.33 ^a	5.37 ^c	4.96 ^{bc}	4.51 ^b
CF ³	0.89 ^a	0.98 ^a	0.96 ^a	1.00 ^a	0.88 ^a	0.84 ^a
Ht(%)	22.4 ^a	24.2 ^a	20.8 ^a	27.8 ^b	26.8 ^a	26.7 ^a
Hb(g/dl)	3.64 ^a	3.57 ^a	3.53 ^a	3.79 ^a	3.67 ^a	4.34 ^b

¹Hepatosomatic index(%) : liver wt. ×100/body wt.

²Visceralsomatic index(%) : (visceral wt.+liver wt.)×100/body wt.

³Condition factor : (body wt./total length³)×100

Table 6. 에 나타난 간중량비에 있어서는 사료내 에너지/단백질 비가 증가할 수록 높아지다가 지질 9%첨가구에서 2.10%로 최고를 나타냈으며 지질 12% 첨가구에서는 1.88%로 감소하는 경향을 나타냈다. 내장중량비에 있어서는 지질 6%첨가구가 가장 높았으며 그 다음이 지질 6%첨가구로 나타났으며 나머지 실험구는 4.44~4.51%로 비슷하였다. 비만도에서도 지질 6%첨가구가 가장 높은 값을 나타냈으며 지질 9%, 12%첨가구에서는 0.88~0.89로 다른 실험구에 비해 다소 낮은 수치를 나타냈다. 헤마토크리트에서도 지질 6%첨가구가 27.8%로 가장 높은 값을 보여 간중량비, 내장중량비, 비만도등과 더불어 높은 값을 나타냈으며 헤모글로빈량은 지질 12%첨가구에서 4.34 g/dl 로 가장 많은 양을 나타냈으며 지질 6%첨가구는 3.79 g/dl 로 지질 12%첨가구에 이어 많은 양을 나타냈다.

라. 소화율 사료 조성 및 성분

어류에 있어서 사료내 영양소의 이용율을 평가하는 방법중 가장 기본적인 방법중의 하나가 사료내 영양소의 소화율을 구명하는 것이다. 소화율의 측정 은 각 영양소의 이용율을 측정하여 사료 제조시 이에 알맞는 영양소의 균형 있는 배합을 통해 경제적인 사료를 설계하고 수질오염을 최소화 할수 있도록 하는 것이다.

어류의 영양소 소화율 측정 방법에는 보통 직접식과 간접식으로 나뉘는데 직접식의 경우 실험어를 chamber에 수용하여 먹이를 공급하여야 하므로 이에 따른 실험어의 스트레스로 인해 이의 사용은 매우 제한적이며 또한, 이러한 직접식 측정 방법에는 특별한 장치가 필요하므로 이에 따른 번거로움을 수반 한다. 간접식 소화율 측정법은 소화가 되지않은 지표물질을 사료내 첨가하여 지표물질의 분석을 통해서 소화율을 측정하는 방법으로 여러 어류에 많이 적용되어 사용되는 방법이다 (Nose, 1960 a,b; Hasting, 1969; Hajen et al., 1993 a,b; Smith and Lovell, 1971, 1973; Windell et al., 1978; 김등, 1996; 이, 1997). 이러한 간접식 소화율 측정법으로 분을 수집하는 방법에는 1) 분수집통을 이용하는 방법, 2) 항문 부위를 눌러서 분을 짜내는 방법, 3) 장을 절개하는 방법, 4) 사육수에 배설된 분을 siphon하는 방법, 5) 항문 부위의 분을 흡입하는 방법 (Smith, 1971; Cho and Slinger, 1979; Cho et al., 1982; Choubert et al., 1982; Cho and Kaushik, 1985, 1990) 등이 있으며 이중 분수집통을 이용하여 소화율을 측정하는 방법이 가장 널리 사용되고 있으나 이 방법은 어류가 배출한 분이 일정시간 수중에 노출되므로서 영양소의 수중으로의 용출이 가장 큰 문제로 지적되고 있으며 본 실험에서 사용한 항문 부위를 눌러서 분을 짜내는 방법의 경우는 아직 소화되지 않은 영양소가 분속에 잔존할 가능성이 높아 오차 발생이 우려된다.

본 실험에 사용된 소화율 사료의 조성 및 성분분석 결과는 Table 7.에 나

Table 7. Composition of test diets for apparent digestibility (%)

Ingredients	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
Commercial compound meal ¹	-	49.5	48	46.5	45	43.5
Frozen raw fish(mackerel)	90	49.5	48	46.5	45	43.5
Squid liver oil ²	-	-	3	6	9	12
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
C.M.C ³	9.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrients composition in wet matter (dry matter)						
Moisture	50.35 ^a	35.20 ^b	30.91 ^c	28.98 ^{cd}	27.38 ^{de}	25.29 ^e
Crude protein	16.54 ^a (33.31)	33.11 ^b (48.13)	32.72 ^{bc} (47.36)	31.74 ^c (44.69)	29.95 ^c (41.24)	29.97 ^c (40.12)
Crude lipid	17.63 ^a (35.51)	12.38 ^b (17.99)	13.59 ^b (19.67)	16.78 ^c (23.63)	20.71 ^d (28.52)	23.93 ^e (32.03)
Crude ash	4.62 ^a (9.31)	9.53 ^b (13.85)	9.37 ^b (13.56)	8.93 ^b (12.57)	8.74 ^b (12.04)	8.72 ^b (11.67)

¹Provided by Purina Korea feeds company

²Ihwa yuji company products

³C.M.C : Carboxymethyl cellulose (Junsei Chemical Co., Ltd.)

타내었다. 소화율 사료 제조시 지표물질은 산화크롬을 사용하였으며 그 첨가량은 0.5%로 하였으며 C.M.C도 0.5% 첨가하였다. 생사료단독구의 경우 산화크롬 첨가가 어려워 초퍼기로 분쇄한후 점결제로 C.M.C를 9.5% 첨가한 다음 산화크롬을 첨가하였는데 이로 인해 사육실험사료의 경우 사료를 외할을 기준으로 제조한 반면 소화율 사료 제조는 내할을 기준으로 제조되어 생사료와 분말배합사료의 배합비는 5:5로 동일하나 사료에 첨가되는 생사료와 분말배합사료의 양은 산화크롬, C.M.C, 어유 첨가로 인해 다소 감소하였다.

소화율 사료의 성분분석 결과 수분 함량에 있어서는 생사료 단독구의 경우 50.35%로 가장 높은 값을 나타냈으나 C.M.C 첨가로 인해 사육실험 사료의 수분함량 63.04%보다 많이 감소하였으며 나머지 실험구들에서는 약간의 증감을 보였으나 큰 차이를 보이지는 않았다. 조단백질 함량에 있어서는 지질 첨가량이 증가함에 따라 약간 증가하는 경향을 보였으나 실험구간에 큰 차이를 보이지는 않았다. 생사료 단독구의 경우 C.M.C 첨가로 수분 함량의 감소와 함께 사료제조시 첨가되는 생사료량의 감소로 건중량에 있어서 사육실험 사료의 44.62%보다 상당히 감소한 33.31%를 보였으며 지질 함량이 많았던 어유 9%, 12%실험구의 경우도 지질 함량이 다소 많은 관계로 수분 함량과 함께 조단백질 함량 (건중량) 이 약간 감소하는 경향을 보였다. 조지방의 경우는 생사료단독구는 C.M.C 첨가로 사육실험사료 함량보다 약간 감소하였으며 나머지 실험구들은 내할 기준으로 소화율 사료를 제조한 관계로 사육실험 사료의 조지방 함량보다 약간 증가하는 경향을 보였다.

마. 소화율

소화율 사료의 단백질과 지방의 소화율 계산 결과를 Table 8.에 나타내었다. 습중량 단백질 소화율에 있어서는 생사료 단독구가 33.07%로 가장 낮았

으며 지질 첨가구에서는 지질 6%첨가구가 41.31%로 생사료 단독구 다음으로 낮은 소화율을 보였으며 건중량 소화율에 있어서는 생사료가 64.49%로 가장 높게 나타나 습중량 소화율과 반대 현상을 보였으며 지질 6%첨가구에서는 건중량 소화율에 있어서도 가장 낮은 값을 보였으나 실험구간에 큰 차이를 보이지는 않았다.

습중량 지방 소화율은 생사료단독구가 93.48%로 가장 높은 값을 보였으며 지질 첨가구에서는 지질 첨가량이 증가함에 따라 소화율이 점차 감소하였다. 건중량 소화율에 있어서도 생사료단독구가 가장 높은 소화율을 나타냈으며 습중량 소화율과 마찬가지로 지질 첨가량이 증가함에 따라 소화율이 점차 감소하였다.

어류의 영양소 소화율은 어종이나 수온, 사료원료의 종류 등에 따라 차이를 나타내며 측정 방법에 따라서도 여러 가지 차이를 나타낸다 (NRC, 1983; Smith, 1989). 본 실험의 경우 단백질의 소화율은 57.51~64.49% (건중량기준)로 다른 해산어 어종의 단백질 소화율과 비교해 보면, 유럽산 농어 94%(Spyridakis et al., 1989), 참돔 86% (Furuichi and Yone, 1982), 조피블락 90% (이등, 1993) 과 비교해서 매우 낮은 단백질 소화율을 보였다. 이는 본 실험의 경우 실험사료가 MP형태로 제작되어 사용된 반면 타 실험의 경우 어분의 형태로 가공된 단백질을 정제사료 형태로 제작하여 실험에 사용하므로써 단백질의 형태와 가공방법의 차이가 소화율의 차를 유발한 것으로 판단된다.

본 실험에서의 지방의 소화율은 96.54~72.18% (건중량 기준) 로 지질 첨가량이 증가함에 따라 점차 감소하였는데 이는 유럽산 농어 97%(Spyridakis et al., 1989), 대서양 대구 98% (Lie et al., 1988), 조피블락 94% (이등, 1995) 로 생사료 단독구의 경우 96.54%로 이와 비슷한 소화율을 보였으나 지질 첨가량의 증가시에는 지질 소화율이 점차 감소하였다. 그러나, 생

사료 단독구의 경우 지질 함량이 17.63%로 대체로 높았음에도 불구하고 타 실험구보다 지질 소화율이 높았던 것은 사료내 낮은 에너지 함량으로 지질이 에너지원으로 많이 동원되므로서 지질의 흡수를 도왔던 것으로 판단되었다.

Table 8. Apparent digestibility of fed the test diets for flounder(%)
(dry matter)

	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
Protein	33.07 ^a (64.49)	45.67 ^b (59.02)	50.34 ^c (62.86)	41.31 ^d (57.51)	45.41 ^b (59.24)	51.62 ^c (62.73)
Lipid	93.48 ^a (96.54)	81.99 ^b (87.55)	83.66 ^b (87.80)	73.54 ^c (80.66)	72.43 ^c (79.42)	63.94 ^d (72.18)

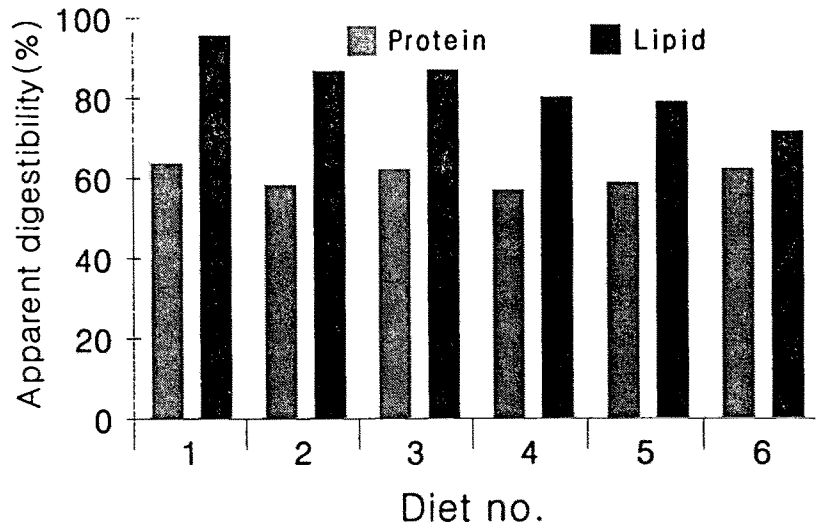


Fig 3. Apparent digestibility(%) of fed the test diets for flounder

어류는 사료중에 함유된 에너지원이 부족하게 되면 활동이나 대사에 필요한 에너지를 충당하기 위해 단백질을 분해하여 사용하므로 단백질이 성장에 충분히 사용되지 못하나 적정량의 에너지원이 첨가되었을 경우 섭취된 단백질이 성장을 위해 쓰이는 부분이 많아지므로 단백질 이용율이 증대되고 사료효율 등의 개선으로 값비싼 단백질을 절약할수 있는 효과를 기대할수 있다 (Stickeney, 1977; Wilson, 1977a,b). 본 실험에 있어서 생사료단독구의 경우는 낮은 에너지 함량으로 인해 사료섭취량은 증가하였으나 사료 자체 내 에너지 함량이 타실험구의 절반정도의 수준으로 나타난 반면 에너지/단백질 비는 11.8로 가장 높게 나타나 에너지 함량과 단백질 함량의 불균형으로 성장과 사료효율이 저조한 값을 나타냈다. 지질 첨가구에 있어서는 지질 첨가량이 증가함에 따라 사료섭취량과 성장율이 점차 증가하였다. 그러나 에너지/단백질 비가 11.0인 지질 12%첨가구의 경우 에너지/단백질 비가 10.3인 지질 9%첨가구에 비해 성장 개선은 없었으나 사료효율에서는 저조한 값을 보였으며 단백질 효율에서도 어유 9%첨가구와 어유 6%첨가구에 비해 저조한 값을 보였을 뿐만아니라 어체내 지방 함량과 간의 지방 축적량이 가장 높은 값을 보여 여분의 에너지가 간과 어체내 지방으로 축적되어 단백질 절약 효과가 나타나지 않은 것으로 판단된다. 또한, 어유 첨가량이 증가할수록 단백질 소화율은 거의 비슷한 값을 나타내었으나 지방 소화율에 있어서는 점차 감소하는 경향을 보였는데 이는 에너지원으로 첨가된 지질원인 어유가 높은 에너지함량으로 인해 충분히 흡수되지 못하고 분으로 배출된 것으로 판단되며 이로 인해 양식 어장의 환경오염도 가중될 것으로 판단되어 과도한 에너지는 환경적 차원에서도 많은 불이익을 초래할 것으로 판단된다.

모이스트펠릿사료에 지질원으로 많이 사용되는 어유는 고도불포화지방산 (n-3 Highly unsaturated fatty acids, n-3 HUFA) 이 다량 함유되어 있는데 어류에 있어서 이러한 지방산이 사료내 결핍되면 성장저하, 생리적 기능장애

로 인한 폐사율의 증가등 여러 가지 악영향이 발생하게 된다 (Watanabe et al., 1974a; Watanabe and Takeuchi, 1976; Takeuchi et al., 1979a; Bell et al., 1985; Watanabe et al., 1989a,b; Takeuchi, et al., 1990; Bell et al., 1991; Lemaire et al., 1991; Kalogerogoulos et al., 1992). 그러나, 요구량 이상의 필수 지방산은 오히려 성장을 저해한다는 보고도 있다 (Takeuchi and Watanabe, 1979). 또한, 이러한 지방산은 지질원의 종류에 따라 지방산 조성비의 차이로 인해 어류의 소화율에 영향을 미치는 요인으로 간주되며 (Austreng et al., 1980; Takeuchi et al., 1978, 1979; Lie et al., 1986) 또한 지질의 용점과 관련된 수온에 의해서도 지방산의 소화율이 달라질 수 있으므로 (Lee, 1997) 첨가되는 어유의 올바른 선택과 함께 수온에 따른 적정 첨가량의 구명도 뒷따라야 할 것이다.

MP사료의 경우 사료내 에너지 함량을 높이기 위해 지나치게 많은양의 지질을 첨가할 경우 이에 따른 어류의 성장 저하가 우려되는데 본 실험에서도 고지질 첨가구 (12%) 의 경우 성장 개선은 없이 사료효율이 저하하고 어체와 간에 여분의 에너지가 지질로 축적되는 결과와 함께 단백질 효율도 저하하여 고지질 첨가는 바람직하지 않을 것으로 판단된다. 또한, 어유의 첨가량에 있어서도 생사료원으로 사용되는 어류가 계절과 어체 크기에 따라 어체내 지방 함량이 크게 변화하므로 어유첨가량을 결정할 때에는 이와 같은 고려도 충분히 고려해야 할 것으로 보인다.

본 실험의 결과 사료내 에너지/단백질 비가 증가함에 따라 성장은 증가하였으나 에너지/단백질 비가 11.0이상은 여분의 에너지가 간과 어체의 지방 함량을 증가시켜 양식어의 품질을 저하시키는 결과 (Lee et al., 1993b; Page and Andrews, 1973) 를 초래할 가능성이 높으므로 사료내 과잉 지질의 첨가는 바람직하지 못할 것으로 생각되며 본 실험 결과 넉치 MP사료의 적정 에너지/단백질 비는 10.1~10.3 (어유 6~9%첨가) 으로 판단되었다.

제 3 절 HFMP 사료개발을 위한 비타민 C, E 첨가효과

1. 서 론

비타민은 생물에 있어서 성장, 발육 및 대사기능에 비교적 적은 양으로 중요한 역할을 하는 미량 유기화합물로서 생체에 반드시 필요한 필수영양소로 알려져 있다.

이러한 비타민은 육상 포유동물 뿐만아니라 어류에서도 중요한 생리기능을 지니고 있으나, 비타민은 거의 대부분의 어종에서 체내 합성이 이루어지지 못하므로 (Kitamura et al., 1965; Poston, 1967; Halver et al., 1969; Wilson, 1973; Dabowski, 1990) 어류의 정상적인 성장을 위해서는 사료제조시 비타민 혼합물 (premix) 형태로 별도 배합하여 첨가하여야만 한다. 그러나, 비타민 혼합물에 첨가되는 비타민들은 어종 및 성장상태 그리고 서식환경등에 따라서도 각각 비타민의 요구량을 달리하고 있을 뿐만아니라 부족시 성장저하는 물론 내성이 약해져 결핍증상 (Halver, 1972)을 나타내며, 수용성비타민류는 저장시나 사료제조시 안정성이 낮은 종류가 있기 때문에 사료 배합시 각각의 비타민 첨가량이 충분히 고려되어야 한다.

특히, 비타민 중 C, E는 상대적으로 많은 연구가 이루어진 비타민의 종류로서 비타민 C는 수용성으로 콜라겐 형성에 중요한 영양소이며 (Sandel and Paniel, 1988) 비타민 E와 함께 지방의 산화를 억제하는 역할을 할뿐만 아니라 (Heikkila and Manzino, 1987), 어류의 면역체계에도 큰 역할을 하는 것으로 잘 알려져 있는데 어류가 환경적 스트레스에 노출을 받았을시 분비되는 cortisol (Ainsworth and Bowser, 1985; Robevtson et al., 1987)의 증가를 억제시키는 것으로 알려졌다. 그러나, 비타민 C는 수용성 비타민으로 매우 불안정하여 사료첨가시 펠렛제조과정에서 많은 손실이 발생하여 실온에 방치 시에는 공기, 열, 빛에 매우 약해 6주만에 90%정도의 손실이 일어난다는 연

구보고도 있다 (Steffens, 1989; Skelbaek et al., 1990). 이 때문에 비타민 C는 사료첨가시 요구량에 비해 높은 수준으로 첨가하는 것이 대부분이다.

한편, 비타민 E는 생체막, 지단백질 그리고 지방 특히 불포화지방산의 항산화제로 그 기능을 한다고 알려져 있으며 항산화제로서의 식품이나 사료 등의 변질, 변패를 강력하게 억제하는 안정제로도 관심을 끌고 있다. 또한 비타민 E는 어류의 면역체계에도 많은 영향 (Blazer and Wolke, 1984)을 미치는 것으로 알려져 있다. 어류에 있어서 비타민 E의 이용성에 영향을 주는 요소로는 여러요인이 있으나 그중, 고도불포화지방산의 함량에 가장 많은 영향을 받는데 (Murai and Anderews, 1974; Hung et al., 1981; Cowey et al., 1984; Watanabe et al., 1981) 특히, 사료내 고도불포화지방산이 증가하면 비타민 E의 요구량이 높아지는 것으로 보고가 되고 있다(Schwartz et al., 1988; Roem et al., 1990)

이처럼 비타민은 어류의 성장과 면역체계에 많은 영향을 미치고 있으며 사료내 지방함량에도 영향을 미치는 양어사료에 있어서 반드시 첨가되어야 하는 중요한 영양소이다. 이중 비타민 C와 E는 특히 어류에 있어서 중요시 되는 영양소로 지금까지 여러 어종에 있어서 그 요구량이 밝혀지고 있으며 (Lall et al., 1988; Robinson, 1990; Dabrowski et al., 1988; Hamre and Lie, 1995; Woodall et al., 1964; Halver, 1972; Murai and Andrews, 1974) 양어사료의 첨가제로서 많은 주목을 받고 있다.

따라서, 본 실험에서는 고성능MP사료 개발을 위해 MP사료내 적정첨가량을 검토하고자 해산어류 (Shimeno, 1991)의 비타민 C, E요구량에 근거하여 MP사료 제조시 비타민을 첨가하여 넙치를 대상으로 사육실험을 통하여 비타민 첨가에 따른 성장효과를 검토하므로써 고성능 MP사료의 적정 비타민 C, E첨가량을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 사료

실험에 사용된 실험사료의 조성은 Table 1.에 나타내었다. 실험사료는 생사료 단독구, 생사료:분말사료를 5:5로 혼합하여 제조한 5:5 MP구, 5:5MP구에 어유6%를 첨가한 어유 6%첨가구, 어유6%+비타민 C첨가구, 어유6%+비타민 E첨가구, 어유6%+비타민 C·E 첨가구로 모두 6개구를 설정하였다.

MP사료 제조에 있어 생사료원으로 고등어를 사용하였으며 어유(주. 이화유지)는 오징어간유로 첨가량은 제 2 절의 에너지/단백질 비 실험결과 적정 첨가량으로 판단된 6%로 고정하였다. 분말배합사료는 (주) 퓨리나사료의 넵치 전용 분말사료를 사용하였으며 첨가제로 사용된 비타민 C와 E는 (주)대성미생물연구소에 의뢰하여 비타민 C는 L-ascorbic acid (식물성경화유코팅, 순도 90%)를 비타민 E는 순도 50%에 부영제로 glucose가 함유된 DL- α -tocopherol의 형태의 것을 사용하였다. 비타민 C와 E의 첨가량은 이미 해산어류에 밝혀진 첨가량과 MP사료내의 40%가량의 수분함량 및 본 실험에 사용된 비타민 C와 E의 순도를 고려하여 건조사료 1kg당 비타민 C는 1000 mg/kg 건조사료, 비타민 E는 220 mg/kg이 건조사료가 되도록 첨가하였다. 특히, 비타민 C는 수용성 비타민으로 수분, 열, 빛에 매우 불안정하기 때문에 MP사료내 많은 수분함량과 사료제조시의 손실 등을 감안하여 방어의 권장량에 기준을 두고 첨가량을 결정하였으며 비타민 E는 방어의 요구량과 비슷한 함량을 첨가하였다.

사료제조는 생사료 단독구의 경우 냉동고등어를 완전 냉동상태에서 적절한 크기로 꼬리부분만을 제외하고 직접 세절하여 완전 냉동후 급이하였으며 나머지 실험구들은 분말배합사료와 비타민, 어유를 고루 섞은 후 초퍼기로 분

쇄된 냉동고등어와 고루 혼합하여 moist pellet제조기로 압출 성형하였다. 제조된 사료는 수분증발을 막기위해 비닐로 포장후 사료통에 넣어 -25℃ 냉동고에 냉동보관하면서 급이하였으며 사료크기는 실험어가 성장함에 따라 크기를 조절하였다.

나. 실험어 및 사육

실험어는 넙치(*Paralichthy olivaceus*)치어를 사용하였으며, 전라남도 완도군 고금리로 부터 활어차로 운반후 2ton FRP 수조에 O.T.C 100ppm으로 약욕후 수용하여 처음 1주는 적정 크기의 EP사료에 종합 비타민(주. 한동)를 혼합시켜 사육하였으며 어느 정도 순치된 후에 모이스트 펠릿사료(생사료:분말사료 = 5:5)로 4주간 예비사육후 크기가 고른 것을 선별하여 실험어로 사용하였다. 실험어의 평균 체중은 $31.4 \pm 0.7g$ 이었으며, 220ℓ FRP 원형수조와 320ℓ FRP 사각수조에 각각 30미씩 2반복으로 무작위 수용하였으며, 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험시작시 2ℓ/min이었고 실험어가 성장함에 따라 유수량을 증가시켜 실험종료시에는 5ℓ/min까지 되도록 조절하였으며 충분한 산소 공급을 위해 각 수조마다 에어스톤을 설치하였다.

사육실험은 8주간 실시하였으며 사육기간 중 수온은 19.5℃~23.5℃였으며 사료급이는 1일 2회(08 : 30, 17 : 00)로 나누어 사료찌꺼기가 바닥에 남지 않도록 반복에 가깝도록 손으로 던져 주었다..

다. 어체 측정

실험어 측정은 실험개시시, 4주, 8주후에 MS-222 100ppm으로 마취한 후 전어체 무게를 측정하였으며, 실험전 실험어중 10미를 추출하여 전어체 성분분

석용으로 사용하였다. 실험종료 후 전장, 체중, 간중량, 내장중량 등을 측정하였으며 전어체 일반성분 분석을 위하여 각 실험구당 5마리씩 무작위로 추출하여 냉동보관(-45℃)하였다.

