

다슬기 배합사료 개발 현황



이상민
 강릉대학교 해양생명공학부
 TEL) 033-640-2414
 E-mail) smlee@kangnung.ac.kr

1. 서론

다슬기는 하천이나 호수 등지에서 흔히 볼 수 있는 고동류로 진흙땅보다는 모래와 자갈이 많은 곳에서 더 많이 서식한다. 검은조개로 불리는 다슬기는 한여름 시냇가에서 쉽게 채취할 수 있는 패류이기 때문에 일찍부터 우리 나라에서는 살짝 삶아서 가식부를 그대로 식용하기도 하고, 찜 또는 탕(湯), 초무침 등으로 사용하여 식용하거나 특히 미역국 등에 넣어 맛을 내는데 사용하여 왔고 빈혈증 치료에 좋다하여 민간요법제로도 널리 이용되어 왔다. 하지만 무분별한 남획과 환경과 괴로 다슬기의 자원량이 감소함에 따라 다슬기를 양식하고 있는 곳이 증가하고 있다. 이처럼 다슬기 양식에 대한 관심이 높아짐으로서 최적 성장을 위한 먹이 (사료)에 대한 연구가 필요하다.

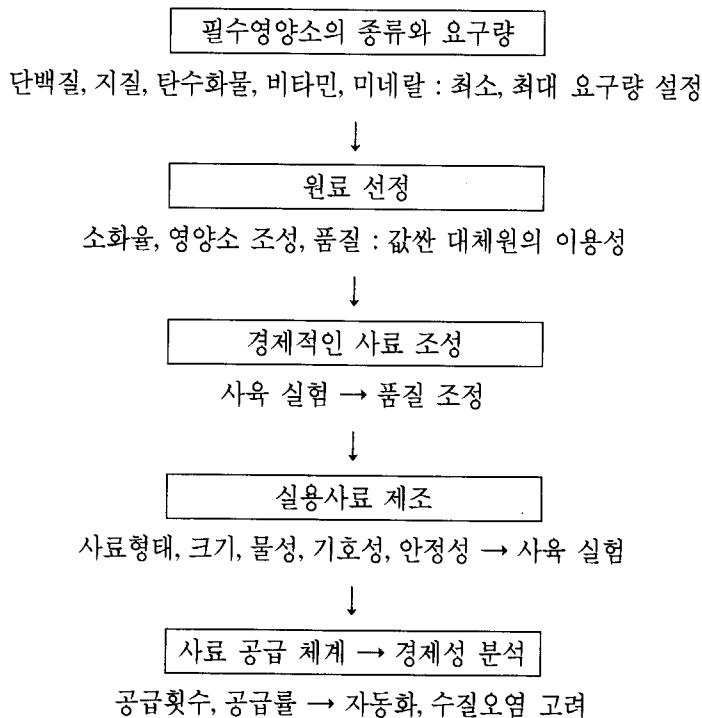
2. 배합사료 개발의 필요성

사료는 양식장 환경 및 질병과 함께 어류 양식에 있어 기본적으로 고려되어야 할 요인이다. 양식장 환경이나 질병은 양식기간 중에 인위적으로 쉽게 조절되지 않지만, 사료공급은 양식 경영가

가 적절히 선택하여 조절할 수 있으므로 양식 성공의 key가 될 수 있는 중요한 변수이다. 또한, 사료는 양식생산 단가의 매우 높은 비율을 차지하고 있으므로 양식생산에 소요되는 사료비를 최소화시키는 것이 효율적인 양식을 위해서는 무엇보다 먼저 고려되어야 한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 대상 어종에 적합한 실용사료를 선정하여 이용하는 것이다. 실용배합사료가 갖추어야 될 기본적인 조건을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 사료효율이 높아야 한다. 사료효율이란 1kg의 사료로 얼마만큼 어체를 증중시키는가를 표시하는 수치인데, 사료효율을 높이기 위해서는 사료의 영양소가 양식 대상종의 요구에 맞도록 조성함과 동시에 이러한 영양소가 균형을 이루도록 사료를 설계하여야한다. 이와 동시에 사료의 영양소 소화율을 높이고 사료의 영양소가 수중으로 유실되지 않고 최대한 성장에 이용될 수 있도록 원료의 선택, 가공 방법에 주의를 해야한다.
- ② 사료의 가격이 적당해야한다. 사료가격은 낮을수록 좋겠지만 사료 원료의 품질 등 많은 연구를 통하여 가격을 최소화 할 수 있도록

