

Histological Effects of Fishery By-product Fermented Fishmeal on the Liver and Muscle of the Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*

Bo-Ram Lee and Ji-Hye Kim*

School of Chemistry and Life Sciences, Kyungsoo University, Suyeong-ro, Nam-gu, Busan 48434, Korea

Received August 8, 2019 / Revised November 10, 2019 / Accepted November 11, 2019

The aim of this study was to clarify histologically the effects of fermented fishmeal on the growth rate of fish. For this purpose, olive flounders were fed on fermented fishmeal at the substitution ratios of 0, 25, 50, 75, and 100%, and the effects on the liver and muscle were examined by microscopy. The olive flounder fed on fermented fishmeal at the 25% substitution ratio had the best hepatic condition, as indicated by the highest hepatosomatic index and the lowest fatty liver level, when compared with fish fed the other substitution ratios. The olive flounder fed on fermented fishmeal at the 25% substitution ratio had good motility, based on the presence of wide myocytes. The high growth rate in the olive flounder fed on fermented fishmeal at the 25% substitution ratio therefore seemed to be related to the health status of the liver and muscles. Higher amounts of the fermented fishmeal (75% and 100% substitution ratios) suppressed the growth rate due to adverse effects on hepatic function and motility of the olive flounder.

Key words : Fatty liver levels, fermented fishmeal, hepatosomatic index, *Paralichthys olivaceus*, size of the myocytes

서 론

전세계적으로 1인당 어류소비량은 2016년 20.3 kg이었으며, 2030년에는 21.5 kg으로 증가할 것으로 예상되고 있다[4].

어류 소비량의 증가는 어류 양식 시장 확대의 결과를 나타내고 있으며, 증가하는 양식업과 더불어 어류 양식 사료의 공급 역시 중요한 문제로 대두되고 있다. 현재 양식용 사료로서는 소형의 어류로 구성된 생사료(MP, Moist Pellets) 및 어분이나 어유를 배합하여 제조한 배합사료(EP, Extruded Pellets)를 사용하고 있다. 우리나라의 경우 배합사료의 사용 비율은 15.1% 정도로, 생사료의 사용 비율인 84.9% 보다 매우 낮은 실정이다[14]. 이는 생사료가 배합사료에 비해 가격이 싸고, 어류의 출하 시 배합사료에 비해 성장이 우수하기 때문이다. 그러나, 생사료의 사용은 여러 가지 문제점을 나타내고 있는데, 멸치, 정어리 및 청어 등과 같은 소형 어류들의 남획, 잔여 생사료로 인한 수질 오염 등이 그것이다[13]. 이러한 생사료로 인한 문제점을 해결할 수 있는 것이 배합사료의 사용이다.

배합사료는 어분이 약 65%를 차지하는데 국내에서는 필요한 어분량의 약 1/3 만이 공급되고 있고 나머지는 수입에 의존

하고 있는 실정이다[10]. 한편, 수입 어분의 값은 어분의 주재료인 생어의 생산량 및 어분 생산국가의 국내 실정에 따라 변하고 있는데, 최근에는 중국을 위시한 후발 양식국에서의 어분 수요가 증가하면서 어분 공급의 불균형이 심화됨과 동시에 가격은 점차 상승 추세에 있다[5]. 현재, 우리나라는 수입 어분의 70%를 칠레산에 의존하고 있는데, 주요 어분 생산지인 페루와 칠레에서는 어분 원료어의 자원 보호를 위해 어분 생산량을 제한하고 있고, 그에 따른 어분 공급량 부족으로 가격 상승이 뒤따르고 있다[13]. 따라서 우리나라에서 배합사료의 사용을 증가시키기 위해서는 주로 수입에 의존하는 값비싼 어분을 대체할 수 있고, 동시에 양식어의 우수한 성장을 나타낼 수 있는 어분 대체물질의 개발이 필요한 실정이다. 이에 어분 대체물질에 대한 연구가 최근 활발해진 바 있는데, 대두박[7, 9], 지렁이[18], 곤충[8] 및 동물성 부산물[6] 등이 그것이다. 그러나 이러한 대체물질들은 원료 비용이 많이 들고, 소화흡수율의 저하, 항영양인자의 증가 및 열처리로 인한 아미노산의 결핍 등의 문제점을 나타내고 있다[6, 8, 12, 18, 19].

