

Comparison of Free Amino Acids and Nucleotides Content in the Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* Fed with Extruded Pellet

Mi-Soon Jang^{1*}, Hee-Yeon Park¹, Kang-Woong Kim², Kyoung-Duck Kim² and
Maeng-Hyun Son²

¹Food and Safety Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

²Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea

건조 배합사료로 사육한 넙치 어육의 유리아미노산 및 핵산 관련 성분의 비교

장미순^{1*} · 박희연¹ · 김강웅² · 김경덕² · 손맹현²

¹국립수산과학원 식품안전과, ²국립수산과학원 사료연구센터

Abstract

This study analyzed the taste components of dorsal muscle and fin muscle collected from olive flounder cultured with extruded pellet (EP) compared with those of olive flounder cultured with raw fish moist pellet (MP) as a control. The olive flounder in this study were cultured for 10 months with either the formulated extrude pellets (FEP), commercial extruded pellets (CEP) or the MP feed, and the average weight was 1.15 kg. The major nucleotides and related compounds in the dorsal muscles of the fish fed with MP, CEP and FEP diets were AMP and IMP. The fin muscle of the olive flounder contained the largest amounts of IMP(5.91 $\mu\text{mol/g}$). The K value of the dorsal muscle in olive flounder fed with MP, CEP and FEP showed 9.63%, 9.83% and 5.84%, respectively. The free amino acids in the dorsal muscle of olive flounder showed significantly differences in the composition depending on the feed, but the distribution of free amino acids showed similar patterns. Among free amino acids, taurine showed the highest content in all the experimental groups, and the asparagine and citrulline contents were significantly higher in the groups fed with CEP and FEP than in the group fed with MP. The significant differences were observed in the contents of specific free amino acids in dorsal muscle and fin flesh depending on the feed for cultured olive flounder.

Key words : extruded pellet, olive flounder, muscle, free amino acid, nucleotide

서 론

우리나라 양식어업은 1990년대 이후 크게 발전하였다. 전통적으로 김, 미역, 굴 등 해조류와 패류에 의존하던 양식어업이 넙치, 조피볼락, 도미 등 어류 양식어업으로 확대되면서 산업화되었을 뿐만 아니라, 가리비, 전복 등 고급 패류 양식 기술도 크게 발전하게 되었다. 특히, 양식넙치의 연간 생산량은 1990년 1,037톤에 비해 2005년에는 38배나 증가한 401,059톤으로 전체 양식 어류의 절반 가량을 차지하고 있다(1). 넙치 양식에 있어서 사료비의 비중은 30-50% 정도가 되기 때문에 국내외 대학, 연구기관, 사료회사 등에서

넙치의 배합사료(extruded pellet, EP)를 개발하기 위해 많은 노력을 기울여왔다. 그럼에도 불구하고 실제 양식장에서는 사용되고 있는 배합사료의 비율은 20%정도로 선진국에 비해 배합사료의 사용비율은 낮은 상태에 있다. 아직도 대부분의 양어가에서는 냉동 고등어, 까나리, 전갱이, 잭어 등 생사료나 생사료에 일정량의 분말사료를 혼합한 습사료(moist pellet, MP)를 사용하고 있는 실정이다. 이에 따라, 정부에서는 2004년부터 배합사료 직물제를 도입하여 바다의 환경오염 방지와 양질의 배합사료의 개발 및 사용을 확대를 위해 지속적인 노력을 기울이고 있으나, 양어민들의 배합사료에 대한 막연한 불신으로 배합사료 사용율은 증대되지 않고 있다. 또한, 양식산보다 자연산이 더 맛있고, 같은 양식산 해산어라도 배합사료를 공급한 어류보다 생사료를

*Corresponding author. E-mail : suni@nfrdi.go.kr
Phone : 82-51-720-2651, Fax : 82-51-720-2669

공급한 어류를 선호하는 우리나라 국민들의 수산물에 대한 인식으로 인해 양어민들이 배합사료의 사용을 기피하기도 한다.