- 꾸준히 연구해야 할 것이다.
- ③ 양어가에게 공급되는 사료의 품질이 항상 일정해야하며 공급이 안정적으로 이루어져 양식경영이 체계적으로 이루어질 수 있도록 해야한다. 예를 들어 사료의 품질이 공급시마다 차이가 난다면 양식어의 성장이 달라져 계획적인 생산에 차질이 생길 수 있음을 인식해야한다. 또한 사료 공급이 불안정하다면 양식산업에 여러 가지 문제가 생길 수 있다.
 - ④ 보장성이 좋아야한다. 사료 저장시에 쉽게 변성되어 양식어의 건강에 영향을 미치게 해서는 안된다.
 - ⑤ 기호성이 좋아야 한다. 품질이 좋은 사료일지라도 양식어가 섭취하지 않는다면 실용사료로서의 기능은 없다.
 - ⑥ 질병저항성이 높아야한다. 양식어의 성장에 좋은 사료라고 할지라도 어체의 건강이 나빠져 면역성이 낮아지거나 세균에 쉽게 감염되면 실용사료로서의 가치가 낮아진다.
 - ⑦ 취급이 간편해야한다. 쉽게 운반하고 간편하게 사료를 공급할 수 있도록 제조되고 포장되어야 한다.
 - ⑧ 수질오염을 최소화해야한다. 양식어가 섭취하지 못하거나 섭취한 사료의 소화율이 낮아 영양소가 수중으로 유실되는 것을 최소화하여 수질오염원을 감소시킬 수 있도록 설계해야한다.
 - ⑨ 수중안정성이 높아야한다. 특히 사료를 바로 받아먹지 않거나 못하는 어종인 갑각류나 전복의 경우에는 사료의 수중 안정성은 매우 중요한 요인이며, 수질오염과 성장에 직



접적인 영향을 미치는 요소이다.

- ⑩ 양식대상종에 무해해야하며, 이를 식품으로 하는 인간의 건강에 해가 없어야 한다.
- ⑪ 이외에도 사료제조업체와 양어가들간에 신뢰성이 확고하여 언제나 배합사료를 믿고 사용할 수 있도록 노력해야하며 국가적인 행정지원이 뒤따라야 할 것이다.

위에 언급한 양질의 배합사료를 개발하기 위해서는 아래 그림에 요약한 바와 같이 그 어종에 적합한 영양소 이용효율 및 영양소 종류별 최소 요구량을 구명하는 것이 가장 먼저 선행되어야 한다. 이러한 기초적인 정보를 바탕으로 하여 영양소의 균형을 고려하면서 그 어종이 최대로 이용할 수 있는 값싼 원료의 선택과 이용성을 구명한 후, 여러 가지의 원료를 적절히 혼합하여 최소한의 사료 단가를 도출하여 반복 실험하는 것이다. 이러한 일련의 과정이 수행된 후 개발된 사료의 이용성과 크기별, 수온별에 따른 먹이 공급 체제를 경제성 분석과 함께 최종 검토하여야 할 것이다.

3. 연구 내용

다슬기 양식을 위한 경제적인 배합사료 개발에 관한 연구가 최근 수행되고 있으며, 그 연구 내용 및 결과를 다음과 같이 소개하고자 한다.

1) 궂체다슬기 배합사료의 단백질과 에너지 함량

경제적인 양식을 위한 배합사료를 개발하기 위해서는 먼저 영양소 요구량을 구명하고 그 종에 맞는 사료 설계를 해야 한다. 이러한 영양소 중 단백질은 성장에 있어 가장 중요한 요소로 가장

높은 함량과 비용을 차지한다. 그러므로 이런 값 비싼 단백질을 성장에 이용하고 에너지는 값싼 지질이나 탄수화물을 이용하게 하기 위하여 사료 중 단백질 및 에너지의 적정함량의 구명이 중요하다. 사료내 단백질과 에너지의 균형이 맞지 않을 경우, 즉 사료내 에너지 함량이 부족하고 단백질 함량이 높을 때 여분의 단백질이 에너지 충족 목적으로 사용되며, 반대로 사료내 에너지 함량이 부족하고 단백질 함량이 높으면 사료 섭취량이 줄어들어 상대적으로 최적 성장에 필요한 영양소의 섭취량이 상대적으로 낮아져 성장이 저하된다. 이와같이 사료중 단백질과 에너지의 적정함량은 사료 배합 시 중요하게 고려되어야 할 사항으로 반드시 구명해야 경제적인 배합사료 개발이 가능하다. 그래서 본 연구는 카제인을 단백질원으로 하여 다슬기 사료에 적정 단백질 및 지질함량을 알아보기 위하여 수행되었다.

