

생사료 대체 해산어용 사료의 개발 및 이용

김 정 대 교수

강원대학교 동물자원과학대학 사료생산공학과

연 사 약 력

- 1976 ~ 1983 경상대학교 농과대학 낙농학과 낙농학 석사
- 1983 ~ 1985 서울대학교 대학원 축산학과 축산학 석사
- 1986 ~ 1989 프랑스 Pierre et Marie Curie 대학교 이학박사 (영양학)
- 1991 ~ 1999 강원대학교 동물자원과학대학 축산학과 교수
- 1999 ~ 현재 강원대학교 동물자원과학대학 사료생산공학과 교수
- 1985 ~ 1986 (주)고려특수사료 양어사료 개발팀 근무
- 1987 ~ 1989 프랑스 INRA 어류영양연구실 연구원
- 1989 ~ 1991 (주)고려특수사료 연구개발실장
- 1993 ~ 1995 국립수산과학원 양양내수면연구소 겸임연구관
- 1998 ~ 1999 캐나다 NRC 해양생물공학연구소 방문연구원
- 2000 ~ 현재 국립수산과학원 청평내수면연구소 겸임연구관

생사료 대체 해산어용 사료의 개발 및 이용

김 정 대 / 강원대학교 동물자원과학대학 사료생산공학과 교수

I. 머리말

국내의 해산어류 양식은 방어, 돔 등의 자연산 치어를 포획하여 생사료 급여로 일시 축양한 후 양식종묘로서 일본에 수출하기 시작한 1970년대 초반이 그 시발점이긴 하지만, 1980년 중반 생사료를 이용한 가두리 방어양식이 활성화된 것이 본격적인 해산어류 양식이라고 할 수 있다. 그러나, 방어수출에 문제가 발생하자 양식품종의 다양화의 필요성이 제기되었고, 1990년 국내 기술로 넙치 인공종묘가 생산되면서 넙치양식이 활성화되었으며, 뒤이어 1995년부터 조피볼락 양식이 급속하게 증가하였다. 그러나, 제한된 어종의 양식에 의존한 해산어류 양식은 2000년에 접어들면서부터 소비부진, 어가하락, 수입어류 증가, 사료비 인상 등의 많은 요인에 의해 좌초 위기에 직면하고 있으며, 2002년 8월 현재 그 파장은 더욱 심각한 지경으로 양식장의 도산사태가 속출하고 있다. 하지만, 작금의 이런 어려움을 원천적으로 해결하기 위해서는 언급한 발전 저해요인들에 대한 정밀한 분석과 함께 양식에 의한 생산비를 큰 폭으로 줄일 수 있는 고효율 인공 배합사료의 개발이 이루어져야 한다. 인공 배합사료의 개발은 생산비의 감소뿐 아니라 양식에 의한 수질오염 또한 큰 폭으로 감소시켜 지속적인 해산어 양식을 추구할 수 있게 할 것이다.

II. 해산어용 배합사료의 생산량 변화

배합사료에 전적으로 의존하는 내수면 어류양식과는 달리 해산 어류양식은 생어 (raw fish)를 이용한 습사료 (moist pellet) 급여양식의 형태로 발전하였다. 따라서, 사육기술의 발달에 따른 양식 생산량의 증가는 생어의 수요를 증가시켰으며 그 결과 가격폭등, 질적 저하, 무분별한 수입, 불법어획으로 인한 자연 종묘어의 고갈 등과 같은 문제뿐만 아니라 생어 급여로 인한 수질오염 문제까지 유발되기 시작하였다 (김, 2002a). 딱딱한 펠릿사료를 쉽게 섭취하는 조피볼락의 경우 본격적인 양식과 동시에 사료개발을 위한 다양한 연구가 국내에서 이뤄졌지만 (이, 1991; 이, 1993; 전, 1996; Lee et al., 2000a), 불행하게도 넙치의 경우 사료개발 연구는 지연되었다 (김, 2000; 김과 이, 2000). 한편, 국내 주된 해산 양식어종인 이들 두 어종의 양식에는 여전히 생어 또는 생어에 기반한 습사료가 사용되고 있으며 펠릿사료는 치어단계에서만 급여되고 있다. 그 이유는 다음 두 가지로 요약할 수 있다 (김, 2002a).

① 고정관념: 딱딱한 펠릿을 급여하면 섭취율이 떨어지고 복수증이 유발되며, 성장률이 떨어진다는 이 고정관념은 불행히도 영양학적 연구수행도 없이 제조, 판매된 일부 사료에 의해 야기되었으며, 입을 타고 전국으로 퍼져나가 지금까지도 사실로 오인되고 있다. 이러한 고정관념이 결국 펠릿사료의 개발을 지연시켰고, 양질의 펠릿사료에 대한 불신으로 이어지고 있다.

② 값싸고 신선하고 풍부했던 생어: 90년대 중반까지 상대적으로 생어가 풍부하였고, 넙치나 조피볼락의 출하 어가도 높았으며, 생산량도 많지 않아 소비 또한 잘 되어 사양가들이 펠릿사료의 필요성을 전혀 느끼지 않았다. 때문에 사료 생산자들이 적극적으로 사료 개발을 위한 투자를 하지 않았다. 그러나 최근들어 생어의 구매와 사용에 따른 제반 문제점들이 양식업 경영악화 유발뿐만 아니라 사회적 문제로 이어지고 있을뿐 아니라, 출하어가의 하락 및 소비정체로 사양가는 삼중고를 겪고 있다.

표 1. 국내 양어사료 생산량 (1988 ~ 2001)

(단위 : 톤)

어종/년도	1988	1990	1995	1997	1999	2000	2001
담수어 소계	58,289	88,099	94,846	75,198	47,948	47,728	47,389
잉 어	43,951	64,156	58,069	34,148	6,907	5,085	3,544
무지개송어	6,140	10,826	14,975	9,253	7,031	7,916	7,336
뱀 장 어	7,794	10,050	10,184	12,142	8,466	7,090	10,146
미 꾸 리	88	689	4,128	4,382	6,506	7,235	8,840
틸 레 피 아	316	2,254	1,673	3,414	2,353	1,338	1,196
메 기	-	124	5,474	11,859	16,542	18,948	16,081
기 타	-	-	343	-	143	116	246
해수어 소계	1,201	2,666	28,123	46,281	52,948	63,147	79,377
넙 치	60	1,529	19,765	22,729	24,875	29,154	23,993
조 피 불 락	-	-	3,628	15,742	17,902	20,946	28,606
방 어	463	147	1,222	-	2,418	2,515	2,215
새 우	672	-	3,508	6,004	6,606	9,526	14,083
기 타	6	990	0	1,806	1,147	7,006	10,480
총 계	59,490	90,765	122,969	121,479	110,896	117,875	126,776

표 2. 해산어류 양식용 분말, 펠렛 및 생어 사용량 (1996 ~ 2001) *

(단위 : 톤)

년 도	1996	1998	1999	2000	2001
분 말 사 료	25,684	21,043	23,430	24,660	26,640
펠 렛 사 료	7,723	20,106	24,103	36,584	39,962
소 계	33,407	41,149	47,533	61,244	66,602
생 어	250,000	380,000	400,000	400,000	420,000

* 새우사료 제외, 수입 펠렛사료 포함.

표 1에 제시된 바와 같이 국내 해산어류 양식은 1990년에 본격화된 넙치와 1995년에 새로운 양식어종으로 부상한 조피볼락 두 어종에 국한되고 있다. 그러나, 2000년에 접어들면서 이들 두 어종의 양식은 과잉생산, 소비부진, 어가하락 등의 문제와 겹쳐 농어, 돔, 송어 등의 양식이 진행되고 있다. 표 2에서 보는 바와 같이 1996년에 비해 펠릿사료 생산량은 1996년 7,700여톤에서 2001년 약 40,000톤으로 크게 증가하였다. 그러나, 넙치와 조피볼락용 펠릿사료는 10,000톤 이하로 추정되고 있는 반면 분말배합사료는 대부분 이들 두 어종의 양식을 위해 생어와 혼합하여 습사료를 제조하는데 사용되었다.

