

양식사료의 동물성 사료원들에 대한 이용성

Sungchul C. Bai

Pukyong national Univ.

Brief Curriculum vitae

- ▶ 1974~1980 건국대학교 축산대학 농학학사
- ▶ 1982~1984 캘리포니아 주립대학교 프레스노대학원 농학석사
- ▶ 1986~1990 캘리포니아 주립대학교 수의과대학 영양학박사
- ▶ 1993~현재 국립부경대학교 양식학과 교수
- ▶ 1996~2000 한국양식개발 장학회 이사
- ▶ 1998~현재 한국양식학회이사, 국제협력위원장
- ▶ 2000~현재 Aquaculture Research 편집위원
- ▶ 2000~현재 부경대 사료영양연구소 소장
- ▶ 2001~현재 Journal of World Aquaculture Society 부편집장
- ▶ 2003~현재 세계양식학회(WAS) 이사
- ▶ 2003~현재 뱀장어 양식 연구회 회장

양식사료의 동물성 사료원들에 대한 이용성

배 승 철 / 부경대 양식학과

김 준 형 / 사료영양연구소

서 론

세계 인구는 이미 1999년 10월에 이미 60억을 넘어섰고 앞으로 중간 정도의 예측치를 가정해도 2050년에는 90억 정도가 될 것이다. 이러한 세계 인구의 급속한 증가 추세에 따라서 많은 경제학자들은 21세기에 세계적으로 식량위기가 닥칠지 모른다고 경고하고 있는데, 세계최고 권위의 민간 환경 연구 단체인 월드워치 연구소의 창설자이자 소장인 Lester R. Brown 박사는 번역서 “누가 중국을 먹여 살릴 것인가?”(따남환경신서 18; 1998)와 “폴하우스: 인구·식량·환경”(따남환경신서 15; 1997)에서 세계의 식량난이 21세기에 불어 닥칠 것으로 예측하고 있다. 인류의 가장 중요한 단백질 식량자원은 농·축산업과 수산업 분야에서 생산되어 왔다. 하지만 현재 농·축산업의 생산량 증가율은 한계에 이른 상태이고 인구 증가와 환경문제 등을 고려할 때 계속해서 증가하는 인류의 단백질 수요를 앞으로 많은 부분 수산업에서 충당해야 할 것으로 보인다. 세계적으로 다른 육류에 비해 저지방 고단백인 수산물의 소비 수요는 계속해서 증가하고 있는 반면에 주요 수산식품(어류, 갑각류 및 연체동물)의 세계 어업 생산고는 연간 6,000만톤(해조류를 포함해서 어분과 어유 생산용 잡어 3~4천만은 제외)으로 환경오염과 어자원의 남획 등으로 인해 2000년 또는 그 이후에도 그 생산량은 현 수준 이상이 되지 않을 것이라는 가정이 일반적으로 받아들여지고 있다. 또한, 전세계 주요 수산식품의 지난

10년간 양식 생산량은 1991년 1,370만 톤(미화 248억불)에 비하여 2001년 3,800만 톤(미화 700억불)으로 177%가 추가로 증가하였다. 그리고 주요 수산식품의 1인당 소비를 1995년 수준인 연간 13.5kg으로 잡아도 21세기 초에는 인구의 자연 증가에 따르는 소비의 급속한 양적 팽창이 예상된다. 따라서 현 소비 수준을 기준하여 양식산업에서 감당해야 할 주요 수산식품의 예상 생산량은 2010년에는 3천4백90만 톤(2000년에 이미 3,500만 톤을 넘어선 것으로 추정됨), 2025년에는 5천2백만 톤이며, 2035년에는 6천1백70만 톤으로 주요 수산 식품의 세계 어업 생산고보다 많은 양이 수산 양식업에서 생산 공급되어야 할 것으로 예상되고, 소비 수준이 최소한의 증가폭인 연간 1%씩 증가할 것을 가정하면 2035년에 1억2천만 톤 정도가 양식업을 통하여 생산되어야 할 것으로 추정되어 세계 수산 양식산업의 전망을 밝게 하고 있다. 이미 수산 선진국에서는 이를 깨닫고 양식산업에 꾸준한 투자와 연구를 정부 차원에서 체계적으로 진행시키고 있으며, 계속적으로 확대시키고 있는 실정이다.

국내에서는 세계적인 소비추세와 함께 건강 식품으로서 수산물의 소비는 급속하게 증가하고 있으나 공급 면에서는 연근해 수산 자원의 고갈과 원양어업의 침체 등으로 매우 부진한 상태이고 그나마 기대할 수 있는 것은 양식 분야의 생산증대 밖에 없는 실정이다. 하지만 국내 양식산업 구조는 노동집약적인 해조류와 패류중심이라 후진성과 영세성을 벗어나지 못하고 있고 주요 수산식품의 양식 생산량과 가치의 세계 순위는 계속해서 하락하고 있다. 또 WTO체제는 수산물 개방화를 촉진하고 있으며 최근의 IMF 한파와 국내 양식의 수산물의 소비 침체는 역시 국내 양식산업을 더욱 힘들게 하고 있다. 실로 국내양식산업이 중대한 위기에 처해 있다고 해도 과언은 아니다. 이러한 위기를 극복하기 위해 앞으로 체계적인 연구를 통한 국내 양식산업의 구조를 정비하고 양식산업에서 가장 중요한 부분중 하나인 양식 사료개발이 가장 시급한 현안임을 인식하여 배합사료 개발에 많은 투자를 하여야 할 것이다.

어류는 정상적인 성장을 위하여 사료에 균형적으로 단백질, 탄수화물, 지질, 비타민 및 무기물 등이 함유되어 있어야 하며, 그 중에서도 단백질은 어류의 실질적

인 성장에 중요한 성분으로 양어 사료비용의 약 60% 이상을 차지하고 있다 (Andrews 1977). 양어 사료에 있어서 주요 단백질원인 어분은 양질의 단백질원인 반면에 공급량이 불안정하고, 가격이 비싸기 때문에 양어사료 설계 시 사료단가를 낮추기 위해서 어분의 첨가비를 줄이는 것이 중요하다. 그래서, 어분 대체 단백질원으로서 대두박, 면실박, 콘글루텐밀 및 채종박 등과 같은 식물성 단백질원과 육분, 육골분, 우모분, 가금부산물, 혈분 등과 같은 동물성 단백질원, 그리고 이들을 원료로 한 어분대체품 등이 이용되고 있다(Dabrowski and Kozak 1979; Watanabe and Pongmaneerat 1991; Pongmaneerat et al. 1993; Belal and Assem 1995; Luzier et al. 1995; Lee and Bai 1997a, 1997b; Lee et al. 2001, 송 등 1995; 배 등 1997; 조 등 1998 ;강 등 1999; 김과 배 1999; 박 등 1999; 장 등 1999). 양어사료에 있어서 식물성 단백질원은 항영양인자나 몇몇 필수 아미노산의 부족으로 인해 그 사용이 제한되며 이러한 식물성 단백질원의 제한된 영양가치 때문에 식물성 단백질 사료원들의 경우 추가적인 가공방법에 관한 연구들이 진행되고 있는 상황이다. 또한 많은 연구자들이 양어사료, 그중에서도 특히 해산어사료의 어분을 성공적으로 대체시킬수 있는 동물성 단백질원을 이용하려는 연구를 수행하고 있다. 특히 동물성 단백질원들은 이미 가축 사료원으로 널리 이용되어져 왔으며, 단백질 함량이 비교적 높고 아미노산의 조성이 어분에 비해 크게 뒤떨어지지 않고, 가격이 저렴하고 공급이 안정적이며 식물성 단백질원에 비해 인 및 단백질의 이용률이 높아 현재 해산어 양어 사료의 주단백질원인 어분의 대체 단백질원으로 이용이 가능하다고 할 수 있겠다.