최근 NIFS [16]에서는 가격이 저렴한 참치 수산부산물을 사용하여 비용을 낮추고, 발효공정을 활용하여 소화흡수율은 높은 기능성 수산부산물 발효어분(이하 발효어분)을 개발한 바 있다. 즉, NIFS [16]은 발효어분과 수입어분을 1:3의 비율(25%의 대체비율)로 배합한 사료로 사육한 넙치가 수입어분(0%) 만으로 사육한 넙치보다 높은 증체율(114.13%)을 보이는 점에서, 가장 유효한 기능성 발효어분의 대체비율이 25%라고 하였으며, 따라서 수산부산물의 어분으로서의 이용 가능성을 보고하였다. 한편, 대체율이 25% 이상인 경우는 기능

*Corresponding author

Tel : +82-51-663-4645, Fax : +82-51-628-4628

E-mail : kjh75@ks.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성 발효 어분에 포함된 항영양인자인 히스타민의 함유량이 높아져서 넙치의 성장에 좋지 않은 영향을 미친 것으로 생각되며 이를 보강하기 위한 후속 연구의 필요성을 강조한 바 있다[16].

따라서 본 연구에서는 발효어분[16]으로 사육한 넙치의 성장과 건강상태를 대체율별로 비교하기 위하여, 면역성 및 생리활성의 상태를 나타내는 간조직과 주 식용부위에 해당하는 근육조직의 미세구조를 관찰하고, 발효어분이 간과 근육조직 그리고 증체율에 미친 영향에 대해서 고찰하고자 한다.

재료 및 방법

실험군의 설정

NIFS [16]에서는 내열성이 강한 바실러스 균주를 이용하여 고온고속 발효법으로 어분을 생산하였으며, 이를 이용한 넙치 사육의 내용은 다음과 같다. 즉, 총 600마리의 넙치 치어를 120마리씩(60마리씩 2반복구) 5 개 실험군으로 나누어 8주간(2016년 11월 14일-2017년 1월 9일) 부산시 기장군 일광면에 위치한 양어장인 화남수산에서 사육하였으며, 5개 실험군에 투여한 수입어분과 발효어분의 비율은 1:0(0% 대체군), 3:1(25% 대체군), 1:1(50% 대체군), 1:3(75% 대체군) 및 0:1(100% 대체군)이었다. 일반적으로 배합사료에는 어분이 65% 포함되며, 나머지(35%)는 발효대두, 어유, 밀가루-3, 탈피대두박 등으로 조성된다. NIFS [16]에서 넙치 사육 실험에 사용한 수입 어분은 참치를 원료로 한 어분이며, 대체군별 사료의 성분 분석표는 Table 1에 나타내었다.

본 연구에서는 NIFS [16]에서 개발한 발효어분으로 사육한 넙치의 간 및 근육 조직을 적출하여 조직학적 연구에 사용하였다.

간중량지수 측정 방법

사육 종료 후 각 대체군에서 임의로 선정한 각각 12마리씩(10%)을 해수에 담긴 상태로 경성대학교 동물학 실험실로 옮

겨왔다. 넙치의 두개부를 타격하여 즉살시킨 후 각 개체의 외부측정치, 즉 무게(BW, Body Weight), 전장(TL, Total Length), 체폭(BW, Body Width) 및 체고(BH, Body Height)를 측정하고 기록하였다. 이후, 각 개체들로부터 간을 적출하여 각각 무게를 측정하고 간중량지수(HSI, Hepatosomatic index) 즉, 체중에 대한 간의 무게비를 산출하였다.