Ⅲ. 생사료 대체 배합사료의 개발 방법

해산어류용 배합사료는 크게 치자어용 미립자사료, 육성 및 친어용 펠릿사료로 구분할 수 있다. 부화초기 자어용 미립자 사료의 경우 각 사료업체가 개발투자를 꺼려하여 1995년 전까지는 거의 수입에 의존하였다. 그러나 그 이후 몇몇 업체의 기술개발로 1999년부터는 국내 생산사료의 판매량이 수입사료 보다 앞서기 시작하였으나, 여전히 기술적 개선을 위한 많은 연구가 필요한 분야로 남아 있다. 미립자 사료의 개발은 친어용 사료의 연구개발과 궤를 같이 한다고 볼 수 있다. 왜냐하면 건강한 종묘생산을 위해서는 친어의 건강상태가 가장 중요하며 이를 위해서는 친어용 사료개발이 이뤄져야만 하기 때문이다. 한편, 양적으로 소량이어서 업체들이 연구개발 투자를 꺼리는 미립자 사료나 친어용 사료와는 달리 상대적으로 대량의 시장이 형성될 수 있는 육성용 사료는 수요만 창출되면 업체들의 연구개발 투자가 시작될 수 있다. 그러나 사료의 모방은 쉬우나 개발은 그렇지 않다는 사실을 직시해야만 한다. 아울러, 국내에는 어류용 배합사료 개발을 위한 단미사료의 종류나 질이 극히 제한되어 수입에 의존하는 상황이므로 개발이 이뤄지더라도 사료판매가격의 등락은 불을 보듯 뻔하며, 그 결과 사료의 질적 가치 저하가 유발될 수 있고 사양가들의 신뢰도를 떨어뜨리게 될 것이다. 사료개발은 기초적인 영양소 요구량 설정 연구와 응용적인 현장 적용연구로 구분하여 다음과 같은 방향으로 전개될 수 있다.

1. 영양소 요구량 설정 연구

지금까지 해수어용 배합사료의 개발이 지연되었던 까닭은 ① 생어의 생산량이 풍부하고 가격이 저가이었으며 ② 수질오염 규제조치가 없었고 ③ 출하어의 시장가격이 높아 사료가격이 총 양식생산비에 미치는 영향이 미미했기 때문이라 볼 수 있다. 그러나 이러한 세 가지 요인들이 정반대 현상으로 나타나자 사료개발의 필요성이 표출되고 있다 (김, 2002b).

사료개발을 위해 가장 우선되어야 할 사항은 사료내 구성소를 결정짓는 일인데 이를 위해선 첫째 대상 어종의 소화생리학적 요구를 충족시키기 위한 영양소의 필수성과, 둘째 어류의 섭취행동 (feeding behaviour)과 생태 (ecology)에 밀접하게 연관되는 기술적이고 실제적인 문제점을 조사하는 것이다 (표 3).

표 3. 사료내 구성소의 결정 요인

생물학적 요인	단백질 및 필수 아미노산, 지방 및 필수 지방산, 비타민, 광물질, 가소화 에너지, 단백질/에너지 비율
기술적 요인	유인제, 섭취 및 성장촉진제, 결합제, 안정제, 색소, 약제

사료내 함유되는 여러 필수 영양소의 수준에 영향을 미치는 인자들은 표 4에 열거한 바와 같이 많다. 실용적인 측면에서 이용 가능한 자료 또는 권장량을 고려하여 영양소 요구량과 기술적 범위를 충족시키는 사료를 배합할 때 영양소의 생체 이용 가능성, 영양소의 상호작용 등과 같은 여러 요인에 더 세심한 주의를 기울여야 할 것이다. 지상 가축의 사양과는 달리 어류 양식은 다양한 환경에서 사육되는 수많은 어종을 다루고 있다. 따라서 영양소 요구량의 체계적인 연구는 실제로 상당한 어려움을 수반하며, 도출된 자료의 이용시에도 상당한 주의를 기울여야 한다.

표 4. 사료내 영양소 수준에 영향을 미치는 인자

<p>실용적 측면</p>	<p>영양소 요구량에 근거한 이용가능한 지식 단미사료의 확보율 및 가격 기술적 제한 요소 - 입자도, 지방수준, 결착제, 수중 안정성 사양실험 - 사료섭취정도, 성장도, 수질오염도</p>
<p>분석적 측면</p>	<p>대상 어종의 성장 단계별 영양소 요구량 영양소 이용성 항영양성 인자의 유무 환경적, 생물학적 제한 인자 - 수질, 온도, 산소, 유속, pH, 화학적 조성, 스트레스, 질병, 유전력, 생리학적 단계 육질</p>

단백질은 어체조직 구성의 주 요소 (건물 환산시 약 70%)로서 어린 넙치의 적정 단백질의 요구량은 45%로 보고되었다 (Lee et al., 2002). 단백질의 질은 구성 필수아미노산의 질과 양에 좌우된다 (NRC, 1993). 필수 아미노산의 양적 요구량이 구명되면, 부족한 아미노산을 사료에 보충하여 성장을 개선시킬 수 있을 뿐 아니라 양질의 사료원료 선정으로 경제적인 사료배합이 가능해 질 것이다. 그러나, 넙치의 경우 라이신 (Forster and Ogata, 1998), 메치오닌 (Alam et al., 2000) 및 알지닌 (Alam et al., 2002) 요구량이 치어 단계의 어류를 이용하여 밝혀진 것 외에는 자료가 극히 빈약한 실정이다. 넙치는 탄수화물과 지방을 에너지원으로 이용할 수 있는 능력이 낮기 때문에 상대적으로 단백질에 대한 의존성이 높아지게 된다 (Kikuchi and Takeuchi, 2002). Sato(1998)는 치어단계의 적정 DE (digestible energy)/DP (digestible crude protein) 비율이 8.6 kcal/g이라 하였는데, Takeuchi et al. (1978)가 발표한 무지개 송어의 적정 비율 13 kcal/g 이나 잉어의 적정 비율 9.7~11.6 kcal/g (Takeuchi et al., 1979)에 비해 낮은 수치이다. 넙치의 체조직은 halibut이나 yellowtail flounder에 비해 단백질은 높고 지방 함량이 낮은 것으로 알려져 있다 (Kim and Lall, 2000). 이런 낮은 체지방 구성에 기인한 것인지는 알 수 없으나 넙치의 사료내 지방 요구량은 7% 이하라고 알려져 있다 (Lee et al., 2000b). 또한, 필수 지방산 연구는 대부분 알테미아 (artemia)를 급여하는 유생단계 (larval stage)에 국한되어 있으며 (Takeuchi, 1997), Takeuchi (1998)는 20g이상의 넙치의 n-3 HUFA (highly unsaturated fatty acid) 요구량이

1.1~1.4%라고 보고하였다. Lee et al (2000c)은 에너지원으로 사용된 지방의 지방산 조성 비율 (linoleic acid, EPA (20:5n-3) 및 DHA (22:6n-3)의 비율에 따라 성장률이 달라지는데 오징어간유와 대두 오일을 사용할 경우 300 kcal/100g가 적당하다고 보고하였다. 그 외에 여러 가지 영양소 연구가 일부 수행되었으나 각 단미사료의 낱치에 의한 소화율 (digestibility)에 대한 자료는 전무한 실정이라서 양질의 경제적 배합사료 개발에는 상당한 시기가 소요될 것으로 보인다. 또한 대부분의 영양소 실험이 유생이나 치어 단계에 국한되어 있어 성장단계별 영양소 요구량이 하루빨리 구명되어야 하며, 대부분의 연구가 실험실 규모에서 수행된 자료이기 때문에 사료회사와 양어장에 접목하는 데는 어려움이 뒤따른다. 이런 미비한 자료를 바탕으로 제조된 기존 EP사료는 사양가가 원하는 성장률에 부응할 수 없을 것이다. 낱치는 국내 주된 해산어종인 반면, 일본의 경우 연간 8,000 톤 규모로 생산량이 그다지 높지 않다. 그럼에도 불구하고, 일본의 경우 생어의 주원료인 청어와 까나리가 해수의 수온상승으로 인해 어획량이 감소함에 따라 대체 단백질의 개발에 많은 연구를 수행해오고 있다(Kikuchi, 1999; Sato and Kikuchi, 1997; Kikuchi and Sakaguchi, 1997).

