

## 은어 사료의 단백질 함량과 첨가제

강릉대학교 해양생명공학부 이 상 민

### 1. 서 론

**은**어목의 은어과(Plecoglossidae)에 속하는 은어(*Plecoglossus altivelis*)는 우리 나라 동해안과 남해안의 거의 모든 하천에 서식하고 있는 어종이다. 이 어종은 수박냄새가 난다고 하여 sweet fish 또는 sweet smelt라고 불리고, 일본에서는 ayu라는 이름으로 통용된다. 1990년대에 들어서면서 어업에 의한 은어 생산량은 급격히 감소하고 있는 반면에 양식생산량은 지속적으로 증가하고 있다. 소비자의 수요 증가와 함께 국내에서도 종묘 생산 기술이 확립되어 있는 은어는 고급 담수 양식종으로 개발 가치가 매우 높을 것으로 전망된다. 일본에서 이미 은어의 독특한 맛과 향의 품질 개선을 위한 연구의 일환으로 사료에 식물성 plankton 추출물의 첨가효과, 지질요구 및 비타민에 관한 연구가 일부 수행되어 있을 뿐, 양식 생산량을 높이기 위한 기초적인 연구는 매우 제한적이다. 그래서 최근 우리 나라에서도 은어의 생산량을 증가시키기 위하여 은어의 생리 및 배합사료에 관한 연구가 수행되고 있다. 본문에 최근 수행된 연구 내용들을 소개하고자 한다.

### 2. 사료의 적정 단백질 함량

어류 양식에 있어서 사료는 양식 경영에 매우

중요하게 고려되어야 하며, 따라서 은어의 본격적인 양식을 위해서는 이 종에 적합한 양질의 배합사료를 개발하여 이용하는 것이다. 이를 위해서는 대상 어종이 요구하는 필수영양소의 요구량을 구명하는 연구가 선행되어야 한다. 생물의 활동과 성장에 필수적으로 공급되어야 할 영양소는 수십 가지가 있으며, 이 중에서도 단백질은 성장에 가장 큰 영향을 미치는 필수 영양소이다. 어류는 육상동물보다 단백질 요구량이 높은 것이 특징인데, 특히 육식성이 강할수록 탄수화물보다는 단백질을 더 쉽게 이용할 수 있도록 생리적으로 적응되어 있다. 또한, 어종마다 최적 성장에 필요한 단백질 함량이 다르며, 대부분의 어류가 30~55% 범위의 사료 단백질을 요구하기 때문에 대상어종의 성장을 적절히 유지하기 위해서는 단백질 요구량 설정이 무엇보다 중요하다. 또한, 사료의 영양 성분 중 단백질이 차지하는 비율이 매우 높고, 사료에 배합되는 단백질원의 가격이 매우 비싸기 때문에, 양식 대상어종의 단백질 요구량을 구명하는 것은 경제적인 배합사료 개발에 필수적이다. 그래서 은어 배합사료 개발에 필요한 자료를 제공하기 위해 사료의 적정 단백질 함량을 조사하였는데, 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

은어의 단백질 요구량을 조사하기 위해 북양어분을 단백질원으로 하여, 사료의 단백질 함량이 29, 35, 43, 49 및 57%가 되도록 조정한 5종의 실험사료

를 설계, 제조하여 6.6g 전후의 은어를 사료별로 2반복으로 사육 실험하였다. 실험기간 동안의 생존율은 69~90%으로 나타났고, 단백질 29% 사료가 가장 낮았다. 증체량(g/fish) 및 사료효율은 사료의 단백질 함량이 증가할수록 증가하다가 단백질 43% 이상에서는 더 이상 증가하지 않았고, 단백질 효율은 감소하는 경향을 보였다(그림 1과 2). 이상으로부터 성장기 은어를 담수에서 사육할 경우, 사료의 적정 단백질 함량은 43%로 추정된다. 기존에 연구된 타 어종의 단백질 요구량을 살펴보면, 조피볼락 및 농어는 40%, 돌돔과 쥐노래미는 45~50%, 방어, 참돔 및 넙치는 55%, 자주복은 50%로 보고되어 있다. 또한, 담수어류의 경우, 송어는 40% 내외, 잉어는 31~38%, 틸라피아는 28~35%, 차벌메기는 32%, 은연어는 40%, 뱀장어는

45%로 보고되어 있다. 이러한 연구 결과들과 비교하여 보면, 본 실험에서 추정된 은어의 단백질 요구량 43%는 육식성이 강한 대부분의 해산어류보다는 낮고, 초식성이나 잡식성인 담수어류(잉어, 틸라피아, 차벌메기)보다 높으며, 육식성인 송어, 연어 및 뱀장어와 비슷한 수준인 것으로 생각된다.