따라서 먼저 국내외 양식산업과 양어사료 산업의 현황에 대하여 살펴보고 국내의 주요 양식어종에 대한 배합사료에 있어서 어분을 대체할 수 있는 단백질원, 그중에서도 동물성 사료원의 이용성에 관한 연구 결과들을 살펴보고 이를 통하여 양어용 배합사료에 있어서 동물성 단백질원의 이용성에 대해 알아보고자 한다.

본 론

I. 국내외 양식 및 양어사료산업 현황

1. 국외 양식 및 양어사료 산업

1) 양식산업

FAO(2003) 통계자료에 의하면, 2001년도 세계 주요 수산식품의 양식 생산량(해조류 제외)은 중국, 인도(내수면 담수어 양식 위주), 인도네시아를 비롯하여 어류와 갑각류 생산에 중점적인 일본, 방글라데시, 칠레, 베트남, 노르웨이, 미국등에 뒤이어 한국은 15위를 차지하였으며, 가치생산 순위(해조류 제외)에 있어서 중국과 일본(값비싼 해산어와 회유성 어류 양식)이 1위와 2위를 차지하였다. 동남아 국가들은 담수어와 가격이 높은 새우 등의 갑각류를 중심으로 양식생산량에서 상위를 차지하고 있다. 반면에 한국의 가치생산 순위는 어류나 갑각류의 생산보다는 상대적으로 가격이 낮은 해조류와 패류중심의 양식산업으로 인해 16위를 차지하였다. 세계 양식산업의 구조는 자본집약적이고, 기술집약적인 어류를 중심으로한 주요 수산식품 쪽으로 집중되고 있다. 이와 같이 수산 양식산업이 수산업에서 차지하는 막대한 역할과 발전 가능성에 대비해 이미 세계의 수산 선진국가들은 수산 양식분야의 연구와 개발에 대한 투자를 지속적으로 확대하고 있다. 현재 전세계 양식 총생산량은 3,800만톤(2001년)으로 수산물 총생산량 1억 2,880만톤의 약 30%를 차지하고 세계 수산물 어획량 9,130만톤의 약 42%를 차지한다.

2) 양어사료산업의 현황 및 발전 방향

① 미국

일본, 중국 등의 아시아 국가에 비해 시작은 늦은 편이었지만 현재 놀라운 속도로 양식산업이 발전해 가고 있는 상태이며, 미연방 정부의 농무성(USDA)은 최근에 다른 어떤 가축에 대한 연구보다도 양식 어류 연구에 대한 투자 비율을 확대해

나가고 있는 실정이다. 각 주별로 양식 전략종을 선정하고 양식기술의 보급 및 실용화에 앞서 양식기술에 대한 연구를 집중화시킴으로써 연구개발 투자의 효율성을 극대화시키고 있다. 특히 양식산업의 기반이라고 할 수 있는 환경친화적 저오염, 고효율 배합사료 개발을 통하여 하와이주의 마이마이, 캘리포니아주의 철갑상어, 텍사스주의 red drum, 북부의 송어, 북동부의 연어, 남부지방에서는 채널메기를 전략종으로 하여 배합사료만으로 양식을 하고 있다. 채널메기의 경우 연간 30여만 톤을 생산하여 메기용 배합사료 생산량만 60여만 톤에 이르고 있다. 양식 산업의 체계적인 발전을 위하여 배합사료 개발을 시작으로 환경친화적 양식생산체제를 구축하기 위한 양식어종별 배합사료 개발과 육종 프로그램에 집중적인 연구와 투자를 하고 있다.

② 일본

고부가가치의 기술 집약적인 어류양식체제로 방향을 설정하고 있다 양식전략종인 참돔은 연간 약 10만 톤을 거의 80% 이상 배합사료에 의존하여 생산하고 있으며, 방어는 1.5kg 전후까지는 90% 이상을 배합사료로 공급하고, 이후 2~5kg까지는 40% 배합사료, 60% 생사료를 사용하여 연간 15만 톤을 생산하고 있다. 하지만 연안역의 오염방지와 생산성 향상을 위해 최근에 각급 학교와 연구기관을 통하여 사료영양연구를 심화하므로써 배합사료 중심의 양식생산체제로 넘어가고 있는 실정이다.

③ 유럽; 노르웨이

100% 배합사료에 의해서 연간 38만 톤의 연어류가 해상가두리 양식장에서 생산되고 있다. 오래전부터 배합사료가 생사료에 비해 수질오염이 1/3 수준임을 수치적으로 확인하고 어류 양식에 있어 환경친화적 배합사료 중심의 양식생산체제로 방향을 설정했으며, 최근에는 사료계수가 0.9(연어 1kg 생산에 배합사료 사용량이 0.9kg) 정도인 배합사료 개발을 수행한 보고가 발표되었으며, 현재도 노르웨이 연어생산에 사용되는 상업용 배합사료의 국가 전체 사료계수가 1.02 정도로 알려지고 있다.

2. 국내 양식 및 양어사료 산업

1) 양식산업

전 세계 주요수산식품의 양식생산량은 지속적으로 증가하고 있는 가운데 국내 양식생산량은 그 동안 정부의 생산증대 정책과 산·학·연의 노력에 힘입어 꾸준한 발전을 거듭하여 1993년도에 1백만 톤을 넘었으나 1994년도 1백 7만 톤을 고비로 다소 침체되고 있는 실정으로 2001년도에는 1994년도 비해 39% 감소한 65만 톤을 나타내었다. 이러한 이유는 육지로부터 유입되는 각종 산업폐수, 대형유조선 침몰로 인한 유류 오염, 양식장의 지나친 밀식에 의한 어장의 노화 및 적조의 영향 등이 국내양식산업을 어렵게 만들고 있다. 그나마 다행인 것은 자본 및 기술 집약적인 어류양식이 1984년 5천여톤에 불과하던 것이 2001년도에 1984년에 비해 580% 증가한 2만 9천여톤(해양수산통계연보 2002, 실제로는 약 15만 여톤으로 추정)으로 증가추세에 있지만 어류양식에 대한 체계적인 연구(양식어종별 배합사료 개발, 사양관리의 표준화 등)의 뒷받침이 이루어지지 않아 지속적인 어류양식산업의 증대를 위해서는 산업계, 학계 및 연구소들이 함께 힘을 합쳐야 할 시기임이 확실하다.

2) 양어사료의 현황 및 발전 방향

① 양어사료의 생산현황

국내 어류 양식업은 1960년대를 태동기로 하여 담수어종에서 출발하였다. 무지개 송어의 국내이식과 실뱀장어 채포 및 치어 사육 등으로 출발된 어류양식업의 초기에는 사료공급에서 매우 어려운 상황에 직면하였고, 그로 인하여 많은 시행착오를 거듭하였다. 1970년대까지 어류 양식업은 주로 수입사료 혹은 생사료에 기반을 둔 자가사료로 사육되어졌으며, 담수어류 양식업의 부흥기로 말할 수 있는 1980년대에 국내에서도 어류용 배합사료가 처음 생산 판매되기 시작하였으며, 뱀장어, 잉어사료가 효시가 되었다. 양어사료는 1982년 수백톤의 생산 실적이 보고된 이래 담수어사료를 중심으로 1984년 3,000톤, 1989년 9,000톤을 상회하는 급속 성