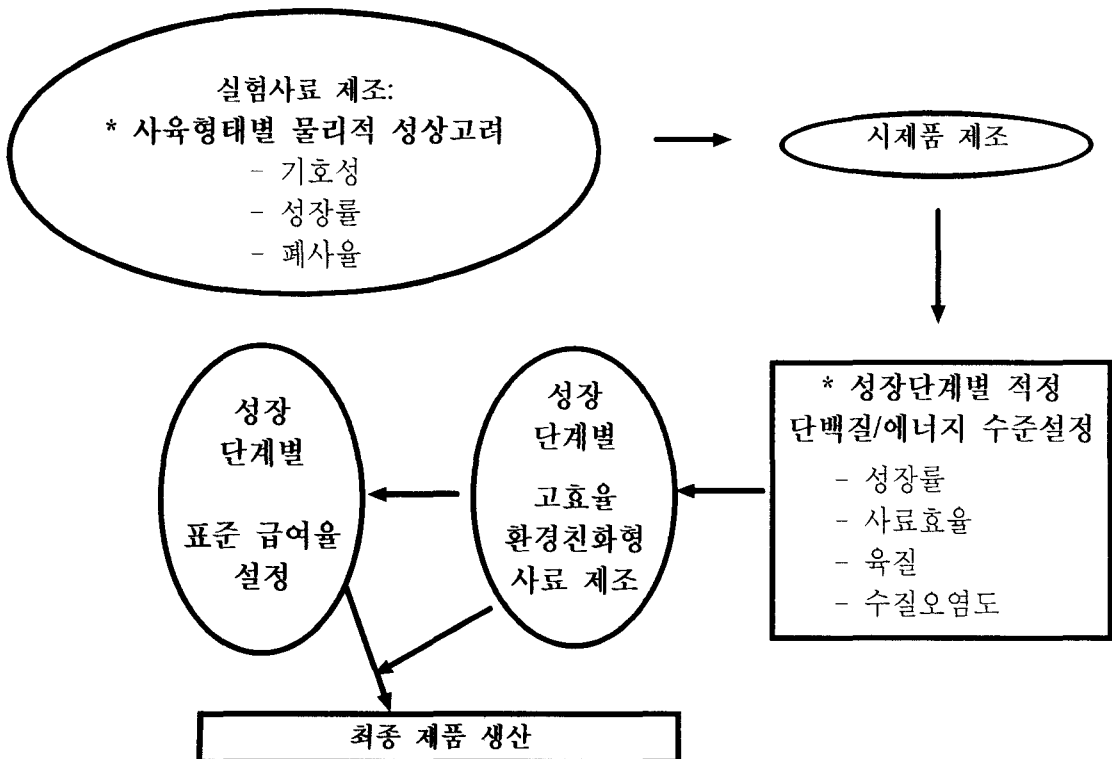


그림 1. 현장연구를 통한 제품 개발

2. 현장 적용 연구

대상 어종의 영양소 요구량 설정 연구에는 많은 시간과 자본이 투입되기 때문에 사료 생산자 측면에서는 유사어종의 영양소 요구량 자료에 근거하여 사료를 제조, 현장실험을 거쳐 수정 보완하는 작업을 전개하게 된다. 실제로 영양소 요구량이 대부분 밝혀진 어류는 차벌메기, 송어, 잉어, 연어, 틸레피아 같은 몇 어종에 지나지 않기 때문에 신어종 사료개발을 위해 사료생산자가 의존할 방법은 응용적인 현장연구 개발 방법이외는 없다. 현장 연구시 고려해야 할 사항으로 사료섭취정도, 성장도, 폐사율, 질병발생빈도 그리고 개발될 사료의 가격을 들 수 있다. 넙치나 조피볼락의 경우 치어기때 펠릿사료를 급여하다가 뒤이어 육성단계에서 생사료 (또는 습사료)로 전환하여 출하시까지 사육하는 사양방식이 주류를 이루고 있다. 완전 펠릿사료 위주의 사양이 이뤄지지 못하는 것은 사료생산자가 생사료를 대체할 수 있는 사료를 현장연구 개발을 통해 개발해내지 못했거나 또는 사양가들이 사료 값이 비싸 사용을 꺼리는 것 둘 중의 하나를 의미한다. 그러나 완전히 펠릿사료에 의존하여 넙치양식을 성공적으로 수행하는 사양가가 존재하는 것을 볼 때, 사양가의 고정관념 또는 사료구입비용 문제가 펠릿사료 사용에 대한 제한 요인으로 추정된다. 현장연구를 통한 사료개발은 사료생산자와 사양가의 이해관계만 성립되면 쉽게 이뤄질 수 있을 것이다. 이때 사료생산자는 그림 1과 같은 방법으로 성공적인 사료개발을 이룰 수 있을 것이다. 물론, 이러한 연구개발이 연구자, 사료생산자 및 사양가의 공동 참여로 수행된다면 가장 이상적인 사료가 만들어질 것이다.

이렇게 개발된 사료는 연구자들의 연구결과 도출과 함께 계속적으로 개선되어야 한다. 예를들면, 필수 아미노산 및 필수 지방산의 수준, 광물질 및 미네랄의 요구량이 밝혀지면 개발된 사료에 이 자료들을 주의를 기울여 보완하면 될 것이다. 그러나, 각사의 사료구성소가 다르기 때문에 개발된 사료의 이용가능한 영양소 및 에너지 함유량에 대한 자료는 각 사가 별도의 연구를 통하여 스스로 만들어야 한다. 이것은 사양가가 사료를 선택하는데 있어 가장 핵심적인 부분이다. 사료는 어류 사육을 위한 일차적 소비재로서 인류가 직접 섭취하는 식품이나 의약품과는 구분된다. 사료는 다양한 원료 및 가공조건을 이용하여 50여 항목 이상의 영양소를 조합하여 제조되기 때문에 최종 제품의 질이 다양하게 나타

난다. 단적으로 표현하면 10가지 원료를 이용하여 제조할 수 있는 사료의 종류는 10! 이다. 따라서, 연구개발자가 산학연구를 통하여 제품을 개발하더라도 유사제품이 타회사에서 얼마든지 출시될 수 있기 때문에 독점상품으로 자리매김 할 수가 없는 것이다. 이런 상황에서는 업체의 마케팅력이 판매율 확보를 좌우하는 것이다. 따라서, 국가차원의 연구개발이라도 기업의 참여도가 부진한 것이며, 기술이전의 의미도 없다고 볼 수 있다.

IV. 생사료와 펠릿사료(EP)의 장단점 비교

사료는 집약적 동물산업의 유지에 가장 필요한 요소이며, 동물을 사육하는데 소요되는 총 경비중 가장 많은 부분이 사료비에서 기인한다. 그림 2에서 보는 바와 같이 생사료(습사료)를 이용하여 넙치양식을 할 경우 1 kg 생산에 소요되는 사료비의 비중은 약 36%로 총생산비 구성요소중 가장 높은 비중을 차지한다. 따라서, 사료를 동물에게 급여하여 고기(어류 포함), 알, 우유 등과 같은 생산물의 수확율을 증가시키는 것이 동물산업에 종사하는 사양가들의 제 일차적인 목표이다. 그러나, 엄밀히 얘기하면 생산물의 수확율 증가는 그 생산물의 시장가격이 가장 높게 책정되는, 즉 판매가가 가장 높은 시기에 이뤄져야 한다. 그래서 이윤발생을 극대화하는 것이 동물생산에 종사하는 사양가들의 최대 현안이다. 따라서, 사양가는 사육하는 동물의 성장과 시장가격의 흐름을 면밀히 파악하여 동물의 성장을 예견, 조절할 수 있는 능력을 겸비해야 할 것이다. 하지만 동물산업이 지속적인 생산산업으로 자리매김 할 수 있도록 하기 위해서 이제 사양가들은 성장률과 시장경제의 흐름뿐 아니라 오염 배설량에 대한 지식까지 겸비하여야 한다. 사료전환효율이 우수하면 할수록 동물의 생산성은 증가하는 반면 오염물질 (분, 뇨, BOD)의 발생량은 줄어들어 이들 오염원의 처리비용이 감소되는 부수적 경비절감이 뒤따른다.

깨끗한 물에 의존하는 수산동물산업에 있어 오염율이 낮은 사료의 사용은 산업의 지속적인 발전에 거의 강제적일만큼 필수적인 일이다. 양식 선진국의 양어사료 산업체들은 이미 오래전부터 저오염 사료개발에 착수하여 환경을 책임지는 사료를 만들어내고 있다. 10여년 전에 비해 연어나 송어사료의 사료효율은 두 배 이상 개선되었다. 아울러, 사료배합

기술의 개선에 힘입어 양식 송어의 분과 뇨를 통한 인 배설량은 절반 가량으로 감소하였다 (Cho and Bureau, 1997). 따라서, 과거의 사료보다 오늘날의 사료가 더욱 환경친화적인 것을 부인할 수 없으며, 여전히 오염도를 낮추려는 연구가 진행되고 있다.

