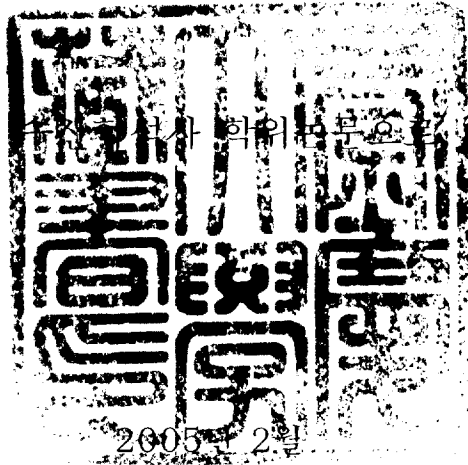


수산학석사 학위논문

넙치용 저오염 배합사료 개발을 위한
탈피대두박의 사용에 따르는
장기 현장사육 및 육질평가

지도교수 배 승 철

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함.



부경대학교 산업대학원

수 산 양 식 학 과

박 근 태

박근태의 수산학석사 학위논문을 인준함

2005년 2월 20일

주 심 농 학 박 사

김 창 훈



위 원 이 학 박 사

허 성 범



위 원 영양학박사

배 승 철



목 차

Abstract	i
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	4
1. 어분을 대체한 탈피대두박첨가 배합사료의 장기 현장실험	4
1) 실험어 사육관리	4
2) 실험사료 설계	4
3) 어체측정	10
4) 성분분석	10
5) 소화율측정	11
6) 통계처리	12
2. 사육수의 수질오염도 평가	12
3. 탈피대두박첨가 배합사료를 섭취한 넙치육질의 기호도평가	13
III. 결 과	14
1. 어분을 대체한 탈피대두박첨가 배합사료의 장기 현장실험	14
1) 성장	14
2) 성분분석	18
A. 전어체조성	18
B. 혈액 및 혈청성분	19
C. 등근육내 구성아미노산	22
3) 소화율 측정	24

2. 사육수의 수질오염도 평가	25
3. 탈피대두박첨가 배합사료를 섭취한 넙치육질의 기호도평가	27
IV. 고 찰	29
V. 요 약	33
VI. 감사의 글	37
VII. 참고문헌	38

Long term farm trial and evaluation of fresh fillet palatability in olive flounder feeding the low pollution diet containing dehulled soybean meal

Keun Tae Park

*Department of Fisheries Biology, Graduate School,
Pukyong National University*

ABSTRACT

Three experiments were conducted to evaluate dehulled soybean meal(DHSBM) as a fish meal(FM) replacer and to determine the proper inclusion level of dehulled soybean meal in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) diets. In the first experiment, those results indicated that dehulled soybean meal could replace up to 30% fish meal from the growing size to commercial size of olive flounder with the supplementation of attractant. In the second experiment, when dehulled soybean meal was used as the dietary ingredient, it is possible to reduce the discharge of phosphorus and nitrogen that were considered as the pollution elements. Finally, in the third experiment, the palatability of fish fed dehulled soybean meal could be improved if supplemented with

attractant, it is possible to improve the commercial value of cultured fish fed with dehulled soybean meal supplemented with the proper attractant.

(1) Experiment 1. Evaluation of the effect of dehulled soybean meal as fish meal replacer on growth of flounder through practical experiment in fish farm

This research was conducted to evaluate the possibility of dehulled soybean meal (DHSBM) as fish meal replacer in flounder from growing size to commercial size (150-800g) for long term (44 weeks), the supplementation level of DHSBM was based on the previous experiment conducted in 2002. Four experimental diets were included: Moist pellet (MP), Comercial diet (COMD), diet that fish meal was used as the main protein source (DHSBM₀), 30% fish meal was replaced by DHSBM (DHSBM_{30+Att}). Fish meal diet and soybean meal diet were formulated to contain 50% crude protein and 16.7 kJ g⁻¹ energy. In fish meal diet, the main protein source was 100% white fish meal (DHSBM₀), and in soybean meal diet 30% fish meal was replaced by soybean meal (70% FM + 30% DHSBM, DHSBM_{30+Att}) with attractant. In order to evaluate the digestibility of all the experimental diets, 0.5% Cr₂O₃ was supplemented into the experimental diets. NaOH was used to neutralize the possible problem of L-lysine · HCl supplementation. The experimental diets was made by C company who produce commercial fish feeds using extruder, the feed sizes range from 7 to 11 mm, the produced experimental diets were stored at -20°C until used.

The experimental fish averaging 120 g was obtained from D aquatic

farm, cultured in 20 tons concrete tank using commercial diet for 2 weeks to adjust to the experimental conditions. After the conditioning time, experimental fish averaging 151.2 ± 0.3 g (mean $\pm$ SD) was distributed into rectangular concrete tank (4.5m $\times$ 4.5m $\times$ 0.8m) as groups of 500 fish per tank. Fish number in each tank was adjusted according to the growth of fish, after the mid-term weight checking, the fish number was reduced to 300 fish per tank according to the average fish weight.

The percent weight gain (WG, %), feed efficiency (FE, %), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), hepatosomatic index (HSI), condition factor (CF) and survival (%) of fish fed the experimental diets for 44 weeks were shown in Table 6.

There was no significant difference in WG, FE and SGR in fish fed MP, DHSBM₀ and DHSBM_{30+Att} diet. However, the WG, FE and SGR of fish fed MP, DHSBM₀ and DHSBM_{30+Att} diet were significantly higher than those of fish fed COMD diet ($P < 0.05$). PER of fish fed DHSBM_{30+Att} diet was significantly higher than those of fish fed MP, DHSBM₀ and COMD diets ($P < 0.05$), and PER of fish fed DHSBM₀ diet was significantly higher than those of fish fed MP and COMD diets ($P < 0.05$). However, there was no significant difference in PER in fish fed MP and COMD diets. No significant difference in HSI was observed in fish fed DHSBM₀, DHSBM_{30+Att} and COMD diets, however HSI of fish fed DHSBM₀, DHSBM_{30+Att} and COMD diets was significantly higher than those of fish fed MP diet ($P < 0.05$).

There was no significant difference in condition factor (CF) among all the dietary treatments. No significant difference was observed in survival rate of fish fed DHSBM₀, DHSBM_{30+Att} and COMD diets, however, the

survival rate of fish fed fed DHSBM₀ and DHSBM_{30+Att} was significantly higher than that of fish fed MP diet ($P < 0.05$), and there was no significant difference in survival rate in fish fed MP and COMD diets. There was no significant difference in whole body proximate composition among all the dietary treatments. The apparent digestibility coefficient of protein was $92.0 \pm 2.6\%$, there was no significant difference in the apparent digestibility coefficient of protein among fish fed MP, DHSBM₀, and DHSBM_{30+Att} diets. However, the apparent digestibility coefficient of protein in fish fed MP, DHSBM₀, and DHSBM_{30+Att} diets was significantly higher than that of fish fed COMD diet ($P < 0.05$).

Therefore, based on the results we might can conclude that dehulled soybean meal could replace up to 30% fish meal from the growing size to commercial size of flounder with the supplementation of attractant.

(2) Experiment 2. Evaluation of water pollution

During the 11 months experimental period, water samples was taken one time every month after 30 minutes of feeding (the time to let the culture water change one turn) from the input and output of water flows, and the edge of the tank in triplicate. COD_{Mn}, SS, NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N of culture water were analyzed according to the standard analysis method to evaluate the water pollution.

The suspended solid (SS), chemical oxygen demand (COD), NH₄⁺-N, and NO₂⁻-N of the tank that fed with DHSBM₀, DHSBM_{30+Att} and COMD diets were significantly lower than those of tank that fed with MP diet ($P < 0.05$). And there was no significant difference in SS, COD, NH₄⁺-N,

and NO_2^- -N of the tank that fed with DHSBM_0 , $\text{DHSBM}_{30+\text{Att}}$ and COMD diets. There was no difference in NO_3^- -N content of the culture water among all the dietary treatments. The total phosphorus content in culture water fed with soybean meal was significantly lower than the other experimental groups, and the total phosphorus content in culture water fed with the formulated diets, DHSBM_0 , $\text{DHSBM}_{30+\text{Att}}$ and COMD diets, was significantly lower than that of MP diet ($P < 0.05$).

Therefore, when dehulled soybean meal was used as the dietary ingredient, it is possible to reduce the discharge of phosphorus and nitrogen that were considered as the pollution elements.

(3) Experiment 3. Investigation of the palatability of flesh in fish fed soybean meal as fish meal replacer

After the feeding trial, the palatability of flesh in fish fed the 4 different experimental diets was investigated. The parameters including order, taste, texture and overall acceptability together with the functional parameter such as gloss were determined. The totally 50 subjects included the people who not refuse to eat raw fish such as the undergraduate students, graduate and professors in the Department of Aquaculture, Department of Food Science, the members of Feeds & Foods Nutrition Research Center at Pukyong National University, and the people who related to the feed company were divided into triplicate groups to be investigated. The statistical analysis of palatability investigation was performed using SAS (Statistical Analysis System), One way ANOVA test was used to test the difference among the different treatments, treatment

effects were considered to be significant at $P < 0.05$.

The result of the palatability investigation indicated that there was no difference in DHSBM_{30+Att} diet and MP diet. However, the palatability of DHSBM_{30+Att} diet was higher than that of DHSBM₀ and COMD diets ($P < 0.05$). There was no difference in palatability in fish fed MP, DHSBM₀ and COMD diets. There was no difference in order in fish fed DHSBM_{30+Att} and MP diets. However, the order of fish fed DHSBM_{30+Att} diet was significantly higher than that of fish fed DHSBM₀ and COMD diets ($P < 0.05$). The order of fish fed MP diet was significantly higher than that of fish fed DHSBM₀ diet ($P < 0.05$). However, there was no difference in MP and COMD diets, DHSBM₀ and COMD diets. No difference in color was observed in fish fed MP, DHSBM₀ and DHSBM_{30+Att} diets. However, the color of fish fed DHSBM_{30+Att} was significantly higher than that of fish fed COMD diet ($P < 0.05$), and there was no difference in color in fish fed MP, DHSBM₀ and COMD diets. There were no difference in texture and taste among all the dietary treatments.