간 조직 내 지방 함유율 측정 방법

조직학적 관찰을 위해, 간조직을 10% 포르말린에 고정한 후 1 mm³의 크기로 세절 하고 OsO₄로 2시간 동안 후고정 한 후, 알코올 탈수와 아세톤 치환을 거쳐 epon mixture로 포매, 중합하였다. 이후 7-8 μm 두께로 세절하고 toluidine blue로 염색하여 광학현미경을 통해 관찰하였다. 한편, 간조직 내 지방 함유율을 평가하기 위하여 간의 기준면적(90×90 μm²) 당 지방함유세포의 비율을 측정하였다. 즉, 기준면적을 100구역으로 나누어 지방을 함유한 간세포가 있는 구역의 수를 간조직 내 지방함유율(%)로 나타내었다.

근육조직 관찰 방법

근육조직은 척추뼈 상단에서 체폭이 가장 두꺼운 부분을 선택하여 약 1.5 cm의 크기의 근육을 적출하여 간과 동일한 방식으로 고정 및 전처리 하였다. 한편, 간의 지방함유율 평가에 사용된 개체 중 각 실험군 별로 임의로 선정한 4마리씩의 개체를 사용하였으며, 개체당 임의로 선정된 근섬유 각각 80 개씩의 단면적을 측정하였다.

통계처리

간조직 내 지방 함유율의 비교 및 근섬유의 단면적을 비교 분석하기 위하여 이미징 장치(TrueChrome II; Tucsens, Fuzhou, China)와 이미지 분석 프로그램(TCapture, Version 4.3.0.605; Tucsens, Fuzhou, China)을 사용하였다. 각 시험구 간의 유의성은 ANOVA 분석 및 상관관계로 검증하였다.

Table 1. Ingredient and proximate composition of the experimental diets

Diets	Substitution ratios (%)				
	0	25	50	75	100
Ingredients(%)					
Fish meal	65.0	59.3	48.8	40.7	32.8
Plant sources	10.7	16.6	28.0	36.9	44.7
Other grains	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
oil	5.8	5.4	4.3	3.6	2.6
Other additives meal	1.5	1.7	1.9	1.9	3.0
Proximate composition (%)					
Crude protein	50.2	50.1	50.1	49.9	50.0
Crude lipid	9.9	10.1	10.0	10.0	9.9
Crude fiber	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Ash	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0

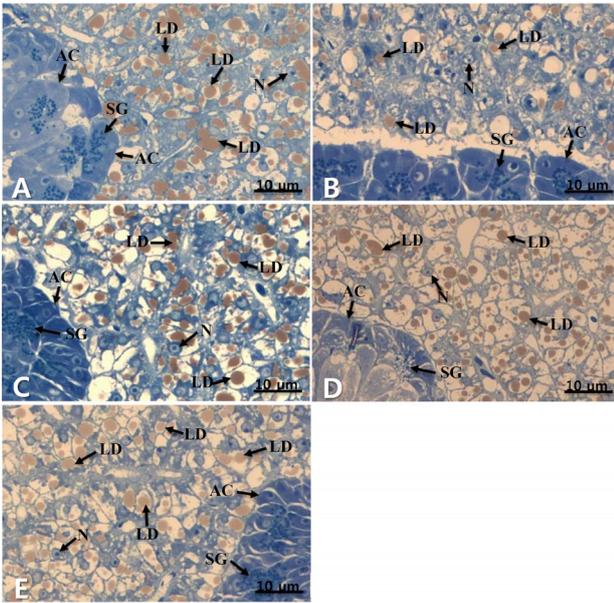


Fig. 1. Observation of hepatopancreas in flounders by light micrograph (A, 0%; B, 25%; C, 50%; D, 75%; E, 100%). AC, Acinar Cells; LD, Lipid Droplet; N, Nucleus; P, Pancreas; SG, Secretory Granules; Scale bar=10 μm.