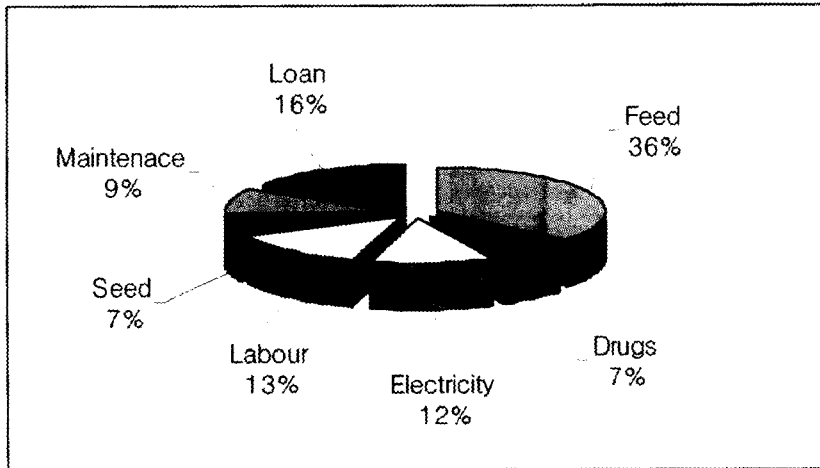


그림 2. 낚치 1 kg 생산에 소요되는 비용 분석
(년 100톤 규모의 생산 양어장의 예)

표 5. 생사료와 EP사료 사용의 장단점 비교

항 목	생 사 료	EP 사 료	비 고
① 사육조내 개체의 크기	불균일	균일	섭취량의 차이
② 질병발생율	높다	낮다	사료의 신선도 및 병원균 유무
③ kg 사료비	싸다	비싸다	단백질 함량 비교
④ kg 생산당 사료비 지출	높다	낮다	사료계수 차이
⑤ 동력 및 인건비 지출	높다	낮다	생사료 제조, 보관, 급여
⑥ 수질오염율	높다	낮다	허실사료 및 성장도
⑦ 목표어체중 도달기간	길다	짧다	성장률의 차이
⑧ 양질의 사료확보 및 보관	어렵다	쉽다	단미사료의 확보율
⑨ 육질 개선	어렵다	쉽다	투입영양소의 조절차이

표 5는 생사료 또는 습사료와 EP 사료의 사용에 따른 장단점을 보여준다.

① 일반적으로 생사료 (습사료)를 사용할 경우 펠렛의 크기가 일정하지 않고 급여되는 개수가 상대적으로 적기 때문에 일정기간 급여 후 개체의 크기가 균일하지 않게 된다. 그러나, EP 사료를 급여할 경우 모든 어류가 사료를 섭취할 수 있는 기회가 상대적으로 많아서 균일한 개체를 생산할 수 있다.

② 생어는 포획, 운송, 보관, 이동에 따른 병원균의 유입이 굉장히 높다. 따라서, 생사료의 급여시 질병 발생율이 높은 것이다. 그러나, EP 사료는 양질의 어분을 사용할 뿐 아니라 고온고압하에서 가공되기 때문에 병원균의 완전박멸이 일어난다.

③ 생어를 이용하여 제조된 습사료 또는 생사료의 경우 kg 당 가격은 약 500원 정도인 반면, EP 사료는 적어도 1,500원에 달한다. 하지만 kg 사료내 단백질 함량을 비교해 보면 전자는 160 g인 반면 후자는 500 g으로 결코 비싼 가격이 아님을 알 수 있다.

④ 따라서 넙치 1 kg을 생산하는데 소요되는 사료비는 EP 사료가 생사료나 습사료에 비해 월등히 낮게 된다.

⑤ 생사료는 보관, 제조 및 급여에 동력과 인건비의 지출이 많은 반면 EP 사료는 그러한 지출이 거의 없어진다.

⑥ 생사료의 급여시 허실되는 사료량은 약 10-20% 정도로 알려진다. 이렇게 허실되는 사료는 넙치의 분뇨와 함께 엄청난 오염을 유발한다. 반면, EP 사료는 급여시 조금만 주의를 기울이면 사료허실을 거의 완벽하게 막을 수 있으며, 어류의 성장률이 빨라 거꾸로 수질오염율이 굉장히 낮다.

⑦ 양질의 EP 사료를 사용할 경우 생사료나 습사료에 비해 kg 도달기간이 적어도 한 달 이상 단축된다.

⑧ 시시각각 구입해야 하는 번거로움, 질적인 차이가 큰 생어와는 달리 EP 사료는 균일한 질을 제공할 수 있으며 보관이 용이하다.

⑨ EP 사료의 경우 영양소 투입조절로 육질개선이 용이하다. 또한, 하절기와 동절기 넙치의 대사조절을 위한 사료 에너지 조절이 용이하다.

일반적으로 육상 양어장에서 습사료를 이용하여 넙치를 사육할 경우 급여사료의 사료

요구율은 4.9-5.1 (건물사료 환산시 약 1.5)에 이른다 (표 6). 김 등 (2002)은 양어장의 사양가가 습사료를 일일 세 번 (ED) 또는 격일 세 번 (EOD) 급여할 경우 성장도 및 사료이용효율을 조사하였는 바 넙치의 사료섭취량은 유의적인 차이를 보이지만 성장률과 사료 요구율은 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.

표 6. 습사료의 급여방법에 따른 넙치의 성장도 및 사료이용효율

Treatment ¹	Initial Wt. g/fish	wt. gain g/fish	F. intake g DM(as-fed)/fish	FCR ²	PER ³
ED	90.9 ± 2.56	71.6 ± 4.63	107.7 ^a (365)	1.51 (5.11)	1.07 ± 0.05
EOD	89.5 ± 5.28	61.1 ± 2.03	89.8 ^b (302)	1.47 (4.94)	1.04 ± 0.04

¹ ED, everyday feeding; EOD, every other day feeding.

² Feed conversion ratio = Feed intake, DM/wet weight gain.

³ Protein efficiency ratio = wet wt. gain/protein intake.

^a Values(means ± SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05).

이렇게 관행의 방식으로 넙치를 사육할 경우 질소 축적효율은 20.4% (EOD)에서 20.7% (ED)로 낮게 나타났으며, kg 증체단위당 질소 배설량은 112 g에서 114 g으로 높게 나타났다. 인 축적효율은 20.1% (ED)에서 23.5% (EOD)로 또한 낮게 나타났으며, 인 배설량은 26 g에서 28 g 정도로 높게 나타났다. 이러한 결과는 습사료의 급여시 상당량의 사료가 허실되는 것을 의미하며, 그로 인한 주변해역의 수질오염도가 증가한다는 것을 의미한다.

표 7. 습사료의 급여방법에 따른 넙치의 질소 이용효율 및 배설량

Treatment	N intake g/fish	N gain ¹ g/fish	N excretion g/kg wt. gain	N retention ² %
ED	10.3 ^a ± 0.14	2.13 ^a ± 0.09	114.2 ± 4.13	20.7 ± 1.19
EOD	8.6 ^b ± 0.09	1.76 ^b ± 0.06	112.0 ± 4.14	20.4 ± 0.49

¹ N in whole body of final fish - N in whole body in initial fish.

² N gain/N intake × 100.

^a Values(means ± SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05).

표 8. 습사료의 급여방법에 따른 넙치의 인 이용효율 및 배설량

Treatment	P intake g/fish	P gain ¹ g/fish	P excretion g/kg wt.gain	P retention ² %
ED	2.46 ^x ±0.03	0.50±0.04	27.6±1.92	20.1±1.44
EOD	2.07 ^y ±0.02	0.49±0.04	26.0±0.65	23.5±1.45

¹ P in whole body of final fish – P in whole body in initial fish.

² P gain/P intake × 100.

^{ns} Values(means±SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05).

넙치양식에 의한 수질오염을 줄이고 총생산비중 사료비가 차지하는 비중을 낮출 수 있는 EP 사료의 개발을 위하여 김과 신 (2002)은 양어장에 사용하고 있는 MP의 화학적 조성을 분석한 후 EP는 고형물 기준으로 MP와 동등한 단백질 (55%) 및 절반의 지방 (9%)을, SMP는 MP에 비해 단백질의 수준이 9% 높고 (64%) 지방의 수준은 절반 (9%)이 유지되도록 설계하여 총에너지 함량이 동일 (2,500 kJ/100g DM)한 세 종류의 실험사료를 이용하여 9주간 현장 사양실험을 수행하였다 (표 9, 10, 11).