라. 성분 분석

실험에 사용된 실험사료, 분종의 영양소 및 전어체의 성분분석은 AOAC(1984)의 방법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소질량법(N×6.25), 조지방은 Folch et al.(1957)방법 및 조회분은 직접회분법으로 분석하였다. 영양소의 간접소화를 측정을 위한 지표 물질인 산화크롬은 Furukawa and Tsukahara (1966)의 방법에 따라 분석하였다.

비타민 C 분석은 Hydrazine 비색법으로 일정량의 시료를 정량후 5%인산용액을 넣어 균질기로 마쇄후 원심분리 시켜 상층액만을 취하여 다시 5%인산용액으로 100ml정용하여, 시료 2ml을 취하여 0.2%인도페놀용액 1방울 첨가후 티오우레아인산용액과 DNP를 각각 2ml: 1ml씩 순차적으로 첨가후 37℃에서 3시간 반응후 식혀 85%황산 5ml을 가하여 흡광도를 측정하였으며, 비타민 E 분석은 test tube에 시료를 일정량 정량후 0.1g ascorbic acid과 ethanol 5ml 첨가후 마쇄시킨 다음 물 2ml과 hexane 5ml을 첨가하여 하루 방치한 다음 test tube를 vortex한 후 1000rpm으로 5분 동안 3반복 원심분리시켜 상층액을 추출후 질소 가스로 hexane을 휘발시킨 다음 hexane 1ml로 정용후 HPLC(μ BondapakTM C₁₈ 3.9×300mm column)로 분석하였다.

마. 소화율측정

본 실험에 있어서의 소화율 측정은 사육 실험이 모두 끝난후 2일간 실험어를 절식시킨다음 분석용으로 샘플하고 남은 실험어를 대상으로 Table 6.에

나타낸 바와 같이 산화크롬을 지표물질로 하는 간접식 소화율을 측정하기 위하여 소화율 사료 조성에 따라 소화율 측정 사료를 제조하여 급이하였다. 사료급이는 1일 2회 만복에 가깝게 급이하였으며 정상적인 급이와 섭이 활동을 하기 시작한 3일후부터 사료 급이 1시간 후에 주의하면서 실험어의 동일 부위의 항문 끝부분을 엄지 손가락으로 살며시 압박하여 분을 수집하였다. 분 수집은 1주일간 계속하였으며 수집된 분은 플라스틱 샘플병 (100ml)에 넣어 -25℃에 냉동고에 보관하다 분석전 드라이오븐 110℃에서 24시간정도 수분을 충분히 제거한후 각 영양소의 일반 성분을 분석하여 아래와 같은 식에 의하여 간접 소화율을 측정하였다.

$$\text{영양소 소화율} = \left(1 - \frac{\text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3(\%)}{\text{분중의 Cr}_2\text{O}_3(\%)} \times \frac{\text{분중의 영양소}(\%)}{\text{사료중의 영양소}(\%)} \right) \times 100$$

바. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 사료성분

실험사료의 조성에 따른 일반성분 분석결과 및 비타민 함량을 Table 1.에 나타내었다. 사료조성에 따른 수분함량에 있어서는 생사료가 63.04%로 가장 높은 수분함량을 나타냈으며 나머지 실험구들에서는 지질무첨가구인

Table 1. Composition of experimental diets for flounder(%)

Ingredients	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
Commercial compound meal ¹	-	50	50	50	50	50
Frozen raw fish (Mackerel)	100	50	50	50	50	50
Squid liver oil ²	-	-	6	6	6	6
Vitamin C ³ (mg/kg diet)	-	-	-	1851.8	-	1851.8
Vitamin E ⁴ (mg/kg diet) ⁴	-	-	-	-	733.3	733.3
Nutrients composition in wet matter (dry matter)						
Moisture	63.04 ^a	31.28 ^b	30.05 ^b	30.09 ^b	28.47 ^b	28.26 ^b
Crude protein	17.23 ^a	32.94 ^b	31.20 ^b	31.23 ^b	32.47 ^b	32.08 ^b
	(46.42)	(47.93)	(44.60)	(45.20)	(45.39)	(44.72)
Crude lipid	15.02 ^a	11.81 ^b	17.05 ^a	16.09 ^a	16.04 ^a	17.06 ^a
	(40.64)	(17.19)	(24.37)	(23.29)	(22.42)	(23.78)
Crude ash	2.85 ^a	8.70 ^b	8.22 ^b	8.41 ^b	8.56 ^b	8.58 ^b
	(7.71)	(12.66)	(11.75)	(12.17)	(11.97)	(11.96)
Vitamin C(mg/kg) ⁵	7.15	tr	tr	798.5	tr	800.8
Vitamin E(mg/kg) ⁵	8.87	36.53	37.76	35.29	150.65	145.70

¹Provided by Purina Korea Feeds company

²Used Ihwa-yuji company products

³Dae Sung Micro Biological Labs(Purity:90%, L-ascorbic acid)

⁴Dae Sung Micro Biological Labs(Purity:50%, DL- α -tocopheol)

⁵Dry matter

Table 2. Contents of vitamin C, E in dietary protein source for MP

	Mackerel	Compound meal
Vitamin C(mg/kg)	7.15	10.16
Vitamin E(mg/kg)	8.87	30.66

5:5MP구가 31.28%로 어유 6%첨가구들 (28.3~30.1)에 비해 약간 높았으나 큰 차이는 보이지 않았다 ($P>0.05$). 조단백질 함량에 있어서는 생사료가 습중량에 있어서는 17.23%으로 가장 낮은 함량을 보였으나 건중량에 있어서는 어유 6%첨가구 (44.60%)와 비타민 첨가사료 (44.72~45.20%)보다 다소 높았고 5:5MP구의 47.93%보다는 낮은 값을 나타냈다. 조지방 함량은 5:5MP구가 11.80%로 가장 낮았고 ($P<0.05$) 어유가 6%첨가된 실험구들에서는 16.04~17.06%로 동일한 지질첨가량으로 실험구간에 차이를 보이지는 않았다 ($P>0.05$). 생사료 단독구의 경우 습중량에서는 조지방 함량이 15.02%였으나 건중량에서는 40.64%로 타구에 비해 월등히 높게 나타났다. 조회분함량은 생사료단독구에서 2.85%로 가장 낮았으며 ($P<0.05$) 다른 실험구들은 8.22%~8.70%로 비슷하였는데 ($P>0.05$) 이처럼 생사료단독구가 나머지 실험구들과 회분함량의 차이를 보인 것은 MP사료 실험구들은 분말배합사료가 50%첨가된 관계로 분말사료내 높은 회분의 영향을 받아 조회분 함량이 증가한 것으로 판단된다.

Table 2. 에는 사료제조시 원료로 사용된 생사료원인 고등어와 분말배합사료의 비타민 C, E함량을 나타내었다. 이 원료를 일정한 비율로 배합한후 제조한 사료의 제조후 측정된 비타민 함량중 비타민 C의 함량에서는 비타민이 첨가된 비타민 C첨가구와 비타민 C·E첨가구가 사료제조과정에서 사료내 높

은 수분과 pellet제조과정에서의 고온, 고압에 의해 다소 파괴는 되었으나 798.5mg/kg, 800.8mg/kg 으로 비타민 C가 첨가되지 않은 다른 실험구에 비해 높게 나타났다. 생사료단독구는 7.15mg/kg 으로 나타났으며 5:5MP구와 지방 6%첨가구의 경우는 비타민 C가 검출되지 않았는데 이는 생사료단독구의 경우 완전냉동 상태에서 일정크기로 세절후 분석에 사용하였으나 5:5MP구와 지질 6%첨가구는 사료제조시 생사료를 초퍼기로 분쇄하는 과정과 배합과정, 다시 pellet기로 압출성형하는 과정에서 생사료와 분말배합사료에 함유되어 있던 소량의 비타민 C가 대부분 파괴된 것으로 판단된다.

비타민 E함량에 있어서는 비타민 E가 첨가된 비타민 E첨가구와 비타민 C, E 첨가구에서 150.65mg/kg, 145.70mg/kg으로 높은 값을 나타내었고 생사료단독구는 8.87mg/kg으로 가장 낮은 값을 보였으며 비타민 E가 첨가되지 않은 나머지구에서는 생사료와 분말배합사료내 함유된 비타민 E함유량에 의해 생사료단독구보다 다소 높은 35.29~37.76mg/kg으로 비슷한 함량을 나타냈다.

나. 성장 효과

고성능 MP사료의 비타민 C, E의 적정 첨가량 구명과 첨가에 따른 성장 효과를 검토하기 위해 넙치를 대상으로 실시한 8주간의 사육실험 결과를 Table 3.에 나타내었다. 평균체중에 있어서는 실험 개시시 31g 내외였던 것이 65.3~93.3g 까지 성장차이를 보였다. 생사료단독구가 평균 체중에서는 65.3g으로 가장 저조하였으며 비타민 E단독첨가구가 가장 높은 평균체중을 나타냈다. 일간 증중율, 성장률에 있어서는 비타민 E 단독 첨가구와 비타민 C, E 첨가구가 가장 좋은 성장을 나타냈으며 생사료단독구와 5:5MP구는 낮은 성장을 나타냈다. 어유 6%첨가구의 경우는 어유6%+비타민 첨가구들보다 성장이 다소 저조했으나 생사료단독구와 5:5MP구에 비해서는 뛰어난 성장을 나타내

Table 3. Performance of flounder fed the experimental diets for 8-week feeding trial

Diet no.	1	2	3	4	5	6
Av. body weight(g)						
Initial	30.7	31.1	31.4	31.5	31.8	31.4
Final	65.3 ^a	66.0 ^a	76.0 ^c	87.7 ^d	93.3 ^d	92.1 ^d
Number of fish	30	30	30	30	30	30
Total weight gain(g)	1037.9 ^a	1044.9 ^a	1337.3 ^b	1686.8 ^c	1844.9 ^c	1820.6 ^c
Daily weight gain(%)	1.50 ^a	1.50 ^a	1.73 ^a	1.79 ^{ab}	2.05 ^d	2.05 ^d
Feed efficiency(%)	46.0 ^c	67.5 ^a	71.6 ^a	79.7 ^b	84.4 ^b	80.3 ^b
Growth rate(%)	112.6 ^a	111.9 ^a	141.9 ^b	178.5 ^c	193.5 ^d	193.2 ^d
Total feed consumption(g)	2257 ^a	1547 ^b	1869 ^c	2117 ^d	2189 ^{ad}	2268 ^a
Daily feed intake(%)	3.26 ^e	2.21 ^a	2.42 ^{ab}	2.47 ^{ac}	2.43 ^{ad}	2.55 ^{bcd}

¹Growth rate : (Final body wt. - Initial body wt.)/(Initial body wt.)×100

²Daily weight gain : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain×100)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

Table 4. Availability of experimental diets for 8-week feeding trial

Diet no	1	2	3	4	5	6
Total feed intake(g)	2257 ^a	1547 ^b	1869 ^c	2117 ^b	2189 ^{ad}	2268 ^a
Total protein intake(g)	389 ^a	510 ^b	583 ^c	661 ^{de}	711 ^{ei}	728 ^f
Protein efficiency ratio ¹	2.67 ^a	2.05 ^b	2.29 ^{ba}	2.55 ^a	2.59 ^a	2.50 ^a
Daily protein intake(%) ²	0.56 ^a	0.73 ^a	0.75 ^a	0.77 ^a	0.79 ^a	0.82 ^a
Total lipid intake(g)	339 ^a	183 ^b	319 ^c	340 ^a	351 ^a	387 ^a
Daily lipid intake(%) ²	0.49 ^a	0.26 ^a	0.41 ^a	0.40 ^a	0.39 ^a	0.44 ^a
Retention of lipid(%) ³	15.6 ^a	13.0 ^a	24.3 ^{bc}	19.0 ^{abc}	21.1 ^c	13.8 ^a

¹Protein efficiency ratio : Body wt. gain(g)/protein intake

²Daily protein, lipid intake : $\frac{[\text{Feed(or Protein, or lipid)intake} \times 100]}{[(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.})/2] \times \text{days fed}}$

³Protein, lipid retention : $\frac{[\text{Protein(or lipid)gain} \times 100]}{\text{protein(or lipid) intake}}$

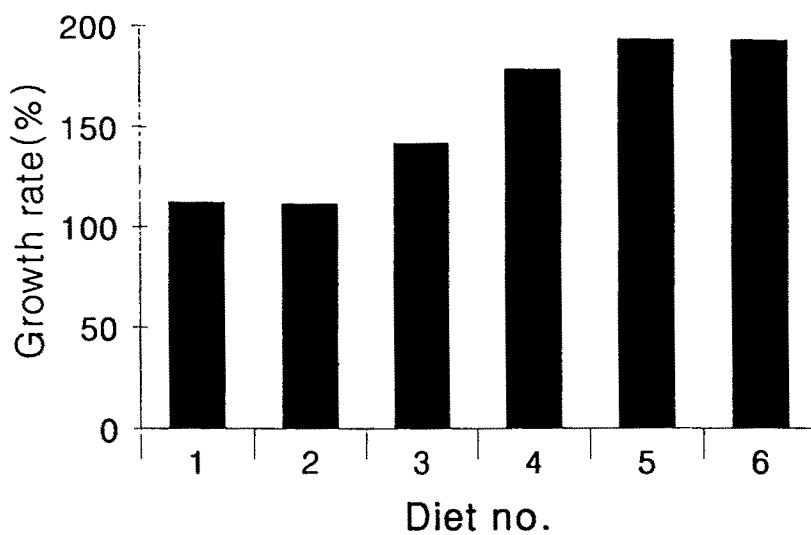


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets(MP) for 8-week feeding trial

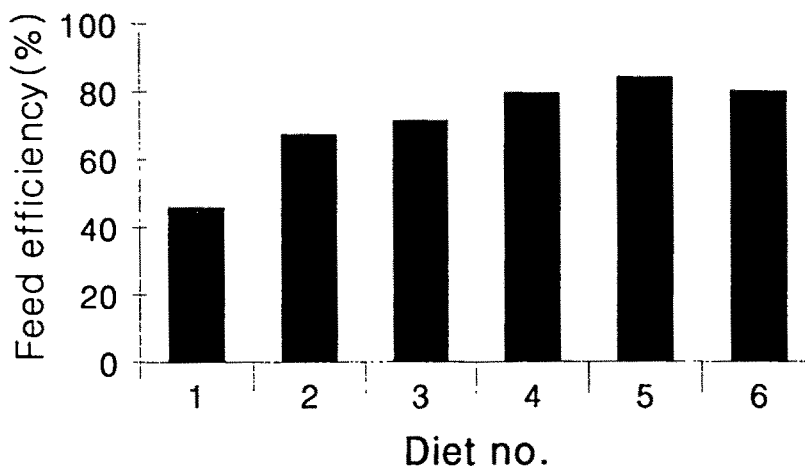


Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets(MP) for 8-week feeding trial

MP사료내 어유 첨가의 필요성을 시사했다.

총사료섭취량과 일간사료섭취량에서는 생사료단독구가 가장 많은사료 섭취량을 보였으며 5:5MP구는 일간사료섭취량과 총사료섭취량이 어유첨가구등에 비해 다소 낮았으며 어유첨가구들은 비슷한 사료 섭취량은 보였다. 특히, 비타민 첨가구들은 일간사료섭취량이 어유6%단독첨가구와는 비슷하고 생사료보다 훨씬 적은 섭취량을 보인 반면 성장에서는 앞서는 결과를 나타냈는데 이는 곧바로 사료효율 향상으로 나타났다. 사료효율에서는 생사료단독구가 가장 낮은 값을 보였으며 비타민첨가구들은 79.7~84.4%로 타실험구에 비해 높은 사료효율을 나타냈다 ($P<0.05$). 어유6%단독첨가구의 경우도 5:5MP구에 비해 성장뿐만 아니라 사료효율에서도 뛰어나 ($P<0.05$) 어유 첨가의 중요성을 재확인 할수 있었다.

일간단백질 섭취량에 있어서는 생사료단독구가 0.56%로 가장 낮은 반면 나머지 실험구들에서는 생사료단독구보다 사료내 높은 단백질함량으로 일간단백질섭취량이 증가하였으며 비타민C,E첨가구에서 0.82%로 가장 많은 섭취량을 나타냈다. 단백질 전환효율에서는 생사료단독구가 2.67로 가장 높은 값을 나타냈으며 그다음은 비타민 첨가구들이 2.50~2.59로 높은 단백질 전환효율을 나타냈고 어유6%첨가구 역시 5:5MP구보다 단백질 전환효율에서도 우수하였다 ($P>0.05$). 일간지질섭취량에 있어서는 사료내 지질함량이 다른 실험구에 비해 다소 낮았던 5:5MP구에서 0.26%로 가장 낮은 값을 보였으며 비타민 첨가구들 중에서는 비타민 C,E첨가구가 13.8%로 낮은 값을 나타냈으며 나머지 실험구들은 비슷하였다 ($P>0.05$).

다. 어체 성분

실험종료후의 전어체 성분 분석 결과는 Table 5.에 나타내었다. 수분함량

은 실험전 73.92%였으나 실험종료시 생사료단독구에서만 74.92%로 다소 증가하였으며 나머지 실험구들은 다소 감소하는 경향을 보였으나 비타민 C, E 첨가구에서 유의적으로 감소하였다 ($P < 0.05$). 전어체 조단백질함량도 전체 실험구에서 실험시작시 보다 약간 감소하였으며 실험구간에서는 별차이를 보이지 않았다. 조지방함량은 실험전 3.77%였던 것이 실험종료시 4.56%~6.73%까지 증가하였다. 지질무첨가구인 5:5MP구가 4.56%로 가장 낮은 값을 보였으며 나머지 지질첨가구에서는 비타민 C, E첨가구가 6.73%로 가장 높은 값을 보였으나 실험구간별 유의차이는 없었다 ($P > 0.05$). 조회분에 있어서는 실험개시시 3.64%와 별다른 변화를 보이지 않고 실험구별로 거의 비슷한 값을 나타냈다($P > 0.05$).

어류조직내의 비타민 C, E의 축적결과는 Table 6.에 나타내었다. 간에서의 비타민 C 축적량은 실험개시시 $16.00 \mu\text{g/g}$ 이었던 것이 실험종료후 비타민 C·E 첨가MP구에서 $54 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았고 생사료 단독구에서 $7.7 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮았다 ($P < 0.05$). 비타민 E 축적량 역시 실험개시시 $5.38 \mu\text{g/g}$ 이었으나 실험종료후 비타민 C·E첨가MP구에서 $124.51 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높게 나타났으며 생사료단독구에서 $11.09 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮게 나타났다 ($P < 0.05$).

근육에서의 비타민 C축적량의 경우 실험개시시 $10.20 \mu\text{g/g}$ 이었던 것이 실험종료후 비타민 C·E 첨가MP구에서 $14.80 \mu\text{g/g}$ 로 가장 높았고 생사료 단독구에서 $3.41 \mu\text{g/g}$ 로 가장 낮았다 ($P < 0.05$). 비타민 E의 경우 역시 실험개시시 $0.55 \mu\text{g/g}$ 이었으나 실험종료후 비타민 C·E첨가MP구에서 $8.70 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높게 나타났고 생사료 단독구에서 $3.46 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮았다 ($P < 0.05$).

어체조직내 비타민 축적량은 근육과 간에서 비타민 C, E축적량이 비타민 첨가구들 사이에서는 비타민 E단독구가 비타민 C, E첨가구보다 낮았으나 타구에 비해 높게 나타났다. 또한 조직내 비타민 축적량에 있어서도 근육보다는 간의 축적량이 높았으며, 생사료 단독구경우 간에서 비타민 C는 절반이상이 줄

Table 5. Chemical composition of whole body of flounder fed the experimental diets for 8-week(%).

	Diet no.						
	Initial	1	2	3	4	5	6
Moisture	73.92 ^a	74.31 ^a	71.56 ^a	71.84 ^{ab}	71.65 ^a	72.68 ^a	70.76 ^b
Crude protein	17.92 ^a	16.25 ^a	16.20 ^a	16.48 ^a	16.12 ^a	16.13 ^a	16.73 ^a
Crude lipid	3.77 ^a	5.53 ^{ab}	4.56 ^{bc}	6.35 ^{bc}	5.92 ^{bc}	6.24 ^{bc}	6.72 ^d
Crude ash	3.64 ^a	3.27 ^a	3.65 ^a	3.57 ^a	3.79 ^a	3.50 ^a	3.78 ^a

Table 6. The contents of vitamin C($\mu\text{g/g}$), E($\mu\text{g/g}$) in muscle and liver fed the experimental diets for 8-week

		Diet no.						
		Initial	1	2	3	4	5	6
Liver	Vitamin C	16.00 ^a	7.70 ^b	16.45 ^a	18.10 ^a	46.60 ^c	20.70 ^a	54.00 ^d
	Vitamin E	5.38 ^a	11.09 ^b	20.62 ^c	25.92 ^c	53.84 ^d	88.18 ^e	124.51 ^f
Muscle	Vitamin C	10.20 ^a	3.41 ^b	8.82 ^{ab}	9.77 ^a	14.23 ^a	10.67 ^a	14.80 ^a
	Vitamin E	0.55 ^b	3.46 ^c	3.78 ^a	5.32 ^d	4.02 ^a	6.05 ^e	8.70 ^f

었고 비타민 E는 2배이상의 증가를 나타내었다. 그러나, 근육에서는 비타민 C는 실험개시시보다 낮은 축적량을 보인 반면 비타민 E첨가구에서는 높은 축적량을 나타내었다. 이와같이 비타민 C와는 달리 비타민 E는 간과 근육에서는 물론 비타민첨가구와 비타민 무첨가구에서도 모두 실험개시시보다 높은 축적량을 나타내는데 그 이유는 생사료와 배합사료내 비타민 C는 사료 제조 과정에서 대부분 손실이 발생하였으나 비타민 E는 그 손실량이 다소 적어 어체에 영향을 준 것으로 판단된다.

간조직의 조지방 함량은 Table 7. 나타내었다. 간조직의 조지방 함량은 생사료단독구가 21.42%, 5:5MP구가 24.09%로 낮은 값을 보였으며 나머지 실험구에서는 34.01~39.98%로 다소 높게 나타났다 (P<0.05). 그러나, 건중량에 있어서는 생사료단독구의 44.38%를 제외하고는 64.32~74.35%로 큰 차이를 보이지는 않았다.

Table 7. The contents of lipid in liver of flounder fed the experimental diet for 8-week(%)

	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
Moisture	51.74 ^a	63.79 ^b	45.97 ^c	41.78 ^d	46.23 ^e	52.37 ^a
Crude lipid	21.42 ^a (44.38) ¹	24.09 ^a (66.53)	34.75 ^b (64.32)	39.02 ^c (67.02)	39.98 ^c (74.35)	34.01 ^b (71.40)

¹(dry matter)

Table 8. 에 나타난 간중량비에서는 어유와 비타민이 첨가된 실험구에서 높은 값을 나타내었으며 생사료단독구에서 가장 낮은 1.19%를 나타냈다(P<0.05). 내장중량비에서는 어유 6%첨가구가 5.37%로 가장 높게 나타났으며 비타민 C가 첨가된구가 4.93%, 비타민 C,E가 첨가된구에서는 4.83%로 높게 나타났다. 비만도에서도 어유첨가구와 비타민 첨가구에서 대체적으로 약간 높은 값을 보였으며 헤마토크리트와 헤모글로빈양에서도 어유첨가구와 비타민첨가구에서 모두 높은 값을 나타내 비타민과 어유의 첨가가 어체내 면역체계나 건강도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 8. Hepatosomatic index(HSI), visceral somatic index(VSI), condition factor(CF), hematocrit(Ht), hemoglobin(Hb) of flounder fed the experimental diets for 8-week

	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
HSI (%) ¹	1.19 ^a	1.47 ^b	2.08 ^c	2.11 ^c	1.89 ^c	2.05 ^c
VSI (%) ²	4.44 ^a	4.51 ^a	5.37 ^b	4.93 ^a	4.53 ^a	4.83 ^{ab}
CF ³	0.89 ^a	0.98 ^a	1.00 ^a	1.02 ^a	0.95 ^a	1.00 ^a
Ht (%)	22.4 ^a	24.2 ^a	27.8 ^a	27.2 ^a	26.4 ^a	27.0 ^a
Hb (%)	3.64 ^a	3.57 ^a	3.79 ^a	4.99 ^a	4.55 ^a	5.07 ^a

¹Hepatosomatic index(%) : liver wt. ×100/body wt.

²Visceral somatic index(%) : (visceral wt.+liver wt.)×100/body wt.

³Condition factor : (body wt./total length³)×100

라. 소화율 사료조성 및 성분

본 실험에 있어서 소화율 측정은 이전 실험인 제 2 절 에너지/단백질 비 실험의 소화율 측정과 동일한 방법으로 실시되었으며 본 실험에 사용된 소화율의 조성 및 성분분석결과는 Table 9.에 나타내었다.

소화율 사료제조시 지표물질은 산화크롬을 사용하여 그 첨가량은 사료량의 0.5% (내할기준)로 하였으며 C.M.C도 0.5%첨가하였다. 소화율 사료 조성은 제 2 절에서 서술한 바와 같이 생사료단독구의 경우 산화크롬 첨가가 어려워 초퍼기로 분쇄한후 점결제로 C.M.C를 9.5%첨가한 다음 산화크롬을 첨가하였는데 이로 인해 사육실험사료의 경우 사료를 외할을 기준으로 제조한 반면 소화율 사료 제조는 내할을 기준으로 제조되어 생사료와 분말배합사료의 배합비는 5:5로 동일하나 사료에 첨가되는 생사료와 분말배합사료의 양은 산화크롬, C.M.C, 어유 첨가로 인해 다소 감소하였다.