일반적으로 넙치는 콜라겐 함량이 높아 쫄깃쫄깃 씹히는 맛이 좋을 뿐 아니라 지방질 함량이 낮아 담백한 맛을 느낄 수 있는 최상의 횡감으로 사랑받고 있으며, 횡감부위로 넙치의 등근육과 지느러미살(지느러미에 붙어있는 날개살)이 주로 애용된다. 이 지느러미살은 엔피라 혹은 미도리가와(綠側)라 부르는 담기골살로 운동량이 제일 많아 가장 맛있는 부위로 알려져 있으며, 세포와 세포를 연결하는 결합조직 성분인 콜라겐이 많이 함유되어 있어 피부미용에도 효과가 있다고 알려져 있다(2). 또한, 넙치는 어린이의 발육에 필요한 라이신이 많아 성장기 어린이에게 좋고 지방질이 적어 소화가 잘되므로 노인과 당뇨병환자, 병의 회복기에 있는 사람에게도 도움이 되는 식품이다(3). 한편, 넙치에 관해서는 자연산 및 양식산 넙치의 관능적 특성(4)을 비롯해 영양성분(5) 및 육질에 관한 연구(6-8)와 정미성분에 관한 연구(9) 등이 보고되어 있으며, 배합사료를 공급한 양식 넙치의 품질에 관한 연구로는 Ioka 등(10)과 Kim 등(11)의 연구가 있다. 최근에 저자들은 배합사료와 생사료 공급에 따른 양식 넙치의 품질 차이가 있는지를 비교해 보기 위해, 먼저 넙치의 등근육과 지느러미살의 일반성분, 지방산 및 구성아미노산 조성에 관하여 보고한 바 있다(12). 그 결과, 배합사료와 생사료 공급에 의한 넙치의 등근육과 지느러미살의 일반성분, 지방산 및 구성아미노산 조성에는 큰 차이가 없었고, 물성평가 및 관능평가에서도 공급한 사료에 의한 유의적인 차이가 없음을 보고한 바 있다(12). 따라서, 본 연구에서는 생사료와 배합사료를 공급한 양식 넙치의 품질차이를 비교하기 위한 연구의 일환으로 넙치회에 주로 애용되는 등근육과 지느러미살의 유리아미노산 조성 및 핵산관련물질의 성분 함량에 대해 비교 검토해 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험사료 및 실험어

실험사료와 실험어는 앞서 보고한 연구에서와 같다(12). 즉, 건조 배합사료(Extruded pellet, EP) 2종과 대조사료로서 생사료(Raw fish moist pellet, MP)를 사용하였다. EP 사료는 시중에 판매되고 있는 상품사료(Commercial extruded pellet, CEP)와 넙치의 영양소 요구를 고려하여 직접 설계 제조한 실험사료(formulated extruded pellet, FEP)로서 단백질원으로는 어분, 오징어간분, 대두박, 소맥글루텐을, 지질원으로는 어유, 오징어간유를, 탄수화물원으로는 소맥분을 사용하였다(Table 1). FEP에는 CEP에 비하여 어유(대두유) 대신 오징어간유, 면역증강제와 어분을 보강하였다. FEP

및 CEP 사료는 사료공장에서 모두 직경 11~15 mm로 제조하여 공급하였으며, MP는 곤쟁이, 전갱이, 고등어(청어), 가루사료를 각각 30%, 30%, 30%, 10% 비율로 혼합 분쇄하여 펠릿 형태로 성형한 후 냉동보관하면서 사용하였다.

실험어는 평균무게 375 ± 19.6 g(mean±SD)인 넙치 미성어를 콘크리트수조(30 m², 15톤)에 각각 850마리씩 수용하여 각 실험사료구당 2반복으로 약 10개월간(2007년 2월 26일~2007년 12월 18일) 사육한 평균 1.15 kg 넙치를 대상으로 수행하였다.