These results indicated that the palatability of fish fed dehulled soybean meal could be improved if supplemented with attractant, it is possible to improve the commercial value of cultured fish fed with dehulled soybean meal supplemented with the proper attractant.

I. 서 론

이미 2000년에 60억을 넘어선 세계 인구는 2050년에 90억 이상으로 인구가 증가될 것으로 예측되고 있으며, 이에 따른 세계의 식량난이 21세기에 불어 닥칠 것으로 예상 되고 있다(Brown, 1997). 인류의 가장 중요한 단백질 식량자원은 농·축산업과 수산업 분야에서 생산되어 왔으나, 현재 농·축산업에 의한 식량자원의 증가는 기술개발 및 토지이용의 제한 등으로 인해 이제 한계점에 이른 상태이고 인구 증가와 환경문제 등을 고려할 때 계속해서 증가하는 인류의 단백질 수요를 앞으로 많은 부분 수산업에서 충당해야 할 것으로 보인다. 2002년 세계 수산물 생산량은 어업에서 94.6백만 톤, 양식에서 51.4백만 톤이 생산되었다. 어업생산량은 지난 10년 동안 86~94백만 톤으로 2000년 이후에 더 이상의 증가가 나타나지 않은 반면에, 양식생산량은 1992년 21.2 백만 톤에 비해 지난 10년 동안 약 250%의 증가를 보이고 있다(FAO, 2004). 어업생산량의 정체는 환경오염과 어자원의 남획에 따른 정체 또는 감소의 현상으로서 현 수준 이상의 증가는 기대하기 어려운 실정이다. 그러나 양식생산량의 증가는 국가별 소득수준의 향상에 따라 저지방 고단백 건강 수산식품에 대한 수요의 증가와 생산성 향상의 기술에 따라 매년 급증하고 있는 추세이다. 이미 세계 수산 선진 국가들은 수산 양식업이 수산업에서 차지하는 막대한 역할과 발전가능성에 대비해 수산양식분야의 연구와 개발에 대한 투자를 지속적으로 확대하고 있다. 특히 양어사료는 양식생산단가의 30~60%를 차지하고 있어 매우 중요한 수산양식 분야로 등장하게 되었다(Bai et al., 1999).

양어사료에서 각 사료원 중 단백질의 비용이 상당부분을 차지하고 있으며, 이제까지 동물성 단백질원으로는 주로 어분을 사용해 왔다. 하지만, 어분의 수요는 계속적으로 증가하는 반면 어분 생산량은 그에 못 미쳐, 어분의 공급은 불안정하고, 가격은 지속적으로 상승하고 있는 실정이다. 이러한 수급의 문제와 경제적인 문제 이외에도 사료내 포함된 어분에 함유되어 있는 과

잉의 질소과 인은 수질 오염을 일으킬 수 있다는 문제점이 제기 되었다(Lee & Bai, 1997a). 이러한 문제점들 때문에 지난 수십 년간 어류영양 분야의 연구자들은 어분을 대체할 수 있는 값싸고 질 좋은 단백질원을 찾기 위하여 많은 연구를 하여왔다. 현재 양어사료 영양학자들은 어분대체 단백질원으로 식물성 단백질원(대두박, 면실박, 콘글루텐밀, 채종박 등) 및 동물성 단백질원(육골분, 육분, 혈분, 우모분, 가금부산물 등)을 이용하여 값비싼 어분 대신 값싸고, 공급이 안정적인 사료원으로 어분을 부분적 또는 전체적으로 대체할 수 있는 연구를 계속하고 있다 (Belal and Assem, 1995; Carter & Hauler, 2000; Cho et al., 1974; Lee & Bai, 1997a,b; Luzier et al., 1995; Pongmaneerat et al., 1993a; Refstie et al., 2001; 강 등., 1999; 김과 배., 1997; 김 등., 2001; 박 등., 1999; 배 등., 1997,1998; 송 등., 1995; 장 등., 1999a,b). 특히, 식물성 단백질원인 대두박은 단백질함량이 40% 이상이고 아미노산 조성이 양호할 뿐만아니라 가격이 싸며 공급이 안정적이다 (Mcgoogan & Gatlin III, 1997). 더욱이 대두박에 포함된 인은 어분에 비하여 그 이용성이 낮기는 하지만 그 절대량은 어분의 약 22% 수준으로 적기 때문에 사료중에 대두박의 함량을 높이면 사료내 인의 총 함량을 줄임으로써 양식장 배출수의 인 함량을 줄이며, 수질오염을 감소시키는 이점이 있다. 이러한 이점들로 인해 무지개송어, 잉어, 대서양연어, 방어, 농어, 조피볼락, 돛류 등 다양한 어종에서 대두박의 어분대체에 관한 연구가 집중적으로 이루어져 왔다 (Boonyaratpalin et al., 1998; Dabrowski & Kozak, 1979; Lim et al., 2004; Nengas et al., 1996; Refstie et al., 2001; Shimeno et al., 1993a,b; 조 등., 1998).

세계적으로 고가의 고급 해산양식 어종으로 알려진 넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 우리나라 전 연안, 일본 및 중국 연안에 널리 분포하고 있는 어종으로, 성장이 빠르고 맛이 좋아 식용으로 각광받고 있다. 국내의 넙치양식은 1980년대 들어 인공종묘 생산 기술이 개발된 이후, 양식 기술의 보편화로 현재 종묘생산부터 양성까지 완전양식이 이루어져, 연중 생산되고 있으며 현재 우럭과 더불어서 국내 양식 어류 중 가장 많이 생산되는 어종이다. 국내

의 넙치 양식 생산량도 최근 20년간 매년 수배씩 증가되어 1981년 3mt이던 것이 2003년에는 34,533mt으로 생산량이 급속하게 증가하였다. (해양수산부 통계연보 2004) FAO(2004)의 자료에 의하면 우리나라가 연간 생산량 2~3만 톤으로 양적 생산의 최선두에 있으며, 올해의 경우 양식인들의 의견을 수렴해볼 때 약 5~6 만여 톤에 이르는 것으로 알려져 있다(Personal communication). 아울러, 넙치 배합사료 생산량에 있어서도 2001년 현재 23,993톤으로 늘어남으로서 어분의 수요가 점차적으로 증가하고 있다. 더욱이, 현재 국내 배합사료에 사용되는 어분은 연간 10만톤 규모이며, 국내 어분 공급은 정체되거나 감소하는 경향을 보이는 반면에 수요량의 증가에 따른 어분의 수입은 점차적으로 늘어나고 있기 때문에 국내 주요 양식어종인 넙치의 어분대체단백질원을 검색하는 것이 시급한 실정이며, 검색된 어분대체단백질원을 양식현장 사육실험을 통하여 그 이용가능성을 확인하는 것이 중요하다. 그러나, 현재의 연구는 어분대체에 관한 단기간의 기초적인 연구가 많이 이루어지고 있으며 이것을 현장에 적용, 실제 양식에 접목하여 이용할 수 있는 장기간의 연구들은 많이 부족한 실정이다.

그러므로, 본 연구는 국내 주요 양식 어종인 넙치의 육성기부터 상품사이즈 기간동안 배합사료내 어분대체원으로서 탈피 대두박의 효과를 양식장 현장에서 사육실험을 통하여 검증, 평가하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 어분을 대체한 탈피대두박첨가 배합사료의 장기현장실험

1) 실험어 사육관리

실험어는 D수산에서 사육중인 약 120g의 넙치를 약 20톤 콘크리트 사각 수조에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 넙치상업사료를 공급하여 2주간 예비사육 하였다. 예비사육 후, 실험어는 평균무게 151.2 ± 0.3 g (mean $\pm$ SD)인 육성기 넙치를 콘크리트 사각수조(4.5m $\times$ 4.5m $\times$ 0.8m)에 각 실험구 당 500마리씩 무작위 배치하였다. 실험어의 성장이 증가함에 따라 밀도조절을 위하여 중간체크 후, 평균 무게를 기준으로 각 실험구 당 300마리씩으로 조절하였다. 실험수조는 유수식으로 충분히 순환이 가능하도록 조절하였다. 에어스톤으로 충분하게 산소를 공급하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 $21 \pm 4^\circ\text{C}$ 로 전 실험기간 동안에 자연수온에 의존하였다. 일일 사료공급량은 전 실험기간 동안 어체중의 1~3%(건물기준)로 1일 2회(오전 8시, 오후 4시) 공급하였으며, 주 사육실험기간은 44주간 실시하였다.

2) 실험사료 설계

실험에 사용된 실험사료의 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 실험사료는 습사료 (Moist pellet, MP), 상업사료(Comercial diet, COMD), 주단백질원으로 어분을 100%사용한 사료(어분사료), 어분단백질을 탈피대두박으로 30% 대체하여 섭취촉진제를 첨가한 사료(대두박사료)가 이용되었다. 습사료는 실험을 실시하고 있는 양어장에서 현재 이용하고 있는 것으로 고등어, 전갱이 등 생사료 95%와 분말사료 5%를 혼합하여 제작되었다. 상업사료는 국내에서 이용되고 있는 상업사료를 이용하였다. 어분 100% 및 대두박 30% 사료

는 조단백질 함량 기준으로 사료내 전체 단백질원인 북양어분(White fish meal, FM)을 탈피 대두박(Dehulled soybean meal, DHSM)으로 대체한 수준에 따라 조단백질 함량은 50%, 가용에너지는 16.7kJ g^{-1} 으로 동일하게 맞추어 설계하였으며, 어분 100% 사료는 100% FM (어분사료), 대두박 30% 사료는 70% FM + 30% DHSBM (DHSBM₃₀) + 섭취촉진제로 하여 제작되었다. 실험에 이용된 어분, 대두박 및 실험사료에 대한 아미노산 함량은 Table 2와 3에 나타내었다. 실험사료는 상업사료를 생산하는 C사에서 엑스트루더를 이용하여 압출·성형하였으며 사료크기 직경 7-11mm로 제작하였으며, 밀봉하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다. 실험사료는 밀봉하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다.

Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets (% of dry matter basis)

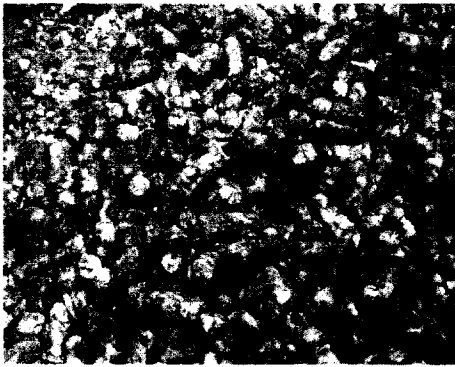
Ingredients	Diets ¹			
	MP	DHSBM ₀	DHSBM _{30+Att.}	COMD
White fish meal ²		61.6	43.1	
Corn gluten meal ^{3\2}		8.1	7.5	
Soybean meal ²		-	26.3	
Blood meal ²		-	1.5	
Wheat meal ²		21.5	6.0	
Corn starch ²		-	5.5	
Squid oil ²		5.0	5.8	
Lecithin ²		0.8	0.8	Closed
Yeast ²		1.0	1.0	
Vitamin premix ²		1.0	1.0	
Mineral premix ²		1.0	1.0	
Attractant ⁴		-	0.5	
formulated binder meal ³	5.0			
Frozen mackerel ³	95.0			
<i>Proximate analysis</i>				
Moisture	67.2	7.5	7.4	6.7
Crude protein	54.7	50.4	50.1	52.8
Crude lipid	15.9	10.7	10.5	10.9
Crude ash	11.9	12.7	10.7	10.9
Calcium	2.6	2.0	1.8	2.2
Phosphorus	3.8	1.8	1.4	1.9

¹ MP (Moist pellet), 95% frozen mackerel + 5% formulated binder meal ; WFM, 100% fish meal (WFM) ; DHSBM_{30+Att.}, 70%WFM + 30% + Attractant ; COMD (Commercial diet)

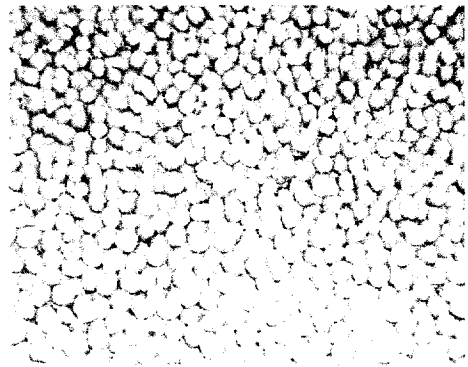
² Jeil feed Co. Haman, Korea

³ Dong yang fisheries, Pohang, Korea

⁴ Feeds & Foods Nutrition Research Center, Pukyong National University.



(A)



(B)



(C)



(D)

Fig. 1. 실험에 사용된 4가지 실험사료(A: 습사료 B: 어분사료 C: 대두박사료 D: 상업사료).

Table 2. Proximate analysis and amino acid composition of white fish meal and dehulled soybean meal (% of dry matter basis)¹

	White fish meal	Dehulled soybean meal
Crude protein	68.0	50.4
Crude lipid	8.5	2.1
Crude ash	14.8	7.1
Arginine	3.98	3.84
Histidine	1.37	1.36
Lysine	4.88	3.22
Leucine	4.87	3.85
Isoleucine	2.68	2.50
Methionine	1.79	0.80
Phenylalanine	2.58	2.57
Threonine	2.48	1.96
Tryptophan	0.75	0.56
Valine	3.19	2.33

¹ Values of amino acid were analysed at Feeds & Foods Nutrition Research Center, Pukyong National University.

Table 3. Calculated essential amino acid (EAA) composition of the experimental diets (% of dry matter basis)¹

Ingredients	Diets ³			
	MP	DHSBM ₀	DHSBM _{30+Att}	COMD
Arginine	3.86	3.33	3.57	3.02
Histidine	1.19	1.25	1.32	1.37
Isoleucine	2.43	2.41	2.50	2.54
Leucine	3.87	4.90	4.82	5.49
Lysine	4.30	3.91	3.76	2.97
Met + Cys ²	3.53	2.35	2.15	1.73
Phe + Tyr ²	2.89	3.15	3.25	3.05
Threonine	2.68	2.17	2.17	1.90
Tryptophan	0.73	0.65	0.64	0.57
Valine	2.90	2.86	2.77	1.92

¹ Values are calculated from the ingredients used in this study

² Dispensable amino acids, but cystine spares methionine and tyrosine spares phenylalanine

³ Refer to the table 1

3) 어체측정

어체 측정은 실험종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후, 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율 (percent weight gain, %), 일간성장률 (specific growth rate, %/day), 단백질전환효율 (protein efficiency ratio), 사료효율(feed efficiency, %), 간중량지수 (hepatosomatic index), 비만도 (condition factor) 및 생존율 (survival rate, %)을 조사하였다. 간중량 지수를 구하기위해 각 수조별로 6마리씩 간의 무게를 측정하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

- Weight gain (%) : $(\text{final wt. (g)} - \text{initial wt. (g)}) \times 100 / \text{initial wt. (g)}$
- Feed efficiency (%) : $(\text{wet weight gain} / \text{dry feed intake}) \times 100$
- Specific growth rate (%): $(\log_e \text{ final wt.} - \log_e \text{ initial wt.}) / \text{days}$
- Protein efficiency ratio : $\text{wet weight gain} / \text{protein intake}$
- Hepatosomatic index : $(\text{liver weight (g)} / \text{body weight (g)}) \times 100.$
- Condition factor : $[\text{fish wt. (g)} / \text{fish length (cm)}^3] \times 100$

4) 성분분석

A. 일반성분 분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 6마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 분석하였으며, AOAC(Association of Official Analytical Chemists, 2000)방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135 ℃, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

B. 어체의 혈액 및 혈청 성분 분석

실험종료 후, 증체를 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출한 후 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈하고 micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하였으며, 동시에 Drabkin's 용액을 사용하여 cyan-methemoglobin 방법(Sigma Chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않은 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 24시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 혈액분석기 CH 100(대광메디텍, 한국)을 이용하여 GOT (glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase)는 Kinetic 방법으로, T-P (total protein), Glucose, T-G (triglyceride) 은 End-Point 방법을 이용하여 분석하였다.

C. 등근육내 구성아미노산 분석

등근육내 구성아미노산 분석은 동결 건조된 등근육 20mg을 test tube에 넣고 6N HCl 15ml를 가하여 밀봉한 후 110℃에서 24시간 가수분해하였다. 이 분해액을 여과한 후 감압 건조하여 HCl를 완전히 제거한 다음, sodium dilution buffer(pH 2.2)로 25ml되게 정용한 후 이 용액을 일정량 취하여 아미노산 자동분석기 S433 (Sykam, Germany)를 이용하여 ninhydrin 방법으로 분석하였다. 분석조건은 다음과 같다: Column size; 4mm×150mm, Absorbance; 570nm and 440nm, Reagent flow rate; 0.25ml/min, Buffer flow rate; 0.45ml/min, Reactor temperature; 120℃, Reactor Size; 15m, Analysis time; 65min.

5) 소화율 측정

분 샘플은 본 실험실에서 자체 고안한 분수집 장치를 이용하여 수집하였다. 6가지 사료의 외견상 단백질 소화율 측정은 산화크롬 (Cr_2O_3) 방법 (Hanley, 1987)을 사용하였으며 Cho & Slinger (1979) 와 Sugiura et al. (1998)의 방법에 의해서 계산하였다.

각 영양소의 소화율 측정은 간접방법으로 지표물질인 산화크롬 (Cr_2O_3)을 이용하여 사료와 분의 단백질을 측정한 후 사료와 분내의 산화크롬 양을 측정하여 다음 식에 의하여 각 사료의 단백질소화율을 측정하였다.

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

6) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN. USA)로 분산분석 (ANOVA test)을 실시하여 최소 유의차검정 (LSD : Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다.

2. 사육수의 수질오염도 평가

11개월 동안 매일 1회 사료급이 30분후(사료급이 후 사육수가 1회전될 수 있는 시간)에 실험수조의 취수구, 배출구, 가장자리에서 각각 3반복으로 사육수를 채수하였다. 사육수의 수질분석은 COD_{Mn} , SS, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 를 수질오염공정 시험방법(수질편)에 따라 분석하였다.

3. 탈피대두박첨가 배합사료를 섭취한 넙치육질의 기호도 평가

실험 종료 후 4가지 사료를 먹인 상품크기의 넙치를 이용하여 기호도 평가를 실시하였다. 기호도 평가 항목으로는 향(order), 맛(taste), 질감(texture) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)를, 관능적 특성 항목으로는 색(gloss)을 측정하였다. 기호도 평가 요원으로는 생선에 대해 거부감이 없는 부경대학교 양식학과, 식품영양학과 재학생 및 대학원생, 교수, 부경대학교 사료영양연구소 연구원 및 사료회사 관계자들을 포함 50명으로 3반복으로 실시하였고 설문조사는 9점법을 사용하였다. 기호도 평가는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하였고 5% 유의수준에서 시료간의 차이는 One-way ANOVA test로 평균간의 유의성의 검증하였다.

III. 결 과

1. 어분을 대체한 탈피대두박첨가 배합사료의 장기현장 실험

1) 성장

44주간의 증체율 (WG, %), 사료효율 (FE, %), 일간성장률 (SGR, %), 단백질효율 (PER), 간중량지수 (HSI), 비만도 (CF)와 생존율(Survival, %)은 Table 4에 나타내었다. 증체율과 사료효율, 일간성장률에 있어서 습사료, 어분사료 및 대두박사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 하지만 습사료, 어분사료 및 대두박사료구는 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 단백질효율에 있어서 대두박사료구는 습사료, 어분사료 및 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 또한, 어분사료구는 습사료와 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 하지만 습사료와 상업사료 사이에는 유의차가 나지 않았다. 간중량지수에 있어서 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구간에는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 하지만 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구는 습사료구보다 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 비만도에 있어서는 모든구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$).