소화율 사료의 성분분석 결과 수분함량에 있어서는 사육실험사료에 비해 비타민 C첨가구만 약간의 증가를 보였을 뿐 나머지 실험구들에서는 모두 감소하는 경향을 보였다. 이는 소화율 사료는 내할을 기준으로 하므로서 수분함량이 높은 생사료 첨가량이 줄었기 때문으로 판단되며 생사료단독구의 경우 성형을 위해 C.M.C를 9.5%첨가하므로서 수분함량이 50.35%로 타실험구에 비해 높은 수분함량을 보였으나 사육실험사료보다는 상당히 감소한 수분함량을 나타냈다. 조단백질 함량에 있어서는 생사료단독구가 18.54%로 가장 낮은 값을 보였으며 나머지 실험구들에서는 5:5MP구가 33.11%로 다소 높은 값을 나타냈으나 30.29~33.11%로 큰 차이를 보이지 않았다. 조지방 함량에 있어서는 5:5MP구에서 12.38%로 다소 낮게 나타났으나 나머지 실험구들에서는 16.37~17.63%로 큰 차이를 보이지 않았으며 조회분 함량은 생사료구의 경우 C.M.C첨가로 사육실험사료 조회분 함량보다 다소 증가하여 4.62%로 나타났으며 나머지 실험구들은 생사료와 분말배합사료 비율이 동일한 관계로

거의 비슷한 함량을 나타냈다.

Table 9. Composition of test diets for apparent digestibility(%)

Ingredients	Diet no.					
	1	2	3	4	5	6
Commercial compound meal ¹	-	50	50	50	50	50
Frozen raw fish (Mackerel)	100	50	50	50	50	50
Squid liver oil ²	-	-	6	6	6	6
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
C.M.C ³	9.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin C ⁴ (mg/kg)	-	-	-	1851.8	-	1851.8
Vitamin E ⁵ (mg/kg diet)	-	-	-	-	733.3	733.3
Nutrients composition of wet matter (Dry matter)						
Moisture	50.35 ^a	31.2 ^b	28.98 ^{bc}	31.93 ^b	27.72 ^c	27.93 ^c
Crude protein	16.54 ^a (33.31)	33.11 ^b (48.13)	31.74 ^b (44.69)	30.29 ^b (44.50)	32.36 ^b (44.77)	32.28 ^b (44.79)
Crude lipid	17.63 ^b (33.53)	12.38 ^a (17.99)	16.78 ^b (23.63)	16.37 ^b (24.05)	17.56 ^b (24.29)	17.25 ^b (23.94)
Crude ash	4.62 ^a (9.310)	9.53 ^b (13.85)	8.93 ^b (12.57)	9.09 ^b (13.35)	9.09 ^b (12.58)	9.61 ^b (13.33)

¹Provided by Purina Korea Feeds company

²Used Ihwa-yuji company products

³Carboxymethyl cellulose (Junsei Chemical Co., Ltd.)

⁴Dae Sung Micro Biological Labs(Purity:90%, L-ascorbic acid)

⁵Dae Sung Micro Biological Labs(Purity:50%, DL- α -tocopherol)

마. 소화율

실험 사료의 단백질과 지방의 간접 소화율의 측정 결과를 Table 10.에 나타내었다. 단백질 소화율에 있어서는 습중량에서는 생사료단독구가 33.07%로 가장 낮은 값을 보인 반면 건중량에서는 이와는 대조적으로 64.69%로 가장 높은 소화율을 나타냈다. 나머지 실험구들은 56.18~59.30% (건중량)로 별다른 차이를 보이지 않아 비타민 첨가에 따른 소화율의 변화는 나타나지 않았다. 지방 소화율에 있어서는 생사료단독구가 건중량, 습중량 모두에서 가장 높은 소화율을 보였으며 지질 6%첨가구에서는 5:5MP구보다 지방 소화율이 감소하였는데 이는 제 2절 에너지/단백질 비 실험 결과에서 나타낸바 있다. 그러나, 지질 6%와 함께 비타민이 첨가된 실험구에서는 지질만 6%첨가된 실험구보다 소화율이 크게 개선되었으며 비타민 E첨가구의 경우는 5:5MP구와 비슷한 소화율을 보였으나 비타민 C가 첨가된 두 실험구에서는 지방소화율이 가장 높았던 생사료단독구와 거의 비슷한 소화율을 보여 상당한 소화율의 개선효과를 보여주었다.

Table 10. Apparent digestibility(%) fed the test diets for flounder

Diets no.	1	2	3	4	5	6
Protein	33.07 ^a (64.49)	45.67 ^a (59.02)	41.30 ^b (57.13)	43.31 ^{bc} (57.51)	42.99 ^{bc} (56.18)	45.48 ^{bc} (59.30)
Lipid	93.48 ^a (96.54)	81.99 ^b (87.55)	73.54 ^c (80.66)	90.41 ^a (92.81)	82.35 ^d (86.41)	91.59 ^{abc} (93.73)

¹(dry matter)

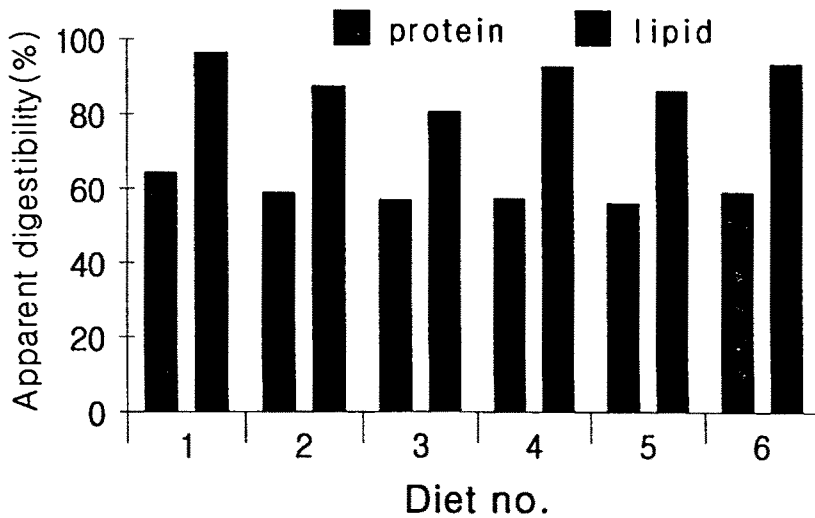


Fig 3. Apparent digestibility(%) of fed the test diets for flounder

본 실험결과 비타민 첨가구들이 생사료단독구나 5:5MP구, 어유6%단독첨가구에 비해 모두 뛰어난 성장과 사료효율을 보였으며 사료섭취량도 크게 증가하였을 뿐만 아니라 그에 따른 단백질 섭취량의 증가와 함께 단백질 전환효율도 크게 증가하므로써 비타민 첨가효과가 매우 우수하였음을 나타내었다. 또한, 비타민 첨가시 어유를 사료내 첨가하여도 소화율이 향상되는 결과를 나타내었고 어체내 지방 축적율도 크게 증가하지 않았을 뿐만 아니라 간에 있어서도 다른 실험구에 비해 크게 증가되지 않음으로서 지방이 에너지원으로 충분히 활용되므로써 단백질원이 성장에 대부분 동원되는 결과를 보여 단백질 절약효과를 위해 지질의 첨가시 비타민을 함께 첨가하여 준다면 그 효과를 극대화 시킬 수 있을 것으로 판단된다. 비타민 C와 E의 각각의 첨가효과에 있어서는 성장과 사료효율에서 비타민 C단독첨가구보다는 비타민 E단독첨가구가 다소 높은 값을 나타내었으나 지방의 소화율에 있어서는 비타민 C

첨가구보다는 다소 낮은 값을 나타냈다. 비타민 C, E첨가구에서는 성장과 사료효율에서 비타민 E단독첨가구에 크게 뒤지지 않는 반면 소화율에서는 좋은 효과를 보였으며 혈액성분에서도 안정된 결과를 보여 대체적으로 좋은 결과를 나타냈다. 비타민은 어종에 따라 다소 차이가 있으나 비타민 C, 비타민 E, inositol, choline 등의 대부분의 비타민들은 어류의 정상적인 성장에 매우 미량으로 요구되므로 이들 중 한 성분이라도 결핍되었을 경우 내성이 약해지고 성장저하와 함께 결핍증상 (NRC, 1983, 1993; Halver, 1972)이 나타나기 때문에 비타민의 단독첨가보다는 C·E의 복합첨가나 Premix 형태의 첨가가 더욱 효과적이라고 할 수 있겠다 (Lee and Kim, 1996).

특히, 비타민 C는 열, 수분, 빛에 매우 불안정하여 사료제조시 30~40%가량이 파괴가 일어나고 6주간의 실온 보관시에는 약 90%가량의 소실이 있다고 보고되고 있으며 (Steffens, 1989; Skelbaek et al., 1990) 일반적인 실온 보관시의 비타민 C 소실 반감기는 약 6~10주 정도라고 알려져 있다 (Lovell and Lim, 1978; Hilton et al., 1977). 본 실험에서도 사료 제조 직후 측정된 비타민 C함량 변화에서 약 20%의 비타민 C파괴를 나타내었으며 특히, 비타민 C는 수분에 약한 관계로 생사료의 비율을 증가시켜 MP를 제조시에는 그 손실정도가 더 커질 정도로 판단되므로 양어 사료에 비타민 C첨가시에는 제조시의 손실과 보관과정에서의 손실이 충분히 감안되어야 할 것이다.

비타민 E의 경우도 첨가량보다 제조후의 측정량이 매우 감소하였는데 이는 사료 제조방식과 비타민을 양식 현장에서 사용하는 형태에 가깝게 하기위해 첨가된 비타민의 순도가 매우 낮았고 부영제가 많이 함유되어 있었을뿐만 아니라 상업용으로 제작되는 것을 그대로 사용하여서 다른 비타민 첨가 실험의 경우 순도가 높은 비타민을 정제사료 형태로 제작하여 손실을 최소화하는 경우와는 사료제작 방법이나 첨가된 비타민의 순도 차이가 이러한 결과를 나타낸 것으로 판단된다. 비타민 E는 사료내 고도화불포화지방산이 많으면 여러

어종에서 비타민 E의 요구량이 높아진다고 보고되고 있는데 (Schwartz et al., 1988; Roem et al., 1990) MP사료의 경우 단백질원으로 사용되는 생사료와 성장향상과 단백질 절약효과를 위해 첨가되는 어유에 고도화불포화지방산이 다량 함유되어 있어 MP사료 형태의 사료급이 체계에서는 비타민 요구량은 상향 조정되어야 할 것으로 보인다. 비타민 C, E첨가에 따른 효과와 MP사료내 적정 첨가량을 구명하기 위해 실시한 본 실험결과 비타민 C, E 첨가에 따라 성장과 사료효율이 크게 향상되었으나 사료제조과정이나 보관과정에서의 손실, 또한 MP사료내의 많은 수분함량에 의한 비타민 C 손실, 어유와 생사료에 다량으로 함유되어 있는 고도불포화지방산에 따른 비타민 E의 요구량의 증가의 고려가 충분히 이루어져야 할 것이며 어류의 크기나 사료공급시 물속에 소실되는 여러 여건들을 감안하여 적정 비타민 첨가량이 결정되어야 할 것이다.

고성능 MP사료내 적정 비타민 C, E첨가량은 본 실험의 성장결과로 미루어 보아 비타민 C는 1000mg/kg 건조사료, 비타민 E는 220mg/kg 건조사료로 위에 열거한 손실정도를 감안하였을 경우 본 실험에서 첨가한 양보다는 더 많은 양의 비타민 C, E가 첨가되어야 될 것으로 판단되며 금후 MP사료내 정확한 비타민 C, E 적정 첨가량에 대한 보충 연구가 뒷따라야 할 것으로 보인다.

제 4 절 HFMP 사료개발을 위한 특수첨가물의 첨가효과 검토

I. Krill meal의 분말배합사료 대체효과 검토

1. 서 론

해산어류는 육상동물과 담수어류와는 달리 육식성이 강하여 단백질 요구량이 높아 사료 원가가 담수어류의 사료에 비해 높은 편이다. 또한 식물성 단백질의 이용성이 높지 않기 때문에 어분이 사료제조시 주단백원으로 사용되고 있다. 이러한 어분들은 대체로 조단백질 함량이 60% 이상으로 높고 어류에 필요한 영양소 특히 아미노산 조성이 고루 갖추어져 양질의 단백질이긴 하나 가격이 비싸고 공급이 불안정한 점 등 여러 가지 문제점을 내포하고 있다.

모이스트펠렛(MP)사료 제조시 사용되는 분말배합사료도 주단백원이 대부분 어분으로 이루어져 제조 단가가 높기 때문에 사료 제조 경비 절감을 위해서는 분말배합사료의 주단백원인 어분을 대신할수 있는 값싸고 공급이 안정적인 대체 단백원을 찾는 것이 시급한 실정이다.

대체 단백질에는 식물성과 동물성 원료로 나눌수 있는데 식물성 원료로는 대두박, 면실박, 콘글루텐밀, 채종박 등이 있으며 동물성 원료로는 육골분, 혈분, 육분, 우모분 등이 있으며 이를 이용하여 값비싼 어분을 대체하는 연구가 계속되고 있다 (Wee and Wang, 1987 ; Ng and Wee, 1989 ; Hardy and Masumoto, 1990). 이중 대두박은 식물성 단백질으로써 단백질 함량이 40%이

상이고 아미노산 조성이 비교적 양호할 뿐만 아니라 가격이 싸고 공급이 안정적이어서 가장 많이 연구 (Andrews and Page, 1974 ; Cho et al., 1974 ; Yamamoto and Akiyama, 1991 ; Pongmaneerant and Watanabe, 1993)되어 담수 어 사료에 널리 이용되고 있으며 온수성 어류인 잉어와 틸라피아의 경우는 단백질원을 거의 대두박으로 대체가 가능하다고 보고 되고 있다 (Mohsen and Lovell, 1990 ; 정, 1991). 냉수성 어류인 무지개 송어에 있어서는 그 이용성이 비교적 낮은 관계로 어분의 70%까지 대체 가능하다는 결과로 보고되고 있다 (Watanabe and Pongmaneeert, 1993). 해산어류인 방어에 있어서도 대두박 이용성 (Shimeno et al., 1993a, 1993b)에 대해 연구된바 있다.

Krill meal은 카로티노이드를 많이 함유하고 있어 어류 체색개선을 위한 연구에 있어서 사료 첨가제로 사용되어 왔으며 (Ha et al., 1993; Kang and Ha, 1994) 친어에 있어서 산란전 사료에 첨가하여 산란율과 난질을 높이는 데 이용 (Verakunpiriya et al., 1997)되고 있으나 어분 대체 단백질원으로서의 이용에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

본 실험에서는 해산어용 고성능 모이스트펠렛사료 개발에 있어서 생산비 절감과 고품질의 사료 개발을 위하여 기존의 어분 단백질의 대체 단백질원으로 이용되어온 식물성, 동물성 단백질이 아닌 저가의 중국산 크릴밀을 첨가하여 모이스트펠렛사료 제조시 첨가되는 분말배합사료에 대한 단백질 대체 가능성을 통해 고가의 단백질 절약 효과를 검토하기 위하여 조피볼락을 대상으로 사육 실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육

실험어인 조피볼락 (*Sabastes schegeli*)는 1996년 3월 완도군 마량면에 위치한 제일수산 가두리에서 사육중인 것을 활어차를 이용하여 수송후 O.T.C 80 ppm 에 1시간 동안 약욕후 수용하였다. 새로운 환경에 적응시키기위해 시판 EP사료를 급이하면서 예비 사육을 실시하였으며 주사육 실험전 실험 사료에 적응 시키기 위해 각 수조당 40미씩을 수용하여 1주일간 실험 사료를 급이 하면서 최종 예비 사육을 실시 하였다. 주사육 실험전 220ℓ 원형 수조에 평균 체중 60 g 내외의 조피볼락을 각 수조당 30미씩 선별하여 실험어 전체 무게를 측정후 2반복으로 수용하였다. 주수량은 3ℓ /min으로 조정하였으며 각 수조마다 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치 하였다. 사료 급이는 1일 2회로 아침, 저녁으로 나누어 주었으며 만복에 가깝게 손으로 던져 주었다.

실험 기간은 1996. 6. 12~1996. 7. 27까지 8주간 이었으며 실험 기간중의 수온은 19.6~25.6℃ 였다.

나. 실험사료

대조 사료로는 시판 조피볼락 전용 분말 사료 (주, 천하제일 육성용)를 사용하였으며 K-2구는 분말사료 80%에 크릴 20%, K-3구는 분말사료 50%에 크릴 50%의 비율로 하였다.

실험사료 제조는 준비된 원료를 잘 혼합한후 증류수를 사료 1 kg 당 400ml 씩 첨가하여 고루 섞은후 Moist pellet제조기로 압출 성형하였다. 제조된 사료는 비닐 봉지에 넣어 밀봉한후 사료통에 넣어 -25℃ 냉동고에 보관하면서 급이하였다. Table 3. 에는 실험에 사용된 분말배합사료의 포장에 표시된 성분함량을 나타내었다. 사료내 조단백질 함량은 42.0%이상 이었으며 조

지방은 3.0%이상, 조섬유는 4.0%이하였으며, 조회분은 15.0%이하로 표시되었다.

Table 1. Experimental diets of additive for rockfish(%)

Ingredients	Diet no.		
	K-1	K-2	K-3
Commercial compound meal ^{1*}	100	80	50
Krill meal	-	20	50
Distill water	40	40	40
Nutrients composition in wet matter (dry matter)			
Moisture	33.98 ^a (66.02)	34.11 ^a (65.89)	34.16 ^a (65.84)
Crude protein	31.19 ^a (47.24)	27.86 ^b (42.28)	31.30 ^a (47.54)
Crude lipid	2.30 ^a (3.7)	2.27 ^a (3.45)	2.10 ^a (3.19)
Crude ash	17.21 ^a (26.07)	11.00 ^b (16.69)	16.14 ^c (24.51)
Crude fiber	1.41 ^a (2.14)	2.54 ^b (3.85)	3.96 ^c (6.01)

¹Used Chun-ha jeil Feeds company (CP 42%)

Table 2. Proximate analysis of krill meal for the experimental diets(%)

composition	(%)
Moisture	9.53
Crude protein	41.54(45.92)
Crude lipid	2.02(2.23)
Crude fiber	7.05(7.79)
Crude ash	33.68(40.76) ¹

¹(dry matter)

Table 3. Proximate composition of commercial compound meal

Nutrients composition	(%)
Crude protein	42.0 (up)
Crude lipid	3.0 (up)
Crude fiber	4.0 (down)
Crude ash	15.0 (down)
Ca	1.0 (up)
P	2.7 (down)

다. 어체 측정

어체 측정은 실험전, 4주, 8주 실험종료시에 실시 하였으며 측정전 24시간 절식후 MS~222 100 ppm에 마취시켜 실험어 전체의 무게를 측정하였다.

라. 성분분석

실험에 사용된 사료 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

마. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 사료성분 분석

Table 2. 에는 단백질 대체원으로 사용된 Krill meal의 일반 성분 함량을 나타냈다. Krill meal의 조단백질 함량은 41.54%로 대체 단백질원으로 많이 연구되는 대두박의 45~50%에 비해 다소 낮기는 했으나 높은 조단백질 함량을 보였으며 새우분말 (Shrimp meal) 40%내외와 거의 비슷한 성분함량을 나타냈다 (NRC, 1993). Krill meal의 조지방 함량은 2.02%였으며 조섬유 함량

은 7.05%나타났으며 조회분은 36.88%로 새우분말 (Shrimp meal)의 27%와 대두박의 6%와 비교해서 높은 함량 차이를 나타내었다 (NRC, 1993). 이와 같은 시판분말사료와 Krill meal은 적정 비율로 혼합하여 제조한 사료의 일반성분분석 결과를 Table 1.에 나타내었다. 수분함량은 33.98~34.16%로 거의 비슷한 값을 보였으며 조단백질함량은 27.86~31.30%로 K-2구에서 다소 낮은 값을 보였다. 조지방 함량은 2.10~2.30%로 비슷한 값을 보였으나 조섬유 함량은 Krill meal 함량이 증가할수록 다소 증가하는 경향을 보였다.

나. 성장효과

저가의 중국산 Krill meal을 모이스트펠릿사료의 주원료인 분말배합사료에 대한 대체 효과를 검토하고 아울러 생산비 절감 가능성을 검토하고자 실시한 8주간의 사육실험 결과 평균 체중에 있어서는 실험 시작시 60 g 내외 였던 것이 실험 종료시에는 79.3g~71.0g 까지 큰 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 성장률에 있어서는 Krill meal을 첨가하지 않은 분말사료단독구가 27.3%로 Krill Meal 20%첨가구의 19.4%와 Krill meal 50%첨가구 17.6% 보다 높은 성장률을 나타냈다 ($P>0.05$). 사료효율에 있어서는 분말사료단독구가 크릴첨가구보다 높은 사료효율을 보였으며 ($P<0.05$) 일간사료섭취율에 있어서는 분말사료단독구와 Krill meal 50%첨가구가 1.93%와 1.96%로 비슷한 값을 나타냈다 ($P>0.05$). 그러나 일간증중율은 분말사료단독구가 높게 나타나 사료효율과 성장률에서 좋은 결과를 나타냈다.

본 실험 결과 Krill meal의 첨가는 성장과 사료효율에서 분말배합사료에 모두 뒤지는 것으로 나타나 MP사료의 주원료인 분말배합사료의 대체원으로는 부적합한 것으로 판단되었다.

Table 4. Performance of rockfish fed the experimental diets with additive for 8-week feeding trial

Diets	K-1	K-2	K-3
Av. body weight(g)			
Initial	60.9	59.7	60.0
Final	79.3 ^a	71.0 ^a	71.7 ^a
Number of fish	30	30	30
Total weight gain(g)	499.4 ^b	310.6 ^a	316.3 ^a
Total feed consumption(g)	1919 ^{ab}	1601 ^a	1839 ^b
Growth rate(%) ¹	27.3 ^b	17.4 ^a	17.6 ^a
Daily weight gain(%) ¹	0.50 ^a	0.33 ^a	0.34 ^a
Feed efficiency(%) ³	26.0 ^b	19.4 ^a	17.2 ^a
Daily feed intake(%) ⁴	1.93 ^a	1.71 ^a	1.96 ^a

¹Growth rate : (Final body wt.-Initial body wt.)/(Initial body wt.)
 $\times 100$

²Daily weight gain : (Feed intake $\times 100$)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2] \times days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain $\times 100$)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake $\times 100$)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2] \times days fed

어분은 양어사료 제조시 가장 많이 첨가되는 단백질이긴 하나 가격이 비싸고 수급이 불안정하여 이를 해결하기 위해서는 고가의 어분을 대체할수 있는 대체 단백원을 찾는 것이 시급한 과제이다. 현재 연구가 진행중인 대체 단백질원으로 식물성·동물성 원료가 있긴하나 해산어인 경우 육식성이 강하고 단백질 요구량이 높으며 가장 문제가 되는 것은 원료의 필수아미노산 함량인데 현재 연구되는 대체 단백질들은 어분에 비해 필수아미노산의 특정 종류가 부족한 것이 대부분이다 (NRC, 1993). 이를 개선하기위해 어분을 대체한 사료에 아미노산을 보충한 실험사료를 제조하여 사육실험을 실시하지만 대부분의 경우 그 보충효과를 얻기가 힘들다 (Andrew and Page 1974 ; 이 등, 1991; Lim and Dominy, 1989). 이는 각 어종의 아미노산 요구량이 구명되어 있지 않고 어분과 똑같은 아미노산 조성을 설계하기가 힘들기 때문인 것으로 판단된다. 본 실험에 사용한 Krill meal의 경우 일반성분분석 결과 조단백질 함량이 40% 이상으로 대체 단백질원으로써 이용가능성을 시사하고 있으나 대조구에 비해 낮은 성장과 사료효율을 보인 것은 필수아미노산의 구성이 다르기 때문인 것으로 판단된다. Table 5.에는 NRC (1993)에서 분석한 백색어분과 카제인, 새우분말의 조단백질 함량과 각각의 아미노산 구성을 나타내었다. 카제인은 실험어의 적정 아미노산요구량이 설정되지 않았을 경우 실험어의 근육이나 어분과 함께 기준 단백질로 많이 사용되는 단백질원 (Klein and Halver, 1970; Wilson et al., 1977; Arai, 1981; Ogata et al., 1983)으로 분석결과에서 보여주듯 조단백질함량에 있어서는 87.3%로 어분의 62.2%보다 훨씬 높은 값을 보였으며 아미노산구성에서는 전체적으로 균형잡힌 구성을 보이고 있다. 그러나, Krill meal과 유사한 형태의 단백질원인 새우분말의 경우는 Krill meal과 유사한 조단백질, 조회분, 조섬유, 조회분함량을 보였으나 (NRC, 1993) 다른 단백질원인 카제인, 어분보다 조단백질 함량이 낮을 뿐만 아니라 아미노산 구성에 있어서는 어분과 비교했을시 전체적으로

Table 5. Amino acid composition of ingredients commonly used in fish feed(as-feed basis)

Ingredient	Protein source		
	Fish meal(white)	Casein	Shrimp meal
Crude protein	62.2	87.3	39.9
Arg	4.21	3.40	2.35
His	1.34	2.59	0.90
Ile	2.67	5.00	1.46
Leu	4.52	8.46	2.60
Lys	4.53	6.92	2.17
Met	1.68	2.67	0.82
Cys	0.75	0.31	0.59
Phe	2.34	4.52	1.59
Tyr	1.94	4.60	1.45
Thr	2.57	3.81	1.42
Trp	0.60	1.21	0.42
Val	3.02	6.71	1.83