결과 및 고찰

간의 조직학적 관찰 및 간중량지수의 비교

넙치의 간 조직 관찰 결과 대부분의 간세포의 세포질은 핵과 세포막만 관찰되는 공포상 이거나 혹은 내부에 지방방울을 포함하고 있었고, 핵은 둥글고 핵막의 경계가 뚜렷하였으며 세포막에 붙어 있거나 혹은 세포의 중앙에 위치해 있었다(Fig. 1). 각 대체군별로 간세포의 조직학적 미세구조의 차이는 관찰되지 않았다.

Choi 등[2]에 의하면 간은 어체 건강 유지와 매우 깊은 관련이 있는 장기일 뿐 아니라 질병에 대한 면역성과 직접 연관되어 있고, 특히 간중량지수가 높을수록 면역성 및 영양상태가 좋다고 알려져 있다. 본 연구결과, 발효어분을 투여한 모든 실험군(25~100% 대체군, 1.54~1.71%)에 대한 간중량지수는 수입어분(0% 대체군, 1.51%)만으로 사육한 실험군의 간중량

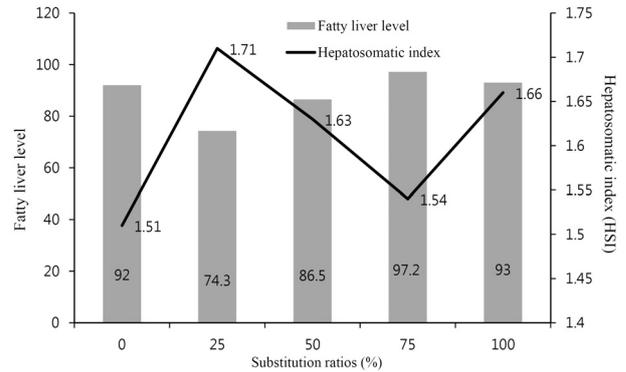


Fig. 2. Comparison of the fatty liver levels of the hepatopancreas and the Hepatosomatic index (HSI) in the 12 olive flounder groups fed on the mixed fishmeal with the 5 substitution ratios ($p = -0.74$).

지수 보다 모두 높았는데(Table 2), 이는 발효어분으로 사육한 넙치의 면역성 및 영양상태가 수입어분으로 사육한 넙치보다 양호함을 시사한다. 더욱이 증체율이 가장 높은 것으로 보고된 25% 대체군[16]의 간중량지수가 가장 높은 점(1.71%)은 대체율 25%가 넙치의 성장 및 면역성 향상에 가장 적합한 비율임을 시사하고 있다.

간의 지방 함유율 비교

Choi 등[2]에 의하면 지방간을 가진 어체의 간중량지수는 정상적인 개체에 비해서 낮다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 각 대체군 별로 넙치 간조직의 지방함유율과 간중량지수를 비교해 보면, 간중량지수가 가장 높은 25% 대체군(1.71%)에서 지방함유율(74.3±21.3%)도 가장 낮아(Table 2) 강한 상관관계를 보여주었으며(Fig. 2, $p = -0.74$), 따라서 25% 대체군의 간의 건강성이 가장 우수함이 시사되었다. 한편 75% 대체군(97.2±3.0%)에서는 간 지방 함유율이 매우 높아 0% 대체군(92.0±13.0%) 및 50% 대체군(86.5±18.6%) 보다도 높았으며, 100% 대체군(93.0±4.4%)은 0% 대체군 보다 약간 높은 것으로 밝혀졌다(Table 2). 그러나 각 대체군 별로 발효어분에 포함된 조지방의 양이 매우 유사했다는 보고를 고려할 때(Table 1), 사료 내 지방함유량이 간조직의 지방함유율을 높였을 가능성은 매우 낮

Table 2. Hepatosomatic index (%), fatty liver levels (%) and size of myocyte (μm^2) in the olive flounder groups fed on the mixed fishmeal with the 5 substitution ratios