장을 지속하였으며 또한 잉어 가두리 양식업의 비약적인 발전과 팽창에 힘입어 양어사료 생산은 매년 200%의 증가를 나타내며 89년대 90,000톤에 접어들었다. 또한 생산판매에 뛰어든 업체도 10여개 회사로 늘어나 그야말로 중흥기를 맞이하였다. 90년 전반까지만 해도 양어사료의 생산동향을 볼 때 담수어 사료가 80% 이상으로 절대적 우위를 차지했었다. 95년도에는 담수어 사료의 안정적인 생산과 더불어 해산어사료의 생산량이 증가하면서 양어사료 생산량이 12만톤을 기록하며 양어사료의 중흥기를 맞이하는 듯 하였다. 그러나 95년대를 기점으로 하여 담수어사료는 공급과잉, 어가 하락, 97년 내수면 가두리 양식장의 신규면허 불허 및 재연장 불허 방침으로 담수어 사료 생산량 감소 또는 정체 상태에 처하였다. 하지만, 낚치 및 조피볼락을 중심으로 발전한 해수 어류 양식의 비약적인 팽창에 힘입어 해산어사료가 새로운 바람을 불러 일으키며 담수어사료의 성장정체를 해수어 사료의 증가로 전체 양어사료 산업의 성장을 이끌기 시작하며 97년 양어사료 생산량의 비율은 담수어 사료가 62%로 감소한 반면, 해산어사료는 38%를 차지하게 되었다. 1997년 IMF 경제한파, 중국산 수입어류의 증가 및 최근의 국내 양식어류 소비시장의 위축에 따르는 어류양식업계의 어려움으로 인하여 현재 공멸의 아사 직전에 몰려있는 상태이다. 수질환경 보전논란과 소비위축에 따른 생산기반의 퇴출과 수익성 저하 등 어려움을 겪으며 양어사료 생산량이 80년대 후반 수준이 8만톤 대로 대폭 감소하게 되었다. 99년에 들어서며 담수어사료 생산량은 급격하게 하락추세에 있는 반면, 해산어사료 생산량은 해산어양식 생산량의 증대로 증가추세를 보였고, 2000년도를 기점으로 하여 양어사료생산량의 55%로 담수어사료 생산량을 추월하였으며, 2001년도에는 63%를 차지하였다. 이러한 해수어사료 생산량의 증대로 전체양어사료 생산량도 점차 증가하여 2000년도에는 11만 여톤, 2001년도에는 다시 12만 여톤을 회복하였다. 또한, 양식업 관련 종사자들의 배합사료에 대한 인식의 부족으로 배합사료개발과 사용이 지연되어 있던 것이 사실이다. 하지만, 최근의 어려운 양식산업 전반에 대한 위기감은 배합사료의 개발 및 사용에 대한 당위성을 인식시킴으로써, 어려운 양식업의 위기상황은 산·한·연의 실질적이고 합리적인 협동연구 여하에 따라서 다시 올 수 없는 국내 양식 및 양어사료 산업 발전에 절

호의 기회가 될 것이다. 따라서, 어류 양식의 합리적이고 안정적인 발전을 위해서는 어분단백질의 대체원을 개발하고, 경제적인 고효율 저오염 배합사료를 시급히 개발해야 한다. 이와 동시에 배합사료 사용에 의한 경영비 절감을 통하여 수익성의 제고가능성을 입증하고 홍보해야 하며, 실증 시험에는 양식인, 사료회사, 연구기관, 대학 등 관련인 모두의 관심과 노력이 있어야 한다고 생각한다.

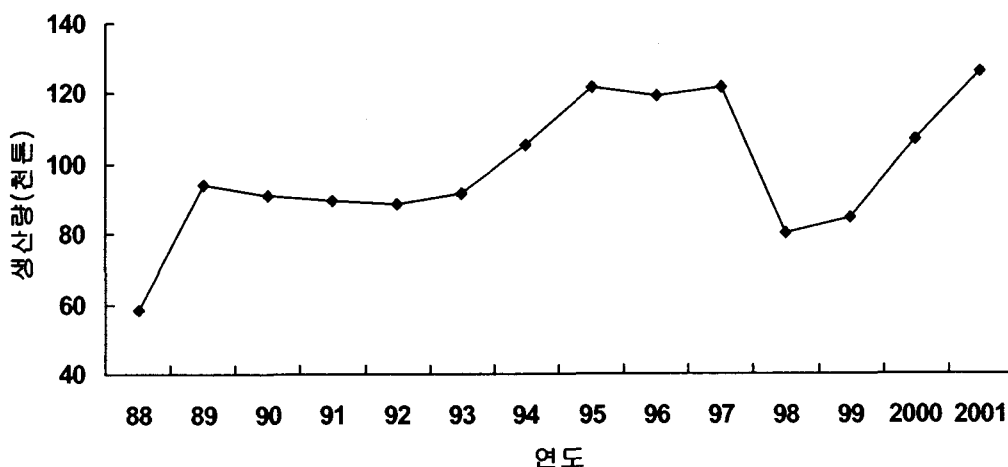


그림 1. 연도별 배합사료 생산량

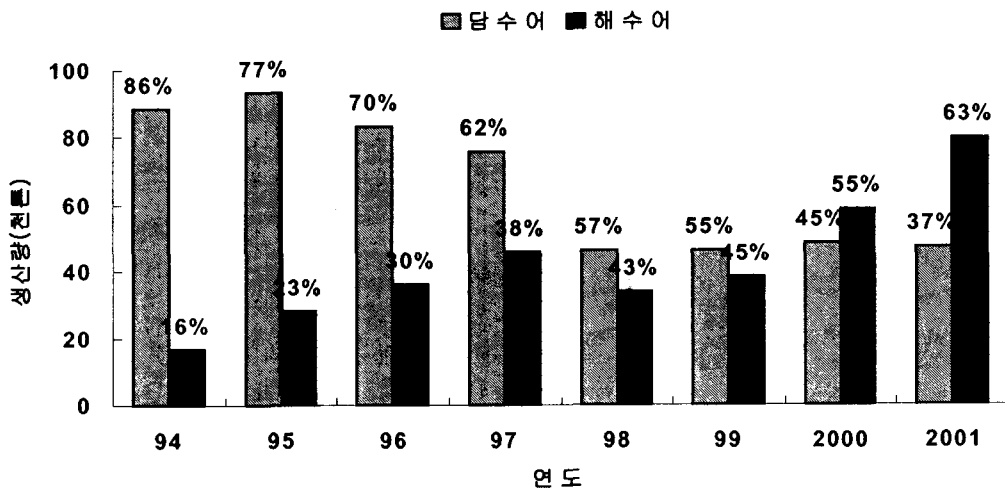


그림 2. 담수어용 및 해수어용 배합사료 생산량비교

② 양어사료의 개발 현황

어류양식에 있어서 배합사료에 대한 의미는 담수어와 해산어에 있어서 조금 다른 의미를 뜻하는 것이 국내의 현실이다. 담수어에 있어서 배합사료라 하면 축산사료에 있어서의 배합사료(농후사료)처럼 보조사료가 적은량 쓰이거나 또는 전혀 보조사료를 사용하지 않아도 되는 완전배합사료를 의미한다. 하지만, 해산어양식에 있어서 배합사료의 의미는 이와는 조금 차이가 있는 것이 국내 해산어 양식산업에 있어서의 현실이다. 해산어 양식의 배합사료의 의미는 대개 두가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는, 최근 국내에서 개발되거나 외국에서 수입해서 사용하는 완전배합사료이며 둘째는, 생사료를 사용하기 위해서 보조적으로 사용되는 가루형태의 배합사료로 크게 나누어 볼 수 있다. 이렇게 보조 사료형태의 가루배합사료는 그 사용과 개발역사가 지금부터 10여년 전인 1980년대 말 또는 1990대 초까지 거슬러 올라간다. 이러한 가루형 배합사료는 넙치나 조피볼락 같은 주요 해산 양식어종의 집단양식이 체계를 잡기 시작한 시기와 그 역사를 같이 한다고 하겠으며, 기초적인 사료 영양연구에 바탕을 두고 개발된 것이 아니고 단지 Moist pellet(MP)을 만들기 위한 보조사료 내지는 첨가사료의 의미로 개발되었다. 하지만 담수어 양식에 있어서처럼 배합사료와 같은 의미의 완전배합사료 사용은 해산어 양식에 있어서처럼 아직 실험단계 또는 연습단계라고 해도 과언이 아니다. 저자가 93년 가을에 입국하여 해산어를 위한 완전배합사료개발의 중요성을 역설했지만 해산어 양식을 잘 이해하지 못한 사람의 이야기로 취급받았다. 그러한 가운데, 국립수산진흥원(현 국립수산과학원)의 “조피볼락 배합사료 개발”이 94년 후반기에 수산청특정과제로 선정되어 97년 전반기까지 아주 초보적인 자료이기는 하지만 해산어 양식어종을 위한 완전배합사료개발에 사료영양연구들이 선행되어야 한다는 것을 국내에서는 처음으로 보여준 연구자료이다. 앞으로는 이러한 중요한 사료영양 연구분야의 과제들이 분야의 전문인들이 함께 협력하여 좋은 실험설계와 자료분석으로 외국에도 발표되고 또한 논의가 되어서 외국의 유능한 사료영양학자들로부터 검증받을 수 있는 기회가 있었으면 하는 것이 바람이다. 어떻든지 1994년을 전후하여 국내의 해산어 양식은 양적으로 급작스러운 팽창을 가져오면서 외국에서 다른 유사 어종을