Quotations from NRC, 1993

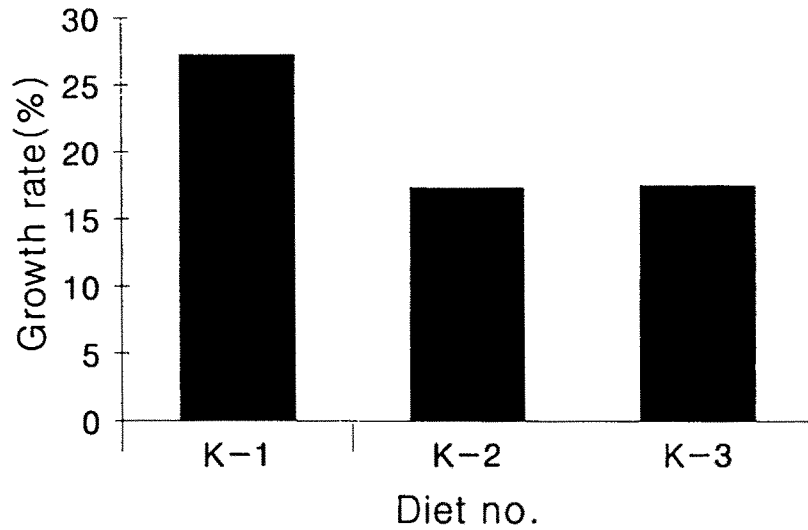


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with Krill Meal for 8-week feeding trial

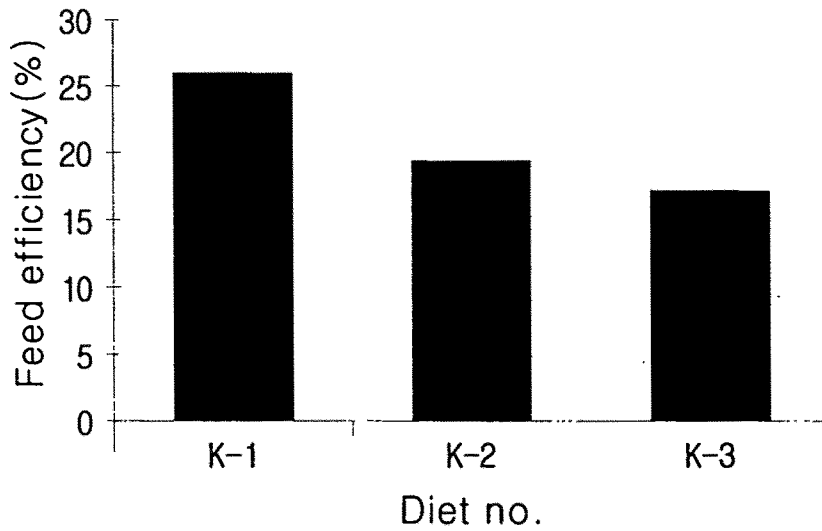


Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with Krill Meal for 8-week feeding trial

낮은 함량을 보여 이와 비슷한 형태의 대체단백질원인 Krill meal에 있어서도 전체적인 아미노산 균형이 낮을 것으로 보여 본 실험결과에 있어서도 낮은 성장을 나타낸 것으로 판단된다. 그러나 이러한 어분 대체단백원에 대한 연구가 계속되어 대체 단백원을 구명하여야만 가격이 비싸고 수급이 어려운 어분에 대한 의존도를 줄일수 있을 것이다. 특히, 우리나라의 경우 사료제조시 사용되는 원료의 대부분이 수입에 의존하고 있는 실정이므로 대체 단백질의 구명은 매우 중요하다 하겠다. 본 실험 결과 Krill Meal은 어분 대체 단백질으로 부적합한 결과를 나타냈으나 어체의 선택을 좋게하고 친어의 경우 산란에 도움을 줄수 있는 첨가제로서는 가능할 것으로 판단되며 이외에도 수산 가공 부산물 등을 대체단백원의 대상으로 지속적인 연구가 진행된다면 좋은 결과가 있을 것으로 판단된다.

II. Chitosan 첨가효과 검토

1. 서론

해산어류는 육상동물과 담수어류와는 달리 육식성이 강하여 단백질 요구량이 높아 사료 원가가 담수어류의 사료에 비해 높은 편이다. 또한 식물성 단백질의 이용성이 높지 않기 때문에 어분이 사료제조시 주단백원으로 사용되고 있다. 이러한 어분들은 대체로 조단백질 함량이 60%로 이상으로 높고 어류에 필요한 영양소 특히 아미노산 조성이 고루 갖추어져 양질의 단백질인 하나 가격이 비싸고 공급이 불안정한 점 등 여러 가지 문제점을 내포하고 있다.

모이스트펠릿사료 제조시 사용되는 분말배합사료도 주단백원이 대부분 어분으로 이루어져 제조 단가가 높기 때문에 사료 제조 경비 절감을 위해서는 분말배합사료의 주단백원인 어분을 대신할수 있는 값싸고 공급이 안정적인 대체 단백원을 찾는 것이 시급한 실정이다.

대체 단백질에는 식물성과 동물성 원료로 나눌수 있는데 식물성 원료로는 대두박, 면실박, 콘글루텐밀, 채종박 등이 있으며 동물성 원료로는 육골분, 혈분, 육분, 우모분 등이 있으며 이를 이용하여 값비싼 어분을 대체하는 연구가 계속되고 있다 (Wee and Wang, 1987 ; Ng and Wee, 1989 ; Hardy and Masamoto, 1990). 이중 대두박은 식물성 단백질으로써 단백질 함량이 40%이상이고 아미노산 조성이 비교적 양호할 뿐만 아니라 가격이 싸고 공급이 안정적이어서 가장 많이 연구 (Andrews and Page, 1974 ; Cho et al., 1974 ; Yamamoto and Akiyama, 1991 ; Pongmaneerant and Watanabe, 1993)되어 담수어 사료에 널리 이용되고 있으며 온수성 어류인 잉어와 틸라피아의 경우는 단백질원을 거의 대두박으로 대체가 가능하다 (Mohsen and Lovell, 1990 ;

정, 1991). 냉수성 어류인 무지개 송어에 있어서는 그 이용성이 비교적 낮은 관계로 어분의 70%까지 대체 가능하다는 결과로 보고되고 있다 (Watanabe and Pongmaneeert, 1993). 해산어류인 방어에 있어서도 대두박 이용성 (Shlmeno et al., 1993a, 1993b)에 대해 연구된바 있다.

또한 최근 지구상에서 연간 천억톤 이상의 생물생산이 되고 있는 미이용 천연자원인 키틴, 키토산의 연구와 활용이 꾸준히 진행되어 식품, 의약품 등 여러 공업분야에서 이에 관한 연구가 활발히 진행중이다 (Evans and Kent, 1962; Hadwiger et al., 1965). 이러한 키토산은 어류에 있어서도 많은 성장 효과와 면역증대효과가 기대되어 일부 업계에서 수산용 제품을 개발하여 양식현장에서 사료에 첨가하여 사용하고 있으나 키틴, 키토산이 어류의 성장이나 면역체계에 미치는 정확한 연구자료가 미흡한 실정이다.

본 실험에서는 해산어용 고성능 모이스트펠렛사료 개발에 있어서 생산비 절감과 고품질의 사료 개발을 위하여 기존의 어분 단백질의 대체 단백질으로 이용되어온 식물성, 동물성 단백질이 아닌 키토산을 첨가하여 모이스트펠렛 사료 제조시 첨가되는 첨가물에 의한 양식어의 성장 촉진 효과를 통해 고가의 단백질 절약 효과를 검토하기 위하여 조피볼락을 대상으로 사육 실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육

실험어인 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)은 1996년 3월 완도군 미량면에 위치한 제일수산 가두리에서 사육중인 을 활어차를 이용하여 수송후 O.T.C

80 ppm 에 1시간 동안 약육후 수용하였다. 새로운 환경에 적응시키기위해 시판 EP사료 (주. 퓨리나 코리아)를 급이하면서 예비 사육을 실시하였으며 실험사료에 적응 시키기 위해 각 수조당 40미씩을 수용하여 1주일간 실험 사료를 급이 하면서 최종 예비 사육을 실시 하였다. 주사육 실험전 각 수조당 30미씩 선별하여 실험어 전체 무게를 측정후 2반복으로 수용하였다. 주수량은 3ℓ/min으로 조정하였으며 각 수조마다 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치 하였다. 사료급이는 1일 2회로 아침, 저녁으로 나누어 반복에 가깝게 손으로 던져 주었다.

실험어의 평균 무게는 60 g 내외 였으며 실험 기간은 1996, 6, 12~1996, 7, 27까지 8주간 이었고 사육 실험 기간중의 수온은 19.6~25.6℃ 였다.

나. 실험사료

대조구는 시판 조피블락 전용 분말 사료를 사용하였으며 키토산은 소화 흡수가 가능하도록 저분자 단위로 제조한 분말 형태의 것을 사용 하였다. 키토산 첨가량은 1%, 5%, 10%로 조정하였다. 실험사료 제조는 준비된 분말 사료에 키토산을 잘 혼합한후 증류수를 사료에 넣어 고루 섞은후 Moist pellet 제조기로 압출 성형 하였다. 제조된 사료는 비닐 봉지에 넣어 밀봉 후 사료통에 넣어 -25℃ 냉동고에 보관 하였다. 실험어가 성장함에 따라 사료 크기를 조절하였다.

다. 어체 측정

어체 측정은 실험전, 4주, 8주 실험종료시에 실시 하였으며 측정전 24시간 절식후 MS~222 100 ppm 에 마취시켜 실험어 전체의 무게를 측정하였다.

Table 1. Experimental diets of additive for rockfish(%)

Ingredients	Diets			
	C-1	C-2	C-3	C-4
Commercial compound meal ¹	100	100	100	100
Chitosan		1	5	10
Distill water	40	39	35	30
Nutrients composition in wet matter (dry matter)				
Moisture	33.98 ^a (66.02)	31.63 ^b (68.37)	31.27 ^c (68.71)	23.45 ^d (76.55)
Crude protein	31.19 ^a (47.24)	32.46 ^b (47.48)	32.38 ^{abc} (47.13)	32.84 ^c (42.90)
Crude lipid	2.30 ^a (3.7)	2.27 ^a (3.32)	1.96 ^b (2.85)	1.96 ^b (2.56)
Crude ash	17.21 ^a (26.07)	7.67 ^b (11.22)	7.41 ^{bc} (10.78)	7.32 ^c (9.56)
Crude fiber	1.41 ^a (2.14)	1.77 ^b (2.59)	2.14 ^c (3.11)	2.13 ^c (2.78)

¹Used Chun-ha jeil feeds company

Table 2. Proximate composition of commercial compound meal

Composition	(%)
Crude protein	42.0 (up)
Crude lipid	3.0 (up)
Crude fiber	4.0 (down)
Crude ash	15.0 (down)
Ca	1.0 (up)
P	2.7 (down)

라. 성분분석

실험에 사용된 사료의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

마. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 사료성분

실험사료의 일반 성분분석결과와 실험에 사용된 분말사료의 포장지에 표시된 일반성분함량을 Table 1. 과 Table 2. 에 나타내었다. 실험사료 제조에 사용된 조피블락 전용 분말사료 (주, 천하제일)는 조단백질 함량이 42%이상, 조지방 함량은 3.0%이상, 조섬유는 4.0%이하, 조회분은 15.0%이하로 표시되었으며 Ca와 P는 각각 1.0%이상, 2.7%이하로 첨가된 것으로 표시되었다. 이러한 분말사료에 키토산과 증류수를 첨가하여 제조된 실험사료의 일반 성분분석 결과 수분은 23.45~33.98%를 키토산함량의 증가와 함께 증류수량을 줄임으로 인해 수분 함량이 점차 감소하는 경향을 나타내었으며 조단백질 함량은 31.19~32.84%로 별다른 차이를 보이지 않았다. 조지방 함량에 있어서는 키토산 첨가량이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보였으며 조회분은 7.21~7.67%로 거의 비슷하였으며 조섬유는 키토산 첨가구가 대조구보다 약간 높게 나타났다.

나. 성장효과

갑각류 껍질에서 추출한 천연물질 키토산의 사료내 첨가에 따른 성장효과를 조사하고 적정 첨가량을 검토하기 위해 조피블락을 대상으로 8주간 사육 실험을 실시한 결과 평균 체중은 실험전 60 g 내외 였던 것이 실험 종료시에는 69.4 g~77.7 g으로 구간별 큰 차이를 보이지 않았다. 키토산 5%첨가구가 77.7 g 으로 가장 좋은 성장을 보였으며 키토산 10%첨가구가 가장 낮은 성장을 보였다. 성장율에서는 키토산 5%첨가구가 27.8%, 대조구가 27.3%

Table 3. Performance of rockfish fed the experimental diets with additive for 8-week feeding trial

Diets	C-1	C-2	C-3	C-4
Av. body weight(g)				
Initial	60.9 ^a	60.5 ^a	60.8 ^a	59.3 ^a
Final	77.5 ^a	69.7 ^b	77.7 ^a	69.4 ^b
Number of fish	30	30	30	30
Total weight gain(g)	499.4 ^a	277.1 ^b	507.3 ^a	301.1 ^b
Total feed consumption(g)	1919 ^a	1601 ^b	1844 ^c	1524 ^d
Growth rate(%) ¹	27.3 ^a	15.3 ^b	27.8 ^a	17.0 ^b
Daily weight gain(%) ²	0.50 ^a	0.30 ^a	0.51 ^a	0.32 ^a
Feed efficiency(%) ³	26.0 ^a	17.3 ^b	27.5 ^a	19.8 ^b
Daily feed intake(%) ⁴	1.93 ^a	1.71 ^a	1.85 ^a	1.64 ^a

¹Growth rate : (Final body wt. - Initial body wt.)/(Initial body wt.)
×100

²Daily weight gain : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain×100)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

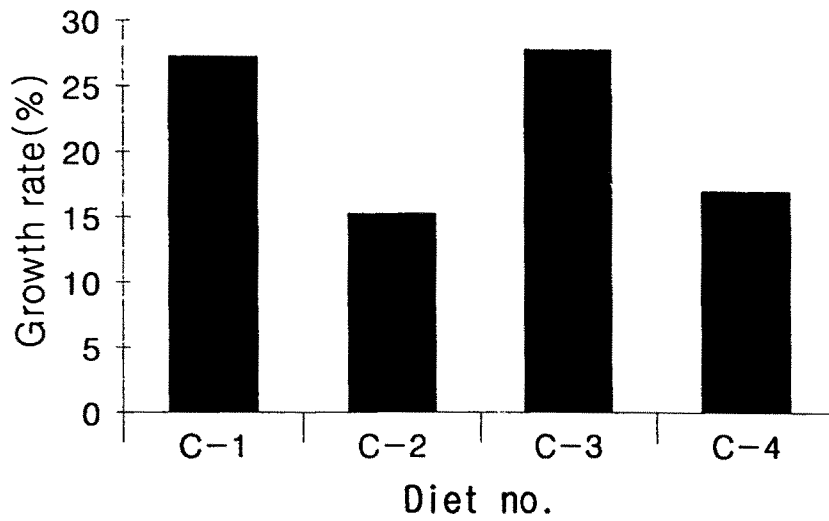


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets with Chitosan for 8-week feeding trial

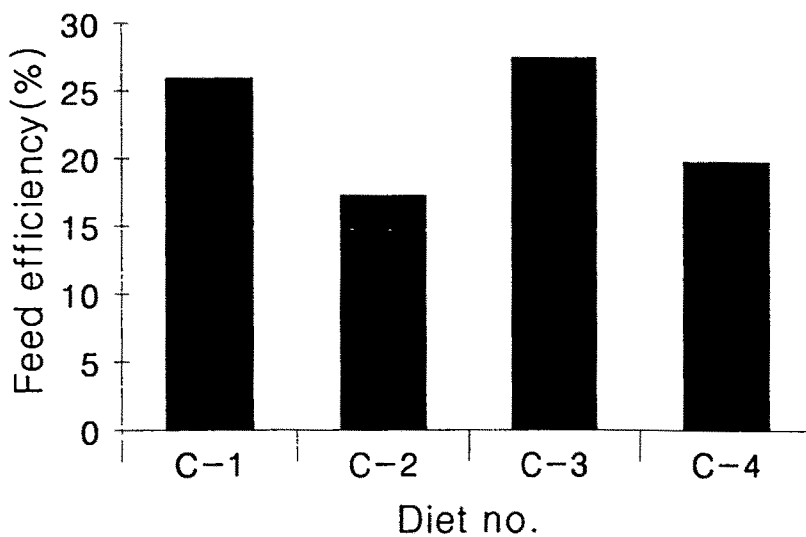


Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets with Chitosan for 8-week feeding trial

로 비슷한 성장을 보였으며 키토산 1%첨가구와 10%첨가구는 다소 저조 하였다. 일간 증중율에서도 키토산 5%첨가구와 대조구가 다소 높은 수치를 보였으며 일간 사료 섭취율에서는 대조구가 약간 높은 값을 나타냈다. Krill meal 첨가실험과 키토산 첨가실험에 있어서 실험어인 조피볼락의 전체적인 성장이나 사료효율 등이 저조했던 것도 예비 사육기간중에 잦은 항생제 투여와 포르말린 약욕으로 인해 실험어에 스트레스를 가중시켜 어류의 신진대사에 좋지않은 영향을 미쳐 어체의 성장을 저해 한 것으로 판단되며 사육기간 중의 수온 역시 19~25.6℃ 로 사육기간내 고수온을 유지하여 고수온에 의한 섭취량 감소도 저조한 성장의 한 원인으로 판단되었다.

본 실험결과 조피볼락 MP사료에 대한 키토산의 첨가효과는 성장과 사료효율면에서 예상한 기대효과를 얻을수 없었으며 성장에 큰 도움을 주지 않았던 것으로 판단되며 어류의 질병예방이나 항변성 증대를 위해 키토산을 사용하면 성장면에서 뒤지지 않는 5%정도의 첨가가 적절할 것으로 생각된다.

키토산은 게, 새우 등의 갑각류와 곤충류, 버섯이나 세균 등의 세포벽 등에 광범위하게 존재하고 있는 물질로 연간 100억톤 정도로 지구상에서 셀룰로오스 다음으로 많이 생산되고 있는 물질이다 (平野茂博, 1986). 키틴, 키토산의 공업적 생산은 1970년 일본에서 시작되어 현재 일본에서는 연간 약 450톤의 키토산이 생산되고 있으며 우리나라의 경우 이에관한 정확한 자료가 없어 정확한 생산량은 알수 없으나 소규모 공장에서 키틴, 키토산이 생산되고 있다. 특히, 키틴, 키토산의 분해물인 키토산 올리고당은 항균성, 항바이러스, 항곰팡이 기능뿐 아니라 생체의 면역 기능 강화 역할 (Hodwiger et al., 1965; Allan and Hadwiger, 1979; Stossel and Leuba, 1984; Hirano and Nagao, 1989)을 하기 때문에 의약품, 식품, 공업용 제품, 축산사료, 양어사료 등에 많이 첨가되어 사용된다. 키토산 올리고당은 D-글루코사민이 β -1,4 결합으로 2~10개 결합한 올리고당으로 키토산을 부분가수분해하여

얻을수 있으며 특히 6당과 7당은 면역 강화 기능을 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 키토산 올리고당은 어류에 있어 사료에 첨가하여 급이하였을 경우 성장촉진, 면역강화, 맛과 색택의 개선, 생리활성, 병원성 세균의 증식 억제 등의 효과를 목적으로 최근 양식 현장에서 사용 빈도가 점차 증가하고 있는 실정이다. 그러나 본 실험 결과 성장과 사료효율에서 좋은 효과를 나타내지 않았는데 이는 실험에 사용된 키토산이 올리고당으로 어느정도 가수분해된 상태인지 정확히 판단할수 없어 키토산 첨가에 의한 효과를 정확히 검증하기에는 다소 어려움이 있었다. Kono (1987) 등은 사료내 키틴, 키토산, 셀룰로오스를 첨가하여 어류의 성장에 미치는 영향을 조사한 결과 키토산은 성장에 도움을 주지 않고 대조구보다 성장이 감소하는 결과를 나타냈으며 키틴의 경우는 어류의 성장과 사료효율을 많이 개선시켜 주는 것으로 보고하고 있다. 또한, Kono (1987) 등은 키틴 첨가량의 결정에서 10%의 첨가가 성장에 가장 많은 도움을 주는 것으로 보고하고 있으며 Chitinase, Chitosanase 활성 분석결과에서는 키틴이나아제의 활성은 보이나 Chitosanase의 활성은 발견할 수 없고 키토산은 사료의 흡수, 소화 등에 도움을 주지않고 오히려 성장저하의 원인이 되는 것으로 본 실험 결과와 유사한 경향을 보였다. 그러나, 아직까지 어류에 있어서 키토산의 효과 검증에 관한 연구가 미흡한 실정이므로 이에 관한 지속적인 연구를 계속하므로서 지구상에서 아주 풍부하게 생산되는 키토산을 양어사료에 활용하여 새로운 첨가제로서 정착시킬수 있도록 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

제 4 장 고성능 모이스트펠렛(HFMP)사료의 실용화와 경제성분석 및 기술이전

제 1 절 HFMP 사료개발을 위한 항산화제 첨가효과 검토

1. 서론

해산어 양식에 있어서 모이스트펠렛사료 (MP) 제조시 생사료원으로 사용되는 연안 다핵성 어종은 본 연구 결과 어종 및 어체크기, 어획시기에 따라 지질 함량에 큰차이를 나타내었으며 대개 어체내 지방 함량은 3.1%에서 최고 15.5%까지 나타내고 있다. 이중 양식 현장에서 생사료원으로써 가장 사용량이 많은 고등어의 경우 지방 함량이 10%이상으로 매우 높아 어획후 운반, 저장, MP 제조과정에서 산화가 일어날 가능성이 매우 높다.

이와 함께 MP사료 제조시 고가의 단백질을 절약하기 위해 지질원으로 어유를 첨가하게 되므로서 사료의 제조 및 취급, 보관의 과정에서 산화가 일어날 가능성이 매우 높을 뿐만 아니라 산화된 사료를 양식 어류에게 급이 하였을 경우 성장저해와 함께 여러 가지 질병을 유발시켜 양식 어류에 큰 피해를 주게된다 (Yokoto, 1970; Roald and Armstrong, 1981; 조 와 전, 1990).

특히 양어사료에 널리 첨가되고 있는 어유는 EPA나 DHA와 같은 n-3 고도 불포화 지방산이 다량 함유되어 있어 구조적인 특성 때문에 공기중의 산소, 열, 광선 등에 의해 쉽게 산화를 일으키고 생체내에서는 과산화지질의 생성

으로 조직이상이나 생체막의 변화 등 나쁜 영향을 초래할 가능성이 높다 (Bidlack et al., 1973; Vergroeson, 1977; Saito, 1988). 이러한 사료중의 지방산이나 비타민 등의 중요 구성 성분의 산화 방지를 목적으로 항산화제가 사용되는데 천연 항산화제로는 비타민 C, E를 들수가 있으며 인공 합성 항산화제로 양식 사료에 널리 쓰이는 것으로는 BHT (Butylated-hydroxytoluene), BHA (Butylated-hydroxyanisole), 에톡시퀸 (Feher et al., 1987; Murai et al., 1988; Kajima et al., 1991; Hwang et al., 1992) 등이 있다. 또한 천연 항산화제로써 비타민 C는 수용성 항산화제로 세포내 지방 입자막의 산화는 억제하나 막안에 존재하는 물질에 의하여 일어나는 산화 반응에 대하여는 항산화 능력이 없지만 (Nik et al., 1985) 비타민 E와 상호적으로 작용하여 비타민 E의 항산화력을 높여주는 것으로 알려져 있다 (Heikkila and Manzino, 1987).

한편 비타민 E는 생체막, 지단백질 그리고 지방, 특히 불포화 지방산의 항산화제로서 그 기능을 한다고 알려져 있으며 항산화제로서 식품이나 사료 등의 변질, 변패를 강력하게 억제하는 안정제로서도 관심을 끌고 있다. 또한 비타민 C, E는 사료내 적정량의 첨가에 따라 어류의 성장과 면역 기능을 크게 향상 시킴으로써 항산화제 기능뿐만 아니라 생리활성기능 물질 (Hamre and Lie, 1995; Blazer and Wolke, 1984)로써도 보다 그 관심이 더욱 커지고 있는 실정이다. 그러나 비타민 E는 단독으로 사용되었을때는 항산화제로서의 그 역할이 매우 약해 다른 항산화제와 혼합해서 사용해야 더 좋은 효과를 얻을수 있는데 Murai and Andrews (1974)는 인공합성 항산화제인 에톡시퀸이 비타민 E의 역할을 대신한다는 연구결과를 보고하고 있으며 현재 양어 사료에 항산화제로 널리 사용되고 있다. 이러한 인공합성 항산화제의 FDA권장량은 BHA와 BHT는 지방함량의 0.02%이며 에톡시퀸은 150 mg/kg diet 로 제한하고 있다 (NRC, 1993).