Table 1. Ingredients and proximate compositions of the experimental diets

Diets	MP ¹⁾	CEP ¹⁾	FEP ¹⁾
<i>Ingredients (%)</i>			
Fish meal		Closed	59.0
Squid liver powder and krill meal		-	4.3
Soybean meal and other plant protein sources		-	7.4
Wheat and wheat gluten		-	19.5
Squid liver oil		-	6.3
Fish oil + Soy oil		-	
Vitamin mixture with immunostimulants		-	1.7
Mineral mixture		-	1.1
Other additives		-	0.7
Raw fish	90		
Binder meal	10		
<i>Proximate composition (% DM basis)</i>			
Crude protein	61.1	49.5	51.2
Crude lipid	12.9	13.5	12.5
Ash	10.8	10.7	10.9

¹⁾MP; moist pellet, CEP; commercial extruded pellet, FEP; formulated extruded pellet

사육관리 및 실험재료

각 실험수조는 유수식으로서 유수량은 시간당 18~20회 전 되도록 조절하였고, 실험기간 중의 사육수온은 $18.6 \pm 2.7^\circ\text{C}$ ($12 \sim 26^\circ\text{C}$)로 전 기간 자연수온에 의존하였다. 사료는 FEP, CEP 및 MP 모두 1일 1~2회(주 6회) 반복으로 공급하였다. 그리고, 각 사료구의 실험수조에서 무작위로 10마리씩 취하여 활어 상태로 실험실로 옮겨와 즉살시킨 후, 즉시 껍질을 벗기고 앞서 보고한 연구(12)에 나타난 것처럼 등근육과 배근육 및 지느러미살별로 나눈 것을 실험재료로 사용하였다.

핵산관련물질 분석

각 사료구별 넙치의 등근육과 지느러미살 부위를 동결건조하여 분쇄한 시료 0.5 g에 10% 과염소산(perchloric acid, PCA) 용액 10 mL를 가해 균질화한 후, 4,000 rpm에서 10분

간 원심분리하여 상층을 분리하였다. 침전물에 대하여 10% PCA 용액 10 mL로 위와 같은 조작을 2회 반복하여 상층액을 합하였다. 상층액을 여과하고 5 N KOH로 pH를 6.5로 조정후, 10% PCA 용액을 첨가하여 100 mL로 정용하였다. 0°C에서 30분간 정치한 후 0.45 µm membrane filter로 여과한 시료액을 HPLC UV/Vis 200 Series (PerkinElmer, USA)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Column은 brownlee validated aqueous C₁₈ (4.6 × 250 mm, 5 µm), 칼럼온도는 40°C, 이동상은 50 mM KH₂PO₄ (pH 7.5), 유속은 0.8 mL/min, UV detector 254 nm에서 10 µL를 주입하여 검출하였고, 표준용액의 retention time을 비교하여 핵산관련성분을 확인하였다. 핵산관련성분은 표준 검량선을 이용하여 각 시료용액의 peak 면적으로 환산하여 정량하였다. ATP, ADP, AMP, IMP, inosine, hypoxanthine 표준품(Sigma-Aldrich, Inc, USA)을 사용하였고, 0.001~1.0 M 농도로 조제한 후, 위의 조건으로 분석하여 작성하였다.

K value 분석

IMP의 분해정도를 나타내며 어육의 선도 및 품질의 지표가 되는 K value는 다음과 같이 계산하였다(13).

$$K(\%) = \frac{HxR + Hx}{ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx} \times 100$$

유리아미노산 분석

각 사료구별 넙치의 등근육과 지느러미살 부위를 동결건조하여 분쇄한 시료 2 g에 ethanol 30 mL를 넣고 잘 섞은 다음 4°C에서 1시간 방치 후 30분간 균질화하였다. 시료액을 4°C에서 10,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 40°C에서 감압농축시킨 후 증류수를 넣어 행구어 여두기로 옮기고, ether로 행구어 여두기로 옮기는 과정을 2회 반복하였다. 여두기의 하층액을 수기로 옮겨 55°C 이하에서 감압농축한 다음 증류수를 이용하여 감압농축을 3회 이상 반복하였다. 농축된 시료는 lithium citrate buffer (pH 2.20)로 25 mL 정용플라스크에 정용하고 sulfosalicylic acid(Sigma-Aldrich, Inc, USA) 1 g을 첨가하여 암실에서 1시간 방치시킨 후 원심분리(10,000 rpm, 20분)하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 시료액을 Biochrom 30 아미노산 자동 분석기를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Cation separation column (lithium column, 4.6 mm × 200 mm)을 사용하였고 0.2 M lithium citrate buffer (pH 2.80), 0.3 M lithium citrate buffer (pH 3.00), 0.5 M lithium citrate buffer (pH 3.15), 0.9 M lithium citrate buffer (pH 3.50), 1.65 M lithium citrate buffer (pH 3.55) 및 0.3 M lithium hydroxide solution을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.33 mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33 mL/min,

column 온도는 31~76°C, 반응온도는 135°C로 하였고 분석 시간은 200분으로 하였다.