궂체다슬기 사료의 적정 단백질 및 에너지 함량을 조사하기 위하여 북양어분과 카제인을 단백질원으로 하여 사료의 단백질 함량이 12, 22, 32, 42 및 52%가 되도록 하고, 각 단백질 함량에 에너지 함량이 3.3 및 3.9 kcal/g이 되도록 한 10종류의 실험사료로 평균체중 37 mg의 궂체다슬기를 대상으로 12주간 사육 실험하였다. 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이가 없었다. 증중량은 사료의 에너지 함량 3.3 kcal/g 수준에서는 사료의 단백질 함량 22%까지는 유의하게 ($P<0.05$) 증가하였으나 32% 이상에서는 유의적인 차이가 없었으며, 사료의 에너지 함량 3.9 kcal/g 수준에서는 사료의 단백질 함량 32%까지는 유의하게 ($P<0.05$) 증가하였으나 42% 이상에서는 더 이상 증가하지 않았다. 그리고 각 단백질 함량에서의 증중량은 사료의 에너지 함량에 유의한 영

향을 받지 않았다. 가식부의 지질 함량은 모든 사료단백질 수준에서 3.9 kcal/g가 3.3 kcal/g 보다 높았다. 이상의 결과로 볼 때 곳체다슬기 사료의 적정 단백질 함량은 22%이며 적정 에너지 함량은 3.3 kcal/g 인 것으로 판단된다.

2) 곳체다슬기 배합사료의 지질원

지질은 사료의 에너지원으로서 단백질이나 탄수화물보다 에너지가가 높아 값비싼 사료단백질을 절약할 수 있으며, 지용성 비타민의 좋은 공급원인데 이들 비타민은 주로 간 내 지질에 다량 함유되어 있기 때문에 명태 및 대구와 같은 어간유는 지용성비타민의 좋은 공급원이기도 하다. 또한, 체내 여분의 에너지는 지방의 형태로 전환되어 지방조직에 저장되며, 다시 생리적으로 요구되면 산화되어 에너지를 공급한다. 특히, 지질은 필수 지방산의 공급원으로 양식대상종의 성장

과 체내대사에 필수적인 역할을 하는 중요한 영양소이다. 어류는 그들이 요구하는 지방산의 종류와 양이 어종과 수온 및 염분도 등과 같은 서식환경에 따라 필수지방산으로 작용하는 지방산의 종류와 양이 다르다고 보고되어 있다. 그래서 양식 대상종이 요구하는 필수지방산의 종류와 요구량을 구명하기 위한 연구들이 수행되어 왔으며, 양식 대상 종이나 서식환경에 따른 지방산 요구량의 차이를 밝혀 이를 충족시킬 수 있도록 사료를 설계하는 것이 양식에 있어 대단히 중요하다. 그래서 본 연구는 곳체다슬기용 배합사료 개발을 위한 영양요구에 관한 연구의 일환으로 사료의 지질원이 곳체다슬기의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

곳체 다슬기용 배합사료 개발을 위한 연구의 일환으로 사료의 지질원이 곳체다슬기의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 지질원

표 1. 실험사료의 주요 지방산 조성 (% of total fatty acids)

| 지방산 | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 12:0 | 99.0 | 3.9 | 5.9 | 1.5 | 2.1 | 5.2 | 1.7 | 1.3 |
| 16:0 | - | 12.4 | 7.5 | 12.4 | 11.5 | 13.8 | 9.7 | 11.4 |
| 16:1n | - | 5.4 | - | - | 2.4 | 2.2 | - | 2.1 |
| 18:0 | - | 1.6 | 2.1 | 2.7 | 2.1 | 2.5 | 2.4 | 2.3 |
| 18:1n-9 | - | 11.9 | 12.7 | 16.5 | 14.1 | 15.6 | 15.2 | 16.4 |
| 18:2n-6 | - | 8.0 | 22.3 | 54.2 | 21.2 | 35.8 | 34.9 | 28.1 |
| 18:3n-3 | - | 1.9 | 44.1 | 7.1 | 24.9 | 4.2 | 29.9 | 21.1 |
| 20:5n-3 | - | 9.9 | - | - | 5.7 | 5.6 | - | 4.7 |
| 22:6n-3 | - | 10.4 | - | - | 6.5 | 6.7 | - | 5.4 |
| n-3 HUFA ¹ | | 27.2 | | | 12.2 | 12.3 | | 10.1 |

¹ Highly unsaturated fatty acids (C≥20).