위해서 개발된 해산어용 배합사료들이 국내 대리점 또는 개인 양식장의 권유로 시도적으로 사육실험에 사용되기 시작(외국의 Nutreco와 Ewos 회사 등)하였다.

3. 양어용 배합사료의 중요성, 문제점 및 연구분야

1) 중요성

오늘날 사료영양분야는 양식 산업 성공의 중요한 몇 가지 열쇠 중의 하나이다. 양식산업에 있어 우선 양식 가능한 중요 어종을 선택하여 종묘 생산 기술이 개발되면 질 좋은 사료에 의한 사육관리가 뒷받침되어야 하는 사실은 잘 알려진 바이며 특히 사료비가 양식종의 생산 단가중 어종별로 차이는 있지만 30~60%를 차지하는 것을 보아서도 사료 영양의 중요성을 알 수 있다. 그러나 양식에 있어서 영양과 사료분야는 환경조건과 어종에 따라 먹이 습성, 영양소 요구량과 이용률 등에 현저한 차이가 있으므로 생리학, 생태학, 생화학, 일반 영양학 등의 기초학문이 체계적으로 잘 뒷받침되어야 계속 발전해 나갈 수 있다. 또한, 국내 양식산업이 효율적인 대량생산체제로 가기 위해서는 현재 양식장 운영비의 약 30~60% 정도를 차지하는 사료에 관한 문제가 먼저 해결되어야 한다. 이를 위하여 어종별 배합사료의 개발이 최우선되어야한다. 국내에서는 해산어양식에서 배합사료보다는 생사료를 주로 사용하고 있는데 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 더욱이 국내에서 소량 시판되는 배합사료도 생사료 사용에 비해 영양성분의 균형배합과 가격 면에 있어서 생사료에 비하여 크게 개선되거나 저렴하지 않아 많은 양식 사양가들이 생사료를 선호했었던 것도 사실이다. 최근 들어 배합사료 개발수준이 급속도로 발전함에 따라 배합사료가 생사료보다는 어류성장과 사료효율면에서 뒤지지 않으며(기존의 연구 결과들) 외국의 경우 노르웨이의 연어, 하와이의 마히마히, 유럽의 Turbot은 배합사료만으로 양식을 하고 있는 실정이다. 따라서, 국내 양식 산업 발전을 위하여 주요 양식어종별 고품질 저가 배합사료의 개발이 절실하다 하겠다.

2) 양어사료 형태별 비교 및 장단점

① 생사료(습사료 포함) 및 배합사료 비교

현재 국내 중요 해산어류 양식에서는 생사료, 습사료(MP) 및 배합사료(EP)를 혼용하여 사용하고 있다. 생사료는 까나리, 전갱이, 고등어와 같은 어종을 먹기에 알맞은 정도로 잘라서 그대로 공급하는 사료를 말하며, 습사료(Moist Pellet, MP)는 생사료와 적은 양의 배합 가루사료를 섞어 만든 사료이며, 배합사료는 단순 pellet형 사료와 부상사료(Extruded Pellet, EP)를 의미하며 완전배합사료로써 각 어종에 적합한 영양성분을 균형 있게 여러 사료원들과 첨가제를 배합하여 고압, 고온 하에서 용출시킴으로써 수면 위에 부상 할 수 있도록 만든 EP(외국에서 이미 일반화되어있는 부상사료의 사용은 국내에서는 최근에 사용되기 시작된 상태)와 단순 압축성형한 pellet 사료를 말한다.

② 배합사료의 장점

영양학적으로 균형 잡힌 사료를 만들 수 있으며, 관리와 공급이 쉽고 배합사료 공급 자동화시스템이 가능하다. 그리고, 저장에 용이하여 보통 3개월간 건조한 상태의 상온에서 보관 가능하며, 공급과 가격이 안정적이다. 또한, 배합사료는 공급량과 방법을 손쉽게 조절함으로써 생산량을 쉽게 조정해 기간별 계획 생산이 가능하며, 사료 공급량 조절 및 건강한 사양관리로 질병 발생을 줄일 수 있다.

③ 생사료 및 습사료의 문제점

양식장에서 배출되는 배출수가 수질오염의 큰 원인이 되고 있음은 많은 사람들이 알고 있는 가운데 양식어류가 사료를 먹는 과정에서 배합사료보다 생사료 또는 습사료가 바다로 내버려지는 양이 많아서 수질환경이 오염될 우려가 높으며, 살균하지 않은 생사료 원료로 만든 사료를 통한 질병 위험성이 크다. 또한, 생사료로 사용되고 있는 어종은 주로 까나리, 전갱이, 고등어 등으로 최근 들어 연근해 수질의 악화와 남획으로 말미암아 자연에서 어획되는 양이 불안정하여 공급을 안정적으로 할 수 없으며, 생사료원의 종류와 양에 따라 영양적 가치의 차이가 많아 양식업자들이 균형잡힌 사육관리를 하기가 어렵다.

④ 현재 시판되는 배합사료의 문제점

국내의 어류양식이 급속도로 발전하면서 해산양식 어류의 먹이도 생사료 및 습사료에서 배합사료로 전환이 이루어지기 시작하고는 있으나 대부분의 국내양식가들은 생사료 및 습사료가 가장 좋은 먹이라고 생각하고 있으며, 생사료 및 습사료에 비해 국내배합사료는 실제로 성장이 다소 떨어지는 경우가 많다. 또한, 사료내 영양성분의 불균형배합, 면역증강제 등의 사료 첨가제 개발의 미비 등의 문제로 질병에 대한 저항성이 떨어지며, 배합사료 가격이 생사료와 습사료에 비하여 크게 저렴하지 않는데도 문제점이 있다.

3) 고품질 배합사료의 연구 분야

최근 들어, 배합사료 개발수준이 급속도로 발전함에 따라 이제는 배합사료가 생사료 및 습사료 보다도 어류성장과 사료효율면에서 뒤지지 않으며(기존의 연구 결과들) 외국의 경우 노르웨이의 연어, 일본의 방어, 하와이의 마히마히, 유럽의 Turbot은 배합사료만으로 양식을 하고있다. 따라서 고품질 배합사료의 개발은 다음과 같은 연구들에 의해 충분히 가능하며 필요하다. 예를 들면, 어종별 기본 사료 영양학적인 연구, 유인물질, 호르몬제, 착색제, 한방제 등의 사료첨가제 연구, 사료의 가공과 물성에 관한 연구, 배합사료의 가격을 최저화 하기 위한 연구 등을 산·학·연이 함께 연계하여 추진해야 할 것이다.