표 9. 물리화학적 조성이 다른 세 종류의 사료를 9주간 섭취한 넙치의 성장 및 사료이용효율

Diet	Initial wt. g/fish	Final wt. g/fish	F. intake(g/fish)		FCR ²		PER ³ %
			as-fed	DM	as-fed	DM	
EP	124.4 ^{ns}	228.3 ^a	82.0 ^c	77.4 ^b	0.79 ^c	0.75 ^c	2.41 ^a
MP	124.1	193.0 ^b	219.6 ^a	65.0 ^c	3.19 ^a	0.94 ^a	1.95 ^b
SMP	122.3	233.4 ^a	157.2 ^b	90.9 ^a	1.41 ^b	0.82 ^b	1.93 ^b

¹ Values (means±SE) in the same column sharing a common superscript were not significantly different (P>0.05); ns = nonsignificant.

² Feed conversion ratio = feed intake, DM/wet weight gain.

³ Protein efficiency ratio = wet weight gain/protein intake.

종료어 체중은 EP 및 SMP 구가 MP 구에 비해 유의적으로 증가한 것으로 나타났다. 그러나 고형물 사료섭취량은 SMP 구가 가장 높아 사료요구율 (FCR)은 EP 구 (0.75)에 비

해 유의적으로 높았다. 한편, MP 구는 세 처리구중 가장 높은 사료요구율을 기록하였다 (표 9). 어체내 질소 증가량은 SMP 구가 마리당 3.11 g으로 처리구중 가장 높았으나, 질소축적효율 (NRE)은 EP 구가 42.9%로 가장 높았다. 아울러, 인 증가량은 EP 및 SMP 구가 MP 구에 비해 두 배 이상 높게 나타났으며 EP 구가 가장 우수한 인 축적효율 (43.2%)을 보였다 (표 10). 이러한 자료를 경제적인 면과 수질오염을 양 측면에서 비교할 경우 표 11에서 제시된 바와 같이 EP 사료를 급여할 경우 kg 생산에 소요되는 사료비는 1,183원으로 MP 사료 급여구에 비해 약 570원이 절약되는 것으로 나타났다. 그러나, SMP 사료의 경우 성장률과 사료요구율은 MP 사료구에 비해 월등히 우수하였으나 사료비가 높은 관계로 kg 당 생산비가 2,603원으로 세 처리구중 가장 높아 경제성 측면에서 사용이 불가능한 것으로 나타났다.

표 10. 물리화학적 조성이 다른 세 종류의 사료를 9주간 섭취한 넙치의 질소 및 인 이용효율¹

Diet	N Gain g/fish	NRE ² %	P Gain g/fish	PRE ³ %
EP	2.96 ± 0.12 ^a	42.9 ± 1.56 ^a	0.36 ± 0.01 ^a	34.2 ± 1.57 ^a
MP	1.80 ± 0.05 ^b	32.0 ± 0.18 ^c	0.14 ± 0.01 ^b	19.9 ± 0.77 ^c
SMP	3.11 ± 0.07 ^a	33.8 ± 0.15 ^b	0.33 ± 0.02 ^a	23.6 ± 1.10 ^b

¹ Values (means ± SE) in the same column sharing a common superscript were not significantly different (P>0.05).

² Nitrogen retention efficiency = N gain/N intake × 100.

³ Phosphorus retention efficiency = P gain/P intake × 100.

표 11. 물리화학적 조성이 다른 세 종류 사료의 급여에 따른 생산비 및 질소 인 배설량

Diet	Feed price won/kg	Production cost won/kg gain	Excretion (g/kg gain)	
			N	P
EP	1500	1183(100)	38 ^B (100)	6.7 ^C (100)
MP	550	1753(148)	56 ^A (147)	8.4 ^B (127)
SMP	1840	2603(220)	55 ^A (145)	9.5 ^A (142)

한편, kg 증체단위당 질소 배설량은 EP 구가 38 g으로 MP 및 SMP 구에 비해 유의적으로 낮았으며, 인 배설량은 EP 구가 6.7 g으로 처리구중 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 양질의 EP 사료 급여로 넙치양식의 총생산비의 절감과 함께 수질오염율의 대폭적인 감소가 가능함을 시사하였다.

적정 급여율 또는 급여빈도의 설정은 사료내 영양소 및 에너지의 효율적인 이용과 함께 사료의 허실을 최소화하여 성장률의 최대화와 수질오염율의 최소화를 이룰 수 있다는 점에서 사료개발시 후속적으로 수행되어야 하는 필수적인 과제이다. 사료급여 빈도가 성장에 미치는 영향은 차넬 메기 (Andrews and Page, 1975), estuary grouper (Chua and Teng, 1978), plaice (Jobling, 1982), wolffish (Fam, 1997), Korean rockfish (Lee et al., 2000a), olive flounder (Lee et al., 2000b), yellowtail flounder (Dwyer et al., 2002) 등의 어류에 수행되었다. Andrews and Page (1975)는 일일 두 번 급여가 하루 종일 급여보다 차넬 메기의 성장률을 개선시켰다고 하였으나, estuary grouper의 경우 이틀에 한 번 급여가 적정하다고 보고되었다 (Chua and Teng, 1978). Ruohonen et al. (1998)은 400 g의 무지개 송어를 이용하여 건조사료 (EP)의 급여빈도가 증가할수록 증체량이 증가함을 발견하여, 하루 세 번 급여가 이상적이라고 보고하였다. 사료비는 양식경영의 구성비중 가장 높은 비율을 차지하며, 어류의 절대치 사료소비량은 어체중의 크기가 증가할수록 증가한다. 또한, 사료의 급여량이 증가할수록 배설되는 질소와 인의 량도 증가하게 될 것이다. 따라서, 성장률의 개선과 수질오염율의 최소화 양 측면에서 성장단계별 표준 급여율 및 적정 급여빈도의 설정이 필연적이지만, 성장단계를 고려할 때 치어단계보다 육성단계의 어류에 우선적으로 설정되어야 할 것이다. 그러나, 급여빈도에 관한 지금까지의 대부분 연구는 치어단계에 국한되어 있다. 이 등 (1999)은 평균어체중 1.6 g의 넙치 치어를 이용하여 EP 및 MP 사료의 급여빈도에 따른 성장률을 조사하였는데, 사료의 물성에 관계없이 하루 세 번 급여하는 것이 적정하다고 하였다. 이어서, Lee et al (2000b)은 관행의 단미사료를 이용하여 동일 단백질 (48%)에 지방 함량을 달리한 (3% 및 16%) 두 종류의 사료를 제조한 후 물과 혼합하여 습사료의 형태로 3.5 g의 넙치 치어에 급여한 결과 사료내 에너지 수준에 따라 하루에 두 번 또는 세 번 급여하는 것이 적당하다고 보고하였다. 사료섭취와 관련하여 넙치류는 소화관의 길이에 따라 구분할 수 있는데, 장의 길이가 체장보다 짧거나 같은 어

종 (turbot), 체장보다 긴 어종 (plaice와 dab) 그리고 체장보다 장의 길이가 현저히 긴 어종 (sole)이 있다 (Barber and De Groot, 1973). 국내 사육중인 넙치는 turbot과 같이 장의 길이가 짧고 위가 크기 때문에 위가 충만해지면 먹이섭취를 더 이상 하지 않는다. 이것은 장의 길이가 긴 어종에 비해 사료의 섭취빈도가 낮다는 것을 암시한다. 그러나, 사료는 물리적 성상에 따라 수분 함량에 큰 차이가 나기 때문에 EP 사료와 MP 사료의 급여빈도에 따른 사료이용효율은 다를 것으로 추정된다.

후속적인 연구로서 김과 신 (2002)은 개시어체중 120 g의 넙치를 이용하여 그들이 개발한 EP 사료의 적정 급여빈도를 설정하기 위한 연구를 수행하였다. 사료는 일일 1, 2 및 3 번 급여구와 격일 1, 2 및 3 번 급여구로 처리구당 3반복으로 9주간 급여하였다. 본 실험의 결과 일일 급여구는 격일 급여구에 비해 증체량과 사료요구율이 유의적으로 우수하였다. 그러나, 일일 급여구간 차이는 발견되지 않아 120 g에서 200 g 사이의 넙치사육에 있어 EP 사료의 급여는 하루 한 번으로 충분한 것으로 나타났다 (표 12).