생존율에 있어서 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 하지만, 어분사료, 대두박사료는 습사료구보다 유의하게 높게 나타났고($P<0.05$), 습사료구와 상업사료구사이에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$).

Table 4. Effects of the experimental diets for 44weeks in olive flounder¹

	Diets ²				Pooled SEM ³
	MP	DHSBM ₀	DHSBM _{30+Att.}	COMD	
WG (%) ⁴	491 ^a	481 ^a	476 ^a	457 ^b	4.38
FE (%) ⁵	83.0 ^a	82.3 ^a	85.9 ^a	76.0 ^b	1.19
SGR (%) ⁶	0.59 ^a	0.59 ^a	0.58 ^a	0.57 ^b	0.003
PER ⁷	1.52 ^c	1.66 ^b	1.75 ^a	1.46 ^c	0.04
HSI ⁸	1.12 ^b	1.38 ^a	1.34 ^a	1.41 ^a	0.04
CF ⁹	1.16	1.17	1.19	1.18	0.006
Survival(%)	72	79	81	74	0.23

¹ Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

² Refer to the table 1.

³ Pooled standard error of mean : SD/ $\sqrt{n}$.

⁴ WG (%) = Weight gain (%) : [(final wt. - initial wt.) / initial wt.] $\times$ 100.

⁵ FE (%) = Feed efficiency : (wet weight gain / dry feed intake) $\times$ 100.

⁶ SGR (%) = Specific growth rate : [(log_e final wt. - log_e initial wt.)/days] $\times$ 100.

⁷ PER = Protein efficiency ratio : wet wt. gain / protein intake.

⁸ HSI = Hepatosomatic index : (liver weight $\times$ 100/ body weight).

⁹ CF = Condition factor : (wet weight / total length³) $\times$ 100.

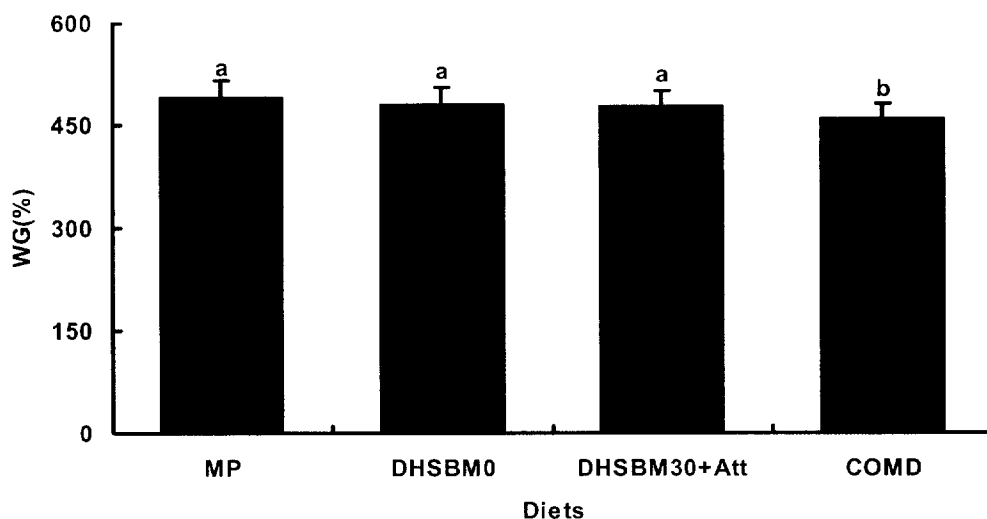


Fig. 2. Weight gain (WG, %) from fish fed 4 diets for 44 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

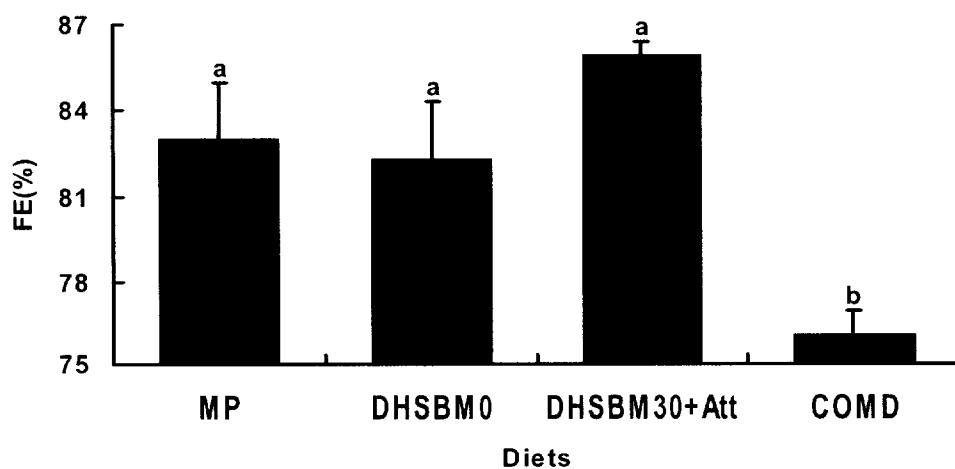


Fig. 3. Feed efficiency (FE, %) from fish fed 4 diets for 44 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

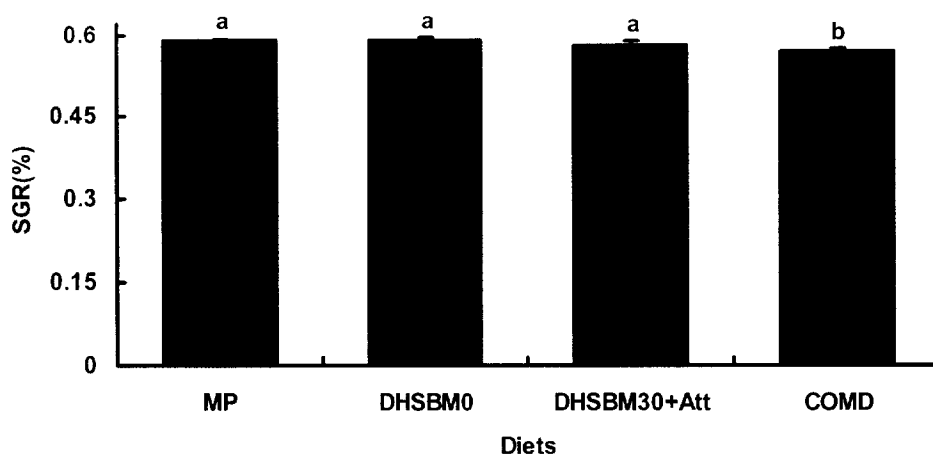


Fig. 4. Specific growth rate (SGR, %) from fish fed 4 diets for 44 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

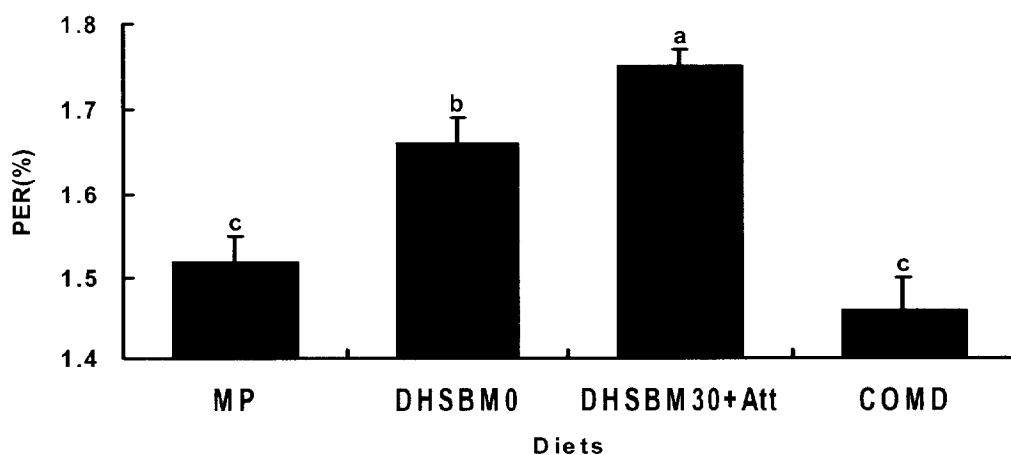


Fig. 5. Protein efficiency ratio (PER) from fish fed 4 diets for 44 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

2) 성분분석

A. 전어체조성

실험사료를 섭취한 넙치의 체조성에 대한 결과는 Table 5에 나타내었다. 전어체의 일반성분에서 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 각각 $75.0 \pm 1.6\%$, $18.9 \pm 1.0\%$, $3.31 \pm 0.9\%$ 및 $3.1 \pm 0.2\%$ 로 나타났으며 각 사료구들 간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$).

Table 5. Whole body proximate composition of olive flounder(*Paralichthys olivaceus*) fed 4 experimental diets for 44weeks¹ (As fed basis)

Diet ²	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
MP	76.8	18.3	2.9	3.2
DHSBM ₀	74.9	18.8	3.5	2.9
DHSBM _{30+Att}	73.5	18.4	3.5	3.2
COMD	74.6	18.7	3.3	3.1
Pooled SEM	0.47	1.03	0.26	0.07

¹ Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different ($P < 0.05$).