II. 양식사료의 동물성 사료원들에 대한 이용성

1. 동물성 단백질원의 종류와 성분

일반적으로 양어사료에 가장 많이 쓰이는 동물성 단백질원은 어분이며 그 외에 혈분, 가금부산물, 우모분, 육분, 육골분, 수지박 등의 축산부산물과 오징어간분 등의 수산부산물 등이 이용가능한 것으로 알려져 있다. 수지박은 가축의 피혁 제조과정 중에 생기는 피혁 부산물을 가수분해 처리한 것이며, 혈분과 육골분, 가금부산물등은 육가공 공장이나 도축장에서 나오는 뼈에 붙은 고기 조각이나 부스러기,

피, 찌꺼기 등을 건열식으로 처리하거나 기름을 빼고 남은 고형분을 건조해서 분쇄한 것이다. 이러한 주요 동물성 단백질원들의 일반성분 및 필수아미노산의 조성은 표 1과 표 2에 나타내었다.

표 1. 동물성 단백질원의 성분 조성표

Ingredient	Protein(%)	Lipid(%)	Ash(%)	Moisture (%)	Phosphorus (%)
Fish meal	68.5	10.0	17.1	4.4	3.1
Meat & Bone meal	55.5	18.0	23.0	4.2	4.0
Feather meal	88.7	8.2	3.5	9.8	1.2
Squid liver powder	51.2	20.6	6.6	10.1	1.7
Poultry by-product	68.0	16.7	15.1	3.6	2.0
Blood meal	90.5	0.7	2.3	8.2	0.2

· 해양수산부 보고서 1998

표 2. 동물성 단백질원의 필수 아미노산 조성표

	Fish meal	Meat & bone meal	Feather meal	Squid liver powder	Poultry by-product	Blood meal
Arg.	4.05	3.16	3.20	1.94	3.22	2.54
His.	2.30	1.04	1.35	0.97	2.84	4.37
Ile.	0.92	0.79	2.98	2.10	1.33	0.85
Leu.	2.07	1.78	5.67	3.40	2.87	11.38
Lys.	1.95	1.68	2.33	3.01	2.87	7.67
Met./Cys.	1.03/0.36	0.44/0.20	0.86/0.05	0.70/0.23	0.78/0.02	1.12/0.48
Phe./Tyr.	1.10/2.79	1.13/0.69	2.54/1.01	1.44/0.59	1.39/0.34	4.91/0.70
Thr.	2.09	1.60	3.70	2.66	2.32	5.80
Trp.	0.13	0.11	1.05	0.82	0.38	0.05
Val.	1.67	1.57	4.97	2.95	2.14	8.30
Total	20.46	14.19	29.71	20.81	20.5	48.15

해양수산부 보고서, 1998

2. 담수어에 있어서 동물성 단백질 사료원의 이용가능성

1) 잉어의 동물성 단백질 사료원의 이용가능성

잉어는 국내에서 가장 오랜 양식역사를 가진 주요 양식어종이다. 잉어사료의 적정 조단백함량은 31-38%으로 알려져 있다(NRC, 1993).

잉어사료에 있어서 이용가능한 동물성 단백질원으로는 혈분, 육골분, 수지박 그리고 위의 3가지와 오징어내장분을 일정비율로 혼합한 축산가공부산물혼합물등에 대하여 어분에 대한 대체비율에 대해 연구된 바 있다. 이러한 각각의 사료원들의 이용가능성에 대하여 알아보면 혈분은 어분의 100%(Song et al.,1995), 축산가공부산물혼합물은 60%(조 등, 1998) 그리고 육골분과 수지박은 어분의 50% 가량을 대체할 수 있는 것으로(Bai et al., 1997) 보고되었다.

표 3. 잉어사료내 동물성단백질원의 이용률

단백질원	어분 대체 가능 비율(%)
혈분 ¹	100%
축산가공부산물혼합물 ²	60%
육골분 ³	50%
수지박 ³	50%

¹ Song et al., 1995

² 조 등, 1998

³ Bai et al., 1997

2) 무지개송어의 동물성 단백질 사료원의 이용 가능성

무지개 송어는 미국으로부터 도입된 냉수성 어종으로써 주로 유수식으로 사육되고 있으며 이로 인한 양어장 배출수내 섭취되지 않은 사료 찌꺼기와 배설물로 인한 수질오염이 문제시 되고 있다. 따라서 사료내 인과 단백질의 이용률을 높이기 위한 연구가 필요하다고 할 수 있겠다. 현재 무지개송어에 있어서 이용가능한 단백질원에 대한 여러 연구가 이루어 지고 있으며 그중에서도 동물성 단백질원에 대한 연구가 더욱 필요시 되고 있다.

무지개 송어에 있어서 각 단백질원들의 건물 소화율은 어분에 비해 크게 뒤떨어

지지 않는 것으로 보고되었으며 사료원의 단백질 소화율은 가금부산물의 경우 어분보다 높게 나타났으며 우모분과 육골분은 다소 낮은 것으로 보고되었다.

혈분, 오징어 내장분, 우모분, 육골분, 가금부산물의 이용성에 있어서는 어분의 20% 가량이 대체 가능한 것으로 보고되었다. 또한 Watanabe(1993) 등은 무지개송어 사료에서 대두박, 콘글루텐 그리고 육분 혼합물을 이용한 실험결과 어분의 55-73% 대체가 가능하다고 보고하다. 그러나 이러한 동물성 단백질원들은 각각 1-2개의 제한 아미노산을 가지고 있으므로 이들을 단독으로 어분을 대체하는 것보다 이들을 적정수준으로 혼합한 대체단백질을 개발하는 것이 필요하다 하겠다.

표 5. 무지개송어에 있어서 동물성 단백질원의 소화율(% of dry matter)

단백질원	소화율(%)
어 분	89.50
육골분	68.97
우모분	74.33
혈 분	88.38
오징어간분	86.87
가금부산물	95.22

*H-K Jang,, 1999

표 6. 무지개송어의 동물성 단백질원 이용률

단백질원	어분 대체 가능율(%)
혈분 ¹	20
오징어내장분 ¹	20
우모분 ¹	20
육골분 ¹	20
가금부산물 ¹	20
대두박+육분 ²	55-73

¹ H-K Jang,, 1999

² Watanabe et al., 1993

3) 티라피아의 동물성 단백질 사료원의 이용가능성

티라피아는 구강부화하는 것으로 유명한 어종으로 아프리카 대륙이 원산지이며 현재 국내에서 양식되고 있는 종은 나일티라피아로서 산소, 염분도 등에 대한 적응성과 내성이 아주 강하여 고밀도 양식에 적합한 양식어종이다. 티라피아에 있어서 혈분의 어분대체 가능성에 대한 연구결과 어분의 50% 가량을 대체할 수 있는 것으로 보고 되었으며 100% 대체시에는 성장 악화나 사료 이용성의 저하, 식욕 등에 영향을 끼치는 것으로 보고되었다(Lee & Bai, 1997). 또한 새우분의 경우는 100% 대체가 가능하며(El-Sayed, 1998), 젓산발효어류사일리지는 50-75%(Fagbenro et al., 1994), 가금부산물은 50%(Viola & Zohar, 1984), 우모분은 40%(Gaber, 1996) 그리고 육분은 100%(El-Sayed, 1998) 대체가 가능한 것으로 보고되었다.