은어는 담수에서 산란하여 부화된 자어는 바다로 내려가 일정기간을 머문 후에 담수로 다시 올라오는 회유성 어종으로서 회유하는 동안 연어류와 같이 새로운 환경에 적응하기 위한 생리적 변화를 겪게 된다. 따라서 은어의 성공적인 생리적 변화를 만족시키는 사료 단백질과 에너지 요구량은 그들의 서식지(해수, 기수 혹은 담수)에 존재하는 자연 먹이에 의존하게 된다. 은어의 영양소 요구량에 대한 연구는 몇몇 수행되어 왔지만, 해수에서 양식된 은어 치어에 대한 사료 내 단백질의 영향에 대해 이용 가능한 자료는 없는 실정이다. 그래서 해수에서 양식된 은어 치어 사료의 적정 단백질 함량을 조사해본 결과, 성장을 위한 최적 단백질 수준은 각각 38%까지 낮출 수 있었다. 따라서 염분에 따라 은어 사료의 단백질 함량을 조절하여야 할 것으로 판단된다.

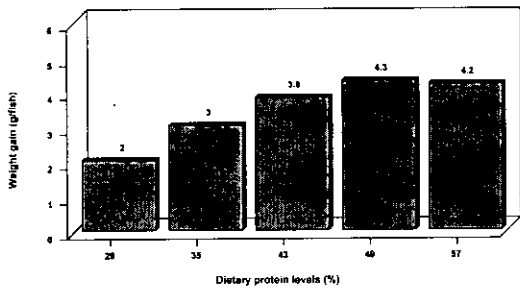


그림 1. 사료의 단백질 함량에 따른 은어의 증체량 변화.

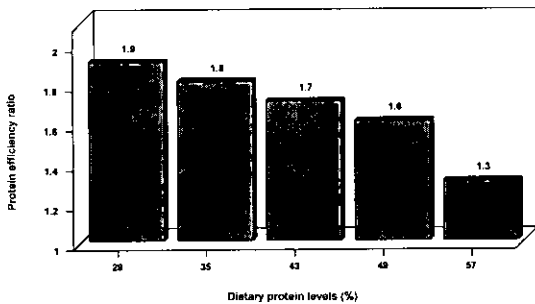


그림 2. 사료의 단백질 함량에 따른 은어의 단백질 효율 변화.

### 3. 미립자사료에 첨가제로서 효모의 이용성

사료영양에 관한 연구 수행과 함께 대상종의 성장이나 품질을 개선하기 위한 사료 첨가제 등에 관한 연구가 필수적이다. 배합사료의 첨가제로서 효모가 널리 사용되고 있는데, 이러한 효모는 일반적으로 생산단가가 비교적 낮을 뿐 아니라 단백질 및 필수아미노산과 같은 영양성분이 잘 조성되어 있다. 또한, 효모는 크기가 매우 작기 때문에 rotifer와 *Artemia*와 같은 동물성 plankton의 먹이로서 그 유용성에 대한 연구가 수행되었고, 패류먹이로

서의 가능성도 보고되었다. 하지만 효모의 세포벽은 mannoprotein과 glucan의 이중 세포벽을 형성하고 있어, 이들의 분해효소인 mannanase와 glucanase가 없는 동물에게는 효모의 세포벽을 소화하기 어려운 문제가 잠재되어 있다. 이와 같이 효모의 영양성분은 양호하지만 소화율이 낮아지는 것을 해결하기 위해서는 세포벽을 파괴하거나 알기 쉬운 연구가 수행되어, 소화율을 개선시킬 수 있을 것으로 전망하였다. 그래서 대량 배양이 가능하며 사료원으로서 이용성이 높고, 영양성분이나 먹이유인물질 측면에서 사료 첨가제의 효과가 있을 것으로 기대된 효모 균주, 즉 *Kluyveromyces fragilis*와 *Candida utilis*를 선정하여 세포벽 화학처리 여부에 따른 은어 자어 미립자 사료 첨가제로서의 효과를 조사하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

은어 자어 배합사료에 효모의 첨가효과를 조사하기 위해 *K. fragilis*, 세포벽을 화학처리한 protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis*, protoplasted *C. utilis* 및 맥주효모를 각각 5%씩 첨가한 6종류의 실험사료를 미립자 크럼블 형태로 제조하여 평균체중 100mg 전후의 자어를 대상으로 사육 실험하였다. 사료별 3반복으로 7주간 사육 실험한 후의 생존율은 protoplasted *K. fragilis*, *C. utilis* 및 protoplasted *C. utilis* 첨가구가 93~94%로 효모 무첨가구인 대조구의 87%보다 높은 경향이였으며, *K. fragilis* 및 맥주효모 첨가구는 대조구와 차이를 보이지 않았다(그림 3). 증체율은 protoplasted *K. fragilis* 첨가구가 149%로 대조구의 78%보다 높았고(그림 4), 그 외 실험구들과는 차이가 없었다. 이러한 개선 효과들은 아마도 효모의 영양 성분, 소화율, 먹이 섭취유인물질 또는 미지의 성장인자 등에 의한 것으로 판단되지만, 이에 대한 상세한 연구가 대상 어종, 크기, 사료 조성, 첨가범위 등 다양한 요인들을 고려하여 수행되어야 할 것이다. 전어체