Substitution ratios (%)	HSI ^{1), 2), 3)} (%)	Fatty liver level ³⁾ (%)	Size of myocyte ^{2), 4)} (μm^2)
0	1.51±0.36(0.96~2.06)	92.0±13.0(55~100)	801.1±123.5(654.3~943.1)
25	1.71±0.37(1.22~2.29)	74.3±21.3(33~94)	956.7±72.7(887.6~1053.8)
50	1.63±0.35(0.95~2.26)	86.5±18.6(27~100)	755.3±55.9 (674.8~797.1)
75	1.54±0.28(1.16~2.02)	97.2±3.0(92~100)	699.3±235.8(491.4~1023.0)
100	1.66±0.40(1.16~2.62)	93.0±4.4(54~100)	777.5±45.6(709.3~805.2)

¹⁾Hepatosomatic index=liver weight/body weight×100, ²⁾ $p > 0.05$, ³⁾Measured fatty liver level of 12 olive flounder.

⁴⁾Measured size of myocyte of 4 olive flounder randomly selected from the fish whose fatty liver level was measured.

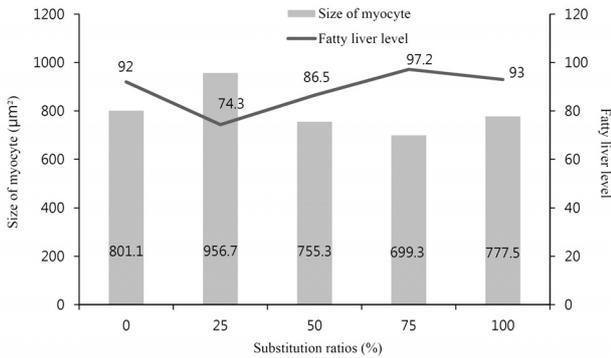


Fig. 3. Comparisons of size of myocytes and the fatty liver levels in the olive flounder groups fed on the mixed fishmeal with the 5 substitution ratios ($p=-0.91$).

다. 한편 후술한대로, 근섬유의 평균면적이 가장 좁은 75% 대체군에서 간 지방함유율이 가장 높은 반면, 근섬유의 평균면적이 가장 넓은 25% 대체군에서는 간 지방함유율이 가장 낮은 점 등, 근육 단면적과 간 지방함유율 사이에는 강한 상관관계가 있음을 보여주었다($p=-0.91$, Fig. 3). 즉 이 같은 현상은 75% 대체군에서는 근육발달 저하로 인한 운동량 감소로 인하여 간 지방함유율이 높아진 반면, 25% 대체군에서는 근육의 발달로 인하여 운동량이 증가됨으로써 간 지방함유율이 낮았기 때문인 것으로 추측되었다.

또 다른 간의 건강지표로서는 GOT (=AST) 및 GPT (=ALT)가 알려져 있는데[3], NIFS [16]가 수입어분만을 투여한 실험군(0% 대체군)보다 발효어분이 포함된 실험군(25~100%) 모두가 GOT 및 GPT가 낮은 값을 나타냈다고 보고한 것으로부터, 발효어분을 투여한 넙치들의 간의 건강상태가 수입어분만을 투여한 넙치보다 양호함이 재차 뒷받침되었다.

결과적으로, 발효어분을 투여한 실험군(25~100% 대체군)에서는 수입어분만을 투여한 실험군(0% 대체군)에 비해서 대체적으로 간 건강이 양호함을 알 수 있었고, 특히 25% 대체군의 간의 건강이 가장 우수함을 시사하였다.

근섬유 단면적의 비교

근육은 운동기관으로 근육의 발달 정도로부터 운동성을 알 수 있는데, Kim 등[11]에 의하면 넙치의 경우 근섬유의 단면적이 클수록 근육의 운동성이 큰 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과 넙치의 근섬유는 잘린 방향에 따라 다각형 혹은 타원형으로 관찰되었으며, 다핵 세포인 근세포의 특성상 핵은 다수 관찰되거나 부분적으로 관찰되지 않는 경우도 있었다. 대체군별 근세포의 조직학적 미세구조의 차이점은 관찰되지 않았다(Fig. 4). 이미지 분석 프로그램을 이용해 넙치 근육의 근섬유 단면적을 측정한 결과, 근섬유 단면적의 평균은 25% 대체군에서 가장 넓었고, 다음으로 0% 대체군, 100% 대체군, 50% 대체군, 75% 대체군의 순으로 넓은 것으로 관찰되었다(Table 2, $p>0.05$). 대체율별 근섬유의 단면적의 크기와 넙치의 증체율과