으로 lauric acid, 오징어 간유, 아미인유, 옥수수유, 오징어간유+아미인유, 오징어간유+옥수수유, 아미인유+옥수수유 및 오징어간유+아미인유+옥수수유 (표 1)를 각각 첨가한 8종류의 사료를 제조하여 평균체중 152 mg의 곳체다슬기를 8주간 사육 실험한 결과 (그림), 증중량은 lauric acid 첨가구가 가장 낮았으며, 오징어 간유를 첨가한 실험구들이 lauric acid, 아미인유 및 아미인유와 옥수수유를 혼합 첨가한 실험구보다 높았다.

가식부의 지방산 조성은 사료지질의 지방산 조성에 영향을 받아 18:2n-6과 18:3n-3의 함량은 아미인유와 옥수수유 첨가구에서 각각 가장 높게 나타났으며, 20:5n-3와 22:6n-3과 같은 n-3 HUFA 함량은 지질원으로 오징어간유를 사용한 실험구가 다른 실험구보다 높았다. 이러한 결과로 볼 때, 곳체다슬기의 성장을 위해서는 사료의 지질원으로 오징어간유 혹은 오징어간유에 아미인유나 옥수수유를 혼합하여 사용하는 것이 좋을 것으로 생각되며, lauric acid와 같은 포화지방산의 과다 첨가는 곳체다슬기의 성장에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3) 곳체다슬기 배합사료 탄소화물원

사료에 있어서 탄수화물은 사료의 성형을 도와주는 역할을 할 뿐 아니라 체내의 중요한 에너지원으로 작용하기 때문에, 값비싼 사료단백질의 낭비를 줄일 수 있어 사료의 단가를 절감 할 수 있는 영양소이다. 그래서 본 연구는 다슬기용 배합사료 개발을 위한 연구의 일환으로 사료에 각기 다른 탄수화물원의 첨가가 다슬기의 성장 및 체성분에 미치는 영양에 관하여 조사하였다.

모든 사료에 30.5%의 소맥분을 첨가한 다음, 셀룰로오스, 글루코스, 말토스 및 α -starch를 각각

30% 첨가한 6종류의 사료로 평균체중 154 mg의 곳체다슬기를 8주간 사육한 결과, 생존율은 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 증중율은 사료의 탄수화물원에 유의한 영향을 받지 않았으며, 가식부의 성분 분석결과, 단백질, 지질 및 수분 함량은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 이상의 결과로부터 곳체다슬기 사료에 소맥분이 30.5%가 첨가되었을 경우에는 탄수화물원으로는 글루코스, 말토스, α -전분, 셀룰로오스 및 소맥분 중 어느 것을 사용하여도 좋을 것으로 생각된다.

4) 곳체다슬기 배합사료의 적정 인 함량

인은 탄소, 질소, 수소, 산소 및 황과 함께 생명 현상 유지에 필수적인 원소중의 하나로서 호흡, 광합성, 근수축, 세포분할 등의 기본적인 생물 화학적 반응에 있어 중요한 역할을 담당한다. 그리고 인은 어류의 성장에 필수적인 광물질로서 결핍시 골격형성이 정상적으로 이루어지지 않으며, 성장 및 사료효율이 떨어지는 현상이 일어난다. 따라서 양식어류의 인 공급은 사료의 형태로 이루어지고 있는데, 최근 어류양식에 의한 수질오염이 환경문제로 대두됨에 따라 양식어의 최대성장과 수질오염의 최소화를 동시에 만족하는 사료의 개발을 위해서 사료내 인의 함량을 최소화시키기 위한 연구들이 수행되어 왔다. 그래서 본 연구에서는 인 함량이 다른 사료가 다슬기의 성장에 미치는 영향에 관해서 조사하였다.