표 12. EP 사료의 급여빈도에 따른 넙치의 성장 및 사료이용효율¹

Frequency	Initial wt. g/fish	Final wt. g/fish	F. intake g DM/fish	FCR ²	PER ³ %
1/d	122 ± 3.33 ^{ns}	197 ± 2.84 ^a	59 ± 0.91 ^b	0.79 ± 0.02 ^{ns}	2.27 ± 0.05 ^{ns}
2/d	121 ± 2.95	200 ± 4.03 ^a	64 ± 0.54 ^{ab}	0.83 ± 0.06	2.20 ± 0.17
3/d	121 ± 2.48	199 ± 2.24 ^a	68 ± 2.59 ^a	0.88 ± 0.05	2.06 ± 0.13
1/EOD	121 ± 2.30	169 ± 4.46 ^b	41 ± 0.39 ^d	0.91 ± 0.12	2.07 ± 0.31
2/EOD	122 ± 1.33	176 ± 2.69 ^b	48 ± 0.68 ^c	0.91 ± 0.05	1.99 ± 0.12
3/EOD	122 ± 0.17	179 ± 7.29 ^b	52 ± 3.66 ^c	0.93 ± 0.09	1.95 ± 0.17

¹ Values (means ± SE) in the same column sharing a common superscript were not significantly different (P>0.05); ns = nonsignificant.

² Feed conversion ratio = Feed intake, DM/wet weight gain.

³ Protein efficiency ratio = weight gain/protein intake.

V. 해산어류 양식용 배합사료의 생산 전망

생어를 이용한 생사료 또는 분말사료를 혼합한 습사료 위주의 사육을 하고 있는 넙치와 조피볼락과 달리, 송어나 돔류의 경우 펠릿사료의 급여로 사육되고 있다. 2000년 해산어류 양식용 배합사료 생산량은 약 63,000톤으로 1990년의 2,600톤에 비해 약 24배 증가하였다. 그러나, 해산어류 양식에 소요된 생어량을 인공펠릿으로 환산하여 추정한다면 2000년 약 169,000 (63,000 + (400,000 × 0.25/0.94))톤의 해산어용 배합사료가 사용되었다고 얘기할 수 있다. 향후 5년 이내 해산어류용 인공 펠릿사료의 개발이 완성될 것으로 추정되며 이에 따른 국내 해산어용 배합사료 생산량을 예상한다면 표 13과 같다.

단기적으로 볼 때 생사료 또는 습사료 위주의 급여방식에서 완전히 탈피하지는 못할 것이다. 그러나, 양식업의 경영압박과 양식장 주변수역의 수질오염 문제가 사회적 관심사로 대두될 것이기 때문에 생사료 급여방식에서 펠릿사료 급여방식으로 상당부분 전환될 것으로 예상된다. 그리고 각 사료생산 업체들이 펠릿사료의 수요증가를 예상하고 자체개발을 서두르고 있기 때문에 2005년 분말 및 펠릿사료 소요량은 약 100,000톤 정도가 될 것이다. 이때쯤 연구자들의 영양소 요구량 자료가 확립되고 적정 급여율이 설정되어 본격적인 고효율 저오염 환경친화형 펠릿이 등장할 것으로 예상되기 때문에 중기적으로 2010년에는 약 140,000톤 그리고 장기적으로 2015년에는 220,000톤의 사료시장이 형성되고 생사료가 자취를 감추게 될 것이다. 이러한 중장기적 발전은 연구자들의 결과도출이 빨라지고 사양가들의 펠릿 수요가 증가하면 할수록 현저히 빠른 속도로 이뤄질 것이다.

표 13. 해산어용 배합사료, 어분 및 어유 예상 생산량 (2005, 2010 및 2015)*

(단위 : 톤)

어종/년도	2005	2010	2015
넙 치	45,000	65,500	96,000
조피볼락	35,000	38,000	55,000
농어/돔	8,000	15,000	30,000
방 어	2,500	2,500	2,000
새 우	12,000	12,000	20,000
기 타	1,000	10,000	15,000
계	103,500	143,000	218,000
어 분	41,400	57,200	87,200
어 유	5,175	7,150	10,900

* 저자 추정치.

한편, 양어용 배합사료의 개발에는 양질의 어분과 어유의 공급이 필수적이다. 국내의 사료 생산설비 (표 14)와 생산기술 측면에서는 부족함이 없지만, 원료공급 측면에서는 거의 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 2001년 현재 국내에는 35개 업체의 어분 생산시설이 존재하며 약 35,000톤의 어분을 생산하였다. 그러나 국산어분만으로는 수요를 충족시킬 수 없다. 따라서, 수입어분과 어유를 사용하고 있으나 세계적으로 양질의 어분과 어유 생산량이 수요에 못 미치고 있어 가격이 상승하고 있다. 양질의 양어사료는 양질의 어분생산이 뒷받침되지 않는 한 불가능한 실정이므로 국산어분의 품질향상을 위한 대책마련 및 정부지원이 시급하다.

경제발전에 따른 축산물 소비증가에 따라 사료수요의 증가로 공장 수와 제조시설 능력이 해마다 증가하게 되었으며 지난 2000년에는 배합사료 총 생산량이 1,499만 톤으로 곡물 및 전분을 포함한 가축사료 시장은 매출액 기준 6조3천억의 거대한 시장 규모를 가진 산업으로 변모하였다. 이중 양어사료 생산량은 120,000여톤으로 약 0.8%에 불과하지만 매출액 기준으로는 약 1.9%에 해당하는 1,200억원의 고부가 가치를 지닌다. 그러나 90년대에 들어서면서 수입개방 및 소비증가 둔화로 정체 내지는 성장의 하향곡선을 그리는 등 대내외 환경이 점차 어려워지고 있다. 수산 양식업은 사료비 인상, 환경오염 문제, 인력난 등으로 고비용 산업구조로 이전되어 가고 있을 뿐 아니라 과잉생산, 비브리오 파동, 활어 수입 증가, 질병만연 등의 제반문제로 인하여 장래가 더욱 불투명해지고 있는 실정이다.

한편, 2001년 현재 양어용 배합사료 생산을 위한 익스트루더 설비 현황 (표 14)을 보면 연간 적어도 224,400 톤의 EP 사료를 생산할 수 있는 시설을 보유하고 있다. 아울러 각사가 보유한 양건 및 가축용 배합사료 생산용 익스트루더 설비까지 합치면 연간 600,000 톤 이상의 EP 사료를 제조할 수 있다. 그러나, 2001년 내, 해수면 어류양식을 위한 EP 사료 생산량은 100,000 톤에도 못 미치고 있는 실정이기 때문에 비싼 기기를 놀리거나 양건 사료 생산으로 대체하고 있는 실정이다. 표 13에서 나타나는 수치가 현실로 실현된다고 가정할 경우라도 현재 국내의 시설만으로 얼마든지 생산이 가능하다고 볼 수 있다. 그러나 문제는 하드웨어가 아니라 소프트웨어의 개발이다.

표 14. 국내 사료 제조업체의 양어사료 생산용 Extruder 보유현황 및 생산능력

회 사 명	EP 기종	생산량/h	생산량/d*	생산량/yr**
A	Buhler 125 HP 2대 250 HP 1대	3톤/대 5톤	110톤	33,000톤
B	일산	300 kg	3톤	900톤
C	Wenger Buhler	4톤 3톤	70톤	21,000톤
D	Sprout-Matador	11톤	110톤	33,000톤
E	Wenger X-185	6톤	60톤	18,000톤
F	Wenger S-185 Wenger TX-185	5톤 0.5톤	55톤	16,500톤
G	Wenger TX-115	3톤	30톤	9,000톤
H	Wenger X-185	6톤	60톤	18,000톤
I	Sprout-Matador EX920	6톤	60톤	18,000톤
J	Wenger TX-85 Wenger X-175 Amsec / 25	0.5톤 4톤 2톤	65톤	19,500톤
K	Buhler DNDH 2대 Wenger S-185 1대 Wenger TX-85	4톤/대 5톤 0.5톤	135톤	10,500톤
L	Wenger X-175	3톤	30톤	9,000톤
M	Extratech E750 2대	3톤/대	60톤	18,000톤
계				224,400톤

* 일일 10시간 가동시. ** 년 300일 가동시.

VI. 양어용사료 발전을 위한 제언

국제 경쟁력을 갖는 환경친화형 양어사료를 개발하고 사양가들의 책임지는 양식산업을 자리매김하기 위하여 다음과 같은 제도적 수정 또는 장치마련이 필요하다고 본다.