의 단백질과 회분 함량은 모든 실험구간에 차이는 없었고, 지질 함량은 *K. fragilis*와 맥주효모 첨가구들이 대조구보다 낮은 값을 보였다(그림 5).

은어의 독특한 맛과 향의 품질 개선을 위한 연구의 일환으로 사료에 식물성 plankton 추출물의 첨가효과가 일본 연구자들에 의해 연구되었는데, 주로 어체의 지질 함량 변화에 역점을 두었으며, 사료에 *Chlorella extract*를 1~2% 첨가한 실험구에서

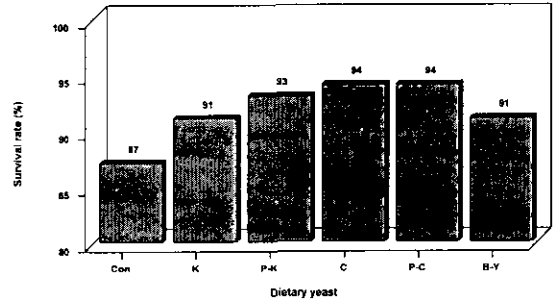


그림 3. 첨가제로서 *Kluyveromyces fragilis* (K), protoplasted *K. fragilis*(P-K), *Candida utilis*(C), protoplasted *C. utilis*(P-C) 및 맥주효모(B-Y)가 5%씩 함유된 배합사료를 공급한 후의 은어 생존율.

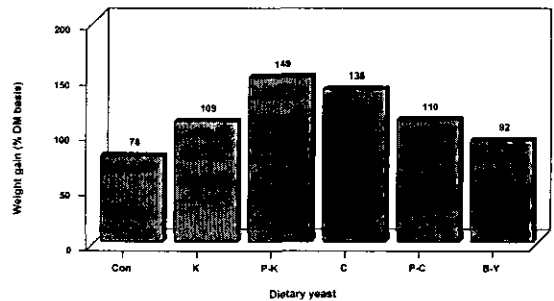


그림 4. 첨가제로서 *Kluyveromyces fragilis* (K), protoplasted *K. fragilis*(P-K), *Candida utilis*(C), protoplasted *C. utilis*(P-C) 및 맥주효모(B-Y)가 5%씩 함유된 배합사료를 공급한 후의 은어 증체율.

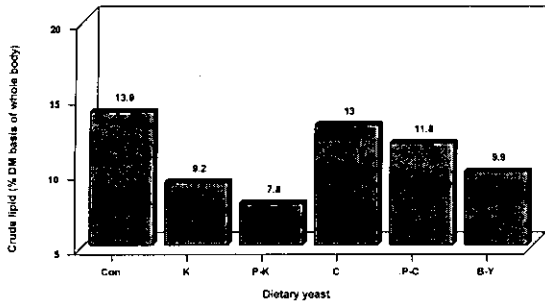


그림 5. 첨가제로서 *Kluyveromyces fragilis* (K), protoplasted *K. fragilis*(P-K), *Candida utilis*(C), protoplasted *C. utilis*(P-C) 및 맥주효모(B-Y)가 5%씩 함유된 배합사료를 공급한 후의 은어 지질 함량.

어체 지질 함량이 감소한다고 보고하면서 이러한 첨가제의 필요성을 어체 지질 함량 감소에 초점을 두었다. 본 연구에서도 *C. utilis* 첨가는 어체 지질 함량을 감소시키지 못했지만, *K. fragilis* 및 맥주효모 첨가구들에서 어체 지질이 대조구보다 감소하는 경향을 보임으로서, 어체 품질 개선 면에서 이들 효모의 첨가 필요성은 다분히 높다고 판단된다. 전어체의 아미노산 조성중 Asp는 효모 첨가구들이 대조구보다 높은 값을 보였으며, 그 외 아미노산들은 실험구간에 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과들을 종합하여 보면, 배합사료에 *C. utilis* 및 *K. fragilis* 첨가가 은어 자어의 성장을 증진시킬 수 있을 것으로 판단되며, *C. utilis*보다는 *K. fragilis*를 외벽 처리하여 첨가하는 것이 성장과 어체의 지질 성분을 더 개선시킬 수 있을 것으로 전망된다.