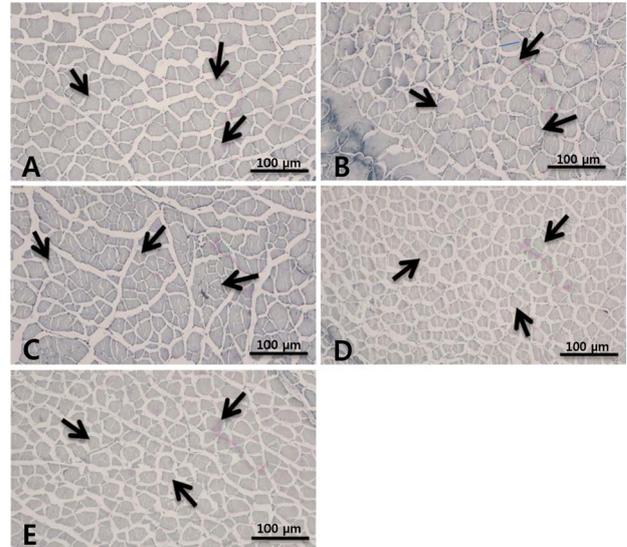


Fig. 4. Comparisons of cross-section of muscle tissue in the 4 olive flounders group fed on the mixed fishmeal with the 5 substitution ratios (A, 0%; B, 25%; C, 50%; D, 75%; E, 100%). Arrow, indicate the cross-sectional myocytes; Scale bar=100 µm.

의 비교는 Fig. 5에 나타내었는데, 증체율이 가장 높은 25% 대체군의 근섬유 단면적이 가장 넓게 나타났다($956.7 \pm 72.7 \mu\text{m}^2$). 그 다음으로 증체율이 높은 0% 대체군의 단면적은 $801.1 \pm 123.5 \mu\text{m}^2$, 75% 대체군의 단면적은 $699.3 \pm 235.8 \mu\text{m}^2$, 50% 대체군의 단면적은 $755.3 \pm 55.9 \mu\text{m}^2$, 100% 대체군의 단면적은 $777.5 \pm 45.6 \mu\text{m}^2$ 으로 강한 상관관계를 나타내었다($p=0.78$). 따라서 증체율의 크기는 어체의 근섬유 단면적의 증가를 반영한다고 할 수 있다.

한편, 근육의 단면적으로부터 근육의 운동성을 고려하면, 25% 대체군의 운동성이 가장 우수한 반면, 75% 대체군의 운동성이 가장 낮은 것으로 추측되었다. 이러한 운동성은 전술한 바와 같이 넙치 간의 건강성과도 강한 상관관계가 있음을 보여준 바, 25% 대체군은 근육의 운동성 및 간의 건강성이 우수함으로써, 이러한 요인이 25% 대체군의 높은 증체율[16]에도 영향을 미쳤을 것으로 생각되었다.

한편, 75% 및 100% 대체군의 증체율은 각각 68.5%와 61.3%로서 수입산 어분만을 투여한 실험군의 증체율(74.3%)보다도 낮았고[16], 반면 간 지방함유율은 높았는데, 이러한 점들은 발효어분이 일정 비율 이상 포함될 경우 넙치의 간건강 및 성장에 좋지 않은 영향을 미침을 시사한다. NIFS [16]에서는 기능성 발효어분에 항영양인자로 알려진 히스타민이 수입어분(1,130 ppm)보다 높은 농도(1,513 ppm)로 포함되어 있음을 밝힌 바 있다. 히스타민과 같은 항영양인자는 사료 내 수준이 높으면 동물의 건강과 성장에 지장을 줄 수 있으므로[1, 17], 항영양인자들로 인한 부작용을 최소화 하기 위한 배합비율의 조절 및 항영양인자 발생의 감소를 위한 연구들이 행해지고