통계처리

모든 분석결과는 3회 반복하여 측정된 평균치(mean)와 표준편차(SD)로 나타내었으며, 결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 one-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(14)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

핵산관련물질의 함량

어패육에 있어서 nucleotides는 생화학적인 면 외에도 식품학적인 면에서 정미성분, 선도관정 지표물질 및 갈변형상의 관련물질로서 중요하며 주로 근육조직에 많이 있다(15). 각 사료구별 넙치 등근육의 핵산관련물질의 함량을 Table 2에 나타내었다. 넙치 등근육의 핵산관련물질은 공급한 사료에 따라서 HxR (inosine)의 성분에는 유의적인 차이를 보였으나, 핵산관련물질 조성의 분포양상은 비슷한 경향을 나타내었다. 모든 실험사료구에서 공통적으로 AMP (adenosine monophosphate)의 함량이 가장 높았고 그 다음으로 IMP (inosine monophosphate)의 함량이 높았다. 공급한 사료에 관계없이 넙치 등근육에서 AMP와 IMP의 함량이 공통적으로 가장 높게 나타난 것으로 볼 때, AMP와 IMP는 넙치회 맛에 영향을 미치는 중요한 정미성분임을 알 수 있었다. 이것은 핵산관련물질 중 AMP 및 IMP 등은 맛에 큰 영향을 미치기 때문에 함량이 많은 어류 등에서는 중요한 정미발현성분이 될 수 있다고 한 연구(16)와 일치하

Table 2. Contents of nucleotide-related compounds of the dorsal muscle in olive flounder fed with different diets¹⁾

Samples	Dorsal muscle					
	MP ²⁾		CEP ²⁾		FEP ²⁾	
	Mean±SD	Pooled SEM	Mean±SD	Pooled SEM	Mean±SD	Pooled SEM
Composition(%)						
IMP	11.92±1.17	0.83	10.65±0.40	0.28	11.57±0.08	0.06
ATP	6.35±0.79	0.56	5.86±1.11	0.86	5.91±0.40	0.28
ADP	8.29±0.26	0.19	8.17±0.04	0.03	8.00±0.04	0.03
AMP	14.44±0.36	0.26	14.57±0.14	0.10	15.96±0.81	0.57
HxR	2.45±0.18 ^b	0.13	2.41±0.23 ^b	0.16	1.64±0.11 ^a	0.08
Hx	1.92±0.36	0.26	1.87±0.25	0.18	0.93±0.52	0.37

¹⁾Values (three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05).

²⁾MP; moist pellet, CEP; commercial extruded pellet, FEP; formulated extruded pellet