² Refer to the table 1

B. 혈액 및 혈청 성분

육성기부터 상품사이즈 기간 넘치의 혈액 및 혈청 성분의 변화는 Table 6에 나타내었다. Hemoglobin ($5.5 \pm 0.05 \text{g}/100 \text{mL}$), Total protein ($4.1 \pm 0.2 \text{g}/\text{dL}$), glucose ($37.4 \pm 3.9 \text{mg}/\text{dL}$), Cholesterol($225.3 \pm 5.1 \text{mg}/\text{dL}$)과 Albumin ($1.1 \pm 0.1 \text{mg}/\text{dL}$) 함량에 있어서는 모든 사료구들간에 유의차가 나타나지 않았다. hematocrit ($24.6 \pm 2.4\%$)에 있어서 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구는 습사료구보다 유의하게 높게 나타났고($P < 0.05$), 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구들 간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). GOT ($23.3 \pm 7.4 \text{IU}/\text{L}$)에 있어서 습사료, 어분사료 및 상업사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 하지만 습사료구는 대두박사료구보다 유의하게 높게 나타났고($P < 0.05$) 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). GPT($17.1 \pm 5.8 \text{IU}/\text{L}$)에 있어서 습사료와 어분사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 하지만 습사료구는 대두박사료 및 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$) 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). triglyceride ($339.8 \pm 36.4 \text{mg}/\text{dL}$),에 있어서 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구들 간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 하지만 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구들은 습사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P < 0.05$).



Fig. 6. 혈액성상을 측정하기 위한 채혈 과정

Table 6. Hematological and serological characteristics of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed 4 experimental diets for 44weeks¹

Diets ²	MP	DHSBM ₀	DHSBM _{30+Att.}	COMD	Pooled SEM
PCV(%) ³	21.0 ^b	25.4 ^a	26.5 ^a	25.3 ^a	1.16
Hb(g/100ml) ⁴	5.49	5.54	5.60	5.52	0.03
GOT(IU/L) ⁵	42.6 ^a	35.5 ^{ab}	26.0 ^b	28.9 ^{ab}	3.74
GPT(IU/L) ⁶	23.3 ^a	20.7 ^{ab}	11.3 ^b	13.1 ^b	3.54
T.G(mg/dL) ⁷	291 ^b	342 ^a	347 ^a	379 ^a	18.1
T.P(g/dL) ⁸	3.9	4.2	4.3	4.1	0.08
Glucose(mg/dL)	33.5	36.0	37.3	42.8	1.80
Cholesterol(mg/dL)	210	222	228	231	5.56
Albumin(mg/dL)	1.1	1.1	0.9	1.1	0.05

¹ Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

² Refer to the table 1

³ PCV = Hematocrit

⁴ Hb (g/dl) = Hemoglobin

⁵ GOT (IU/L) = Glutamic oxaloacetic transaminase

⁶ GPT (IU/L) = Glutamic pyruvic transaminase

⁷ T.G (mg/dL) = Triglyceride

⁸ T.P (g/dL) = Total protein

C. 등근육내 구성 아미노산

등근육내 구성 아미노산에 대한 결과는 Table 7에 나타내었다. 총 구성 아미노산 함량은 $85.2 \pm 0.3\%$ 로 나타났다. Aspartic acid는 $9.8 \pm 0.05\%$, Threonine은 $4.4 \pm 0.03\%$, Serine은 $3.8 \pm 0.05\%$, Glutamic acid는 $13.6 \pm 0.13\%$, Glycine은 $3.6 \pm 0.05\%$, Alanine은 $5.2 \pm 0.04\%$, Cystine은 $1.3 \pm 0.13\%$, Valine은 $4.4 \pm 0.05\%$, Methionine은 $2.8 \pm 0.06\%$, Isoleucine은 $4.5 \pm 0.05\%$, Leucine은 $6.8 \pm 0.09\%$, Tyrosine은 $3.5 \pm 0.06\%$, Phenylalanine은 $4.4 \pm 0.05\%$, Histidine은 $2.8 \pm 0.08\%$, Lysine은 $8.0 \pm 0.09\%$, Arginine은 $6.0 \pm 0.13\%$ 로 각각 나타났다. 그러나, 각 사료구들 사이의 총 구성아미노산 함량과 각 구성아미노산 사이에 유의차는 없었다($P > 0.05$).

Table 7. Dorsal muscle amino acid composition (mg/100 mg) of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed 4 experimental diets for 44 weeks (% of dry matter basis)¹

Amino Acid	Diets ²			
	MP	DHSBM ₀	DHSBM _{30+Att}	COMD
Aspartic acid	9.82	9.89	9.78	9.84
Threonine	4.40	4.45	4.46	4.44
Serine	3.83	3.91	3.84	3.79
Glutamic acid	13.5	13.8	13.6	13.6
Glycine	3.60	3.70	3.64	3.60
Alanine	5.21	5.30	5.20	5.24
Cystine	1.25	1.30	1.28	1.30
Valine	4.40	4.50	4.45	4.41
Methionine	2.90	2.80	2.77	2.79
Isoleucine	4.60	4.50	4.54	4.50
Leucine	6.90	6.80	6.71	6.90
Tyrosine	3.50	3.40	3.39	3.50
Phenylalanine	4.42	4.40	4.39	4.49
Histidine	2.67	2.70	2.83	2.80
Lysine	8.02	8.10	8.00	8.20
Arginine	6.10	6.00	5.90	5.80
Total AA	85.1	85.6	84.8	85.2

¹ Means of triplicated groups, values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

² Refer to the table 1

3) 소화율 측정

4가지 사료의 외견상 단백질 소화율 (APD)는 Table 8에 나타내었다.

외견상 단백질 소화율 (APD)은 $92.0 \pm 2.6\%$ 으로 나타났다. 외견상 단백질 소화율에서 습사료, 어분사료 및 대두박사료구들 간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 하지만, 습사료, 어분사료 및 대두박사료구는 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P < 0.05$).

Table 8. Apparent protein digestibility (APD) in growing olive flounder(*Paralichthys olivaceus*) diets¹

Diets ²	APD(%)
MP	93.9 ^a
DHSBM ₀	92.6 ^a
DHSBM _{30+Att.}	93.1 ^a
COMD	88.2 ^b
Pooled SEM ³	0.70

¹ Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

² Refer to the table 1.

³ Pooled standard error of mean : $SD/\sqrt{n}$.

2. 사육수의 수질오염도 평가

사료공급 30분 후 측정된 사육수조의 수질 오염도는 Table 9에 나타내었다. 부유물질 (Suspended solid, SS), 화학적 산소요구량 (COD), 암모니아성 질소 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), 아질산염 질소 ($\text{NO}_2^-\text{-N}$)에 있어서는 어분사료, 대두박사료, 상업사료구가 습사료구보다 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 반면에, 어분사료, 대두박사료, 상업사료구간에서는 각각 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 질산염 질소 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$)에 있어서는 모든 실험구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 사육수내 총인함량에 있어서 대두박사료 실험구가 다른 실험구들에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($P<0.05$), 모든 배합사료 실험구 즉, 어분사료, 대두박사료, 상업사료구가 습사료구보다 유의하게 낮게 나타났었다($P<0.05$).

Table 9 . Suspended Solid (SS), Chemical Oxygen Demand (COD), $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and total phosphorus(P) of experiment water at 30 minutes after feeding

	Diets ¹				Pooled SEM ²
	MP	DHSBM ₀	DHSBM _{30+Att.}	COMD	
SS	11.7 ^a	6.67 ^b	5.6 ^b	6.43 ^b	1.34
COD _{Mn}	8.24 ^a	1.78 ^b	1.57 ^b	1.63 ^b	1.85
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	0.08 ^a	0.05 ^b	0.06 ^b	0.05 ^b	0.01
$\text{NO}_2^-\text{-N}$	0.07 ^a	0.03 ^b	0.03 ^b	0.03 ^b	0.01
$\text{NO}_3^-\text{-N}$	3.27	3.31	3.18	3.17	0.06
Total-P	0.52 ^a	0.41 ^c	0.34 ^d	0.46 ^b	0.02

¹Refer to the table 1.

²Pooled standard error of mean : $\text{SD}/\sqrt{n}$.



Fig. 7. Water quality after feeding of soybean diet.



Fig. 8. Water quality after feeding of Moist pellet.

3. 탈피대두박첨가 배합사료를 섭취한 넙치육질의 기호도 평가

실험 종료 후 4가지 사료를 먹인 상품크기의 넙치를 이용하여 기호도 평가를 실시하였다. 기호도 평가 항목으로는 향(order), 맛(taste), 질감(texture) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)를, 관능적 특성 항목으로는 색(gloss)을 측정하였다. 기호도 평가 요원으로는 생선에 대해 거부감이 없는 부경대학교 양식학과, 식품영양학과 재학생 및 대학원생, 교수, 부경대학교 사료영양연구소 연구원, 사료회사 관계자들을 포함 50명으로 3반복으로 실시하였다. 기호도 조사는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하였고 5% 유의수준에서 시료간의 차이는 One-way ANOVA test로 평균간의 유의성의 검증하였다.

조사결과 기호도에 있어서 대두박사료구는 습사료구와 비교해 보았을 때 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 하지만 대두박사료구는 어분사료구와 상업사료에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$). 습사료구, 어분사료구와 상업사료구 사이에서는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 향에 있어서는 대두박사료구는 습사료구와 비교해 보았을 때 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 하지만, 대두박사료구는 어분사료구와 상업사료에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 습사료구는 어분사료구보다 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 그러나, 습사료구와 상업사료구, 어분사료구와 상업사료구사이에서는 각각 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 색에 있어서는 습사료구, 어분사료구 및 대두박사료구 사이에서는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 하지만, 대두박사료구는 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났고($P<0.05$), 습사료구, 어분사료구 및 상업사료구 사이에서는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$) 질감과 맛에 있어서는 모든 구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$).

Table 10. Evaluation of flesh quality of fish fed 4 different diet for 44 weeks.

	Diets ¹				Pooled SEM ²
	MP	DHSBM ₀	DHSBM _{30+Att.}	COMD	
기호도(overall acceptability)	5.90 ^{ab}	5.60 ^b	6.26 ^a	5.69 ^b	1.34
향(order)	5.64 ^{ab}	5.09 ^c	5.86 ^a	5.16 ^{bc}	1.85
색(gloss)	5.98 ^{ab}	5.92 ^{ab}	6.16 ^a	5.60 ^b	0.01
맛(taste)	5.66	5.45	5.94	5.75	0.20
질감(texture)	5.96	5.75	6.20	5.84	0.20

(단, 표 안의 수치는 9점을 만점으로 한 상대수치를 나타낸다.)