또한 양어사료에 있어서의 비타민 Premix는 일반적으로 대상어류가 필요로 하는 13~14종의 각종 비타민이 첨가되고 있으며, 이들 비타민들의 첨가량은 비타민의 요구량을 충족시키는 양이 첨가되며 이중, 구조적으로 불안정하여 사료제조 및 보관시에 많은 양이 파괴되는 수용성 비타민류는 요구량보다 많은 양이 첨가되고 있다. 특히, 비타민 C, E는 항산화제 기능을 지님으로써 사료제조시 산화방지 목적에서도 많은 양이 첨가되고 있는 실정이나, 이러한 목적으로 사료제조시 첨가되는 비타민 premix에 대한 항산화 효과에 관한 검토는 전혀 이루어지지 않은 상태이다. 따라서 본 연구에서는 MP제조시 혼합되는 분말배합사료에 포함되어 있는 비타민 premix와 양어사료 제조시 널리 사용되고 있는 저가의 항산화제인 에톡시퀸과 산화어유, 신선어유를 각각 실험사료에 첨가하여 넙치를 대상으로 항산화제 기능을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험사료

대조 사료는 완전 생사료구와 양식현장에서 주로 사용되고 있는 생사료와 분말을 8:2로 혼합한 MP를 사용하였으며 나머지 실험구들은 8:2MP사료에 어유 (신선어유, 산화어유), 항산화제premix 및 에톡시퀸이 첨가된 즉, 항산화제premix+신선어유첨가구, 항산화제premix+산화어유+에톡시퀸첨가구, 항산화제premix+산화어유+에톡시퀸첨가구로 5구를 설정하였다. 항산화제premix는 사료 1 kg당 0.3%를 첨가하였으며 산화 오일은 Dry oven 30℃ 에서 10시간 산화 시킨 것을 사용하였다. 에톡시퀸은 신선어유와 산화어유 각 1ℓ 당 0.3 g 씩 첨가하였으며 -25℃ 냉장고에 보관하면서 사료 제조시 적당량을 사용

하였다. 사료제조는 준비된 어유와 항산화제premix를 혼합기로 잘 섞은후 생사료원인 고등어, 넙치전용 분말배합사료 (주. 퓨리나코리아)와 혼합하여 moist pellet제조기로 압출 성형한후 비닐에 넣어 밀봉후 사료통에 넣어 냉동보관 (-25℃) 하면서 급이하였다.

나. 실험어 및 사육

실험어인 넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 전라남도 완도군 고금도에 위치한 양어장으로부터 활어차로 수송하여 2ton FRP수조에 O.T.C 100 ppm 으로 약욕후 수용하였다. 처음 1주는 적정 크기의 EP 사료에 비타민을 흡착하여 사육하였으며 어느정도 안정된 후에 모이스트펠렛 (생사료:분말사료=5:5)사료로 4주간 예비 사육후 크기가 고르고 건강한 개체를 선별하여 실험어로 사용하였다. 실험어의 평균체중은 31.4 ± 0.7 g 이었으며 220ℓ 원형 수조와 320ℓ 사각 수조에 각 30미씩 2반복 무작위로 수용하여 8주간 사육실험을 실시하였다. 유수량은 각 실험 수조마다 4ℓ/min 으로 조정하였으며 충분한 산소 공급을 위하여 각 수조마다 에어스톤을 설치하였다. 사육 기간중의 수온은 19.5~22.3℃ 였으며 사료 공급은 1일 2회 (8:00, 17:00)로 나누어 먹이 찌꺼기가 남지 않도록 만복에 가깝게 손으로 던져 주었다.

다. 어체 측정

어체 측정은 실험전, 4주, 8주 실험종료시에 실시 하였으며 측정전 24시간 절식후 MS~222 100 ppm 에 마취시켜 실험어 전체의 무게를 측정하였다.

Table 1. Composition of experimental diets for flounder.

Ingredients	Diet no.				
	1	2	3	4	5
Commercial	-	20	20	20	20
compound meal ¹					
Frozen raw fish (mackerel)	100	80	80	80	80
Squid liver oil ²					
Fresh oil	-	-	3	3	-
Oxidized oil ³	-	-	-	-	3
Ethoxiquin ¹	-	-	-	0.03	0.03
Antioxidant premix ¹	-	-	0.3	0.3	0.3
Nutrients composition of wet matter (dry matter)					
Moisture	63.04 ^a	52.82 ^b	51.56 ^b	51.71 ^b	50.94 ^b
Crude protein	17.23 ^a (46.62)	23.88 ^b (50.61)	23.46 ^b (48.43)	23.15 ^b (48.29)	23.95 ^b (48.82)
Crude lipid	15.02 ^a (40.64)	13.86 ^a (29.38)	15.50 ^a (32.00)	15.91 ^a (32.95)	15.64 ^a (31.88)
Crude ash	2.85 ^a (7.71)	3.95 ^a (8.37)	4.53 ^a (9.35)	4.47 ^a (9.26)	3.96 ^a (8.07)

¹Provided by Purina Korea feeds company

²Used Ihwa yuji company products

³After 10hour oxidation to the dry oven at 30°C

라. 성분분석

실험에 사용된 사료의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

마. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

Table 2. Composition of antioxidant premix added to the experimental diets for flounder

Composition	(%)	Kg
Vitamin C ¹	50	$3 \times 0.5 = 1.5$
Vitamin E ²	20	$3 \times 0.2 = 0.6$
Ethoxyquin ³	7.5	$3 \times 0.075 = 0.23$
Wheat flour	22.5	$3 \times 0.225 = 0.67$
Total	100	3

¹Vitamin C Purity is 10%

²Vitamin E Purity is 50%

³Ethoxyquin Purity is 66.

Table 3. Compostion of squid liver oil added to the expermental diets for flounder

Ingredients	Standards
Acid value	0.5 (Max.)
Peroxide value	3.0 (Max.)
w ³ -HUFA	26.0%(Min.)
Unsaponifiable matter	5%
The main ingredients	
Vitamin A ¹	4,000 (Min.)
Vitamin D ₃ ¹	200 (Min.)
Vitamin E ²	50 (Min.)
B.H.T ³	0.02 (Max.)

¹A unit : IU/g

²A unit : mg/kg

³Antioxidant : Butylated - hydroxytoluene (%)

3. 결과 및 고찰

가. 사료성분

Table 1. 에 나타난 실험사료의 사료성분중 수분은 생사료구는 63.04 %로 가장 높은 수분함량을 나타냈으며 나머지 실험구는 생사료와 분말배합사료의 혼합비가 8:2로 생사료 비율이 다소 높은 관계로 50.94~52.82%로 나타났다. 조단백질 함량은 생사료구만이 17.23%로 타실험구들과 차이 (P<0.05)를 보였으며 나머지 실험구들은 생사료와 분말배합사료의 혼합비율이 모두 같은

관계로 23.15~23.95%로 거의 같은 값을 나타냈다. 조지방함량은 지방이 첨가되지 않은 구 (Diet 2)만이 13.86%로 다소 낮은 수치를 나타냈으며 나머지 실험구들은 15.02~15.91%로 비슷한 값을 나타냈다. 조회분 함량에 있어서는 생사료 단독구만이 2.85%로 다소 낮았을뿐 나머지 실험구들은 3.95~4.53 %로 별다른 차이를 보이지 않았다. 사료에 첨가된 오징어 간유의 POV, AV 측정결과 POV, AV 모두 산화시킨 어유와 산화를 시키지 않은 어유, 또한 항산화제 첨가 유무에 따라 별다른 차이를 보이지 않고 비슷하였다.

Table 4. POV and AV of squid liver oil added to the experiential diets for flounder

	Fresh oil	Fresh oil + Ethoxiquin 0.03%	Oxidized oil + Ethoxiquin 0.03%
POV(meq/kg)	16.8	17.7	17.3
AV(mg)	3.1	2.9	3.0

나. 성장효과

실험실상에서 인위적으로 산화시킨 어유에 첨가된 항산화제 역할을 검토하기 위하여 넙치를 대상으로 8주간의 성장 실험 결과 실험 개시시 평균 체중이 40 g 내외의 것이 실험 종료시 평균 체중이 83.8~106.8 g 까지 성장 차이를 보였다. 성장률에서는 대조구인 생사료구에서는 138.3%, 어유가 첨가되지 않은 8:2MP구에서는 108.3%로 어유와 항산화제혼합물인 167.1%보다 낮

Table 5. Performance of flounder fed the experimental diets for 8-week feeding trial

	Diet no.				
	1	2	3	4	5
Number of fish	30	30	30	30	30
Av. body weight (g)					
Initial	40.5	40.3	40.0	40.1	40.8
Final	96.5 ^{ab}	83.8 ^b	106.8 ^a	95.2 ^{ab}	99.9 ^{ab}
Total weight gain (g)	1680.5 ^a	1307.8 ^b	2004.8 ^c	1654.7 ^a	1773.1 ^a
Total feed consumption(g)	3687 ^a	2637 ^b	3584 ^a	3083 ^c	3202 ^c
Growth rate(%) ¹	138.3 ^a	108.3 ^b	167.1 ^c	137.6 ^a	145.0 ^a
Daily weight gain(%) ²	1.70 ^{ab}	1.46 ^a	1.90 ^b	1.70 ^{ab}	1.75 ^{ab}
Feed efficiency(%) ³	45.6 ^a	49.0 ^{ac}	55.9 ^b	53.7 ^{bc}	55.4 ^b
Daily feed intake(%) ⁴	3.34 ^a	2.95 ^b	3.39 ^a	3.16 ^{ab}	3.16 ^{ab}

¹Growth rate : (Final body wt. - Initial body wt.)/(Initial body wt.)
×100

²Daily weight gain : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain×100)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fe

Table 6. Availability of experimental diets for 8-week feeding trial

Diet no.	1	2	3	4	5
Total feed intake(g)	3687 ^a	2637 ^b	3584 ^a	3083 ^c	3202 ^c
Total protein intake(g)	635 ^a	630 ^a	841 ^b	714 ^c	767 ^d
Protein efficiency ratio ¹	2.65 ^a	2.08 ^b	2.38 ^{ab}	2.32 ^b	2.31 ^b
Daily protein intake(%) ²	0.64 ^a	0.71 ^a	0.80 ^a	0.73 ^a	0.76 ^a
Total lipid intake(%)	554 ^a	365 ^b	556 ^a	491 ^c	501 ^c
Daily lipid intake(%) ²	0.56 ^a	0.41 ^a	0.53 ^a	0.50 ^a	0.49 ^a
Retention of lipid(%) ³	3.51 ^a	-9.10 ^b	24.38 ^c	20.85 ^c	24.07 ^c

¹Protein efficiency ratio : Body wt. gain(g)/protein intake

²Daily protein, lipid intake : $\frac{[\text{Feed(or Protein, or lipid)intake} \times 100]}{[(\text{Initial body wt.} + \text{Final body wt.})/2] \times \text{days fed}}$

³Protein, lipid retention : $\frac{[\text{Protein(or lipid)gain} \times 100]}{\text{protein(or lipid) intake}}$

은 성장률을 보였다. 신선어유 (Diet 4)와 산화 어유 (Diet 5)에 에톡시퀸을 첨가한 구에서는 성장률은 137.6%와 145.0%, 사료 효율은 53.7%와 55.4%로 별차이를 보이지 않았다. 일간 성장율에 있어서도 생사료 단독구가 1.46%로 다른 실험구에 비해 다소 낮은 값을 나타내었으며 어유+8:2MP구가 1.90%로 가장 높은 일간 성장율을 보였으며 나머지 구들도 1.70~1.75%로 비슷한 성장을 보였다. 일간 사료섭이율은 어유+8:2MP구가 3.39%로 가장 높았으며 8:2MP구가 2.95%로 가장 낮은 값을 보였고 일간 단백질 섭취율에서도 어유+8:2MP구가 가장 높은 값을 나타냈으며 생사료구가 가장 낮은 값을 나타냈다. 총지질 섭취량과 일간 지질 섭취량에서는 지질원인 어유가 첨가되지 않은 8:2MP구가 가장 낮았으며 나머지 시험구들은 사료내 조지방 함량이 비슷한 관계로 섭취량에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

다. 어체성분

8주간 실험종료후의 어체 성분 변화는 Table 7.에 나타내었다. 전어체 성분중 수분함량은 실험전 73.92%였으나 실험종료후에는 비타민과 어유가 첨가되지 않은 생사료단독구와 8:2MP구에서만 79.80%와 77.83%로 감소하였고 비타민과 어유첨가구는 67.12~71.46%로 모두 증가한 경향을 보였다. 조단백질 함량에서는 실험개시시의 17.92%보다 모두 낮은 값을 나타냈는데, 그중 생사료단독구와 8:2MP구가 15.35%, 15.72%로 좀더 낮은 값을 나타냈다. 조지방함량에서는 비타민과 어유가 첨가되지 않은 생사료단독구와 8:2MP구가 낮은 값을 보였으며 비타민과 어유가 첨가된 구는 실험개시시의 3.77%보다 훨씬 높은 7.19~8.28%의 조지방 함량을 나타냈다. Table 8.에 나타난 간중량비, 내장중량비, 비만도에서도 비타민과 어유가 첨가된 실험구들이 생사료 단독구와 8:2MP구에 비해 모두 높은 값을 나타내었다.

Table 7. Chemical composition of whole body after 8-week feeding trial for flounder.

Diets	Initial	1	2	3	4	5
Moisture	73.92 ^a	79.80 ^b	77.83 ^b	67.12 ^{ce}	71.46 ^{de}	68.66 ^e
Crude Protein	17.92 ^a	15.35 ^a	15.72 ^a	17.11 ^a	16.64 ^a	17.83 ^a
Crude Lipid	3.77 ^a	4.42 ^a	2.66 ^a	8.28 ^b	7.19 ^b	7.79 ^b
Crude Ash	3.64 ^a	3.24 ^a	3.52 ^a	3.52 ^a	3.47 ^a	3.63 ^a

Table 8. Hepatosomatic index(HSI), visceralomatic index(VSI), condition factor(CF), hematocrit(Ht), hemoglobin(Hb) of flounder fed experimental for 8-week

	Diet no.				
	1	2	3	4	5
HSI(%) ¹	1.23 ^a	1.10 ^b	2.39 ^c	2.28 ^c	2.55 ^c
VSI(%) ²	4.80 ^a	4.73 ^a	6.59 ^{bd}	5.89 ^c	6.48 ^d
CF ³	0.90 ^a	0.89 ^a	1.02 ^a	0.94 ^a	0.99 ^a
Ht(%)	22.0 ^a	28.5 ^b	24.0 ^b	25.5 ^b	23.4 ^b
Hb(g/dl)	8.4 ^a	7.3 ^a	8.8 ^a	9.2 ^a	8.4 ^a

¹Hepatosomatic index : liver wt. ×100/body wt.

²Visceralomatic index : (visceral wt.+liver wt.)×100/body wt.

³Condition factor : (body wt./total length³)×100

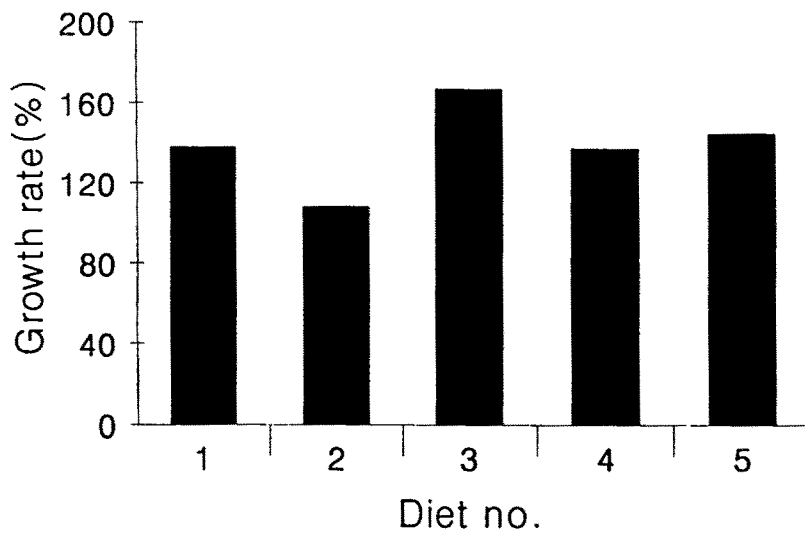


Fig 1. Result of growth rate fed the experimental diets for 8-week feeding trial



Fig 2. Result of feed efficiency fed the experimental diets for 8-week feeding trial

양식어가에서 MP사료제조시 사용되는 생사료와 어분이 다량 함유된 분말배합사료는 모두 고도불포화 지방산이 함유되어 있어 산패의 가능성이 매우 높다. 어유의 경우 산패된 것을 원료로 제조된 사료는 사료를 장기간 투여하였을 경우 빈혈, ceroid형성, 덩어림병 등 여러 가지 병리적 현상의 초래와 성장이 저하되고 정도가 심하면 폐사에 이르게 된다 (Yokoto 1970; Roald and Armstrong, 1981; 조 와 전 1990). 본 실험의 경우 첨가된 어유의 종류에 따라 성장 차이나 폐사율의 차이를 볼수 없었는데 이는 Table 4.에 나타난 바와 같이 드라이 오븐에서 10시간 산화시킨 어유가 어류에 피해를 줄 정도로 충분히 산화가 되지 않았던데 그 원인이 있다 하겠다. 이처럼 드라이오븐에서 10시간이나 산화시킨 어유가 충분히 산화되지 않은 것은 Table 3.에 나타난 것처럼 제조회사에서 어유를 제조할 때 Vitamin A, D, E와 함께 항산화제인 B.H.T를 일정량 첨가하므로써 산화가 억제된 것으로 판단된다. 또한 에톡시퀸과 함께 첨가된 항산화제 프리믹스도 어유가 충분히 산화되지 않아 항산화제의 역할도 충분히 검토할 수 없었다. 비타민의 경우 항산화제 역할을 하는 성분으로는 비타민 C와 E를 들수 있는데 (Takeda et al., 1989; Kosutark et al., 1995) 이러한 성분들이 항산화제로서 역할을 하기위해 산패된 사료에 첨가되는 양은 잉어, 틸라피아, 차넬메기에 있어서 대개 사료 kg당 비타민 E (α -tocopherol)는 50~100 mg, 비타민 C (L-ascorbic acid)는 40~100 mg으로 보고되고 있다 (Gatlin et al., 1986; Sato et al., 1991). 본 실험에 첨가된 비타민 C, E의 첨가량은 항산화제 첨가량에 함유된 비타민 C, E의 함량에 따라 계산한 결과 비타민 C는 15 mg/kg diet, 비타민 E는 30 mg/100 diet로 항산화제로서 역할을 하기위한 첨가량에는 미치지 못했으나 Diet 5의 산화어유 첨가구의 성장이나 사료효율 등이 Diet 3, 4와 큰 차이를 보이지 않았던 것은 실험에 사용된 어유자체에 비타민 E와 항산화제가 첨가되어 산화어유가 충분히 산화되지 않아 항산화제 기능을 목적으로 첨

가된 항산화제 프리믹스가 주로 생리활성 기능쪽으로 활용된 것으로 판단된다.

본 실험결과 항산화제 프리믹스는 항산화제 역할보다는 성장효과에 많은 영향을 주어 프리믹스를 첨가하지 않은구인 생사료단독구와 8:2MP구보다 뛰어난 성장을 보임으로써 MP사료 제조시 반드시 첨가되어야 할 것으로 보이며 MP사료는 높은 지방을 함유하고 있어 금후에는 더욱 정확한 사료내 지질의 산패에 관한 구체적인 연구가 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 비타민 C, E의 항산화제에 역할로서의 첨가량뿐만 아니라 고성장을 기대하기 위한 고성능 MP사료내의 적정 첨가량에 대한 구체적인 연구가 뒷따라야 할 것이다.

제 2 절 HFMP 사료의 저장성 검토

1. 서 론

일반적으로 양어사료용으로 사용되고 있는 모이스트펠렛(MP)사료는 생사료와 분말배합사료를 적정 비율로 혼합하여 제조되며, 생사료로 쓰이는 연안다핵성 어종들은 생리활성을 지닌 EPA나 DHA와 같은 고도의 불포화지방산을 다량 함유하고 있어 이들의 약리효과와는 역으로 이들 고도불포화지방산들의 산소 노출에 의한 MP사료의 산패가능성이 높다. 또한 MP사료 제조시 혼합되는 분말배합 사료의 대부분을 차지하고 있는 어분은 지질산화가 일어나기 쉬운 고도불포화지방산이 매우 높게 함유 되어 있을 뿐만 아니라 어분을 만드는 과정에서 근육이나 혈액중의 마이오글로빈과 헤모글로빈을 제거하지 않으므로써 지방산화효소 (lipoxidase)에 의한 지질 산화가 촉진되며, 열처리 가공 과정에서도 지질 산화의 주의를 요한다 (전, 1989). 이와 같은 지질산화물이 어류의 각 장기에 축적되면 체내에 단백질과 결합하여 용해되지 않는 ceroid가 형성되어 어류의 생리적 장애와 면역기관의 손상으로 면역능력이 크게 저하되어서 병원성 질병에 걸리게 되며 심할 경우 대량 폐사에까지 이르게 하는 등 양식어가의 사육관리에 큰 문제점으로 부각되고 있다 (조·전, 1990).

한편 지질을 다량 함유하고 있는 사료의 지질 산화를 방지하기 위하여 항산화제로써 또는 양식어류의 내병성을 강화하여 질병예방 목적과 아울러 비타민 부족에 의한 비타민 결핍증 방지와 고밀도 사육에 의한 스트레스해소를 위하여 비타민 C와 E가 첨가되고 있다. 또한, Smith (1979)와 窪田 等 (1981)은 배합사료를 어류에게 먹었을 때 나타나는 생리적 장애가 비타민제 등 각종 영양제를 섞어서 먹이면 예방될 수 있다는 연구결과를 보고하였다. 따라서, 해산어류에 있어서의 이들 비타민 들에 대한 내병성 증대와 항산화

방지를 위한 적정 첨가량에 관한 연구가 절실하며 해산 어류 양식에서의 주로 사용되는 생사료와 분말배합사료를 8:2로 혼합하여 사용하는 MP사료는 고도불포화지방산을 다량 함유하고 있는 생사료의 혼합비가 높아지므로서 MP사료에 대한 제조, 보관 등 취급과정에서의 사료 산패에 의한 악영향들이 우려되므로 각별한 주의가 요구된다.

따라서 본 실험에서는 넙치용 MP사료 제조시 MP사료의 효율성을 증대시키기 위하여 고도불포화지방산이 대량 함유된 어유 (오징어간유)를 첨가(6%)하여 고지방 MP사료를 제조하므로써 다량의 지질첨가에 의한 산패가 우려되어 항산화제로써 비타민 C와 E를 첨가하여, 고지방 MP사료의 제조시의 제조과정, 제조후 저장조건 및 시간경과 및 일광노출하에서의 산화도와 비타민 C와 E 첨가에 따른 항산화 효과를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험사료

실험사료의 사료조성 및 성분분석결과를 Tabel 1.에 나타내었다. 고지방 MP사료의 제조시 산화를 촉진시키기 위하여 생사료와 분말배합사료의 비율을 일반 양식어가에서 널리 사용되고 있는 8:2로 혼합한 후 오징어간유를 6%첨가한 고지방 MP사료와 고지방 MP사료에 비타민 C (1000mg/kg 건조사료), 비타민 E (220mg/kg 건조사료), 비타민 C·E (1000mg/kg, 220mg/kg 건조사료)를 각각 첨가한 4개의 실험사료구를 설정하였다. 실험사료에 첨가된 비타민은 제 3 장 제 3 절의 비타민 C, E 첨가에 따른 성장 효과 실험에서 사용된 동일한 제품과 첨가량을 사용하였다. 실험사료제조는 분말배합사료와 비타

민, 어유 (오징어간유 6%)를 혼합기로 잘 혼합하여 초퍼기로 분쇄한 고등어와 다시 잘 혼합한 후 모이스트펠렛 제조기로 압출성형하였다. 제조된 실험사료는 저장 조건별로 즉시 옮겨 저장 실험을 실시하였다.

Table 1. Composition of experimental diets(%)

Ingredient	Diet no.			
	1	2	3	4
Commercial compound meal ¹	20	20	20	20
Frozen raw fish(Mackerel)	80	80	80	80
Squid liver oil ²	6	6	6	6
Vitamin C(mg/kg diet) ³	-	1851.8	-	1851.8
Vitamin E(mg/kg diet) ⁴	-	-	733.3	733.3

Vitamin C, E Content in moist pellet

Vitamin C (mg/kg)	tr	731.1	113.4	850.7
Vitamin E(mg/kg)	29.99	41.60	145.92	133.16

¹ Provided by Purina Korea feeds compony

²lhwa yuji compony products

³Dae Sung Micro Biological Labs(Purity:90%, L-ascorbic acid)

⁴Dae Sung Micro Biological Labs(Purity:50%, DL- α -tocopheol)

Table 2. Composition of squid liver oil added experimental diets

Ingredients	Standards
Acid value	0.5(Max.)
Peroxide value	3.0(Max.)
w3-HUFA	26.0%(Min.)
Unsaponifiable matter	5%
The main ingredients	
Vitamin A ¹	4,000(Min.)
Vitamin D ¹	200(Min.)
Vitamin E ²	50(Min.)
B. H. T ³	0.02(Max.)

¹A unit : IU/g

²A unit : mg/kg

³Antioxidant : Butylated - Hydroxytoluene(%)

나. 저장 조건 및 분석 항목

실험사료의 제조 및 보관 등의 취급과정에서의 산패 진행정도와 비타민 C, E첨가에 의한 항산화효과를 조사하기 위하여 MP사료 제조직후와 제조후 4℃ 와 -15℃의 저장 조건하에서 6시간, 12시간, 24시간, 48시간, 72시간 경과후의 산패도를 측정하였다. 일광노출 실험에 의한 산패도 측정은 가두리위에서의 직사광선 (27℃)하에서 사료를 제조하여 운반한 후 급이하는데 걸리는 소

요 시간을 예상하여 1시간, 2시간, 3시간 직사광선노출 (3만 LUX이상) 후의 산패정도를 측정하였다. 또한, 고지방 MP사료의 주원료인 생사료 (고등어)와 분말배합사료의 산가를 측정하였으며, 생사료의 경우에는 식용가능한 신선한 고등어와 MP사료 제조용으로 사용되는 냉동고등어의 산패정도를 조사하였다. 그리고, MP사료의 첨가 비타민의 저장조건 (시간, 온도)에 따른 사료내 비타민 함량을 측정하였다.