1. 부족한 단미사료의 수입관세 인하 및 공동구매 유도

2000년 배합사료 총 생산량 14,991,000톤중 국산 자급비율은 26.2%인 3,923,000톤에 불과하다 (이, 2001). 그러나, 어분, 어유, 대두박 및 소맥분에 기반하여 제조되는 양어용 배합사료의 경우 국산 자급비율은 5% 이내로 추정된다. 사료 생산자의 경영상 문제점을 해결하고 국내산 사료의 국제 경쟁력을 높이기 위해서는 불가피하게 수입에 의존할 수 밖에 없는 어분, 어유 및 전분 등은 한도량을 정해서라도 무세로의 할당 관세로 하향 조정하여야 하고 공동구매를 유도하여 적어도 양질의 원료가 각 사료회사에 입고될 수 있도록 정책적인 방향수립이 필요하다. 그리고, 전분의 경우 뱀장어 사료 생산에만 국한할 것이 아니라 해산어 사료에도 공히 사용할 수 있도록 규제를 풀어야 한다 (표 15).

표 15. 국가별 단미사료 및 양어용 배합사료의 관세율 (%) 현황*

국명(HS code)	어분(2301)	어유(1516)	전분(3505)	대두박(2304)
한 국	5	8	IQ 8, OQ 398.6	2.2
일 본	0	4	8 (특혜관세 0)	0
중 국	3	40	20	5
대 만	0	5	15.5	0
미 국	0	0	0	0
캐 나 다	3	13	9.5	0
유 럽 연 합	0	10.9	7.7	0
페 루	12	12	12	12
칠 레	11	11	11	11

* 양어사료 수입관세 : 한국 5%; 미국, 캐나다, 대만, 0%; 일본-일반관세 5%, 특혜관세 0%;

2. 어분 및 어유 자체생산 시설 구축

어분과 어유는 양식용 사료제조에 있어 가장 중요한 원료이다. El Golfo 社의 어분공장에서 생산되는 어분의 규격은 표 16과 같다. FF of Denmark 社의 어분은 LT Supreme, FF Classic 및 Special A 세 등급으로 나뉘지며 모두가 71% 이상의 단백질 함량을 보장하고 있다. 프랑스 Sopropeche 社는 고단백 (82%) 저지방 (6%)의 CPSP 90과 저단백 (70%) 고지방 (20%)의 CPSP Special G 제품을 생산하고 있는데 이들 제품은 모두가 가수분해된 어류 농축단백질이다. 노르웨이는 해산어류용 어분인 Norse-LT94의 제품 규격을 제도화하

고 있으며, 캐나다는 어분 생산자들이 자체적으로 그들 제품의 규격을 유지해 나가고 있다 (표 17). 대부분 육식성 섭취양상을 지니는 해산어류용 사료는 어분과 어유로 만들어진다고 해도 과언이 아니다. 따라서, 국가 차원에서 양질의 어분과 어유를 생산할 수 있는 기술력을 갖춘 업체를 선정하여 지원, 육성할 수 있는 제도적 장치가 필요하다. 그러나, 어분과 어유의 원료가 되는 원료어종의 확보량 및 신선도가 부족하다면 해외에 어분 공장을 설립하여 지속적으로 국내로 공급할 수 있는 방법도 고려해야 할 것이다.

표 16. 칠레 El Golfo 社の 어분 종류 및 규격

종 류	S. Prime A	S. Prime B	Prime	Regular	Standard*
Protein	68% min	68% min	67% min	67% min	65% min
Lipid	10% max	10% max	10% max	10% max	12% max
Moisture	10% max	10% max	10% max	10% max	10% max
Salt & Sand	4% max	4% max	4% max	5% max	5% max
Ash	16% max	16% max	16% max	17% max	18% max
TVN, mg/100 g	120 max	120 max	120 max	150 max	-
FFA	7.5% max	7.5% max	7.5% max	12% max	-
Histamine	500ppm max	1000ppm max	-	-	-

* 가금 및 양돈용.

표 17. 노르웨이와 캐나다의 어분 표준 규격

Parameters	Norwegian Norse-LT94	Canadian	
		Herring	Whitefish meal
Protein, min.(%)	70	68	60
Fat (Soxhlet extraction), max.(%)	11.5	-	-
Fat (crude), min.(%)	-	5	3
Ash, total, max.(%)	14	16	20
Moisture, min.(%)	5	5	5
Moisture, max.(%)	10	10	10
Ammonia-N(TVN), max.(%)	0.16	0.2	0.2
Pepsin digestibility, min.(%)	94	-	-
Digestible protein, min.(%)	-	90	90
Salmonella	Not detectable	Not detectable	Not detectable
Antioxidant, added (ethoxyquin), ppm	400	200	200

* Lall (1999).

3. 어분 및 어유 대체원료 개발 연구 활성화

양질의 어분과 어유 자체 생산도 중요하지만, 장기적인 측면에서 어분과 어유의 상대적 생산량 감소를 고려해볼 때 이들 동물성 원료를 대체할 수 있는 원료개발 등의 연구가 절실한 실정이다. 어류가 필요로 하는 것은 어분과 어유가 아니라 그들 원료속에 함유된 필수 영양소이다. 따라서, 필수 영양소의 질적, 양적 요구량에 대한 연구를 지속적으로 지원하여 향후 어분과 어유에 의존하지 않고도 양질의 배합사료를 생산할 수 있도록 해야 할 것이다. 최근 다국적 양어사료 업체인 EWOS 社는 어분과 어유에 의존하지 않고도 성장률이 우수한 연어용 사료를 개발하였다고 보고하였다.

4. 사양가들의 의식 전환

생사료 4 kg 급여로 어류 1 kg을 생산한다고 가정할 경우 사료비는 2,000원이 된다(생어 400원/kg, 기타 첨가제 및 제반비용 100원/kg으로 가정할 경우). 그러나 kg당 판매가격 1,500원의 배합사료 (EP)를 급여하여 1 kg의 어류를 생산할 수 있다면 어느 쪽이 더 경제적인가를 생각해야 한다. Kg 당 500원 (생사료)과 1,500원 (배합사료)의 단순비교를 하고 있으니 사료가 만들어지지 않는 것이다. 흔히 사양가들이 부르짖는 양질의 저가사료란 존재할 수가 없다. 표 18에서 보는 바와 같이 1995년에 비해 지난해 단미사료의 가격은 128% (소맥분)에서 193% (어분)로 크게 인상되었다. 양식경영에 투입되는 사료비의 비중을 낮출 수 있는 사료가 고효율 사료인 것이다. 질이 좋은 제품을 제 값에 사려는 생각이 보편화되어야만 사료 생산자들이 사료 개발을 서두를 것이다. 양식의 경영합리화를 도모하고 친환경적인 지속적 양식산업을 정착시키기 위해서는 고효율 펠렛사료의 사용이 필수적인 과제이다.

표 18. 국내 양어용 원료사료 년도별 가격 추이 (1995 ~ 2001)

(단위 : 원/kg)

원 료	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2001/1995 %
Fish meal (Brown, 67%)	500	530	720	1,320	680	650	965	193
대두박(44%)	189	260	324	430	219	270	304	161
소맥분	164	193	173	250	168	165	210	128
소맥	150	175	140	235	135	140	150	100
어유	550	600	550	1,400	1,100	700	1,050	191
콘글루텐	327	357	460	660	500	430	480	147

5. 사료생산자들의 의식전환

생산된 제품의 대상어류에 대한 이용가치, 즉 사료효율을 평가하여 판매에 임해야 한다. 업체간의 가격경쟁이 사료의 질적저하를 유발하는 주 요인으로 작용한다. 저가의 저품질 사료는 어류의 생산성 저하뿐 아니라 양식구역의 수질오염을 가중시킨다. 부속 양식 시설이 없다면 사양가와 제휴하여 우선적으로 자사제품의 질적가치를 평가한 후 그 효율에 입각한 마케팅을 펼쳐야 한다. 이윤추구가 기업의 우선 목적이지만 환경이 파괴된다면 사료산업과 양식산업이 다 함께 폐쇄된다는 사실을 직시하여야 한다.