표 7. 티라피아의 동물성 단백질원의 이용률

단백질원	어분 대체 가능율(%)
혈분 ¹	50
새우분 ²	100
젓산발효사일리지 ³	50-75
가금부산물 ⁴	50
우모분 ⁵	40
육분 ⁶	100

¹ Lee & Bai, 1997

² El-Sayed, 1998

³ Fagbenro et al., 1994

⁴ Viola & Zohar, 1984

⁵ Gaber, 1996

⁶ El-sayed, 1998

4) 뱀장어의 동물성 단백질 사료원의 이용가능성

뱀장어는 꾸준히 일정한 생산량을 유지하고 있는 주요 양식어종으로 뱀장어 배합사료에 있어서 혈분의 어분대체 가능성에 대한 연구결과 3가지의 필수 아미노산(arginine, isoleucine, methionine)을 첨가했을 때 어분의 50-75% 가량을 대체할 수 있는 것으로 보고되었다(Lee & Bai, 1997).

3. 해산어의 동물성 단백질 사료원의 이용 가능성

1) 넙치

넙치는 우리나라 전 연안, 일본 및 중국 연안에 널리 분포하고 있는 어종으로 성장이 빠르고 맛이 좋아 식용으로 각광받고 있는 고급 해산어종으로서 현재 조피볼락과 더불어서 국내 양식 어류 중 가장 많이 생산되는 어종이다. 국내의 넙치 생산량도 1981년 3MT이던 것이 2001년에는 39,628MT으로 급속히 증가(해양수산부 통계연보 2002)하는 추세에 있으며 넙치 배합사료 생산량은 2001년 23,993톤으로 증가함으로써 어분의 수요가 점차적으로 증가하고 있는 실정이다. 더욱이 현재 국내 배합사료에 사용되는 어분은 연간 10만톤 규모로서 국내 어분공급은 정체되거나 감소하는 경향을 보이는 반면에 수요량의 증가에 따른 어분의 수입은 점차적으로 늘어나고 있는 실정이다.

따라서 국내 주요 양식어종인 넙치의 어분을 대체할 수 있는 대체 단백질원에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있겠다.

넙치의 어분대체 단백질원에 대한 연구는 다방면으로 이루어지고 있으며 동물성 단백질원에 있어서는 육골분, 우모분, 육분 그리고 여러 가지 동물성 단백질원을 혼합한 어분대체품 등에 대한 연구가 진행 되었으며 각각 육골분은 18%대체(Kikuchi et al., 1997), 우모분은 12-25%(Kikuchi et al., 1994), 육분은 60%(Sato & Tomori, 1997) 그리고 혈분, 오징어간분, 육골분, 수지박, 우모분, 가금부산물을 적정비율로 혼합하여 이용시 25% 가량 대체가 가능한 것으로 보고되었다(해양수산부보고서, 1997).

표 8. 넙치에 있어서 동물성 단백질원의 소화율

단백질원	단백질 소화율
어분대체품(BAIFA-M)	71
어분	86
오징어간분	92
수지박	72
가금부산물	72

* 해양수산부 중간보고서, 2002

표 9. 넙치에 있어서 동물성 단백질원의 이용률

단백질원	어분 대체 가능 비율(%)
육골분 ¹	18
우모분 ²	12-25
육분 ³	60
축산가공부산혼합물 ⁴	25

¹ Kikuchi et al., 1997

² Kikuchi et al., 1994

³ Sato & Tomori, 1997

⁴ 해양수산부 보고서, 1997

2) 조피볼락

조피볼락은 우리나라 전연안의 암초지대에 서식하는 연안정착성 어종으로 고수온 및 저수온에 대한 강한 내성, 난태생의 생식특성으로 인한 종묘생산의 용이함 등의 장점으로 인해 국내에서 가장 중요한 상업적 양식대상종 중 하나이다.

조피볼락에 있어서 부경대학교 사료영양생화학 실험실에서 개발한 어분대체품에 대한 연구결과 어분의 40% 가량을 대체할 수 있는 것(Bai & Kim, 1997)으로 보고된 바 있으며 또한 어분의 30%를 어분대체품으로 대체시 단백질 소화율은 91.3%로 보고 되었다(Choi, 2001). 그리고 혈분과 오징어간분을 이용한 비교 실험에서 혈분의 이용률이 다소 뛰어난 것으로 보고된 바 있다(Bai & Kim, 1997)

표 10. 조피볼락의 동물성 단백질원의 단백질 소화율

단백질원	소화율(%)
어 분	98.5
육골분	90.1
수지박	90.7
혈 분	81.8
가금부산물	81.2
오징어간분	97.8

* S. M. Choi, 2001

3) 연어

연어는 바다에서 성장하여 산란기에 모천으로 회귀하는 소하성 어류로 주로 유럽과 북미대륙 등지에서 오랫동안 양식되어온 중요양식어종 중 하나이다.

연어의 사료에 있어서는 가금부산물, 육골분과 혈분의 이용성에 대한 연구가 있었으며 연구결과 왕연어에 있어서 육골분은 단백질원으로 부적합한 것으로 나타났으며, 혈분은 5.8% 정도가 이용가능한 것으로 보고되었다(Fowler et al., 1976). 가금부산물의 경우 은연어에 있어서 어분의 75%를 대체할 수 있는 것으로 보고되었다(Higgs et al., 1979).

또한 동물성단백질원에 대한 소화율에 대한 연구결과 Coho salmon에 있어서 어분의 소화율은 약 94-96%였으며 가금부산물은 96.4%, 우모분 91.3%로 보고되었다(S. H. Sugiura et al., 1998).

현재까지 연어에 있어서도 동물성 단백질원의 이용가능성에 관한 연구는 미흡한 실정이며 앞으로 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

표 11. Coho salmon의 동물성 단백질 소화율

단백질원	소화율
어 분	94-96%
가금부산물	96.4%
우모분	91.3%

* S. H. Sugiura et al., 1998

표 12. 연어과 어류의 동물성 단백질 이용률

단백질원	어분대체가능비율(%)
가금부산물 ¹	75 (은연어)
육골분 ²	부적합 (왕연어)
혈분 ²	5.8 (왕연어)

¹ Higgs et al., 1979

² Fowler et al., 1976

결 론

I. 국내외 양식 및 양어사료산업의 발전방향

전세계 양식 생산량의 67%(FAO 2000년 기준, 중국 연간 2천 3백만톤)를 생산하는 중국은 단지 30여 종에 대해 대량 생산을 위한 연구와 기술의 확보를 이루었다. 하지만, 국내를 보면 해조류를 제외한 주요 수산식품 생산이 약 40만 톤(FAO 2000년 기준, 세계 양식 총 생산량의 약 1.5%, 국내양식생산량은 2000년 기준으로 67만여톤)인 우리나라는 현재 52여종에 대해서 대량 생산을 할 수 있는 기술의 확보를 이루고 있다. 이것은 단적으로 주요 양식종별 연구의 집중화와 양식종의 대량 생산화가 이루어지지 않는 상태에서 연구개발의 종다양화에 많은 투자를 했다고 밖에 볼 수 없는 상황이다. 따라서, 양식어종별 배합사료 개발을 통하여 주요 양식 어종별로 집중적인 연구가 이루어져서, 주요 양식 어종이 국민 대중 어종으로서 대량생산을 이루어 양식산업이 21세기에는 국가 식량기간산업의 중요한 부분으로 자리 잡아야 할 것이다. 앞으로 배합사료의 발전 방향은 주요 해산어 양식으로 부상되어 있는 조피볼락과 넙치용 완전배합사료(부상, 침강, 연성사료 등) 개발에 연구력을 집결하여 조피볼락용 및 넙치용 완전배합사료의 개발을 체계적으로 완성하는 것이 바람직한 방향이라 생각한다. 한 어종에 대한 완전배합사료 개발은 한 두사람의 노력으로 2~3년 또는 3~4년에 완성되는 것이 아니다. 노르웨이의 연어사료가 약 20년 동안 연구되었고, 미국 하와이주에서 주력하고 있는 마히마히용 배합사료는 약 15년, 미국 텍사스주에서 연구중인 Red drum 사료 개발이 10여년이 걸린 상태에서 초기사료가 나왔으며, 아직도 이들 어종에 대한 사료 영양 연구는 지속되고 있으며, 계속적으로 배합사료의 효율을 높여나가고 있는 실정이다. 구체적인 예를 든다면, 미국 하와이주에서는 마히마히를 상업적으로 양식하기 위하여 1980년대 말부터 여러명의 박사급 연구원들로 하여금 사료 영양 연구를 시작하도록하여 90년대 중반에 가서야 영양학적인 검증을 끝낸 상업용 사료를 제작하고 이를 사용하기 시작했으며, 최근에서야 상업적 양식사업장이 양식을 시작한 것