다. 분석 방법

실험사료의 산패도 평가는 과산화물가 (Peroxide Value)와 산가 (Acid Value)를 각각 측정하였으며, AV와 POV는 Bligh and Dyer 방법으로 일정량의 시료를 정량하여 조지방 추출후 AV는 삼각플라스크에 적정량의 시료유 (조지방추출물)의 무게를 측정한 다음 ether : ethanol(1 : 1) 100ml 첨가후 1%phenolphthalein 1방울을 첨가하여 0.1N KOH-ethanol 지시약으로 적정하였으며 POV는 공전플라스크에 시료유 1g정도 무게를 측정후 chloroform : 빙초산 : 포화KI = 15ml : 15ml : 1ml을 순서대로 첨가한 다음 질소가스로 약 30초정도 치환후 암소방치 시킨다. 그리고 75ml 증류수와 전분지시약을 첨가한 후 0.01N Na₂S₂O₃지시약으로 적정하여 아래와 같은 계산법으로 산출하였다.

● AV와 POV의 계산법

$$\textcircled{1} AV(\text{Acid Value}) = (56.11 \times a \times b \times F) / S$$

a : KOH 적정량

b : KOH 규정도(0.1N)

F : KOH factor

S : Sample량

② $POV(\text{Peroxide Value}) = [(a-b) \times F/S] \times 10$

a : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 적정치 결과

b : Blank 적정치

F : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ factor

S : Sample 량

또한 실험사료내 비타민 C, E분석은 사료제조직후와 제조후 4℃와 -15℃의 저장조건하에서 12시간, 24시간, 46시간, 72시간 경과후 각각 측정하였으며 분석 방법은 제 3 장 제 3 절의 비타민 C, E 첨가효과에 따른 성장효과에서 사용한 동일한 분석 방법을 사용하였다.

5. 결과 및 고찰

가. MP사료 원료별 AV와 POV

Table 3.은 배합사료와 냉동고등어 그리고 냉동하지 않은 신선한 고등어의 AV와 POV를 나타내고 있다. AV에 있어 배합사료가 19.14mg 으로 냉동고등어 (11.20mg) 나 냉동하지 않는 신선한 고등어 (16.83mg)보다 높은 값을 나타내었으며, POV의 경우 냉동하지 않은 신선한 고등어가 17.68meq/kg로 가장 높았고 그 다음으로 배합사료 (9.90meq/kg), 냉동고등어 (6.60meq/kg)순으로 나타났다. 냉동하지 않은 신선한 고등어가 냉동고등어보다 AV와 POV에 있어 더 높은 수치를 나타냈는데 이는 냉동고등어의 경우 포획후 바로 냉동을 시키나 냉동하지 않은 신선한 고등어 (어시장에서 식용으로 유통되는 냉장상태의 고등어)의 경우 포획후 간단한 어름으로 냉장하거나 그대로 유통시킴으로

써 상온에 노출되는 시간이 길어져 냉동고등어보다 높은 AV와 POV를 나타낸 것으로 보인다. 따라서, MP사료 제조시 생사료 원료로 사용되는 냉동어는 운반이나 저장과정에서 세심한 주의를 기울인다면 생사료원으로서의 산패의 문제는 없을 것으로 판단된다.

Table 3. POV and AV of each dietary protein source for MP

	Protein source		
	Frozen fish (Mackerel)	Fresh fish (Mackerel)	Compound meal
POV (meq/kg)	6.60	17.68	9.90
AV (mg)	11.20	16.83	19.14

나. 저장시간 및 저장온도에 따른 AV와 POV의 변화

MP사료의 저장온도별 (4℃, -15℃), 비타민 첨가에 따른 AV변화는 Table 4.에 표시된 바와같이 모이스트펠렛 사료 제조직후 (0시간) 8:2MP구에서 11.86mg으로 높은 AV를 나타내었으며 비타민 C단독첨가구는 10.42mg, 비타민 E단독첨가구는 10.87mg, 비타민 C·E첨가구는 10.34mg을 나타내었다.

4℃ 저장 온도에서는 8:2MP구는 제조직후 11.86mg이었던 것이 72시간경과 후 19.83mg으로 변하였으나 -15℃에서는 11.86mg이었던 것이 16.65mg으로 나타나 4℃보다는 낮은 AV를 나타내었다. 비타민 C단독첨가구의 경우 제조직 후부터 72시간까지의 변화폭은 4℃의 경우 10.42mg~14.83mg이었으며 -15℃

는 10.42mg~11.95mg으로 변화였다. 비타민 E단독첨가구는 4℃에서 10.87mg~14.15mg으로 -15℃에서는 10.87mg~13.13mg으로 나타났으며 비타민 C, E 첨가구의 경우 4℃에서는 10.34mg~12.18mg이었으며 -15℃의 경우 10.34mg~11.86mg으로 변화의 폭을 나타내어 비타민 첨가사료 역시 8:2MP구와 마찬가지로 4℃보다 -15℃에서 AV의 변화 폭이 좁은 것을 볼 수 있다. 이는 곧 8:2MP구와 비교해서 비타민 첨가구에 있어서 72시간까지는 저장온도에 상관 없이 산패가 크게 일어나지 않음을 시사하는 동시에 비타민 C, E가 항산화 효과를 나타내고 있다는 것을 증명하는 것이다.

MP사료의 POV 측정결과는 Table 5.에 나타내었다. 8:2MP구에서는 제조직후 4.46meq/kg의 POV를 나타내고 있으며 비타민 C단독첨가구는 3.85meq/kg, 비타민 E단독첨가구는 4.00meq/kg, 비타민 C, E 첨가구는 2.72meq/kg의 POV를 나타내었다.

4℃ 저장 온도에서의 POV 측정 결과 8:2MP구사료는 72시간경과후 6.41meq/kg로 변화하였고 -15℃에서는 6.35meq/kg로 나타났다. 또한 비타민 C단독첨가구는 4℃에서 72시간경과후 5.21meq/kg로, -15℃에서는 3.96meq/kg로 변화하였고 비타민 E단독첨가구에서는 72시간경과후 4℃에서는 6.25meq/kg, -15℃에서는 4.72meq/kg로 변화하였으며 비타민 C, E첨가구는 72시간경과후 4.34meq/kg, -15℃에서는 3.92meq/kg로 변화하였다. 이처럼 과산화물 생성에 있어 4℃에서 72시간경과후 6.41meq/kg로 가장 많이 생성되었으며, 제조직후 비타민 C·E첨가사료에서 2.72meq/kg로 가장 낮게 생성되었다.

직사광선하(27℃)에서의 AV와 POV 측정결과는 Table 6.에 나타내었다. AV는 8:2MP구에서 사료제조직후 11.86mg에서 시간이 경과함에 따라 점점 증가하여 3시간경과시 18.20mg으로 나타났으며 비타민 C단독첨가구는 사료제조직후 10.42mg이었던것이 3시간경과후 14.91mg으로 증가하였고 비타민 E단독첨가구는 제조직후에서 3시간경과까지 10.87mg~12.90mg으로 모든 사료에서 시

Table 4. The changes of AV in experimental diets with storage time and storage temperature

Temp. (°C)	Time	Diet no.			
		1	2	3	4
4°C	0hr	11.86	10.42	10.87	10.34
	6hr	12.29	11.33	11.46	11.70
	12hr	13.60	11.77	11.58	11.72
	24hr	15.70	12.25	13.47	12.05
	48hr	18.89	13.54	13.15	12.29
	72hr	19.83	14.83	14.15	12.18
-15°C	0hr	11.86	10.42	10.87	10.34
	6hr	13.05	11.22	10.73	11.65
	12hr	14.51	11.31	10.78	11.85
	24hr	15.56	11.62	11.40	12.33
	48hr	16.10	11.92	12.87	12.62
	72hr	16.65	11.95	13.13	11.86

Table 5. The changes of POV in experimental diets with storage time and storage temperature

Temp. (°C)	Time	Diet no.			
		1	2	3	4
4°C	0hr	4.46	3.85	4.00	2.72
	6hr	5.00	4.12	4.13	3.01
	12hr	5.12	4.20	4.52	3.75
	24hr	5.57	4.30	4.62	3.83
	48hr	6.27	4.89	5.54	4.22
	72hr	6.41	5.21	6.25	4.34
-15°C	0hr	4.46	3.85	4.00	2.72
	6hr	5.90	3.95	3.92	2.55
	12hr	6.02	3.95	4.01	2.68
	24hr	5.93	3.95	3.93	3.04
	48hr	6.30	3.95	4.19	3.17
	72hr	6.35	3.95	4.72	3.92

Table 6. The changes of POV and AV in experimental diets under the exposure of direct sunlight at 27°C

	Time	Diet no.			
		1	2	3	4
POV	0hr	4.46	3.85	4.00	2.72
	1hr	4.91	4.12	4.27	2.56
	2hr	4.08	3.60	4.15	2.25
	3hr	3.77	3.54	4.01	2.20
AV	0hr	11.86	10.42	10.87	10.34
	1hr	12.45	12.43	12.20	10.10
	2hr	14.48	12.64	12.25	12.01
	3hr	18.20	14.91	14.47	12.90

간이 경과함에 따라 AV가 증가함을 볼 수 있었다. 특히, 8:2MP구가 비타민 첨가사료보다 높은 수치를 나타내었다. POV의 경우 사료제조직후 8:2MP구는 4.46meq/kg을 나타내었고 비타민 C단독첨가구는 3.85meq/kg, 비타민 E단독첨가구는 4.00meq/kg, 비타민 C,E첨가구는 2.27meq/kg을 나타내었다. 노출시간이 지남에 따라 1시간까지는 8:2MP구가 4.46meq/kg~4.91meq/kg로 증가하였으며 비타민 첨가구에 있어서는 비타민 C단독첨가구가 3.85meq/kg~4.12meq/kg, 비타민 E단독첨가구는 4.00meq/kg~4.27meq/kg, 비타민 C,E첨가구는 2.27meq/kg~2.56meq/kg로 증가하다가 2시간에 과산화물의 감소로 8:2MP구는 4.91~4.08meq/kg, 비타민 C단독첨가구는 4.12meq/kg~3.60meq/kg, 비타민 E단독첨가구는 4.27meq/kg~4.15meq/kg, 비타민 C,E첨가구는 2.56meq/kg~2.25meq/kg로 약간 감소한 경향을 나타냈다. 한편 8:2MP

구가 비타민 첨가사료보다 낮은 AV와 POV를 나타내고 있으나 직사광선하(27℃)에서 8:2MP구에 있어 시간의 경과에 따른 급격한 AV와 POV는 나타내지 않았다. 이는 Table 2.에서 보는바와 같이 사료제조시 첨가된 오징어간유(6%) 자체에 함유되어 있는 비타민과 항산화제의 효과로 인하여 직사광선하에서의 지질의 급격한 산화를 상당부분 억제하였기 때문으로 판단된다.

다. 저장 조건에 따른 사료내 비타민 C, E의 함량조사

저장온도 및 저장시간경과에 따른 사료내 비타민 C함량분석은 Table 7.에 나타내었다. 비타민 C의 경우 제조직후 비타민 C, E 첨가구에서 850.7mg/kg으로 비타민 C단독첨가구의 731.1mg/kg보다 높게 나타났으며, 8:2MP구에서는 비타민 C가 거의 검출이되지 않았다. 72시간경과후에도 역시 비타민 C 단독첨가구의 548.6mg/kg(-15℃)보다 비타민 C, E첨가구의 -15℃에서 646.8mg/kg으로 높게 나타나 비타민 C단독첨가구보다는 비타민 C, E첨가구가 훨씬 높은 함량을 나타냈다. 한편 MP사료 제조시 1000mg/kg diet 의 비타민 C를 넣었으나 제조직후 비타민 C단독첨가구에서는 731.1mg/kg, 비타민 C, E첨가구에서는 850.7mg/kg으로 첨가량보다 낮은 함량을 나타내고 있는데 이는 사료제조시 사료원료 혼합후 5℃~8℃였던 사료가 사료제조후 펠렛기에서 바로 나온 사료 온도가 13℃~15℃로 나타나 제조과정에서 고열로 인한 비타민 손실이 가장 큰 원인인 것으로 생각된다. 또한, 산화형에 있어서 -15℃보다 4℃에서 더 높은 산화형을 나타내고 있는데 이는 저장온도에 있어 -15℃보다 4℃가 산화가 더 빨리 이루어질 수 있음을 시사하는 것이다. 비타민 C 함량에 있어 비타민 C 단독첨가구보다 비타민 C, E첨가구에서 더 높은 함량을 나타내고 있는데 이는 비타민 E가 항산화제로 먼저 동원되어 비타민 C, E첨가구에서는 비타민 E가 먼저 소모되므로써 비타민 C가 항산화제로 다소 적게 동원

Table 7. The changes of Vitamin C content (mg/kg) with storage period and storage temperature

		Diet no.							
		1		2		3		4	
		Total ¹	O-T ²	Total	O-T	Total	O-T	Total	O-T
0hr	4℃	tr	tr	73.11	3.53	11.34	8.9	85.07	7.94
	-15℃	tr	tr	73.11	3.53	11.34	8.9	85.07	7.94
12hr	4℃	tr	tr	62.47	27.56	5.92	4.08	69.09	49.18
	-15℃	tr	tr	70.16	16.56	7.41	4.97	72.80	44.17
24hr	4℃	tr	tr	58.42	53.12	3.29	2.98	68.83	51.11
	-15	tr	tr	63.67	40.01	6.99	3.78	70.72	47.64
48hr	4℃	tr	tr	50.96	27.56	12.9	0.16	59.17	46.86
	-15℃	tr	tr	60.40	39.23	5.27	4.10	69.73	57.72
72hr	4℃	tr	tr	48.79	26.18	tr	tr	56.72	46.36
	-15℃	tr	tr	54.96	31.11	tr	tr	64.68	52.27

¹Oxidation type

²Oxidation type + Reduction type

되므로서 비타민 C의 함량이 다소 높게 나타난 것으로 판단된다.

비타민 E의 함량변화는 Table 8.에서 보는바와 같이 경우 제조직후 비타민 E단독첨가구가 145.9mg/kg으로 비타민 C,E첨가구의 133.16mg/kg 보다 높게 나타났으나 72시간의 경과후에 비타민 E단독첨가구가 4℃에서 98.50mg/kg,

-15℃에서는 120.96mg/kg으로 비타민 C,E첨가사료가 더 높게 나타났다.
 즉, MP사료 제조시 비타민 E를 건중량 kg당 220mg/kg를 첨가하였으나 제조직
 후 비타민 E에서는 145.92mg/kg으로 비타민 C,E첨가구에서 133.06mg/kg으로
 낮은 함량을 나타냈다. 이처럼 첨가량 보다 제조직후 더 적은 함량을 나타낸
 이유는 MP사료 제조시의 고열로 인한 영향인 것으로 판단된다.

Table 8. The changes of Vitamin E content (mg/kg) with storage time and storage temperature

		Diet no.			
		1	2	3	4
0hr	4℃	29.99	41.60	145.92	133.16
	-15℃	29.99	41.60	145.92	133.16
12hr	4℃	23.04	31.53	149.90	131.05
	-15℃	25.69	31.77	144.11	134.39
24hr	4℃	19.45	22.92	127.62	127.71
	-15	19.80	30.71	137.41	128.61
48hr	4℃	17.52	28.03	118.41	121.68
	-15℃	19.66	28.75	127.25	127.89
72hr	4℃	15.41	26.32	98.50	113.45
	-15℃	16.99	26.72	121.1	120.96

현재 양식현장에서의 해산어 양식시 사료급여체계는 생사료의 단독급여에 의존하거나 일부 MP사료를 사용하는 어가에서도 대부분 생사료의 비율을 높게 하여 사용하고 있다. 특히, 생사료에는 불포화지방산이 다량 함유되어 있을뿐만 아니라 MP사료 제조시 단백질 절약효과를 위해 첨가되는 에너지원인 어유에 있어서도 다량의 불포화지방산이 함유되어 있어 이를 원료로 사료를 제조시에는 산패의 위험이 매우 높다고 할 수 있다. 또한, MP사료 제조시 일정 비율로 첨가되는 분말사료에 있어서도 주단백질원으로 사용되는 어분의 경우도 가공과정에서 근육이나 혈액중의 미오글로빈(myoglobin)이나 헤모글로빈(hemoglobin)을 제거하지 않으므로 헤모색소나 효소가 있어 지질산화를 촉진시키게 된다 (전, 1989).

전 (1989)은 냉동정어리를 상온에서 분쇄기에 갈아서 POV를 측정결과 12meq/kg 정도의 측정치를 나타냈는데 본 실험에서 사용된 생사료원인 냉동고등어의 경우 어종간의 차이나 저장 과정의 차이는 있겠으나 6.60meq/kg으로 다소 낮은 값을 보였으며 분말 배합사료는 9.90meq/kg으로 나타났다. 이를 원료로 8:2MP사료를 제조한 결과 4.46meq/kg으로 나타나 산패도에서 대체적으로 낮은 값을 나타내었으며 3일간의 저장후에도 4℃, -15℃ 모두 다소 증가한 6.31-6.41meq/kg으로 나타났다. 이처럼 비타민 첨가구뿐만 아니라 비타민 첨가하지 않은구도 산패도에서 대체적으로 산화가 크게 진행되지 않은 이유는 분말배합사료내 첨가된 비타민과 어유 자체에 첨가되어진 인공합성항산화제, 비타민 등이 산화를 억제하는데 크게 기여한 것으로 판단된다.

MP사료 제조시 사료의 산패를 방지하기 위해 첨가되는 첨가제로는 비타민류와 인공합성 항산화제가 있는데 이중 가장 널리 일반적으로 사용되는 것은 비타민 C와 E며 이중에서도 비타민 E는 천연 항산화제로 가장 널리 이용되고 있으며 비타민C를 함께 첨가하였을 경우 그 효과가 증대되는 것으로 알려졌다 (전, 1989). 본 실험에 있어서는 시간과 온도에 따른 POV 와 AV 측정 결

과 비타민이 첨가되지 않은 실험구가 비타민이 첨가된 실험구보다 POV, AV가 대부분 높게 나타나므로서 비타민 C와 E의 산화억제 작용이 확인되었다. 또한, 비타민 C와 E의 복합첨가가 모든 원료별, 사료별 구간에서 POV, AV가 가장 낮은값을 나타내 비타민 C와 E의 동시 첨가시에 항산화 효과가 증대된다는 전 (1989)의 의견과 일치하였다. 본 실험에 사용된 비타민 C, E의 첨가량은 이전의 실험인 비타민 C, E첨가에 따른 성장효과 실험에서 사용된 첨가량과 동일하게 첨가하였는데 이러한 첨가량은 성장에도 많은 증가를 가져왔을 뿐만 아니라 저장실험에서도 좋은 효과를 보여 MP사료 제조시 본 실험에서 사용된 첨가량을 기준으로 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 보인다. 특히, 비타민류의 경우 고온, 고압에 매우 불안정한데 비타민 C의 경우 특히 불안정하여 사료제조 과정중 40%의 손실이 발생하며, 실온 보관시 공기, 및 그리고 열에 의해 6주만에 약 90%가량이 손실이 보고되고 있는데 (Steffens, 1989; Skelback et al., 1990) 본 실험결과에서는 사료제조과정에서는 약 20 -30%의 손실이 발생하였으며 3일간 4℃ 보관시에는 최고 50%의 손실이 발생하였으며 -15에서도 45%의 손실이 발생하였다. 특히, MP 사료내에는 수분이 다량으로 함유되어 3일 이후에는 더 많은 양의 비타민C의 손실이 예상되므로 비타민 C를 첨가한 MP사료를 제조한 후에는 최소 2일 안에는 급이하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 이와함께 사료의 산화정도에 따른 첨가량이 고려되어야 할것으로 보이는데 본 실험에 사용된 생사료원인 고등어와 분말배합사료는 대체로 낮은 과산화물가를 보임으로서 이를 원료로 제조된 사료 역시 과산화물가(POV)가 대체적으로 낮게 나타나 이를 어류에게 공급시 별다른 문제가 발생할 것으로 보이지는 않았다. 그러나, 일반 양식 현장에서 MP사료 제조시 사용되는 생사료는 각기 사용어종이 다를뿐 아니라 저장온도, 운송시간, 제조방법, 제조후 취급에 따른 산화의 우려가 매우 높아 이러한 원료를 사용하여 사료를 제조시에는 사료의 산패가 빠르게 진행될

것으로 판단된다. 따라서 이러한 산패된 사료가 어류에 급여되었을 경우 성장저하와 함께 ceroid증이나 myopathy증이 발생될 우려 (Lee, 1993; Endoetal, 1979 ;Roalol et al., 1981) 가 높으나 이전에 서술한 바와 같이 이와같은 산패사료에 의한 양식어의 성장저하 등을 방지하기 위해서는 항산화제 첨가는 반드시 이루어져 하는데 그중에서도 비타민 C, E의 첨가가 항산화제 역할뿐 아니라 성장 촉진이나 어류의 면역체계 증진에도 크게 효과적이므로 (Andrew and Murai, 1975; Lim and Lovell, 1978) 양식어류의 MP사료 제조시에는 비타민C, E의 첨가가 필히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

제 3 절 HFMP 사료의 경제성 분석 및 기술이전

1. 서 론

사료비용은 어류의 종류에 따라 차이가 있으나 대체적으로 해산어 사육에 있어서는 전체 경영비의 50~60%를 차지하고 있어 값싸고 질좋은 사료의 확보는 대단히 중요하다 할 수 있다. 그러나, 지금까지 해산어류의 양식용 먹이로는 값이 싸고 구입이 용이한 냉동어류를 그대로 세절하여 급이하는 형태에 의존하였으나 생사료 대상 어종의 자원량 감소와 남획으로 인한 생사료 수급의 불안정성 및 가격폭등과 생사료 급이에 의한 사료유실에 따른 질소 유기물의 수증 확산으로 양식 어장의 자가오염을 유발시키고 나아가 생산성마저 저하시키고 있어 해산어 양식에 적절한 사료의 개발이 시급한 실정이다. 이러한 생사료 급이에 의한 여러 가지 단점을 보완하고자 최근 생사료와 분말배합사료를 일정 비율로 혼합한 모이스트펠렛 (MP)사료가 개발되어 사용이 확대되고 있으나 사용원료들에 대한 정확한 영양학적 평가나, 성장효과, 혼합비율에 따른 성장차이나 적절한 첨가제 등 구체적인 영양학적 검토나 경제적 고려가 없이 제조되어 급이되고 있어 이에 관한 기초적인 연구가 시급한 실정이다.

한편, 본 연구에서는 영양적 균형이 고루 갖추어지고 환경오염을 줄일수 있는 해산어용 고성능 MP사료의 개발을 위해 생사료의 이용성 검토, 시판 분말배합사료의 이용성 검토, 생사료 및 분말배합사료의 적정 혼합비 구명, 특수첨가물의 첨가효과 검토, 고성능 MP사료 개발을 위한 적정 에너지/단백질비 검토, 고성능 MP사료 개발을 위한 비타민 C, E 첨가효과 검토, 고성능 MP사료의 저장성 검토 등의 연구를 통해 환경 친화적이며 영양적 균형이 갖추어진 고성능 MP사료를 개발하는 기초 자료를 마련하였다. 그러나, 이러한

연구자료들은 결국 경제적인 면의 고려도 함께 이루어져야 할 것으로 판단되므로 본 실험에서는 고성능 MP사료의 경제성 분석을 위하여 생사료, MP사료 및 EP사료를 이용하여 성장 실험을 통하여 성장, 사료효율 등을 조사하여 사료제조에 소요되는 제조단가를 비교하여 고성능 MP사료의 경제성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육

실험어는 전남 여천군에 위치한 양어장에서 중간 육성중인 평균체중 48 ± 0.4 g의 넙치를 사용하였다. 실험어를 본 사육장인 여수수산대학교 양식학과 양어장으로 옮긴후 모이스트펠렛 사료(MP)에 적응시키기 위해 2주간 MP(생사료:분말사료=5:5)사료에 종합비타민(주. 한동)을 보강한 사료로 예비사육을 실시하였다. 이 실험어를 실험전 선별하여 220ℓ 원형 수조와 320ℓ 사각 수조에 각각 25미와 30미씩 2반복으로 무작위로 수용하여 10주간 사육 실험을 실시하였다. 각 실험수조의 주수량은 4ℓ/min으로 조정하였으며 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 사료 급이는 1일 2회(8:00, 17:00) 반복에 가깝게 급이하였으며 사육 기간중의 수온은 16.5~23.8℃ 였다.

나. 실험사료

실험사료 원료로 생사료는 양식현장에서 일반적으로 사용되는 고등어를 사용하였으며 분말사료는 시판되는 넙치 전용 분말사료(주. 퓨리나코리아)를

사용하였다. 실험사료는 생사료단독구와 생사료와 분말사료의 혼합비를 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4, 5 : 5로 조정한 구, EP부상사료구의 총 7개의 실험구를 설치하였다. 사료제조는 생사료 원료인 고등어를 초퍼기로 잘게 갈은후 분말배합사료와 고루 섞은후 준비된 원료를 잘 혼합하여 모이스트펠렛 제조기로 압출 성형하였다. EP부상사료구는 (주) 퓨리나코리아 5호, 6호 사료를 사용하였다. 제조된 사료는 -25℃ 에 냉동 보관하면서 급이하였으며 실험어가 성장함에 따라 생사료단독구는 크기를 크게 조절하여 제조하였는데 고등어를 냉동상태에서 꼬리부분만을 제외한 나머지 부분만을 손으로 직접 세절하여 다시 냉동하여 냉동 세절사료 형태로 급이하였다.