인의 함량을 각기 달리한 실험사료로 평균체중 160 mg의 다슬기를 10주간 사육 실험한 결과, 생존율은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 증중량은 단백질원으로 어분을 사용한 실험구가 가장 낮았으며, 단백질원으로 카제인을

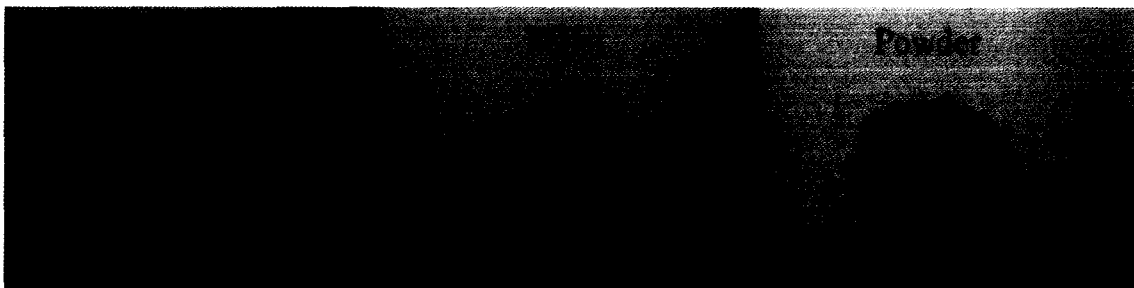
사용하고 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 의 함량을 달리 첨가한 5 실험구간에는 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$). 그리고 단백질원으로 카제인을 사용하고 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 을 0, 2 및 4% 첨가한 실험구는 단백질원으로 어분을 사용한 실험구보다 유의하게 높은 증중량을 보였다 ($P<0.05$). 이상의 결과로 볼 때 곳체다슬기의 사료 인 요구량은 매우 낮은 것으로 판단되며, 보다 상세한 연구가 요구된다.

5) 곳체다슬기 배합사료의 조성구분과 형태 (분말, 펠렛 및 플레이크)

사료의 영양 성분 중 단백질이 차지하는 비율이 매우 높고, 사료에 배합되는 단백질원의 가격이 매우 비싸기 때문에, 양식 대상어종에 적합한 사료 단백질을 구명하는 것은 경제적인 배합사료 개발에 필수적이다. 이 중 어분은 단백질 함량이 높고 필수 아미노산 및 필수지방산이 고루 갖추어진 양질의 단백질원이지만, 가격이 비싸고 어획량 변동이 심해 공급이 불안정한 실정이다. 따라서 경제적인 양식사료의 개발을 위해서는 값이 싸고 공급이 안정적인 단백질을 개발하여 사용하는 것이 시급하다. 이 중 식물성인 대두박은 단백질 함량과 아미노산 조성 등 영양성분이 비교적 잘 갖추어져 있을 뿐만 아니라, 어분에 비해 가격이 저렴하고 공급이 안정적이어서 어분

대체 단백질원으로 활발히 연구되어 왔다.

다슬기는 어류와 달리 움직임이 느리고 먹이를 서서히 조금씩 갇아먹는 습성을 가지므로 먹이를 섭취하는데 충분한 시간이 필요하기 때문에 먹이 섭취 전까지 사료의 영양소가 수중으로 유출되는 것을 최소화하여야 한다. 사료의 수중 안정성은 사료성분이나 제조조건에 따라 달라지는데, 다슬기와 먹이섭취방법이 유사한 전복의 경우, 사료 제조시 사료의 풀림이나 영양소 유출을 방지하기 위하여 알긴산 나트륨을 염화칼슘 수용액에 침적시켜 불용성인 칼슘염으로 치환시키는 방법이 사용되었다. 하지만, 알긴산은 고가의 원료이므로 사료내 알긴산의 함량을 낮추거나 가격이 저렴한 원료로 대체하는 것도 경제적인 배합사료의 개발을 위해 대단히 중요할 것이다. 또한 배합사료의 물성이나 가공 형태는 제조과정, 사료단가, 유통 및 수질오염 등에 영향을 미치는 중요한 요인이며, 이들 배합사료의 형태가 각각의 수산생물의 성장에 영향을 미칠 수 있으므로 양식 대상종에 가장 적합한 형태로 사료를 제조하여 사용해야 할 것이다. 그래서 본 연구는 어분 대체원으로 대두박을, 알긴산나트륨의 대체원으로 소맥분의 이용가능성을 조사함과 동시에 다슬기 배합사료로 가장 적합한 사료의 형태를 조사하기 위하여 수행되었다.