#### 4. 사료에 첨가제로서 한약제의 이용성

배합사료 품질을 개선시킬 수 있는 첨가제로서 한약제의 효능을 조사하기 위해 평균체중 100 mg

인 은어 치어를 대상으로 7주간 사육한 결과, 생존율은 사료의 1%의 한약제 첨가에 영향을 받지 않았다. 증체율도 실험구간에 통계적으로 차이는 없었지만, 한약제 첨가 사료가 94%로 대조구의 78%보다 양호한 경향을 보였다(그림 6). 실험 종료시의 전어체의 일반성분 중 단백질과 회분 함량은 사료의 한약제에 영향을 받지 않았으나, 지질 함량은 대조구의 13.9%에 비해 한약제 첨가구가 8.6%로 유의하게 낮은 값을 보였다(그림 7). 그리고 아미노산 조성은 실험구간에 영향을 받지 않았다. 여기에 사용된 한약제는 다른 어류(넙치, 나일틸라피아)에서 성장 및 육질 개선 효과가 있는 것이지만 은어의 생존율이 향상되지는 않았다. 하지만 한약제 첨가구의 증체율이 대조구보다 20% 정도 향상된 것으로 보아 한약제 첨가구의 체내 지질 감소가

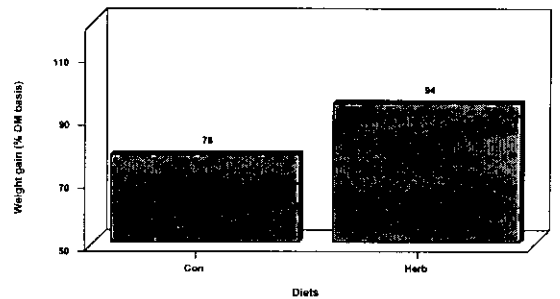


그림 6. 첨가제로서 한약제가 1%씩 함유된 배합사료를 공급한 후의 은어 증체율.

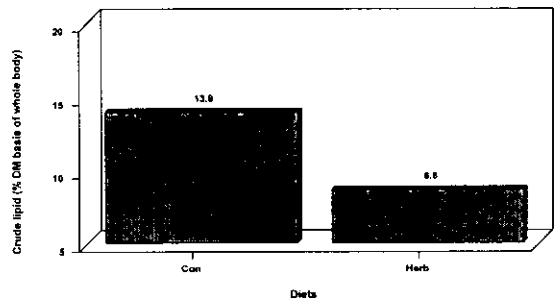


그림 7. 첨가제로서 한약제가 1%씩 함유된 배합사료를 공급한 후의 은어 지질 함량.

성장에 사용된 것으로 해석된다. 은어의 담백한 맛을 즐기는 소비자의 기호를 고려한다면 은어의 육질 개선은 양식에 있어 그 의미가 크다고 할 수 있고, 이러한 측면에서 은어 사료에 한약제 첨가는 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과들을 요약해 보면, 담수에서 은어 양식을 할 경우에는 사료 단백질 함량을 43% 전후로 하고, 해수에서 어린 고기를 양식할 경우에는 단백질 함량을 38% 정도로 낮추어 주는 것이 경제적으로 좋은 사료가 될 것으로 보인다. 또한, 은어의 육질 개선을 위한 특정 첨가제, 예를 들면, 효모나 한약제 같은 것들을 보충하여 주는 것도 효과가 있을 것으로 전망된다.

## 참 고 문 헌

- Hirano, T. and M. Suyama. 1985. Effect of dietary micro-algae on the quality of cultured ayu. J. Tokyo Univ. Fish., 72, 21-41.
- Hirano, T. and M. Suyama. 1983. Fatty acid composition and its seasonal variation of lipids of wild and cultured ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49, 1459-1464.
- Kanazawa, A., S. Teshima and M. Sakamoto. 1982. Requirements of essential fatty acids for the larval ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48, 587-590.
- Lee, S.M and K.D. Kim. 1999. Optimum dietary protein level of ayu(*Plecoglossus altivelis*). J. Aquacult., 12, 145-153.
- Lee, S.M., D.J. Kim, K.D. Kim, J.K. Kim and J.H. Lee. 2000. Growth and body composition of larval ayu (*Plecoglossus altivelis*) fed the micro-diets containing *Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis*. J. Korean Fish. Soc., 33, 20-24.
- Lee, S.M., D.J. Kim, K.D. Kim, J.K. Kim and J.H. Lee. 2000. Growth and body composition of larval ayu (*Plecoglossus altivelis*) fed the micro-diets containing *Kluyveromyces fragilis* and *Candida utilis*. J. Korean Fish. Soc., 33 (1), 20-24.
- Nakagawa, H., S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira. 1984. Changes of body composition during starvation in *Chlorella*-extract fed ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50, 665-671.