다. 사료제조단가 산출

생사료원으로 사용된 고등어는 여수, 여천 양식장을 대상으로 생사료를 주로 공급하고 있는 생사료 냉동보관 업체인 해형수산의 냉동보관된 것을 사용하였으며 구입시 지급된 단가를 근거로 하여 수급에 따른 가격의 변동을 고려하여 400원/kg, 500/kg, 600/kg의 3가지의 생사료 가격으로 계산하였으며 참고로 이시기의 전갱이, 정어리, 멸치, 강달이 등의 생사료 어종들은 각 kg 당 가격이 각각 600원, 600원, 300원, 300원 으로 나타났다. 분말배합사료와 EP사료는 제조회사에 따라 가격 차이가 다소 있어 넙치 양성용 배합사료와 EP사료에 대한 5개 회사에서 현금 구입시 판매가격의 평균값으로 가지고 계산하였다. 사료값은 사료1 kg 제조 가격과 100 g 의 어체를 1 kg 까지 증중 (900 g) 시키는데에 필요한 사료량과 사료단가를 산출하여 나타냈으며 비타민과 어유 첨가시에 소요되는 가격과 사료제조비 및 보관경비 등을 제외하였다.

Table 1. Composition of experimental diets for flounder (%)

Ingredients	Diet no.						
	1	2	3	4	5	6	7
Commercial diet ¹	-	-	-	-	-	-	E.P (F.T)
Frozen raw fish (mackerel)	100	90	80	70	60	50	-
Commercial compound meal	-	10	20	30	40	50	-
Distll water	-	-	-	-	-	-	-
Nutrients composition in wet matter (dry matter)							
Moisture	66.16 ^a	51.59 ^b	49.24 ^c	47.51 ^d	36.55 ^e	31.35 ^f	5.93 ^g
Crude protein	20.04 ^a	19.92 ^a	24.96 ^b	26.94 ^c	33.88 ^d	36.71 ^e	46.48 ^f
	(59.22)	(40.98)	(49.17)	(51.32)	(53.41)	(53.47)	(49.41)
Crude lipid	13.69 ^a	17.56 ^b	16.30 ^c	12.97 ^d	11.39 ^e	13.13 ^f	6.84 ^g
	(40.46)	(36.12)	(32.11)	(24.71)	(17.95)	(19.13)	(7.27)
Crude ash	2.97 ^a	3.35 ^a	5.20 ^b	6.38 ^b	8.86 ^c	9.00 ^c	10.04 ^d
	(8.78)	(6.89)	(10.24)	(12.15)	(13.96)	(13.11)	(10.67)
NFE ²	0 ^a	7.58 ^d	4.30 ^c	6.20 ^{cd}	9.32 ^{de}	9.81 ^d	30.71 ^b

¹Provided by Purina Korea Feeds company (F.T : floating type)

²NFE : Nitrogen free extract [100 - (Moisture + Crude protein + Crude lipid + Crude ash)]

라. 어체 측정

어체 측정은 실험전, 4주, 8주 실험종료시에 실시 하였으며 측정전 24시간 절식후 MS~222 100 ppm 에 마취시켜 실험어 전체의 무게를 측정하였다.

마. 성분분석

실험에 사용된 사료의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소 정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet 추출법 (ether 추출법), 조회분은 직접 회화법으로 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

바. 통계처리

모든 자료는 Student's t-test를 실시하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 성장효과

10주간의 실험 결과는 Table 2.에 나타내었다. 평균 체중은 실험 개시시 48 g 내외였던 것이 실험 종료시에는 87.5 g ~164.5 g 까지 양호한 성장 결과를 보였다. 성장률은 8:2구가 241.8%로 가장 좋은 성장을 보였으며 9:1구, 7:3구, 6:4구, 5:5구는 197.6%~224.2%로 8:2구와 큰 차이를 보이지 않았으나 EP 부상사료구는 82.7%로 성장률에서 낮은 결과를 나타냈다.

Table 2. Results of 10-week feeding trial for flounder

Diet no.	1	2	3	4	5	6	7
Av. body							
weight(g)							
Initial	48.0	48.0	48.1	48.1	48.1	48.0	47.9
Final	141.8 ^{ab}	145.7 ^{ab}	164.5 ^b	155.8 ^b	143.1 ^{ab}	146.1 ^{ab}	87.5 ^c
Number of fish	55	55	55	55	55	55	55
Total weight	5161.2 ^a	5377.0 ^b	6398.8 ^c	5926.8 ^a	5224.6 ^a	5394.7 ^b	2179.2 ^s
gain(g)							
Total feed							
wet	8650 ^a	9345 ^b	9381 ^b	7402 ^c	6186 ^d	6011 ^e	2407 ^f
consumption							
(g)	dry	2927 ^a	4524 ^b	4762 ^b	3885 ^c	3925 ^d	4115 ^e
Growth rate(%) ¹		195.6 ^a	203.8 ^a	241.8 ^b	224.2 ^{ab}	197.6 ^a	204.5 ^a
Daily weight							
gain(%) ²		1.65 ^{ab}	1.68 ^{ab}	1.82 ^a	1.76 ^{ab}	1.66 ^{ab}	0.98 ^c
Feed							
wet	59.7 ^a	57.5 ^a	68.2 ^{ab}	80.1 ^{bcd}	84.5 ^{cd}	89.7 ^{cd}	90.5 ^{cd}
efficiency							
(%) ³	dry	176.3 ^a	118.9 ^{bc}	134.4 ^{bd}	152.6 ^{ade}	133.1 ^{ad}	130.7 ^{de}
Daily feed							
intake(%) ⁴		2.76 ^{ab}	2.92 ^a	2.67 ^{ab}	2.20 ^{bc}	1.96 ^{cd}	1.88 ^{ce}

¹Growth rate : (Final body wt. - Initial body wt.)/(Initial body wt.)
×100

²Daily weight gain : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

³Feed efficiency : (Fish weight gain×100)/ Total feed intake

⁴Daily feed intake : (Feed intake×100)/[(Initial body wt.+Final body wt.)/2]×days fed

사료효율에 있어서는 분말 사료의 비율이 증가함에 따라 57.5%에서 90.5% 까지 점차 증가하는 경향을 보였으며 EP 부상사료구에서 90.5%로 가장 높은 사료효율을 나타냈고 생사료와 분말배합사료의 비율별 시험구에서는 5:5구가 89.7%로 EP부상사료구에 이어 높은 사료효율을 나타냈다.

나. 생사료, MP, EP사료 경제성 비교

Table 3. 에서는 생사료, MP, EP의 사료 1 kg 제조와 급이에 따른 생사료와 분말사료량, 그리고 EP사료량, 사료효율, 사료1 kg 급이시의 어체중 증가량, 사료 1 kg 제조시의 제조단가 등을 나타내었다. 사료효율과 어체중 증가량은 분말사료의 비율이 증가할수록 점차 증가하였으며 EP사료가 사료효율(90.5%), 어체중 증가량(1040g)에서 가장 높은 값을 나타냈다. 사료 1 kg 제조경비에 있어서는 생사료 가격이 400원/kg일 경우 400원~2,300원, 500원/kg일 경우 500원~2,300원, 600원/kg일 경우 600원~2,300원으로 실험구에 따른 많은 차이를 보였는데 분말사료의 비율이 증가할수록 사료제조경비가 증가하였으며 EP사료의 경우는 단일품목이므로 생사료 단가와는 관계없이 2,300원으로 가장 높은 가격을 나타냈다. 이러한 어체중 증가량과 사료효율, 사료제조단가 등을 토대로 어체 1 kg을 증중시키는데 소요되는 사료량과 사료비를 계산한 것을 Table 4.에 나타내었다. 어체 1 kg을 증중시키는데 필요한 사료량은 분말배합비율이 증가함에 따라 사료효율의 증가로 점차 감소하였는데 혼합비 9:1의 경우는 생사료 단독구보다 사료효율이 낮아 어체 1 kg 까지 증중시키는데 필요한 사료량도 생사료 단독구의 1508 g 보다 다소 많은 1565 g 으로 나타났다. 이처럼 생사료 단독구보다 9:1의 사료효율이 낮고 사료량이 증가한 원인은 본 실험에 있어서 생사료단독구의 실험사료를 완전 냉동된 상태에서 적당한 크기로 절단하여 다시 완전 냉동후 신속히 사

Table 3. Economical efficiency of fed the experimental diets for flounder

The mixture ratio (Raw fish: compound meal)		Raw fish	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	EP 사료
Raw fish(g)		1,000	900	800	700	600	500	0
Compound meal(g)		0	100	200	300	400	500	1,000
Feed efficiency(%)		59.7	57.5	68.2	80.1	84.5	89.7	90.5
Weight gain(g)		697	675	782	901	945	997	1,040
Factory expense of MP 1kg(won)	400won/kg	400	470	540	610	680	750	2,300
	500won/kg	500	560	620	680	740	800	2,300
	600won/kg	600	650	700	750	800	850	2,300

* Raw fish : Used mackerel 400won/kg (8,000won/20kg box)

* compound meal : CP 48~49% 1,100won/kg (22,000won/20kg pack)

* EP : CP 48% 2,300won/kg (46,000won/20kg pack)

료허실이 거의 없도록 급이하였으나 9:1 혼합비의 경우는 높은 생사료 비율에 따른 사료의 유실이 상당히 많았던데 그 원인이 있었던 것으로 판단된다.

어체중 1 kg 증중에 필요한 사료비에 있어서는 생사료 단가가 400원/kg일 경우 생사료 단독구가 603원으로 가장 낮았으며 그다음은 7:3구로 686원이었으며 나머지 구들은 713~752원으로 비슷하였다. 생사료 단가가 500원/kg 일 경우에는 생사료단독구는 754원으로 생사료 단가가 400원/kg 일때보다 많은 상승폭을 나타냈으며 분말배합사료의 비율이 증가할수록 점차 감소하여 7:3, 6:4, 5:5구는 764~802원으로 생사료 단독구와 큰차이를 보이지 않았다. 생

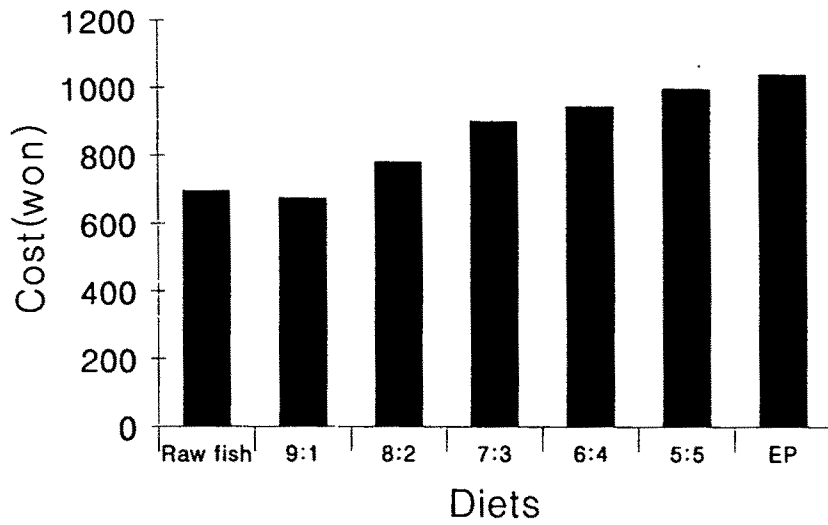


Fig 1. Weight gain per diet 1kg of flounder fed experimental diets

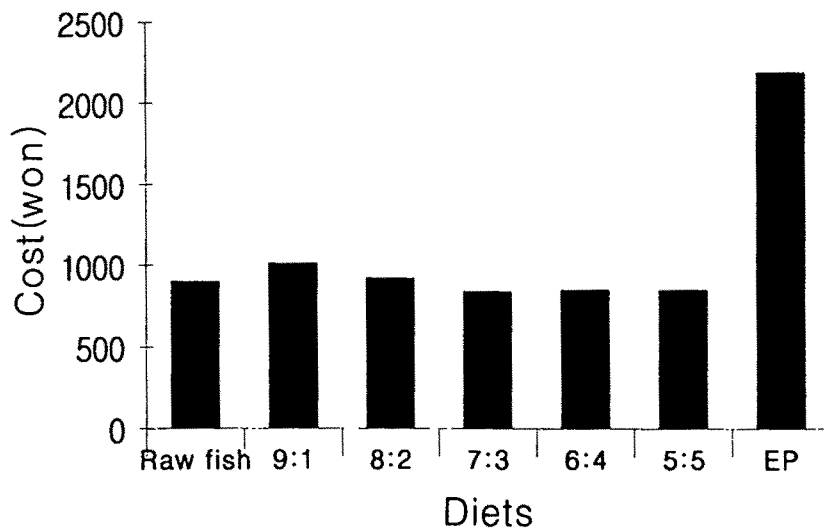


Fig 2. Feed cost to kg fish gain of flounder fed the experimental diets

Table 4. Feed cost to kg fish gain of flounder fed the experimental diets

		Raw fish	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	EP
Total feed intake(%)		1,508	1,565	1,320	1,124	1,065	1,003	995
Feed cost (won)	400won/kg	603	736	713	686	724	752	2,197
	500won/kg	754	876	818	764	788	802	2,197
	600won/kg	905	1,017	924	843	852	853	2,197

사료 단가가 600원/kg 일 경우는 생사료 단독구는 905원으로 다시 많은 상승폭을 보였으며 9:1구와 8:2구도 생사료 비율이 많은 관계로 1017원과 924원으로 높은 사료비를 나타냈다. 그러나 7:3, 6:4, 5:5구는 843~853원으로 생사료 단독구와 9:1, 8:2구보다 낮은 사료단가를 보여 생사료 가격의 상승시에는 무리한 생사료만의 급여체계가 경제적으로 큰 손실이 있음을 보여 주었다. 그러나 지금까지 사료비의 산출은 사료급여시 사료의 허실이나 생사료 보관비용과 인력소요비 등을 계산하지 않은 상태에서 산출하였는데 생사료나 MP사료의 경우 현장에서 급여시 많은 양의 허실이 발생한 것으로 보이며 특히 생사료의 경우 30%정도의 허실을 감안하고 MP사료의 경우 7:3, 6:4, 5:5는 10%의 허실을 감안하여 계산할 경우 사료단가는 생사료단가가 400원/kg 일 때 생사료 급여시에는 784원, 7:3의 경우 755원으로 오히려 생사료 급여시 더많은 사료비용을 감수하여야 한다. 또한 생사료 단가가 500원/kg 과 600원/kg 일 경우 생사료 단독 급여시는 980원과 1177원이며 7:3, 6:4, 5:5구는 840~882원, 927~938원으로 생사료 단독 급여시보다 훨씬 경제적이며 생사료 비율이 높은 9:1, 8:2 혼합비의 MP사료보다도 훨씬 경제적인 것으로 나타났으며 생사료 비율이 높은 사료를 급여하였을 경우 넉치를 10만미 사육

시 생사료 단가의 상승에 따라 1천만원~2천만원 까지의 사료비용을 더 지출해야 할 것으로 판단된다. 여기에 생사료 보관료와 사료준비시 인력과 시간의 허실까지 감안한다면 더 많은 사료제조 비용이 지출되므로 사료허실에 의한 환경오염 뿐만아니라 경제적인 면에서도 큰 손해를 볼수 있을 것이다. 또한 본 연구에서는 생사료구의 경우 사료허실을 30%로 감안하여 사료비 등을 계산하였으나 생사료 단독급여서는 제조방식이나 사료급여 방식에 따라 그 허실량이 50%이상 될것으로 판단되며 생사료단독구 뿐만 아니라 MP사료의 경우도 생사료 비율이 증가할수록 사료의 허실량이 많아질것으로 판단되므로 9:1, 8:2 배합비율은 부적당한 것으로 판단된다. 7:3의 배합비율의 경우 사료단가, 사료효율, 어체중증가 등에서 좋은 결과를 보였으나 높은 생사료 비율에 따른 사료허실로 수질오염이 우려되며 생사료 보관료 및 사료준비시 인력과 시간면에서 다소 불이익이 예상되어 본 연구결과 사료효율, 어체중증가, 수질오염, 경제성 등을 종합한다면 경제적인 MP사료의 생사료와 분말배합사료의 적정 혼합비를 6:4, 5:5로 하여 제조된 고성능 모이스트펠렛사료가 본 연구가 목적했던 경제적이며 고성능인 모이스트펠렛사료로서 역할과 기능을 다할 수 있음을 믿어 의심치 않는다.

한편, 본 연구 과정에서는 고성능 모이스트펠렛사료 개발을 위하여 현재 사용중인 생사료와 분말배합사료를 최대한 이용성과 효율성을 높이는데 중점을 두고 연구 개발을 진행하였으나 금후의 생사료와 분말배합사료의 주성분인 어분이 연안다핵성 어종의 자원감소에 따른 여건변화 등을 고려할 경우에는 주단백질원인 생사료와 분말배합사료를 대체할수 있는 대체 단백질의 개발이 시급히 요구되며 특히, 수산가공분야에서의 가공 부산물 또는, 폐기물의 이용성의 검토와 함께 이들에 대한 재활용을 위한 특수 가공처리에 관한 연구 개발이 절실히 요구된다. 이러한 노력들이 결실을 맺는다면 사료비 절감과 함께 양식어 생산 단가 절감에 이바지 할수 있게 되므로써 영세한 양식

산업 발전에 크나큰 활력소로 작용할 것으로 판단되며, 금후의 연구 개발이 뒤따라야 할 것이다.

다. 신개발 고성능 모이스트펠렛사료의 기술이전

2년간에 걸친 본 연구결과 새롭게 개발된 고성능 모이스트펠렛사료의 실용화 추진과 양식어민에 대한 기술이전을 목적으로 어민교육과 현장지도 및 홍보를 통하여 관련기술을 보급하고 있으며, 전라남북도의 해산어류 양식 업무를 관장하고 있는 업종별 조합인 서남해수어류 양식 조합과 산, 학의 유기적인 협력하에서도 본 연구결과에 대한 실용화와 기술이전에 관하여 협의중이며, 본 조합에서는 고성능 모이스트펠렛사료의 공동제조와 보급을 위하여 필요한 냉동, 냉장 시설의 확충과 제조 설비를 위한 사업계획을 수립하여 정부에 건의하여 특별 지원을 요청하고 있으며, 정부지원 승인에 따라 여수시 국동 어항단지내에 고성능 모이스트펠렛사료의 제조 및 보관을 위한 시설공사를 계획하여 추진중에 있어 이러한 계획들이 구체화된다면 본 연구 결과가 기술이전을 통하여 실용화되므로써 지역 양식산업 활성화에 크게 기여할 것으로 판단된다.

한편, 지역뿐만 아니라 나아가서는 전국적인 해산어류의 양식산업의 활성화를 위하여 우선 선결과제로 경제적이며 고효율인 고성능 모이스트펠렛사료의 개발과 실용화를 추진해 왔으나 모이스트펠렛사료의 사료급이 형태를 탈피할수 없음에 따라 환경오염 문제는 많이 개선이 되었으나 완전히 해소는 되지 않은 실정이다. 따라서 금후의 해산어류 양식산업의 지속적인 발전을 위해서는 양식장의 환경오염을 줄여 어장의 노후화를 방지하고 생산성을 제고하기 위해서는 새롭게 개발된 고성능 모이스트펠렛사료의 실용화와 생사료를 전혀 고려하지 않은 단독형 모이스트펠렛사료의 또는 연질의 고품배합사

료개발에 관한 연구가 단계적으로 수행되어야 할 것이며 나아가 이들 개발사
료에 대한 양식장 오염부하량도 정확히 산출하여 오염부하량이 보다 낮은 환
경 친화적인 저오염 고성능 해산어류 양어사료 개발에 지원과 노력을 아끼지
말아야 할 것이다.

<참 고 문 헌>

제 1 장 서 론

국립수산진흥원, 어촌지도과. 1997.

Kim, I. B. 1994. Present status of fish culture and fish feed supply in Korea. Proceedings of FOID, '94 The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters. pp. 21-43.

제 2 장 고성능 모이스트펠렛(High Functional Moist Pellet : HFMP) 사료개발을 위한 원료의 이용성 검토

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

Cowey, C. B., 1975. Aspects of protein utilization by fish. Proc. Nutr. Soc., 34: 57-63.

Cowey, C. B., Adron, J., Blair, A. and Shanks, A. M., 1974. Studies on the nutrition of marine flatfish. Utilization of various dietary proteins

- by plaice (*Pleuronectes platessa*). Br. J. Nutr., 31: 297-306.
- Cowey, G. B., J. W. Adron and D. A. Brown. 1975. Studies on nutrition of marine flatfish : the metabolism of glucose by plaice (*Pleuronectes platessa*) and the effect of dietary energy source on protein utilization in plaice. Br. J. Nutr., 33: 219-231.
- Gallagher, M. L. and G. Degani, 1988. Poultry meal and poultry oil as sources of protein and lipid in the diet of European eels (*Anguilla anguilla*). Aquaculture, 73: 177-187.
- Hamre, K. and O. Lie. 1995. Minimum requirement of vitamin E for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., at first feeding. Aquaculture Research 26: 175-184.
- Hilton, J. W., J.L. Atkinson and S.J. Slinger. 1983. Effect of increased dietary fibre on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40: 81-85.
- Hoshiai, G. 1977. Larvae and juveniles of the scorpaenid fish, *Sebastes schlegeli*. Jap. J. Ichthyol., 24: 35-42.
- Kim, I. B. 1994. Present status of fish culture and fish feed supply in Korea. Proceedings of FOID, '94 The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity

Enhancement of the Coastal Waters. pp. 21 ~ 43.

Lee, K. J. and S. C. Bai, 1997. Haemoglobin powder as a dietary fish meal replacer in juvenile Japanese eel, *Anguilla japonica* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research (in press).

Luzier, J. M. and R. C. Summerfelt, 1992. Evaluation of spray-dried blood powder as a partial substitute for fish meal in trout feed. In : Proceedings of the East Coast Trout Management and Culture Workshop, Pennsylvania State University, State College, PA. pp. 22-34.

Luzier, J. M., R. C. Summerfelt and H.G. Ketola, 1995. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research, 26: 577-587.

M. Furuichi and Y. Yone; Effect of dietary dextrin levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. Nippon Suisan Gakkaishi, 46, 225 - 229 (1980).

Mohsen, A. A. and R. T. Lovell, 1990. Partial substitution of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish.

Aquaculture, 90: 303-311.

NRC(National Research Council). 1983. Nutrient Requierments of Fish
National Acad. press, washington, D.C. 27pp.

NRC(National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of fish.
National Acad. Press, Washington, D. C. pp 27.

Preffer, E. 1982. Utilization of dietary protein by salmonid fish. Comp.
Biochem. Physiol. B, 78: 813-816.

S. Shimeno: Studies on Carbohydrate Metabolism in Fish(Translated by
A.K. Barat), A.A. Balkema. Rotterdam. 1982, pp. 1-123.

T. Sato and K. Kikuchi. 1997. Meat Meal as a Protein source in the diet
of Juvenile Japanese flounder. Fis. Sci. 63(6) : 877-880.

Wilson, R. P., 1985. Amino acid and protein requirements of fish. In : C.
B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell (Editors), Nutrition and
Feeding in Fish. Academic Press, London, 1-16 pp.

Yone, Y. 1976. Nutritional Studies of red sea bteam. In K. S. Price, W. N.
Shaw and K. S. Danberg (editors), Proc. Ist. Int. Conf. Aquaculture.
Lewes, Delaware, pp. 39-64.

Yong, W.Y., T. Takeuchi and T. Watanabe. 1989. Relationship between digestible energy contents and optimum energy to protein ratio in *Oreochromis niloticus* diet. Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 867-874.

고택승 · 김병균 · 명정인, 1990. 조피볼락 종묘량산시험. 수진사업보고 86: 59-62.

국립수산진흥원, 어촌지도과 1997.

김규일 · 박학문 · 현영선 · 양창진. 시판넙치 사료의 평가와 모이스트펠릿사료 중 냉동어류를 분말배합사료로 대체. 1993. 한국양식학회지, 6(3): 213-219.

김백균 · 홍승현 · 김창영, 1989. 조피볼락 종묘량산시험, 수진사업보고, 79: 23-26.

박승 · 김상근, 1990. 조피볼락 종묘생산에 관한연구. 친어의 자어산출 및 자치어기의 먹이계열에 따른 성장 및 생존율. 1990년도 제 2회 수진연구사업발표 및 귀국보고 요약집, pp. 86-87.

배승철 · 이경준 · 장혜경, 1996, 조피볼락 *Sebastes schlegeli*, 의 사료내 비타민 C 요구량 설정을 위한 기초 연구. 한국양식학회지, 9: 169-178.

송미현 · 이경준 · 배승철. 1995. 성장기 잉어 *Cyprinus carpio* 사료에 있어서 단백질으로서의 혈분 첨가효과. 한국양식학회지, 8: 34.3-354.

이상민 · 이종윤 · 강용진, 1993f. 사료의 n-3계 고도불포화 지방산함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. 수진연구보고, 48: 107-124.

이상민 · 이종윤 · 강용진 · 윤호동 · 허성범, 1993e, 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 의 n-3계 고도 불포화지방산 요구량. 한국수산학회지, 26: 477-492.

이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범, 1993c. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 s-s의 성장 및 생화학적 변화 I. 성장효과 및 체성분의 변화. 한국 양식학회지, 6: 89-105.