사료 단백질원으로 어분과 대두박을 각각 사용하고 첨착제로 알긴산나트륨과 소맥분의 조성비를 달리한 3가지의 사료 조성으로 각각 flake, pellet 및 powder 형태로 총 9 종류의 실험구를 설정하여, 평균체중 160 mg 전후의 굵게다슬기 치패를 3반복으로 10주간 사육 실험하였다. 다슬기의 평균 증체량은 사료조성 및 형태에 각각 영향을 받았으며, flake 형태의 사료와 pellet 형태의 사료의 경우 단백질원으로 어분을 사용한 실험구보다 대두박을 사용한 실험구가 높게 나타났고, powder 형태의 경우는 단백질원으로 어분이나 대두박 모두에서 유의차가 없었다. 첨착제로 알긴산나트륨을 첨가한 실험구에서는 flake, pellet, powder 형태의 사료 순으로 점차 증가하는 경향을 보였으나, 알긴산나트륨 대신 소맥분을 첨가한 실험구에서는 flake, powder, pellet 순으로 점차 증가하는 경향을 보여, flake 형태보다 pellet 형태 실험구가 높게 나타났다. 다슬기의 조단백질과 회분 함량은 사료 조성 및 물성에 따라 실험기간에 유의차를 보이지 않았으나, 수분과 지질 함량은 사료 조성에 영향을 받았다. 이상의 결과로 보아, 굵게다슬기의 배합사료 단백질원으로 값싼 대두박을 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 첨착제로 알긴산나트륨을 첨가하지 않아도 좋을 것으로 보인다. 또한 다슬기용 배합 사료의 형태는 pellet이나 powder가 적합할 것으로 판단된다.

위의 연구들에 이어서 현재 다슬기용 경제적인 배합사료 개발을 위해 최선을 다하고 있으며, 조만간 그 결과들을 제공할 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 강원도 평창군 농업기술센터와 평창

군 “푸른농원” (대표 김영주)이 지원한 연구비로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- Dabrowska, H. and T. Wojno, 1977. Studies on the utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) of feed mixture containing soybean meal and an addition of amino acid. *Aquaculture*, 10, 297-310.
- Duncan, D.B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Kim, Y.S., B.S. Kim., T.S. Moon and S.M. Lee, 2000. Utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Kor. Fish. Soc.* 33, 469-474.
- Lee, S.M., 1998. Evaluation of economical feed formulations for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquacult.*, 11, 159-166.
- Lee, S.M. and I.G. Jeon, 1996. Evaluation of soybean meal as a partial substitute for fish meal in formulated diets for Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 29, 586-594.
- Lee, S.M., G.A. Lee., I.G. Jeon. and S.K. Yoo, 1997. Effects of experimental formulated diets, commercial diet and natural diet on growth and body composition of abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquacult.*, 10, 417-424.
- Lee S.M., S.Y. Yun. and S.B. Hur, 1998. Evaluation of dietary protein sources for abalone (*Hali-*

- tis discus hannai*). J. Aquacult., 11, 19-29.
- Lee, S.M., K.D. Kim, T.J. Lim and I.C. Bang, 2002. Effects of dietary lipid sources on growth and body composition of snail (*Semisulcospira gottschei*). J. Fish. Sci. Tech., 5), 165-171.
- Lim, T.J., 2002. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile snail, *Semisulcospira gottschei*. MS thesis, Kangnung National University, Korea, 44 pp.
- Mai, K., Mercer, J.P. and J. Donlon, 1995. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein for growth. Aquaculture, 134, 165-180.
- Murai, T., H. Ogata. and T. Nose, 1982. Methionine coated with various materials supplemented to soybean meal diet for fingerling carp *Cyprinus carpio* and channel catfish *Ictalurus punctatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48, 85-88.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press Washington D.C., 114 pp.
- Shiau, S.Y., B.S. Pan., S. Chen., H.L. Yu and S.L. Lin, 1988. Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. J. World Aquacult. Soc., 19, 14-19.
- Uki, N., A. Kemuyama. and T. Watanabe, 1985. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 1835-1839.
- Viola, S., S. Mokady. and Y. Arieli, 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 32, 27-28.
- Wilson, R.P. and W.E. Poe, 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. Aquaculture, 46, 19-25.