으로 알려져 있다. 이러한 지속적이고도 집중적인 연구 투자가 이루어져야 기본적인 완전배합사료가 개발될 수 있는 것이다. 앞으로의 해산어용 배합사료의 연구개발 방향은 아주 명약확관화하다 하겠다. 주요 양식 어종에 대한 집중적이고 장기적인 연구 투자에 의한 완전배합사료의 개발이 국내 해산어 양식의 성공 가능성을 결정할 것이며, 기르는 어업이라는 잘못된 단어를 삭제하고 국내 수산업 분야에서 양식산업을 가장 중요한 수산업분야의 한가지 발전 모형으로 삼아서 국내 양식산업을 국가의 식량기간산업으로 발전할 수 있도록 모든 관계인들이 노력해야 할 것이다.

II. 양식사료의 동물성 사료원들에 대한 이용성 증대방향

배합사료를 개발하는데 있어서 고려해야 할 부분 중 한가지가 사료의 적합한 단백질원을 개발하는 것이라 할 수 있는데 일반적으로 양어사료에 가장 많이 쓰이는 동물성단백질 사료원은 어분이며 그 외에 혈분, 가금등 축산부산물, 수산부산물 등이 있고 식물성 단백질원으로는 대두박 등의 사용이 확대되어 가고 있다. 어분은 양어사료의 주 단백질원으로 국내 양어사료 생산업체에서는 사료원의 20-30% 이상을 사용하고 있는 실정이며 그 중 상당량을 수입산 어분에 의존하고 있어 앞으로 예측되는 세계 어분생산량의 점진적 감소(Rumsey, 1994)와 어분에 포함된 과량의 인으로 인한 수질오염(Lee & Bai, 1997)과 공급의 불안정성 등 여러 가지의 문제점을 고려해 볼 때 사료내 주 단백질원인 어분을 대체할 수 있는 여러 단백질원에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있겠다.

이러한 필요성에 의해 어류 영양학자들은 어분대체원으로 식물성 단백질(대두박, 면실박 등)을 비롯하여 동물성 단백질(육골분, 혈분, 우모분, 육분등)을 이용하여 사료내 어분의 부분적 또는 전체적인 대체 가능성에 대한 연구를 수행하고 있다(Konrad Dabrowski and Ronald W. Hardy, 1994). 현재까지 여러 어종에서 어분의 대체품으로 식물성 단백질원들을 많이 사용하였고 많은 부분이 성공적으로 대체가 가능한 것으로 보고 되었다. 그러나 이러한 식물성 단백질원은 항영양인자

나 몇몇 필수 아미노산의 부족으로 인해 그 사용이 제한될 수 있으며 이러한 식물성 단백질원의 문제점을 해결하기 위해 본론에서 다루었듯이 어분을 성공적으로 대체시킬 수 있는 동물성 단백질원을 이용하려는 노력을 해오고 있다. 현재까지 연구된 양식어종의 동물성 단백질원의 이용성에 대한 연구결과를 요약해 보면 담수어의 경우 잉어에 있어서는 육골분과 수지박은 50%(Bai et al., 1997), 그리고 혈분(Song et al., 1995)과 축산가공부산혼합물(조 등, 1998)은 100% 어분대체가 가능하며 뱀장어에 있어서는 혈분이 50-75%(Lee & Bai, 1997), 틸라피아에 있어서는 혈분 50%, 우모분 40%(Gaber, 1996), 그리고 육분이 100%(El-Sayed, 1998) 어분대체가 가능한 것으로 그리고 무지개 송어에 있어서는 육골분, 오징어간분, 가금부산물, 그리고 혈분이 각각 20%(H-K Jang, 1999) 어분대체가 가능한 것으로 보고되었다. 해산어의 경우는 넙치에 있어서 육분이 60%(Sato & Tomori, 1997), 우모분이 12-15%(Kikuchi et al., 1994), 육골분이 18%(Kikuchi et al., 1997), 그리고 본 실험실에서 개발한 어분대체품(BAIFA-M)이 25%(해양수산부보고서, 1997) 어분대체가 가능하며 조피볼락의 경우 어분대체품이 40%(Bai & Kim, 1997) 어분대체가 가능한 것으로 보고되었다. 그리고 마지막으로 연어에 있어서는 은연어의 경우 가금부산물이 75%(Higgs et al., 1979), 왕연어의 경우 혈분이 5.8%(Fowler et al., 1976) 어분대체가 가능한 것으로 보고되었다. 하지만 잉어와 무지개송어를 제외하고는 아직 동물성 단백질원의 이용성에 관한 연구가 부족한 실정이다. 특히 국내 양식산업에 있어서 상당히 높은 비중을 차지하고 있으며 단백질 요구량이 높아 사료내 많은양의 어분이 첨가되는 넙치, 조피볼락 등의 해산어에 있어서 앞으로 많은 연구가 필요 하다 하겠다. 또한 표 13에 요약된 중요 양식어종의 동물성 단백질원의 이용성에 관한 연구결과들에서 나타나듯이 각각의 동물성 단백질원들이 아미노산 조성이나 단백질의 함량이 높다고 해서 반드시 좋은 결과를 나타내는 것은 아니며 각 어종마다 서로 다른 이용률을 보이므로 어종별로 적합한 이용률이 높은 동물성 단백질원을 찾아내는데 앞으로 더욱 많은 연구가 이루어져야 할 것이다. 최근에는 사료 또는 사료원들의 어체내 생물학적 이용성을 규명하기 위해 사료 섭취 후 시간 경과에 따른 위 및 장 소화물의 소화경향, 소화관내 소화 효소의

분포 및 활성 등의 생리적인 변화, 혈액성분의 조성과 함량변화를 조사함으로써 단백질 사료원의 생물학적 가치와 영양성분의 이용 및 흡수 상태를 파악하려는 연구와 발효물을 이용한 소화율 향상 등에 관한 연구 등이 시도되고 있다. 또한 국내의 양어사료용 동물성 단백질원의 가공과정에서 부패, 산화등의 품질관리적인 제약이 따르기 때문에 이들에 대한 명확한 품질관리기준이 필요하다. 하지만 국내의 이러한 동물성 단백질 사료원들에 대한 품질관리기준이 부재한 실정이며 이로 인한 성장저하와 폐사 등의 많은 문제점이 야기되고 있다.