는 결과를 나타내었다. 또한, 넙치의 등근육에서 IMP의 함량이 높은 것은 ATP (adenosine triphosphate)가 어류 사후에서 탈인산화에 의해 ADP (adenosine diphosphate), AMP, IMP, HxR, HX (hypoxanthine)로 분해되는데 사후 시간의 경과에 따라 ATP는 급격히 분해되어 부패되기 전까지 주로 IMP의 형태로 축적된다고 보고한 연구(17)결과와 일치하는 것으로 사료된다. 아울러, 어육의 유력한 지미성분인 IMP는 저장, 조리과정 중 효소에 의해 분해되고, IMP의 분해는 식미에 크게 영향을 미치며 어육의 생화학적 변화에 의해 신선도가 달라지는 것으로 알려져 있는데, MP 공급구의 IMP 함량은 11.92 $\mu\text{mol/g}$ 이었고, CEP 공급구 및 FEP 공급구에서는 각각 10.65 $\mu\text{mol/g}$ 및 11.57 $\mu\text{mol/g}$ 을 나타내었다. 한편, MP, CEP 및 FEP를 공급한 넙치 등근육의 HxR 함량은 각각 2.45 $\mu\text{mol/g}$, 2.41 $\mu\text{mol/g}$ 및 1.64 $\mu\text{mol/g}$ 으로 $p < 0.05$ 이내의 유의적인 차이를 나타내었다. HxR과 Hx은 불쾌취를 야기시키는 핵산 관련 성분으로 특히, Hx의 함량은 어중에 따라 생성을 차이가 있지만 여러 종류의 생선에서 신선도 지수로 활용될 수 있다고(17) 하였는데, 본 실험에서 FEP를 공급한 넙치의 등근육이 MP를 공급한 넙치의 등근육보다 신선함을 유추해 볼 수 있었다. 또한, 어육의 신선도 지표로서 사후 어육의 초기 변화 정도를 측정하는 K value 즉, ATP 분해생성물량에 대한 HxR+Hx량의 백분율(18)로 K값을 구하면, MP, CEP 및 FEP의 공급구에서 각각 9.63%, 9.83% 및 5.84%를 나타내었다. 일반적으로 K값이 낮을수록 선도가 좋으며 일반적으로 즉살어는 10% 이하, 신선어(횡감)은 20% 전후이고, 선후(소매점)은 35% 내외로 판정하는데, 실험에 사용된 넙치 등근육은 공급한 사료에 상관없이 10% 이하를 나타내어 매우 신선한 상태임을 알 수 있었고, 그 중에서도 FEP를 공급한 넙치의 등근육이 가장 신선하다고 생각된다(Table 4).

Table 3. Contents of nucleotide-related compounds of the fin muscle in olive flounder fed with different diets¹⁾

Samples	Fin muscle ($\mu\text{mol/g}$)					
	MP ²⁾		CEP ²⁾		FEP ²⁾	
	Mean \pm SD	Pooled SEM	Mean \pm SD	Pooled SEM	Mean \pm SD	Pooled SEM
IMP	5.76 \pm 0.01	0.01	4.23 \pm 0.91	0.65	5.91 \pm 0.15	0.11
ATP	1.19 \pm 0.28	0.20	0.83 \pm 0.10	0.07	0.65 \pm 0.44	0.31
ADP	2.98 \pm 0.00	0.00	2.41 \pm 0.64	0.46	1.39 \pm 0.04	0.04
AMP	2.20 \pm 0.08	0.06	1.71 \pm 0.34	0.24	1.79 \pm 0.22	0.16
HxR	0.59 \pm 0.13	0.10	0.45 \pm 0.11	0.08	0.53 \pm 0.12	0.09
Hx	1.67 \pm 0.53	0.38	0.71 \pm 0.51	0.36	1.55 \pm 0.10	0.07

¹⁾Values (three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different ($p < 0.05$).

²⁾MP;moist pellet, CEP; commercial extruded pellet, FEP; formulated extruded pellet

Table 4. K-value of the dorsal muscle and fin muscle in olive flounder fed with different diets

Samples	Diets	K value ²⁾ (%)
Dorsal muscle	MP ¹⁾	9.63 \pm 0.19
	CEP ¹⁾	9.83 \pm 0.18
	FEP ¹⁾	5.84 \pm 0.32
Fin muscle	MP ¹⁾	15.71 \pm 0.64
	CEP ¹⁾	11.22 \pm 0.24
	FEP ¹⁾	17.60 \pm 0.21

¹⁾MP; moist pellet, CEP; commercial extruded pellet, FEP; formulated extruded pellet