V. 고 찰

육성기부터 상품크기까지(150-800g)의 넙치에 있어서 44주간의 현장실험 결과로 미루어 탈피대두박에 섭취촉진제 첨가시 어분단백질의 30%까지 대체 가능할 것으로 보인다. 대두박의 어분대체 효과를 증대시키기 위해서 대두박에 부족한 메티오닌과 라이신같은 아미노산이나 인을 사료에 보충하여 성장을 개선시키는 연구들과 섭취촉진제를 첨가하여 성장을 개선시키는 연구들은 이미 수행되어 왔다 (Choi et al., 2004; Dabrowska and Wonjo, 1977; Lim et al., 2004; Murai et al., 1982; Shiau et al., 1988;). 이전의 연구에서는 치어기 및 성장기 넙치에 있어서 탈피대두박으로 어분단백질의 20%까지, 탈피대두박내 부족한 제한아미노산인 메티오닌이나 라이신을 첨가하거나 섭취촉진제 첨가시 30%까지 어분단백질을 대체가능하였다(Choi, 2004). 이 결과를 바탕으로 육성기부터 상품크기까지의 넙치에서 수행한 본 실험에서도 탈피대두박 내 섭취촉진제를 첨가한 결과 어분단백질의 대체수준을 30%까지 증가시킬 있었다(Choi et al., 2004).

본 실험에서 성장률과 사료효율에 있어서는 습사료구, 어분사료구 및 대두박사료구가 상업사료구에 비해 유의하게 높게 나타났다. 특히, 대두박사료구는 이전의 실험결과와 비교해 보았을 때 섭취촉진제의 첨가로 인한 성장향상효과가 있는 것으로 생각된다. 이러한 기호성을 향상시키기 위한 연구가 이미 많이 이루어져 왔으며, 글라이신, L-amino acids, betaine 같은 아미노산과 일부 지방산은 sea bream *Pagrus major* (Fuke et al. 1981; Shimizu et al. 1990)과 chinook salmon (Hughes 1985)을 포함한 몇몇 어종에서 이미 유인제로서 그 효과가 입증된 바 있다 (Metailler et al., 1983; Mackie & Adora, 1985; Takii et al., 1986; Bai and Gatlin, 1994; McGoogan & Gatlin, 1997). 본 실험에서도 탈피대두박내 섭취촉진제의 첨가는 아미노산의 균형 이외에 그 독특한 향미가 어류의 기호성을 증대시켜 성장에 영향을 끼쳤을

것으로 생각된다.

외견상 단백질 소화율은 사료원이나 사료의 단백질의 질을 평가하는 중요한 지표로 이용되어 왔다(Cho et al., 1979). 본 실험에서도 어분단백질을 탈피대두박으로 30%대체하고 섭취촉진제를 첨가한 사료구(DHSBM_{30+Att})의 단백질소화율을 평가 해본결과 93.1%로 나타났고 습사료, 어분사료 및 상업사료구에서 각각, 93.9%, 92.6% 및 88.2%로 나타났다.

각 사료들의 단백질 소화율은 습사료, 어분사료, 대두박사료구가 상업사료구에 비해 유의하게 높게 나타났다. 생사료, 어분사료, 대두박사료구간에는 유의차가 나지 않았다. 이러한 결과는 이전의 (해양수산부 최종연구보고서, 2004) 실험에서 넙치에 있어서 어분의 단백질 소화율이 86%, 대두박의 소화율이 82%로 나타난 것보다는 높게 나타났다. 이는 본 실험에 사용된 사료가 압출·성형의 과정을 거쳐 제작되었기 때문에 사료원의 이용률이 증대되어 단백질 소화율이 증대되었기 때문으로 생각된다. 이러한 결과는 대두박의 가공방법에 따른 이전의 보고들과 유사하게 나타났다(Zongjia et al., 2003). 즉, 대두박의 압출·성형가공이 대표적으로 이는 소화 가능한 에너지 및 탄수화물을 증대시킨다는 보고가 있고 (Watanabe and Pongmaneerat, 1993) 또한, 항영양소를 불활성화시키는 효과도 있다고 한다 (Rumsey et al., 1993). 대부분의 저해 인자는 열처리 과정 중에 불활성화 되며 대두박을 사료원으로 이용시 이러한 가공 방법에 의한 여러 사항들이 고려되어야 할 것이며, 특히 분쇄입자의 크기가 고려되어야 할 것이다. 각 사료들의 소화율의 측면에서 어분단백질 대체 수준은 사료내 어분단백질에 섭취촉진제 첨가시 30%까지 대체 가능할 것으로 사료된다. 따라서, 압출·성형의 가공시에는 대두박의 단백질 소화율이 증가되어 실제 양식현장에 사용시 이용률이 더 증대되어 추가적으로 어분대체수준을 높일 수 있을것으로 판단된다.

단백질효율에 있어서 대두박사료구는 습사료, 어분사료 및 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 또한, 어분사료구는 습사료와 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 하지만 습사료와 상업사료 사이에는 유의차가 나지 않았다. 이러한 결과는 성장률로 비교해 볼 때 대두박사료

구가 습사료구보다 사료내 단백질 함량이 작고 가공에 따른 단백질 이용률의 증대 때문에 단백질효율이 유의하게 높게 나타난 것으로 생각된다.

본 실험에서 등근육내 구성 아미노산 함량은 $85.2 \pm 0.3\%$ 로 나타났으며 각 사료구들 사이의 총 구성아미노산 함량과 구성아미노산 사이에는 유의차가 나타나지 않았다. 이 결과로 볼 때 습사료구, 어분사료구, 대두박사료구 및 상업사료구 모두 영양분이 충분히 공급되고 있는 것으로 생각되며 이런 경우에 사료에 의한 근육내 아미노산 조성에는 차이가 없는 것으로 판단된다.

일반적으로 건강한 어류의 hemoglobin양은 10g/dl 정도라고 보고 (Post, 1983)하고 있으며, 아직도 어류에 대하여 정상적인 값 (Normal)은 증명되지 않는다고 있다. 그러나 필수영양소의 결핍 및 어종에 따른 환경조건과 성장상태에 따라서 변할 수 있다고 많은 연구자들은 밝히고 있다. (Murai et al., 1982; Cowey et al., 1983; Wilson et al., 1984; Munkittrick and Leatheland 1983; Eaton et al., 1984; Mosconi-Bac. 1987; Babin 1987a,b; Garrido et al., 1990). 본 실험에서 혈액분석 결과, 헤마토크리트는 육성기부터 상품크기까지의 넙치의 경우 $24.6 \pm 2.4\%$ 로 나타났다. 이 결과는 Sim et al. (1995)의 넙치에서의 보고 ($21.5 \pm 3.7\%$)와 유사하게 나타났고, Alexis et al. (1985)의 무지개 송어에 있어서의 측정값과 성장기 잉어 (송 등, 1995), 틸라피아 (Bai et al., 1996)에 있어서의 측정값보다 낮은 값을 나타내었다. 본 실험에서 헤모글로빈 양은 육성기부터 상품크기까지의 넙치에서 $5.54 \pm 0.1\text{g/dl}$ 로 나타났는데 이러한 측정값은 Sim et al. (1995)의 넙치에서의 보고와 유사하였고 Kikuchi et al. (1994)이 보고한 넙치에서의 측정값과도 유사하게 나타났으며, 송 등 (1995)이 보고한 잉어에서의 측정값보다는 낮은 값을 나타내었다.

Zeitler et al (1984) Nandeesh (1995)는 어체의 일반성분 조성은 동일한 종간 계통 차이, 수온, 증체량, 사료공급 및 사료배합에 의해 영향을 받는다고 보고하였고, Murai et al(1985)은 성장함에 따라 조지방의 함량은 증가하는 반면에 조단백질과 조회분의 함량 변화는 적은 것으로 보고하였는데 본 실험에서는 전어체의 일반성분 조성에서는 유의차가 나지 않았다.

사육수의 수질오염도 평가에 있어서 부유물질 (Suspended solid, SS), 화

학적 산소요구량 (COD), 암모니아성 질소 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), 아질산염 질소 ($\text{NO}_2^-\text{-N}$)에 있어서는 어분사료, 대두박사료, 상업사료구가 습사료구보다 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 반면에, 어분사료, 대두박사료, 상업사료구간에서는 각각 유의차가 나타나지 않았다. 질산염 질소 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$)에 있어서는 모든 실험구에서 유의차가 나타나지 않았다. 사육수내 총인함량에 있어서 대두박사료 실험구가 다른 실험구들에 비해 유의하게 낮게 나타났으며, 모든 배합사료 실험구 즉, 어분사료, 대두박사료, 상업사료구가 습사료구보다 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 이러한 결과로 볼 때 습사료보다 배합사료의 사용시 수질오염을 줄일 수 있는 것으로 생각되며 특히, 대두박으로 어분을 대체한 사료는 인과 질소의 배출량을 줄여 줌으로써 대두박을 사료원으로 사용시 오염저감 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 사료내 주 단백질원으로 어분 단백질을 100% 사용한 구(어분사료)와 어분단백질을 대두단백질로 30%대체하고 섭취촉진제를 첨가한 구(대두박사료)의 사료생산에 드는 비용을 계산하여 대두박 첨가사료의 경제적 가치를 비교해 본 결과, 대두박 첨가사료 1000ton 생산시 약 2억 8천만원의 경제적 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 2004년 1월 현재 어분의 가격은 1200원/kg, 탈피대두박의 가격은 360원/kg이다(단미회보 2004.01).

넙치 육질의 기호도 평가에서는 기호도, 향 및 색택에 있어서 탈피대두박에 섭취촉진제를 첨가한 사료가 다른 모든 구에 비해 유의하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 탈피대두박에 섭취촉진제를 적정량 첨가한 사료를 장기적으로 섭취한 어류의 기호도 등이 향상되었다는 것을 보여주며, 양식현장에서 더 나아가 직접 소비되는 현장에서도 적절한 섭취촉진제를 사용하여 양식 어류의 식품으로서의 가치를 더 높일 수 있을 것으로 기대된다.