표 13. 양식어류에 있어서 동물성 단백질원의 어분 대체 가능율(%)

단백질원 어종	육분	우모분	육골분	오징어각분	가금부산물	수지박	혈분	축산가공 부산혼합물
담수어								
잉어			50 ¹			50 ¹	100 ²	100 ³
뱀장어							50-75 ⁴	
틸라피아	100 ⁵	40 ⁶					50 ⁶	
무지개송어			20 ⁷	20	20		20	
해수어								
넙치	60 ⁸	12-25 ⁹	18 ¹⁰					25 ¹¹
조피볼락								40 ¹²
연어					75(은연어) ¹³		5.8(왕연어) ¹⁴	

¹Bai et al., 1997

²Song et al., 1995

³조 등, 1998

⁴Lee & Bai, 1997

⁵Gaber, 1996

⁶El-Sayed, 1998

⁷H-K Jang, 1999

⁸Sato & Tomori, 1997

⁹Kikuchi et al., 1994

¹⁰Kikuchi et al., 1997

¹¹해양수산부보고서, 1997

¹²Bai & Kim, 1997

¹³Higgs et al., 1979

¹⁴Fowler et al., 1976

따라서 양어사료용 동물성 단백질원에 대한 지속적이고도 집중적인 연구투자가 이루어 진다면 고품질 저가의 완전배합사료의 개발이 앞당겨질 것으로 생각된다. 또한 이러한 집중적이고 장기적인 연구투자에 의한 완전 배합사료의 개발이 국내

양식의 성공 가능성을 결정할 것이며, 기르는 어업이라는 잘못된 단어를 삭제하고 국내 수산업 분야에서 양식 산업을 가장 중요한 수산업분야의 한가지 발전모형으로 삼아 국가의 식량 기간 산업으로 발전할 수 있도록 모든 관계인들이 노력해야 할 것이다. 만일, 국내의 양식산업이 진정으로 양적 및 질적인 발전을 이룩한다면 국민 모두가 수산양식산업의 발전에 앞장서서 지원하려 할 것이며, 수산양식업에 종사하는 사람들이 대접받고 존경받는 날이 올 것으로 생각된다.

참고문헌

- Choi, S. M., 2001. Apparent protein and phosphorus digestibilities of dietary protein sources in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). Master course dissertation. Pukyong National University, Pusan, Korea.
- Dabrowski, K. and B. Kosak., 1979. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. *Aquaculture* 18 :10 7~114.
- El-Sayed, A. -F. M., 1998. Total replacement of fishmeal with animal protein source in Nile tilapia. *Aquacult. Res.* 29(4), 275-280
- El-Sayed, A. -F. M., 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapi, *Oreochromis* spp. *Aquaculture* 179 pp.149-168.
- Fagbenro, O. A., 1994. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. *Isr. J. Aquacult. Bamidg* 46(3), 140-147
- Fowler, L. G., 1991. Poultry by product meal as a dietary source in fall chinook salmon diets. *Aquaculture*, 99: 309-321
- Gaber, M. M. A., 1996 Partial and complete replacement of fishmeal by poultry by-product and feather meal in diets of Nile tilapia. *Annals Agric. Sci. Moshtohor* 1, 203-214
- Higgs, D. A., J. R. Markert, D. W. McQuarrie, J. R. McBride, B. S. Dosanjh,

- C. Nichols, and G. Hokins, 1979. Development of practical dry diets for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, using poultry by-product meal, feather meal, soybean meal and rapeseed meal as major protein source. In: Proc. World Symp. on FinFish Nutr. pp. 191-218.
- Kikuchi, K., T Furuta and H. Honda. 1994. Utilization of feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Sci.*, 60(2) : 203~306.
- Kim, K. W. and S. C. Bai. Fish meal analogue as a dietary protein source in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*), 1997. *J. of Aquaculture*, Vol. 10(2) : pp. 143-151.
- Kyeong-Jun Lee & Sungchul Bai, 1997 Hemoglobin Powder as a Dietary Animal Protein Source for Juvenile Nile Tilapia. *The progressive fish-culturist* 59;266-271
- Lee, K. J. and S. C. Bai., 1997a. Haemoglobin powder as a dietary fish meal replacer in juvenile Japanese eel, *Anguilla japonica* (Temminck et Schlegel) *Aquaculture Research*, Vol 28 : 509~516.
- Lee, K. J. and S. C. Bai. 1997b. Haemoglobin powder as a dietary animal protein source for juvenile Nile tilapia. *The Progressive Fish-Culturist*, Vol. 59 : 266~271.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutritional requirements of fish. National Academy of science, Washington. D. C.
- Park, H. S., S. C. Bai., K. W. Kim and J. Y. Jo. 1999. Utilization of fish meal Analogue as a dietary protein source in fingerling common carp, *Cyprinus carpio*. *J. of Aquaculture*, 12(2) : 107-114.
- Rumsey, G. L. 1994. What is the future of fishmeal use? *Feed International* 15: 10-16.
- Song, M. H., K. J. Lee and S. C. Bai. Effects of Dietary Blood Meal as a

- Protein Source in Growing Common Carp (*Cyprinus carpio*), 1995. Journal of Aquaculture Vol. 8(4), pp.343-354.
- Satoh, S., 1991. Common carp, *Cyprinus carpio*. In: R. P. Wilson, Handbook of requirements of finfish. CRC Press, UK. pp. 55-67.
- Pongmaneerat, J. and T. Watanabe., 1993. Nutritional evaluation of soybean meal for rainbow trout and carp. Nippon Suisan Gakkaishi 59 : 157~163
- 강용진 · 이상민 · 양상근 · 배승철. 1999. 돌돔사료의 대체 단백질원으로서 육분, 혈분 및 대두박의 효과. 한국양식학회지, Vol. 12(3), pp. 205-212.
- 김강웅 · 배승철. 1999. 치어기 조피볼락에 있어서 사료내 어분대체품의 이용 가능성. 한국수산학회지, Vol. 32(2), pp. 149-154.
- 김강웅 · 이진영 · 배승철 · 이희석. 2001. 치어기 틸라피아에 있어 사료내 어분대체원 으로서 라이신 부산물의 첨가효과. 한국 양식학회지, Vol. 14(3), pp. 197 - 203.
- 박홍식 · 배승철 · 김강웅 · 조재운. 1999. 치어기 잉어에 있어서 사료내 단백질원 으로서 어분대체품의 이용성. 한국양식학회지, Vol. 12(2), pp. 107-114.
- 배승철 · 장혜경 · 김경희. 1997. 잉어사료에 있어서 피혁분과 육골분의 어분대체원 으로서의 평가. 한국양식학회지. Vol. 10(2), pp. 153-161.
- 배승철 · 장혜경 · 조은선. 1998. 잉어사료에 있어 축산가공부산혼합물의 어분대체가 능성 한국수산학회지, Vol. 31(3), pp. 380-385.
- 송민현 · 이경준 · 배승철. 1995. 성장기 잉어 (*Cyprinus carpio*) 사료에 있어서 단백질 원으로서의 혈분 첨가효과. 한국양식학회지, vol.8(4), pp.343-354.
- 장혜경 · 김강웅 · 배승철. 1999a. 치어기 무지개송어의 사료내 어분대체원으로서 동물성 단백질원들의 이용 가능성. 한국양식학회지, Vol. 12(4), pp. 293-301.
- 장혜경 · 옥임호 · 배승철. 1999b. 무지개송어 사료에 있어 산화크롬의 첨가효과와 축산 가공부산혼합물의 어분대체 가능성. 한국수산학회지, Vol. 32(4), pp. 470 - 475.

조재윤 · 허창경 · 박정환 · 윤길하 · 김유희 · 오승용 · 배승철. 1998. 이스라엘 잉어 (Cyprinus carpio)에 대한 어분대체품의 성장 효과. 한국양식학회지. Vol.11(4), pp.487-493.

해양수산부, 1997 양어사료의 어분대체품 개발. 최종 연구보고서

社團法人 韓國單味飼料協會

제4회 국제심포지엄 친환경축산물 생산을 위한 사료의 이용·개발

발행일 : 2003년 9월 26일

발행인 : 俞 東 溶

펴낸곳 : 社團法人 韓國單味飼料協會
137-878

서울특별시 서초구 서초1동 1624-1 영빌딩(3층)

Tel : (02)585-2223/4, 2253/4

Fax : (02)588-8297

Homepage : <http://www.kfeedia.org>

E-mail : kfeedia@hanmail.net

찍은곳 : 정문 W&P

Tel : (02)2266-4555(代)

Fax : (02)2277-6035

E-mail : jungmoonmac@hanmail.net