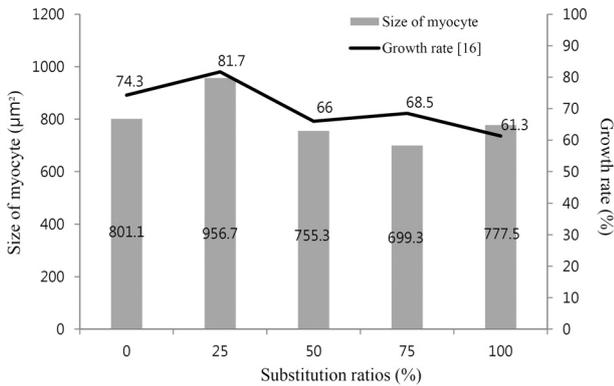


Fig. 5. Comparisons of size of myocytes and growth rate in the olive flounder groups fed on the mixed fishmeal with the 5 substitution ratios ($p=0.78$).

있다[1, 15, 20]. 즉 75% 이상의 대체군에서는 사료 내 높은 함량의 히스타민으로 인해서 넙치의 성장 및 건강성에 악영향이 미쳤을 가능성이 있으며, NIFS [16]에서는 개발된 발효어분의 히스타민 함량을 낮추기 위한 보강 연구의 수행이 필요할 것이라 보고한 바 있다.

결과적으로, NIFS [16]에서 개발한 발효어분을 수입어분에 대해 25% 대체할 경우 수입산(0% 대체군) 및 다른 대체군(50~100% 대체군)들 보다 간의 건강성 및 근육의 발달이 양호하였다. 즉 발효어분은, 수입어분에 대해 25%의 비율로 대체할 경우 수입산 어분만을 사용한 경우와 비교해 증체율을 높인다고 보고되었는데[16], 이는 근섬유의 발달로 인한 운동성의 증가 및 이로 인한 지방간의 감소로 인해 넙치의 건강을 향상시켰음을 알 수 있었다. 또한 낮은 가격의 수산부산물을 활용함으로써 값비싼 수입 어분을 대체할 수 있다는 점에서 대체어분으로서의 활용 가능성이 인정된다고 할 수 있다. 그러나 75% 이상의 대체군에서는 수입산어분만으로 사육한 실험군보다 간의 지방함유율이 높고 근섬유의 발달 정도가 낮았는데, 발효어분의 대체비율을 높이기 위해서는 발효어분에 포함된 항영양인자를 줄이는 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원(NIFS)의 지원을 받아 수행된 연구결과이며 이에 감사 드립니다(R201702).

References

- Bang, M. W., Chung, C. D., Chang, M. B., Lee, S. S. and Lee, S. S. 2009. Characteristics of histamine forming bacteria from tuna fish waste in Korea. *J. Life Sci.* **19**, 277-283.
- Choi, H. S., Huh, M. D., Lee, M. K., Choi, H. J. and Park, M. A. 2011. Histopathological observation of liver in cultured black rock fish *Sebastes schlegeli* in low temperature

season. *J. Fish Pathol.* **24**, 225-236.