따라서, 육성기에서 상품크기의 넙치에 있어서 탈피대두박에 섭취촉진제 첨가시 어분단백질의 30%까지 대체가 가능할 것으로 보이며 오염도 및 경제성 측면에서 실제 배합사료 제작시 앞으로 더 세부적이고 반복적인 연구를 통하여 어분대체를 위한 탈피대두박의 어종별 적정 첨가량이 규명되어져야 할 것으로 생각된다.

V. 요 약

1. 어분을 대체한 대두박첨가 배합사료의 장기현장 실험

이 연구는 육성기부터 상품크기까지(150-800g)의 넙치에 있어서 사료내 어분대체원으로서 탈피대두박 (Dehulled soybean meal, DHSBM)을 평가하고 대체가능 수준을 측정하기 위해서 지난 2002년에 있었던 실험결과를 토대로 현장에서의 장기간(44주) 적용가능성에 대한 실험을 실시하였다. 총 4가지 실험사료는 습사료 (Moist pellet, MP), 상업사료(Comercial diet, COMD), 주단백질원으로 어분을 100% 사용한 사료(어분사료, DHSBM₀), 어분단백질을 탈피대두박으로 30%대체하여 섭취촉진제를 첨가한 사료(대두박사료, DHSBM_{30+Att})가 이용되었다. 어분사료 및 대두박사료는 조단백질 함량 기준으로 사료내 전체 단백질원인 북양어분(White fish meal, WFM)을 탈피 대두박(Dehulled soybean meal, DHSBM)으로 대체한 수준에 따라 조단백질 함량은 50%, 가용에너지는 16.7kJ g⁻¹으로 동일하게 맞추어 설계하였으며, 어분 100% 사료는 100% WFM (DHSBM₀), 대두박 30% 사료는 70% FM + 30% DHSBM (DHSBM₃₀) + 섭취촉진제로 하여 제작되었다. 모든 사료구는 소화율 측정을 위해 지표 물질인 산화크롬(Cr₂O₃)을 0.5%씩 첨가하였으며, L-lysine · HCl 첨가에 따르는 문제점들을 최소화하기 위해 수산화나트륨 (NaOH)으로 중화 과정을 거쳤다. 실험사료는 상업사료를 생산하는 C사에서 엑스트루더를 이용하여 압출 · 성형하였으며 사료크기 직경 7-11mm로 제작하였으며, 밀봉하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다.

실험어는 D수산에서 사육중인 약 120g의 넙치를 약 20톤 콘크리트 사각 수조에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 넙치상업사료를 공급하여 2주간 예비사육 하였다. 예비사육 후, 실험어는 평균무게 151.2±0.3 g (mean±SD)인 육성기 넙치를 콘크리트 사각수조(4.5m×4.5m×0.8m)에 각 실험구 당 500마리씩 무작위 배치하였다. 실험어의 성장이 증대됨에 따라 밀도조절을 위하여

중간체킹 후, 평균 무게를 기준으로 각 실험구 당 300마리씩으로 조절하였다.

44주간의 증체율 (WG, %), 사료효율 (FE, %), 일간성장률 (SGR, %), 단백질효율 (PER), 간중량지수 (HSI), 비만도 (CF)와 생존율(Survival, %)은 Table 6에 나타내었다.

증체율과 사료효율, 일간성장률에 있어서 습사료, 어분사료 및 대두박사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 하지만 습사료, 어분사료 및 대두박사료구는 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 단백질효율에 있어서 대두박사료구는 습사료, 어분사료 및 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 또한, 어분사료구는 습사료와 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$). 하지만 습사료와 상업사료구 사이에는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 간중량지수에 있어서 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 하지만 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구는 습사료구보다 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 비만도에 있어서는 모든구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 생존율에 있어서 어분사료, 대두박사료 및 상업사료구간에는 유의차가 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 하지만, 어분사료, 대두박사료는 습사료구보다 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$), 습사료구와 상업사료구 사이에는 유의차가 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 전어체의 일반성분 분석에서는 모든구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 외견상 단백질 소화율은 $92.0\pm 2.6\%$ 으로 나타났으며 습사료, 어분사료 및 대두박사료구들간에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 하지만, 습사료, 어분사료 및 대두박사료구는 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났다 ($P<0.05$).

따라서, 상기의 결과는 육성기에서 상품사이즈 기간의 넙치에 있어서 사료내 탈피대두박에 섭취촉진제 첨가시 어분단백질의 30%까지 대체할 수 있다는 것을 보여주었다.

2. 사육수의 수질오염도 평가

11개월 동안 매월 1회 사료급여 30분 후(사료급여 후 사육수가 1회전될 수 있는 시간)에 실험수조의 취수구, 배출구, 가장자리에서 각각 3반복으로 사육수를 채수하였다. 사육수의 수질분석은 COD_{Mn} , SS, NH_4^+-N , $NO_2^- -N$, $NO_3^- -N$ 를 수질오염공정 시험방법(수질편)에 따라 분석하였다.

부유물질 (Suspended solid, SS), 화학적산소요구량 (COD), 암모니아성 질소 (NH_4^+-N), 아질산염 질소 ($NO_2^- -N$)에 있어서는 어분사료, 대두박사료, 상업사료구가 습사료구보다 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 반면에, 어분사료, 대두박사료, 상업사료실험구간에서는 각각 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$) 질산염 질소 ($NO_3^- -N$)에 있어서는 모든 실험구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 사육수내 총인함량에 있어서 대두박실험구가 다른 실험구들에 비해 유의하게 낮게 나타났으며, 모든 배합사료 실험구 즉, 어분사료, 대두박사료, 상업사료구가 습사료 실험구보다 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$).

따라서, 탈피대두박을 사료원으로 사용시 인과 질소의 배출량을 줄여줌으로써 오염저감 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

3. 탈피대두박첨가 배합사료를 섭취한 넙치육질의 기호도 평가

실험 종료 후 4가지 사료를 먹인 상품크기의 넙치를 이용하여 기호도 평가를 실시하였다. 기호도 평가 항목으로는 향(order), 맛(taste), 질감(texture) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)를, 관능적 특성 항목으로는 광택도(gloss)를 측정하였다. 기호도 검사 요원으로는 생선에 대해 거부감이 없는 부경대학교 양식학과, 식품영양학과 재학생 및 대학원생, 교수, 부경대학교 사료영양연구소 연구원, 사료회사 관계자들 50명으로 3반복으로 실시하였다. 기호도 조사는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하였고 5% 유의수준에서 시료간의 차이는 One-way ANOVA test로 평균간의 유의성의 검증하였다.

조사결과 기호도에 있어서 대두박사료구는 습사료구와 비교해 보았을 때

유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 하지만 대두박사료구는 어분사료구와 상업사료구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$). 습사료구, 어분사료구와 상업사료구 사이에서는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 향에 있어서는 대두박사료구는 습사료구와 비교해 보았을 때 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 하지만, 대두박사료구는 어분사료구와 상업사료구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 습사료구는 어분사료구보다 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 그러나, 습사료구와 상업사료구, 어분사료구와 상업사료구 사이에서는 각각 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 색에 있어서는 습사료구, 어분사료구 및 대두박사료구 사이에서는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$). 하지만, 대두박사료구는 상업사료구보다 유의하게 높게 나타났고($P<0.05$), 습사료구, 어분사료구 및 상업사료구 사이에서는 유의차가 나지 않았다($P>0.05$) 질감과 맛에 있어서는 모든 구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$).

이러한 결과는 탈피대두박에 섭취촉진제를 적정량 첨가한 사료를 장기간 섭취한 어류의 기호도 등이 향상되었다는 것을 보여주며, 양식현장에서 더 나아가 직접 소비되는 현장에서도 탈피대두박은 적절한 섭취촉진제를 사용했을 때 양식어류의 식품으로서의 가치를 더 높일 수 있는 사료원이 될 수 있을 것으로 기대된다.

VI. 감사의 글

겨울 밤공기가 무척이나 상쾌하게 느껴지는 밤, 미흡한 논문을 마무리 짓고 나니 여러 고마운 분들의 얼굴이 떠오릅니다. 먼저, 본 논문의 디자인에서부터 전 실험과정까지의 세세한 지도는 물론, 학문하는 자세에 대해 끊임없이 강조하시고 가르쳐 주신 배승철 지도교수님께 감사의 말씀을 올리며, 아울러 논문의 심사를 맡아 주신 허성범 교수님과 김창훈 교수님께도 감사드립니다.

양식이라는 학문을 가르쳐주신 조재운 교수님, 손철현 교수님, 김동수 교수님, 장영진 교수님, 김종명 교수님, 남윤권 교수님께 감사드리며 실험을 할 수 있게 도와주신 미국대두협회 한국주재사무소 조세영 사장님과 신인수 기술이사님, 실험장소를 제공해주신 동양축양 관계자분들께도 감사의 인사를 전합니다.

대학원 생활 중 무한한 사랑과 관심으로 함께 격려하며 충고를 아끼지 않으셨던 사료영양연구소 한경민 박사님, 허운성 박사님, 일출수산 한용옥 상무님과 고수홍 님께도 감사의 인사를 전합니다. 실험전반에 걸쳐 도와주고, 같이 밤을 새우며 자료정리에 도움을 준 왕소길 박사님, 최세민 박사님, 임성률 후배님께 마음속 깊이 감사드리며, 타지에서 현장사육실험에 많은 도움을 주신 유광렬 후배님과 김영철 후배님께도 깊은 감사의 인사를 전합니다. 또한 분석을 도와준 사료영양연구소의 최희정 분석실장님 이하 양윤희 행정실장님, 김지민, 문수현, 이자혜 연구원님들께도 감사의 인사를 전합니다. 대학원 생활동안 여러가지로 많은 도움을 주었던 사료영양실험실의 배준영, Okorie, Son Mi Hai 학생과 학부생 여러분들께도 감사의 인사를 전합니다. 계절이 바뀌고 또 바뀌어도 혈육의 정으로 끊임없이 지켜봐 주시고 하루같이 자식 잘 되기만을 바라며 묵묵히 지켜주셨던 사랑하는 부모님께 두 손 모아 감사드리며 사랑스러운 아내와 딸 주현이에게 이 논문을 바칩니다.