6. 성분등록 함량과 실제 영양소 함량 동시 기재

사료의 성분등록 수준에 위배될 경우 사료 생산자는 과징금을 물게되어 있기 때문에 위배되지 않기 위하여 등록수준을 미리 큰 폭으로 설정하여 등록하는 것이 일반적인 관례이다. 따라서, 엄격한 품질관리를 하지 않아도 사료의 성분등록에 위배될 소지가 거의 없다. 아울러, 이러한 등록관행에 기인하여 사양가들은 사료에 함유된 영양소의 실제 함량을 전혀 알 수 없으며, 제품간의 질적 비교도 할 수 없는 것이다. 사료내 성분등록을 현재와 같이 자유등록 하더라도 포장지에 사료에 함유된 실제 영양소 함량을 표기토록

한다면 사료생산자는 더욱 품질관리를 엄격하게 하게 될 것이며 사양가는 사료의 질을 한눈에 손쉽게 이해할 수 있을 것이다.

7. 배합사료 유통구조의 개선

아무리 우수한 배합사료가 개발되더라도 가격이 질에 비해 비싸면 사양가들은 그 사료를 외면하게 된다. 국내의 양어사료 유통체계는 대부분 중간 대리점을 경유한 판매형식으로 이뤄져 있다. 대리점의 마진율이 판매가의 10-30% 정도인 점을 고려할 때 대리점을 통한 저렴한 양질의 사료구매란 불가능해 보인다. 따라서, 온라인상의 판매나 회사와 양어장의 직거래를 통하여 중간 유통마진을 대폭 낮춰야만 배합사료 시장의 활성화가 가능해 질 것이다. 양어용 배합사료는 보존기간이 짧고 벌크나 백 등을 이용한 수송이 어려워 가축용 배합사료에 비해 물류비용이 상대적으로 높다. 아울러, 나날이 증가하는 단미사료의 수입가격 또한 사료가격의 상승을 부채질하고 있다.

VII. 맺는 말

양식산업은 시설비의 규모면에서 농업과 같은 일차산업 보다 훨씬 집약적이며 자연재해에 의한 위험 부담율이 높다. 그러나, 국가적인 차원에서 볼 때 공유수면을 이용하는 것이기 때문에 사양가나 사료생산자나 동일하게 환경보호의 책임을 감수해야만 한다. 환경친화형 지속적 양식이란 양적으로 계속 성장하는 산업을 일컫는 말이 아니다. 양적 성장만을 추구하게 되면 질병의 만연과 과잉생산에 의한 소비부진으로 스스로 파괴되어 갈 따름이다. 국내의 해산어류 양식은 괄목할만한 양적성장을 도모하였으나 질적성장 측면에서 볼 때는 수정과 보완이 필요한 부분이 엄청나게 산재해 있으며, 그 중에서도 특히 인공 배합사료의 개발은 가장 우선적으로 해결해야 할 과제이다. 이러한 문제점들은 사료생산자, 사양가, 연구자 그리고 정부 관계자가 공동으로 헤쳐나가지 않으면 절대 해결될 수가 없는 것이다. EP 사료의 사용이 정착화되면 경영합리화로 생산비의 절감이 가능하여

수입어종과의 가격경쟁에 유연하게 대처할 수 있을뿐 아니라, 수질오염을의 대폭적인 감소로 환경과 친화하는 양식업으로 지속화가 이뤄질 수 있을 것이다.

8. 참고 문헌

1. Alam, M. S., S. Teshima, M. Ishikawa and S. Koshio. 2000. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 31:618-626.
2. Alam, M. S., S. I. Teshima, S. Koshio and M. Ishikawa. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture*, 205:127-140.
3. Andrews, J. W. and J. W. Page. 1975. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 104:317-321.
4. Barber, L. and S. J. De Groot. 1973. On the morphology of the alimentary tract of flatfishes. *J. Fish Biol.*, 5:147-153.
5. Cho, C. Y. and D. P. Bureau, 1997. Reduction of waste output from salmonid aquaculture through feeds and feeding. *Prog. Fish-Culturist*, 59:155-160.
6. Chua, T. E. and S. K. Teng. 1978. Effects of feeding frequency on the growth of young estuary groupers, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) cultured in floating net cages. *Aquaculture*, 14:31-47.
7. Dwyer, K., J. A. Brown, C. Parrish and S. P. Lall. 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *Aquaculture* (in Press).
8. Fam, S. 1997. Food and feeding requirements of juvenile striped wolffish (*Anarhichas lupus*). MSc thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's.
9. Forster, I. and H. Y. Ogata. 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture*, 161:

- 131-142.
10. Jobling, M. 1982. Some observations on the effects of feeding frequency on the food intake and growth of plaice, *Pleuronectes platessa* L. J. Fish Biol., 20:431-444.
 11. Kikuchi, K. 1999. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese flounder. Aquaculture, 30:357-363.
 12. Kikuchi, K. and I. Sakaguchi. 1997. Blue mussel as an ingredient in the diet of juvenile Japanese flounder. Fisheries Science, 63:837-838.
 13. Kikuchi, K. and T. Takeuchi. 2002. Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. (In Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. Webster, C. D. and C. E. Lim (Editors), pp113-120. CABI publishing, UK.
 14. Kim, J. D. and S. P. Lall. 2000. Amino acid composition of whole body tissue of Atlantic halibut, yellowtail flounder and Japanese flounder. Aquaculture, 187:367-373.
 15. Lee, S. M., C. S. Park and I. C. Bang. 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. Fisheries Science, 68:158-164.
 16. Lee, S. M., S. H. Cho and D. J. Kim. 2000b. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture Research, 31:917-921.
 17. Lee, S. M., S. H. Cho and K. D. Kim. 2000c. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquaculture Soc., 31:306-315.
 18. Lee, S. M., U. G. Hwang and S. H. Cho. 2000a. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Aquaculture, 187:399-409.
 19. NRC. 1993. Nutrient requirements of fish. National academy Press, Washington, D.C., 114pp.
 20. Ruohonen, K., J. Vielma and D. J. Grove. 1998. Effects of feeding frequency on growth

- and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low herring or dry pellets. *Aquaculture*, 165:111-121.
21. Sato, T., T. Watanabe, S. Sato and K. Kikuchi. 1998. Optimum energy-to- protein ratio in diet of juvenile Japanese flounder. Abstract. Meeting Jap. Soc. Fisheries Sci., April, p112 (in Japanese).
 22. Sato, T. and K. Kikuchi. 1997. Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Science*, 63:877-880.
 23. Takeuchi, M. 1978. Effect of dietary lipid on lipid accumulation in ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Bull. Takai Reg. Fish. Res. Lab.*, 93:103-109.
 24. Takeuchi, T. 1997. Essential fatty acids requirements of aquatic animals with emphasis on fish larvae and fingerlings. *Reviews in Fisheries Science*, 5:1-25.
 25. Takeuchi, T. 1998. Nutritional requirements of larval and juvenile Japanese flounder. (In) *Text Book of Basic and Theoretical Course in Sea Farming-XII*, pp1-23.
 26. Takeuchi, T., T. Watanabe and C. Ogino. 1979. Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 45:983-987.
 27. 김정대, 신승훈, 조국진, 이상민. 2002. 일일 및 격일 습사료 공급방법이 육성 넙치의 성장과 영양소 이용효율에 미치는 영향. *한국양식학회지*, 15:15-21.
 28. 김정대, 이승복. 2000. 사료의 물성이 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 성장, 사료이용효율 및 오염부하량에 미치는 영향. *동물자원연구*, 11:75-84.
 29. 김정대. 2000. 사료내 Phytase의 첨가가 육성용 넙치의 성장과 사료이용효율에 미치는 영향. *동물자원연구*, 11:46-59.
 30. 김정대. 2002a. 환경친화형 해산어류 양식업 육성을 위한 배합사료 개발방향. *해양수산부*, 248pp.
 31. 김정대. 2002b. 넙치양식: 생사료 대체 배합사료의 개발은 불가능한가. 제2차 양식어민을 위한 바이오 해양 교육 교재. pp33-43, 제주대학교 생명과학기술혁신센터.
 32. 이상민, 서충현, 조영식. 1999. 사료공급 횟수가 넙치 치어의 성장에 미치는 영향. *한수지*, 32:18-21.

33. 이종윤. 1991. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 단백질 요구량 및 사료의 적정 에너지/단백질비에 관한 연구. 부산수산대학교 박사학위논문, 84pp.
34. 이상민. 1993. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 필수지방산 요구에 관한 연구. 부산수산대학교 박사학위논문, 142pp.
35. 이정호. 2001. 국내사료산업의 장기전망. 제9회 사료가공단기과정 교재, pp28-39.
36. 전임기. 1996. 조피볼락 배합사료 개발. 해양수산부, 294pp.