- Davis, K. B. and Paker, N. C. 1990. Physiological stress in striped bass: Effect of acclimation temperature. *Aquaculture* **91**, 349-358.
- FAO. 2018. The state of the world Fisheries and Aquaculture. Retrieved from <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture> on 25 October, 2018.
- Indxmundi. 2017. Fishmeal monthly price - US dollars per metric ton. Retrieved from <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=fish-meal&months=180> on 11 June, 2018.
- Jang, M. S., Park, H. Y., Kim, K. W., Kim, K. D. and Son, M. H. 2011. Comparison of free amino acids and nucleotides content in the Olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellet. *Kor. J. Food Preserv.* **18**, 746-754.
- Jang, M. S., Park, H. Y., Nam, K. H., Han, H. S., Kim, K. W., Kim, K. D. and Lee, B. J. 2013. Effect of extruded pellets containing fermented soybean meal as a partial substitute for fish meal on growth performance and muscle quality of Olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Agric. Life Sci.* **47**, 203-215.
- Jeong, S. M., Kim, E., Jang, T. H., Lee, Y. S. and Lee, S. M. 2017. Utilization of mealworm *Tenebrio molitor* as a replacement of fishmeal in the diet of juvenile Fockfish *Sebastes schlegeli*. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **50**, 372-377.
- Jeong, U. C., Jin, F., Han, J. C., Choi, B. D. and Kang, S. J. 2014. Effects of DHA-rich fermented soybean meal as a dietary protein replacement for fish meal in the Parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **47**, 376-382.
- Kim, J. D. 2016. Tips for feeding EP feed. In: *Aquainfo magazine*, 247pp, No.4, Lee, K.Y., eds., Aquainfo Press, Yeongdeungpo-Gu, Korea.
- Kim, K. W., Kim, K. D., Kim, S. K. and Son, M. H. 2010. Quality characteristics of Olive flounder muscle fed with extruded pellet and raw fish-based moist pellet. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **43**, 451-456.
- Kim, P. K. and Jeong, J. K. 2014. Digestive characteristics of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* on soybean meal based diets. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **47**, 832-839.
- Korea Maritime Institute (KMI). 2012. Stable securing of fish meals for higher competitiveness of fish farming, KMI Report, 2-42.
- KOSIS. 2018. Preliminary results of the survey on the status of fish culture in 2017. Retrived from. http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/7/1/index.board?bmode=read&aSeq=366670. On 25 October, 2018.
- Lim, E. S. and Lee, N. G. 2016. Control of histamine-forming bacteria by probiotic lactic acid bacteria isolated from fish intestine. *Kor. J. Microbiol.* **52**, 352-364.
- National Institute of Fisheries Science (NIFS). 2017. A study on development of alternative ingredients for fishmeal using fishery by-product fermentation technology. NIFS Report, 185-240.
- Poultry Research Monthly. 2004. Anti-nutritional Factors to Reduce Feed Efficiency. **176**, 48-52.
- Pucher, J., Ngoc, T. N., Yen, T. T., Mayrhofer, R., El-Matbouli,

- M. and Forcken, U. 2014. Earthworm meal as fishmeal replacement in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture in rural Northern Vietnam. *Tuk. J. Fish. Aquat. Sci.* **14**, 557-565.
19. Song, J. H. 2011. A study on the comparative analysis of business performance of raw feed and formula feed in fish aquaculture. *J. Fish Mar. Sci. Edu.* **23**, 526-532.
20. Shim, J. H., Park, H. D. and Lee, S. K. 2017. Inhibitory effect of garlic extract on histamine accumulation in mackerel meat. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **46**, 957-964.

초록 : 수산부산물 발효어분이 넙치(*Paralichthys olivaceu*)의 간 및 근육에 미치는 영향에 관한 조직학적 연구

이보람 · 김지혜*

(경성대학교 화학생명과학부)

본 연구에서는 발효어분이 넙치의 증체율에 미친 조직학적 영향을 규명하기 위하여 수입어분에 대한 발효어분의 대체비율 0, 25, 50, 75 및 100%로 사육한 넙치로부터 간 및 근육을 적출하여 광학현미경을 이용한 미세구조적 분석을 실시하였다. 그 결과, 25% 대체군에서 간중량지수가 가장 높고 간 지방함유율이 가장 낮은 점으로부터 25% 대체군의 간의 우수한 건강성이 시사되었다. 또한 근섬유의 단면적도 25% 대체군이 가장 넓게 나타나, 운동성 또한 우수한 것으로 추측되었다. 즉 간 및 근육의 우수한 건강 상태가 높은 증체율을 나타내는데 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. 한편, 증체율이 낮은 75% 및 100% 대체군에서는 간건강 및 근섬유의 발달이 좋지 못했는데, 이는 발효어분이 일정 비율 이상 포함될 경우 넙치의 건강에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있음이 시사되었다.