VII. 참 고 문 헌

- Alexis, M. N., E. Papaparaskeva-Papoutsoglou and V. Theochari, 1985. Formulation of paractical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by-products and certain plant by-products. *Aquaculture*, 50: 61-73.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis. 16th ed. Assocaiaion of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Babin, P. J. 1987a. Apolipoproteins and the association of egg yolk proteins with plasma high density lipoproteins after ovulation and follicular atresia in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Biol. Chem.*, 262: 4290-4296.
- Babin, P. J. 1987b. Plasma lipoprotein and apoprotein distribution as a function of density in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Biochem.*, 246: 425-429.
- Bai, S. C. 1996. Utilization of low Quality protein sources in fish feed production, Proceedings of the international symposium on aquaculture, pp 121~127, Ocean University of Qingdao, China, November.
- Bai, S. C. and D. M. Gatlin., 1994. Effects of L-lysine supplementation of diets with different protein levels and sources on channel catfish, *Ictalurus Punctatus* (Rafinesque) *Aquaculture and Fisheries Management**, Vol. 25, pp. 465-474.
- Bai, S.C., Wang, X.J. and Kim, K.W. (1999) Present Status and Future Prospects of World Aquaculture: The Korean perspective "Proceedings of International Conference on Impacts of Population and Markets on the Sustainability of Ocean and Coastal Resources:

- The Perspective of Developing and Transition Economics of the North Pacific, Seattle, June 3-4,
- Belal, I. E. H. and H. Assem, 1995. Substitution of soybean meal and oil for fish meal in practical diets fed to channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque): effects on body composition. *Aquaculture Res.*, 26 : 141~145
- Boonyaratpalin M., P. Suraneiranat and T. Tunpibal, 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*. 161 : 67-78.
- Brown, B. A., 1980. Routine hematology procedures. In *Hematology: Principles and Procedures*. pp. 71-112. Lea and Febiger, Philadelphia. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 12(2): 1-4
- Brown, L.R. (1997) 폴하우스: 인구 · 식량 · 환경(전운성감수/지기한외 옮김), 따님 환경신서 15. 도서출판따님.
- Carter C. G. and R. C. Hauler, 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture* 185 : 299-311.
- Choi. Se-Min., Xiaojie Wang, Gun-Jun Park, Sung-Ryul Lim, Kang-Woong Kim, Sungchul C. Bai & In-Soo Shin., 2004. Dietary dehulled soybean meal as a replacement for fish meal in fingerling and growing olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel)
- Cho, C. Y., H. S. Bayray, 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. Board Can.*, 31: 1523~1528
- Cho, C. Y. and S. J. Slinger., 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: Halver, J. H., Tiews, K, (Eds.),

- Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. II. Heenemann, Berlin, pp. 239~247
- Cowey, B. B., J. W. Adron and A. Youngson. 1983. The vitamin E requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing polyunsaturated fatty acids derived from fish oil. *Aquaculture*, 30: 85-93.
- 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 : 107~114.
- Dabrowska, H. and T. Wojno. 1977. Studies on the utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) of feed mixture containing soya bean meal and an addition of amino acid. *Aquaculture*, 10, 297~310.
- Eaton, R. P., T. McConnell, J. G. Hnath, W. Black and R. E. Swartz, 1984. Coronary myointimal hyperplasia in freshwater lake Michigan salmon (*genus Oncorhynchus*). *Am. J. Pathol.*, 116: 311-318.
- FAO (2004) FISHSTAT Plus statistic database.
- Fuke, S., S. Konosu and I, Kazuo. 1981. Identification of feeding stimulants for red sea bream in the extract of marine worm *Perinereis brevicirrus*. *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries* 47 : 1631~1635
- Garrido, L. G., R. M. Chapuli and A. V. Andres. 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *J. Fish Biol.*, 36: 499-509.
- Hanley F., 1987 The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectively on digestibility determinations in Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 66 : 163~179

- Hughes, S. G. 1985. Single-feeding response of chinook salmon fry to potential feed intake modifiers *Progressive Fish-Culturist* 55 :40~42
- 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.
- 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.
- Lim, S. R., S. M. Choi, X. J. Wang, K. W. Kim, I. S. Shin, T. S. Min & S. C. Bai., 2004. Effects of dehulled soybean meal as a fish meal replacer in diets for fingerling and growing Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture* Vol. 231 : 457-468.
- 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.
- Mackie, A. M. and Adora, J. W. 1985. Identification of gustatory feeding stimulants for fish-applications in aquaculture. In: *Nutrition and feeding in Fish* (Cowey, C. B., Mackie, A. M. & Bell, J. G. eds), pp 177-189. Academic Press Inc. (London) Ltd; UK.
- Mcgoogan B. B. and Gatlin III D. M., 1997. Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* and potential for palatability Enhancement. *Journal Of The World*

- Aquaculture Society Vol. 28, No 4, 12. pp. 374~385.
- Metailler. R., Cadena-Roa, M & Person-LeRuyet. J. 1983. Attractive chemical substances for the weaning of dove sole (*Solea vulgaris*): qualitative and quantitative approach. J. World Maricult. Soc., 14, 679-684.
- Mosconi-Bac, N. 1987. Hepatic disturbances induced by an artificial feed in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life. Aquaculture, 67: 93-99.
- Munkittrick, K. R. and J. F. Leatherland. 1983. Haematocrit values in feral goldfish, *Carassius auratus* L., as indicators of the health of the population. J. Fish Biol., 23: 153-161.
- 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. Jpn. Soc. Sci. Fish., 48, 85~88
- Murai, T., T. Akiyama and T. Takeuchi. 1985. Effect of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 51(4): 605~608.
- Murai, T., Wang Daozun and H. Ogata. 1989. Supplementation of methionine to soy flour diets for fingerling carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture, 77, 373~385.
- Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy. 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture: performance of common carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. Aquaculture Research, 26: 161-166.
- Nengas, I., Alexis, MN., Davies, SJ. 1996. Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead sea bream *Sparus Aurata* (L.). Aquaculture Research,

27(3): 147-156.

- Pongmaneerat, J. and T. Watanabe., 1993a. Nutritional evaluation of soybean meal for rainbow trout and carp. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 : 157~163
- Pongmaneerat, J., T. Watanabe., 1993b. Effect of extrusion processing on the utilization of soybean meal diets for rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 : 1407~1414
- Post, G., 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In : Textbook of fish health. TFH. Publications, Inc., Ltd., pp. 199~207
- Refstie, S., Storebakken, T., Baevefjord, G., Roem, A.J., 2001 Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. *Aquaculture*, vol. 193, no. 1-2, pp. 91-106.
- Rumsey. G. L., Hughes, S. G., Winfree, R. A., 1993. Chemical and nutritional evaluation of soya protein preparations as primary nitrogen sources for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Anim. Feed Sci. Technol.* 40, 135~151.
- 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
- 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), 1883~1888.
- Shimeno, S., T. Mima, T. Imanaga and K.Tomaru. 1993b. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal and corn gluten

- meal to yellowtail diet. Nippon suisan Gakkaishi, 59(11), 1889~1895.
- Shimizu, C., A. Ibrahim, T. Tokoro and Y. Shirakawa. 1990. Feeding stimulation in sea bream, *Pagrus major*, fed diets supplemented with Antarctic krill meals. Aquaculture 89 : 43~53
- Sim, D. S., S. H. Jung, and S. D. Lee. 1995. Changes of blood parameters of the cultured flounder *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. Bulletin of National Fisheries Research and Development Agency, 49: 149-155 (written in Korean with English abstract)
- Sugiura, S. H., Dong, F. M., Rathbone, C. K. & Hardy, R. W., 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. Aquaculture, 159: 177-202.
- Takii, K., Shimeno, S., Takeda, M & Kamekawa. S., 1986. The effect of feeding stimulants in diet on digestive enzyme activities of ell. Bull. Jpn. Soc. Fish., 52, 1449-1454.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli., 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture 32 : 27~38.
- Watanabe, T., Pongmaneerat. J., 1993. Potential of soybean meal as a protein source in extruded pellets for rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 1415~1423.
- Wilson, R. P., R. R. Bowser and W. E. Poe. 1984. Dietary vitamin E requirement of fingerling channel catfish. J. Nutr., 114: 2053-2058.
- Zeitler, M. H., M. Kirchgessner and F. J. Schwarz, 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture, 36: 37~48.
- Zongjia J Cheng and Ronald W. Hardy. 2003. Effect of extrusion and

expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 218: 501-514.

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 어분대체원으로서 라이신 부산물의 첨가효과. *한국 양식학회지*, Vol. 14(3), pp. 197 - 203.

단미회보 2004.01.

박홍식 · 배승철 · 김강웅 · 조재운. 1999. 치어기 잉어에 있어서 사료내 단백질원으로서 어분대체품의 이용성. *한국양식학회지*, Vol. 12(2), pp. 107-114.

배승철 · 장혜경 · 김경희. 1997. 잉어사료에 있어서 피혁분과 육골분의 어분대체원으로서의 평가. *한국양식학회지*, Vol. 10(2), pp. 153-161.

배승철 · 장혜경 · 조은선. 1998. 잉어사료에 있어 축산가공부산혼합물의 어분 대체 가능성 *한국수산학회지*, Vol. 31(3), pp. 380-385.

송민현 · 이경준 · 배승철. 1995. 성장기 잉어 (*Cyprinus carpio*) 사료에 있어서 단백질원으로서의 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.

조재운 · 허창경 · 박정환 · 윤길하 · 김유희 · 오승용 · 배승철. 1998. 이스라엘 잉어(*Cyprinus carpio*)에 대한 어분대체품의 성장 효과.

한국양식학회지. Vol.11(4), pp.487-493.

해양수산부 최종연구보고서 2004. 넙치용 저오염 배합사료 개발.

해양수산부 통계연보, 2004.