이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범, 1993d II. 혈액성분 변화 및 간세포 성장. 한국양식학회지, 6: 107-123.

이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 의 단백질 요구량. 한국양식학회지, 6: 13-27.

이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 사료의 적정 에너지/단백질 비. 한국양식학회지, 6: 29-46.

이종윤 · 강용진 · 이상민 · 박윤정, 1993f. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 영양연구용 실험사료의 단백질원 평가. 수진연구보고, 48: 97-105.

정관식, 1992. 대두박의 엑스트루더 처리가 무지개송어의 소화흡수율에 미치

는 영향. 한국양식학회지, 5: 1-7.

정장환, 1991. 사료중 어분에 대한 대두박 함량 변화에 따른 이스라엘계 잉어 *Cyprinus carpio*의 성장과 사료 효율. 부산수산대학 석사학위논문 부산, 70pp.

조성환, 1993, 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 자·치어의 먹이생물학 연구. 부산수산대학교 석사학위 논문, 80p.

홍승현·김창영·김백균, 1990. 조피볼락 종묘량산시험, 수진사업보고, 86: 29-38.

한국단미사료협회, 1995. 단미회보. 382: 2-7.

鄭寬植·竹内後郎·渡邊 武. 1991 エクストルーダー處理した炭水化物原料の
マダイに對する 營養價. 일본수산학회지, 57: 1543-1549.

佐佐木攻. 1981. クロソイの 양식, 種苗生産양성 について. 양식, 18(7); 90-95.

岩本明雄·芹立昌一 1982. クロソイ의 종묘생산. 栽培枝研, 11: 35-44.

제3장 고성능 모이스트펠렛(HFMP) 사료개발을 위한 조성설계

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14th edition. Arlington. VA. 1441 pp.
- Ainsworth, J.A. and P.R. Bowser. 1985. Serum cortisol levels in channel catfish, from production ponds. *Fish-Cult.* 47:176-181.
- Allan, C. and L. A. Hadwiger. 1979. The fungicidal effects of chitosan on fungi and varying cell wall composition *Exp. Mycol.* 3: 285-287.
- Andrews, J. W. and J. W. Page. 1974. Growth factors. in the fishmeal component of catfish diets. *J. Nutr.*, 104, 1091-1096.
- Arai. S., 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47:547-550.
- Austreng, E. A. Skrede and A. Eldegard. 1980. Digestibility of fat and fatty acids in rainbow trout and mink. *Aquaculture* 19: 93-95.
- Beamish, F.W.H. and T.E. Medland. 1986. protein sparing effects in large rainbow trout, *salmo gairdneri*. *Aquaculture*, 55, 35-42.
- Bell, J. G., A. H. Mcvicar, M. T. Park and J. R. Sargent. 1991. High dietary linoleic acid affects the fatty acid compositions of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesion. *J. Nutr.*, 121: 1163-1172.

- Bell, M. V., R. J. Henderson, B. J. S. Pirie and J. R. Sargent. 1985. Effects of dietary polyunsaturated fatty acid deficiencies on mortality, growth and gill structure in the turbot, *Scophthalmus maximus*. J. Fish Biol., 26: 181-191.
- Blazer, V.S. and R.E. Wolke. 1984. The effects of α -tocopherol on the imeq/kgune response and nonspecific resistance factors of rainbow trout(*Salmo gairdneri*). Aquaculture 37: 1-9.
- Cho, C. Y. and Kaushik, S. J., 1985. Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: C. B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell(Editors), Nutrition and Feeding of Fish. Academic Press, London, pp. 95-117.
- Cho, C. Y. and Kaushik, S. J., 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout. In: G. H. Bourme(Editor), Aspects of Food Production, Consumption and Energy Values. World Rev. Nutr. Diet., Basel, Karger, 61: 132-172.
- Cho, C. Y. and S. J. Slinger. 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In J. E. Halver and Tiews(Editors), Proc. World symp. on Finfish Nutrition and Fish feed Technology. Hamburg, 20-23 June 1978, Vol. II, Berlin. pp. 239-248.
- Cho, C. Y., H. S. Bayley, and S. J. Slinger, 1974. Partial replacement of

- herring meal with soybean meal and other changes in a diet for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Can, 31: 1523-1528.
- Cho, C. Y., Slinger, S. J. and Bayley, H. S., 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. Comp. Biochem. Physiol. B, 73: 25-41.
- Choubert, G., De la Noue, J. and Luquet, P., 1982. Digestibility in fish: improved device for automatic collection of feces. Aquaculture, 29: 185-189.
- Cowey C.B., E. Degener, A.G.J. Tacon, A. Youngson and J.G. Bell. 1984. The effect of vitamin E and oxidized fish oil on the nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) grown on natural varying water temperature. British Journal of Nutrition 51: 443-451.
- Dabrowski, K. 1990. Gulonolactone oxidase is missing in teleost fish. The direct spectrophotometric assay Chem. Hoppe-seyler 371: 207-214.
- Dabrowski, K., S. Hinterleitner, C. Sturmbauer, N. El-Fiky and W. Wisner. 1988. Do carp larvae require vitamin C? Aquaculture 72: 295-306.
- De Silva, S. S. , R. M. Gunasekera and K. F. shim 1991 Interactions of varying dietary protein and lipig levels in young red tilapia :

evidence of protein sparing *Aquaculture*, 95, 304-318.

Degani, G. and S. Viola. 1987. The protein sparing effect of carbohydrates in the diet of eels (*Anguilla anguilla*).

Evans, EE. and S.P. Kent. 1962. The use of basic polysaccharides in histochemistry and cytochemistry. IV. Precipitation from different Crustacea species and fungi. In chitin and chitosan. Elsevier Applied Science, London. 567-576.

Floch, J., M. Lees and G.H. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.

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

Hadwiger, L. A., D. F. Kendra and B.W. Fristensky. 1965. chitosan both activeates genes in plants and inhibits RNA synthesis in funging. In chitin in anture and Technology. Muzzarelli, RAA, Jeuniaux, C, Gooday, C. et al, plenum Press, New York, 210-217.

Hajen, W. E., Beames, R. M., Higgs, D. A. and Dosanjh, B. S., 1993a.

- Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. *Aquaculture*, 112: 321-332.
- Hajen, W. E., Higgs, D. A., Beames, R. M. and Dosanjh, B. S., 1993b. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. *Aquaculture*, 112: 333-348.
- Halver, J.E., 1972. The vitamins. In : Fish nutrition, edited by J.E. Halver. Acad. Press, New York & London. pp. 29-103.
- Halver, J.E., L.M. Ashley and R.R. Smith. 1969. Ascorbic acid requirements of coho salmon and rainbow trout. *Trans Am. Fish. Soc.* 90 : 762-771.
- Hamre, K. and O. Lie. 1995. Minimum requirement of vitamin E for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., at first feeding. *Aquaculture Research* 26: 175-184.
- Hardy, R. W. and T. Masumoto. 1990. Specification for marine by-products for aquaculture. In : International By-Products Conference, Anchorage, pp. 109-120.
- Hasting, W. H. 1969. Nutritional score, pp263-292. In; O. W. Neuhaus

and J. E. Halver, eds. Fish in research. Academic press, New York.

Heikkila. R. E., and L. Manzino. 1987. Ascorbic acid, redox cycling, lipid peroxidation, and the binding of dopamine receptor antagonists. Ann. N.Y.Acad. Sci. 498: 63-76.

Hilton, J.E., C.Y. Cho and S.J. Slinger. 1977. Evaluation of ascorbic of acid status of rainbow trout(*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Board Can. 35: 431-436.

Hirano, S. and N. Nagao. 1989. Effects of chitosan, pectic acid, lycozyme and chitimase on the growth of several phytopathogens. Agric. Biol. chem., 53(11): 3056-3066.

Hung, S.S.O., C.Y. Cho and S.J. Slinger. 1981. Effect of oxidezed fish oil, DL- α -tocopheryl acetate and ethocyquin supplementation on the vitamin E nrtrition of rainbow trout(*Salmo gairdneri*) fed practical diets. J. Nutr. 111: 648-657.

Jayaram, M. G. and F. W. H. Beamish, 1992. Influence of dietary protein and lipid on nitrogen and energy losses in lake trout, *Salvelinus namy cush*. Cam. J. Fish. Aguat. sei. , 49: 2267-2272.

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.

Kitamura, S., T. Suwa, S. Ohara and K. Nakamura. 1965. Studies on vitamin requirements of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. I. On the ascorbic acid. *Bull. Jpn., Soc. Sci. Fish.* 33: 1120-1125.

Klein, R. G. and J. E. Halver, 1970. Nutrition of salmonoid fishes. Arginine and histidine requirements of chinook and coho salmon. *J. Nutr.*, 100: 1105-1109.

Lall S.P., G. Olivier, J.A. Hines and H. W. Ferguson. 1988. The role of vitamin E in nutrition and immune response of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Bull. Aqua. Assoc. Can.*

Lee, J. Y. , Y. J. Kang, S. M. Lee and I. B. Kim. 1993a. protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.* 6, 13-27.

Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. M. Lee and I. B. Kim, 1993b Optimum digestible to protein ratio in diets for the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquaculture*, 6, 29-46 (in Korean with English abstract).

- Lee, S.M., Y.J. Kang and J.Y. Lee. 1991. The effect of soybean meal as a partial replacement for white fish meal in diet for yellowtail (*Serilla quinqueradiata*). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 45. 247-257 (in Korean with English abstract).
- Lemaire, P., P. Drai, A. Mathier, S. Lemaire, S. Carriere, J. Giudicelli and M. Lafaurie. 1991. Changes with different diets in plasma enzymes (GOT, GPT, LDH, ALP) and plasma lipids (cholesterol, triglycerides) of sea-bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture, 93: 63-75.
- Lie, Ø. E. Lied and G. Lambertsen. 1986. Liver retention of fat and of fatty acids in cod (*Gadus morhua*) fed different oils. Aquaculture. 59: 187-196.
- Lie, Ø., E. Lied and G. Lambertsen. 1988. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*) : fat versus protein content in the feed. Aquaculture, 69: 333-341
- Lim, C. and W. Dominy. 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. American soybean association, 541 Orchard Road #11-03 Liat Towers, Singapore 0923, 12pp.
- Lim, C., and R. T. Lovell. 1978. pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish(*Ictalrurs punctatus*). J. Nutr. 108 :

1137-1146.

M. Furuichi and Y. Yone; Effect of dietary dextrin levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 46, 225-229 (1980).

M. Kono, T. M and C. S. 1987. Effect of Chitin, Chitosan and Cellulose as diet supplements on the growth of cultured fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(1): 125-129.

Mohsen, A. A. and R. T. Lovell, 1990. Partial substitution of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish. *Aquaculture*, 90: 303-311.

Murai, T. and J.W. Andrews. 1974. Interactions of dietary α -tocopherol, oxidized oil, vitamin E and ethoxyquin channel catfish (*Intalurus punctatus*). *J. Nutr.* 104: 1416-1431.

NRC(National Research Council). 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and shellfishes National Acad. press, Washington, D.C. 102pp.

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

NRC(National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of fish. National Acad. Press, Washington, D. C. pp 67.

Ng, W. K and K. L. Wee, 1989. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 83: 45-48.

Nose, T. 1960a. On the digestion of food protein by goldfish(*Carassius auratus* L.) and rainbow trout(*salmo irideus* G.). *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 10(1): 12-22.

Nose, T. 1960b. On the effective value of freshwater green algae, *Chlorella ellipsoidea*, as a nutritive source to goldfish. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.* 10(1): 10.

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.

Page, J. W. and J. W. Andrews. 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 102, 1334-1346.

Pongmaneerat, J. and T. Watanabe, 1993. Nutritional evaluation of soybean meal for rainbow trout and carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*,

59: 157-163.

Poston, H.A. 1967. Effect of dietary L-ascorbic acid on emeq/kgature brook trout. New York State Cons. Dept., Fish. Res. Bull. 30: 46-51.

Robertson, L., P. Thomas. C.R. Arnold and J.M. Trant. 1987. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing denisity, and a disease outbreak. Prog. Fish-Cult. 49: 1-12.

Robinson, E. 1990. Reevaluation of the ascorbic acid (vitamin C) requirements of channal catfish (*Ictalurus punctatus*). FASEB J. 4:3745(abstr.)

Roem, A.J., C.C. Kohler and R.R. Stickney. 1990. Vitamin E requirements of the blue tilapia, *Oreochromis aureus*, In relation to dietary lipid levels. Aquaculture 87: 155-164.

S. Shimeno, H. Hosokawa and M. Takeda: Metabolic Response of Juvenile Yellowtail to Dietary Carbohydrate to Lipid Ratios. Fisheries Sci., 62, 945-949 (1996).

S. Shimeno: Studies on Carbohydrate Metabolism in Fish(Translated by A.K. Barat), A.A. Balkema. Rotterdam. 1982, pp. 1-123.

S. Shimeno, C. M. Duan, and M. Takeda: Metabolic response to dietary carbohydrate to lipid ratios in *Oreochromis niloticus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 827-833 (1993).

Sandel, L. J., and J. C. Daniel. 1988. Effect of ascorbic acid on collagen in RNA levels in short term chondrocyte cultures. *Connect. Tissue Res.* 17: 11-22.

Schwarz F.J., M. Kirchgessner, H. Steinhart and G. Runge. 1988. Influence of different fats with varying additions of α -Tocopherol acetate growth and body composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) *Aquaculture* 69: 57-67.

Shimeno, S. 1991. Yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. pp. 181-191 In : Handbook of nutrient Requirements of Finfish, R. P. Wilson, ed. Boca Raton, Fla, CRC Press.

Shimeno, S., T. Mima, O. Yamamoto, and Y. Ando. 1993a. Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(11), 1833-1888.

Shimeno, S., T. Mima, T. Imanaga and K. Tomaru. 1993b. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat and corn gluten meal to yellowtail diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(11), 1889-1895.

- Skelbaek, T., Andersen, N. G., Winning, M., and Westergaard, S. 1990. Stability in Fish Feed and Bioavailability to Rainbow Trout of two Ascorbic Acid Forms. *Aquaculture* 84: 335-343.
- Smith R. W. and R. T. Lovell. 1973. Determination of apparent protein digestibility in fed for channel catfish. *Trans. Am. Fish. soc.*, 102(4): 831-835.
- Smith, R. R. 1971. A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds. *The prog. Fish-cult.*, 33: 132-134.
- Smith, R. W. and R. T. Lovell. 1971. Digestibility of nutrients in semipurified ration by channel catfish in stainless troughs. *Proc. Annu. Conf. Southeast Assoc. Game Fish Comm.*, 25: 425-459.
- Spyridkis, P., R. Metailler, J. Gabaudan and A. Riaza. 1989. Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 1. Methodological aspects concerning faeces collection. *Aquaculture*, 77: 61-70.
- Steffens, W. 1989. *Principles of Fish Nutrition* Ellis Horwood, Chichester. 384pp
- Stickney, R. R. 1977. Lipids in catfish nutrition. *In* R. R. Stickney and R. T. Lovell (Editors), *Nutrition and Feeding of Channel Catfish*.

- Stossel, P. and J. L. Leuba. 1984. Effect of chitosan, chitin, some monosugars on growth of various soil-borne phytopathogenic fungi. *Phytopath.*, Z. 111: 82-90.
- Takeda, M., S. Shimeno, H. Hosokawa, H. Kajiyama and T. Kaisyo 1975. The effect of dietary calorie - to - protein ratio on the growth, feed conversion and composition of young yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 41, 443-447.
- Takeuchi T. T., Watanabe and C. Ogino. 1978. Use of hydrogenated fish oil beef tallow as a dietary energy source for carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 44: 875-881.
- Takeuchi, T. T., Watanabe and C. Ogino. 1979. Digestibility of hydrogenated fish oils in carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 45: 1521-1525.
- Takeuchi, T., M. Toyota, S. Satoh and T. Watanabe. 1990. Requirement of juvenile red seabream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 56: 1263-1269.
- Takeuchi, T., T. Watanabe and T. Nose. 1979a. Requirement for essential fatty acids of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in freshwater

environment. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45: 1319-1323.

Takeuchi, T., Y. Shilna and T. Watanabe. 1991. Suitable protein and lipid levels in diet for fingerlings of red sea bream *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaidhi, 57: 293-299.

V. Verakunpiriya, K.W, K.M, K.K, T.K, I.H, V.K, S.S and T.W. 1997. Effect of Krill meal supplementation in soft-dry pellets on spawning and quality of egg of Yellowtail. Fish. Sci. 63(3): 433-439.

Watanabe, T., S. Thongrod, T. Takeuchi, S. Satoh, S. S. Kubota, Y. Fujimaki and C. Y. Cho. 1989b. Effect of dietary n-6 and n-3 fatty acids on growth, fatty acid composition and histological changes of white fish *Coregonus lavaretus maraena*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 1977-1982.

Watanabe, T., T. Takashima, M. Wada and R. Uehara. 1981. The relationship between dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 47 : 1585-1590.

Watanabe, T., T. Takeuchi, T. Arakawa, K. Imaizumi, S. Sekiya and C. Kitajima. 1989a. Requirement of juvenile striped jack *Longirostris delicatissimus* for n-3 highly unsaturated fatty acids. Nippon

Suisan Gakkaishi, 55: 1111-1117.

Wee, K. L. and S. S. Wang, 1987. Nutritive value of leucaena leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62: 96-108.

Wilson, R. P. 1977a. Carbohydrates in catfish nutrition. *In* R. P. Stickney and R. T. Lovell (Editors), *Nutrition and Feeding of Channel Catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218. p. 21-25.

Wilson, R. P. 1977b. Energy relationships in catfish diets. *In* R. P. Stickney and R. T. Lovell (Editors), *Nutrition and Feeding of Channel Catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218. p. 21-25.

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

Wilson, R.P. 1973. Absence of ascorbic acid synthesis in channel catfish, *Ictalurus punctatus* and blue catfish, *Ictalurus frucatus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 46B: 636-638.

Windell, J. T., J. W. Foltz and J. A. Sarokon. 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *The Prog. Fish-Cult.*, 40: 51-55.

Woodall, A. N., L.M. Ashley, J.E. Halver, H. S. Olcott and J. Van Der Veen. 1964. Nutrition of salmonoid fishes. VIII. The α -tocopherol requirement of chinook salmon. J. Nutr. 84: 125-135.

Yamamoto, D. and T. Akiyama, 1991. Substitution of soybean meal for white fish meal in a diet for fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Bull. Natl. Res. Inst. Aqua., 20: 25-32.

Yone, Y 1976. Nutritional studies of red sea bream. In K. S. Price, UV, N shaw and K. S. Danberg(editors), Proc. 1st. Int. Conf. Aquaculture. Lewes, Delaware, pp. 36-64.

강동수 · 하봉석. 1994. 양식 농어의 Carotenoids 대사와 체색 선명화에 미치는 영향. 한국수산학회지, 27(3): 272-281.

김병기 · 전중균 · 허형택 · 조재윤, 1996. 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 사료원으로서 대두박의 이용효과. II. 소화율, 배설 및 체조성변화 한국양식학회지, 9(4) : 395-407.

김창한 · 진평, 1995. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 치어의 산소소비, 암모니아 질소배설 및 체조성에 미치는 사료내 에너지/ 단백질비의 영향. 한국수산학회지, 28(4) ; 412-420.

김희경 · 김정우 · 이병민 · 김희선 · 강문일 · 이원교 · 정관식 · 이응호 : 1997: 넙치의 기생성 스쿠티카 섬모충(scuticociliatids)에 대한 chitosan -

oligosaccharides의 구충효과, 미발표.

이상민. 사육지질원과 사육수온에 따른 조피볼락 치어 및 성어의 영양소 소화율. 1997. 한국영양학회지, 21(5): 381-390.

이상민 · 김선명, 1996. 단백질원으로 어분이 첨가된 조피볼락 실험사료의 비타민 혼합물 평가. 한국양식학회지. 9(2): 159-166.

이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 사료의 적정 에너지/단백질 비. 한국양식학회지, 6: 29-46.

전유진 · 이용호 · 김세현 : 키틴, 키토산의 생리기능성(1). 항균작용, 고혈압 조절작용 및 콜레스테롤 개선작용. 1996. 한국키토산 키틴 연구회지 1(1), 4-13.

정관식, 1992. 대두박의 엑스트루더 처리가 무지개송어의 소화흡수율에 미치는 영향. 한국양식학회지, 5: 1-7.

하봉석 · 강동수 · 김종현 · 최옥수 · 유효영. 1993. 양식 넙치, 참돔의 사료 Carotenoids 대사와 체색개선에 미치는 영향. 한국수산학회지, 26(2): 91-101.

平野茂博, 纖維學會誌, 42, 226(1986).

제 4장 고성능 모이스트펠렛(HFMP) 사료의 실용화와
경제성 분석 및 기술이전

Andrews, J.W. and T. Murai. 1975. Studies on the vitamin requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) . J.Nutr. 105: 557-561.

Bidlack, W. R. and A. L. Tappel. 1973. Damage to micromembrane by lipid peroxidation. Lipids, 8, 177.

Blazer, V.S. and R.E. Wolke. 1984. The effects of α -tocopherol on the immune response and nonspecific resistance factors rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture 37: 1-9.

D-F. Hwang, M-R. Tsai, T. Yishida and S-S. Jeng: Toxicity and Excretion of Butylated Hydroxytoluene (BHT) through Feed in Japanese Eel. 1992, 58: 69-74.

Feher, J., G. Csomos and A. Vereckei. 1987. Freeradical reaction in medicine. springer - Verlag Berlin Heidelberg, Germany, p. 18-147.

Gatlin, D.M.III, W.E.Poe, R.P.Wilson, A.J.Aimsworth and P.R.Bowser. 1986. Effects of stocking density and vitamin C status on vitamin E-adequate and vitamin E-deficient fingerling channel catfish. Aquaculture 56: 187-195.

- Golumbic, C., Mattill, M. A. : J. Am. chem. soc., 63, 1279-1280(1941).
- H. I. Kojima, T. Yoshida, D-F. Hwang, M-R. Tsai and S-S. Jeng.
:Absorption, Distribution, and Excretion of Butylated Hydroxytoluene
in Rainbow trout and Common carp. 1991. 57: 1159 1164.
- Hamre, K and O. Lie. 1995. Minmum requirement of vitamin E for Atlantic
salmon, *Salmo salar* L., at first feeding. Aquaculture Research 26:
175-184.
- Heikkila, R. E. and L. Manzano. 1987. Axorbic acid, redox cycling, lipid
peroxidation, and the binding of dopamine receptor antagonist.
Ann. N. Y. Acad Sci. 498 : 63-76.
- Lim, C. and R. T. Lovell. 1978. pathology of the vitamin C deficiency
syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr. 108:
1137-1146.
- Murai, T., T. Akiyama, H. Ogata and T. Suzuki, 1988. Interaction of
dietary oxidized fish oil and glutathione on fingerling yellowtail,
Seriola quinqueradiata. N. Suisan Gakkaishi. 54: 147-148.
- Murai, T., and J.W. Andrews. 1974, Interactions of dietary α -tocopherol,
oxidized menhaden oil and ethoxyquin on channel catfish (*Ictalurus
punctatus*). J. Nutu. 104: 1416-1431.

- NRC(National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of fish. National Acad. Press, Washington, D. C. pp 34-35.
- Niki, E., Kawakami, A., Yamamoto, Y., Kamiya, Y.: Bull. chem. soc. Jpn., 58, 1971-1975(1985).
- Roald, S. O. and D. Amstrong. 1981. Histochemical, fluorescent and electromicroscopical appearance of hepatocellular ceroidosis in the Atlantic salmon, *Salmo salar* L. J. Fish Dis. 4: 1-14.
- Saito, M, 1988. Interaction between lipid peroxide formation and nutritional status. J. Jpn. soc. Nutr. Food sci. , 41(5), 343.
- Sato, M.,Y.Hatono and R.Yoshinaka. 1991. L-ascorbyl 2-sulfate as a dietary vitamin C source for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Nippon Suisan Gakkaishi. 57: 717-721.
- Skelbaek, T., Andersen. N, G., Winning, M, and Westergaard, S. 1990. Stability in Fish Feed and Bioavailability to Rainbow Trout of two Ascorbic Acid Forms. Aquaculture 84: 335-343.
- Smith C. E.(1979) : The prevention of liver lipid degeneration (ceroidosis) and microcytic anaemia in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson fed rancid diet : a preliminary report. J. Fish Disease 2, 429-437.

Steffens, W. 1989. Principles of Fish Nutrition Ellis Horwood, Chichester.
384pp

Vergroeson, A. T. 1977. physiological effect of dietary linoleic acid. Nutr.
Rev., 35, 1.

Yokote, M. 1970. Sekoke Disease, spontaneous diabetes in carp, cyprinus
carpio, found in fish farms. I. pathological study. Bull. Fre. Fish.
Res. Lab. 20: 39-72.

이창훈. 1993. 양식넙치의 Ceroid 증 발생에 대하여. 한국어병학회지. 6(2),
143-161.

전세규. 1989. 산화된 사료에 의한 질병. 한국어병학회지 2 : 109-114.

조문규. 전세규. 1990. 산화된 Pellet에 의한 틸라피아의 Ceroid 증과 Vitamin
E, C의 예방 효과. 한국어병학회지 3 : 69-79.

官崎照雄・窪田三朗(1981) : 養殖魚の營養性 ミオハ"チ- 症候群に関する研究-
V. 酸化油投與か"血液, 肝すい臓成分など"に與える影響. 日水誌. 45, 449-453.

竹田正彦・示野貞夫・細川秀毅・川野勝明・池田康輔・井上伊佐男(1989) : マ
タ"イの 脂質過酸化に及は"す酸化油脂および營養劑投與の影響. 水産
増植 37(1) 1-7.