²⁾Values are Mean \pm standard deviation of triplicate determinations

각 사료구별 넙치 지느러미살의 핵산관련물질 함량을 Table 3에 나타내었다. Table 3에 나타난 것처럼 공급한 사료에 따른 넙치 지느러미살의 핵산 관련 물질의 함량에 유의적인 차이는 없었고 핵산관련물질 조성 분포 또한 비슷한 경향을 나타내었다. 그러나 넙치 등근육과는 달리 IMP 함량이 가장 높게 나타났고, 다음으로 ADP, AMP 함량이 높았다. IMP는 향미 강화제로 횡감생선에 바람직한 역할을 하며, IMP의 높은 함량은 횡감의 신선도 및 품질의 좋은 지수로 작용한다(19)고 하는데 FEP를 공급한 넙치의 지느러미살이 5.91 $\mu\text{mol/g}$ 로 가장 높은 값을 나타내었다. 또한, 핵산 관련 성분은 횡감 생선의 신선도 판정 및 정미성분의 indicator로서 이용되기도 하고(19), 어육의 ATP로부터 ADP, AMP, IMP, HxR로 분해된 후 최종적으로 Hx으로까지 분해되는데, ATP로부터 IMP까지의 분해과정은 비교적 사후 초기 단계에 신속하게 일어나지만, IMP로부터 Hx까지의 분해과정은 완만하게 진행되므로, IMP가 많이 축적되고 ADP나 AMP는 소량씩 증가한다고 한 보고(20, 21)와도 일치하는 결과를 보였다. 한편, 넙치 등지느러미살의 K값은 MP, CEP 및 FEP가 각각 15.71%, 11.22% 및 17.60%를 나타내었고, CEP를 공급한 넙치의 K값이 가장 낮게 나타났다.

일반적으로 어패류의 엑스성분은 계절, 어기, 연령, 성장, 환경, 어장 등 여러 가지 영향요인에 따라 변동하는 것으로 알려져 있고, 횡감 생선은 성장장소, 온도, 유통기간 등 많은 요인들로 인해 맛에 변화가 나타날 수 있다고 한다. 본 실험에서 넙치의 등근육과 지느러미살의 핵산 관련 물질 함량을 분석한 결과, 공급한 사료에 따라 정미성분의 차이가 나타남을 알 수 있었고, MP 공급구보다는 CEP 및 FEP와 같은 EP 사료의 공급이 좀 더 정미성분에 좋은 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대된다.

유리아미노산 함량

아미노산은 영양성분뿐만 아니라 맛 성분에도 기여하는데, 특히 유리아미노산이 핵산 관련 성분과 함께 생선의 맛에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(19). 이에

Table 5. Free amino acids in the dorsal muscle of olive flounder fed with different diets¹⁾

(% to total amino acid)

Samples	Dorsal muscle					
	MP ²⁾		CEP ²⁾		FEP ²⁾	
Free amino acid	Mean±SD	Pooled SEM	Mean±SD	Pooled SEM	Mean±SD	Pooled SEM
Phosphoserine	-	-	-	-	-	-
Taurine	44.52±5.19 ^b	2.99	34.72±0.73 ^a	0.42	36.48±2.23 ^a	1.29
Phenylalanine	-	-	-	-	-	-
Urea	0.22±0.38	0.22	-	-	-	-
Aspartic acid	0.35±0.48	0.28	0.23±0.05	0.02	0.16±0.04	0.02
Hydroxyproline	0.94±1.05	0.61	1.15±0.78	0.45	0.63±0.58	0.34
Threonine	1.05±0.31	0.18	1.62±0.12	0.07	1.01±0.88	0.51
Serine	0.18±0.06	0.03	0.23±0.06	0.04	0.20±0.04	0.02
Asparagine	6.32±0.40 ^a	0.23	10.49±0.30 ^b	0.17	13.09±0.55 ^c	0.32
Glutamic acid	0.37±0.25	0.15	0.59±0.30	0.18	0.19±0.11	0.06
Sarcosine	2.00±0.97 ^a	0.56	4.38±0.37 ^b	0.21	4.16±0.86 ^b	0.50
α-amino adipic acid	0.32±0.32 ^a	0.18	0.83±0.10 ^b	0.05	0.68±0.18 ^{ab}	0.10
Proline	0.76±0.62	0.36	0.72±0.35	0.20	1.14±0.54	0.31
Glycine	0.82±0.43	0.25	1.43±0.15	0.09	1.73±0.25	0.14
Alanine	1.54±0.30 ^a	0.17	2.14±0.07 ^b	0.04	2.96±0.21 ^c	0.12
Citrulline	9.17±5.37	3.10	14.95±0.58	0.34	15.63±1.08	0.62
α-amino-n-butyric acid	0.46±0.32	0.18	0.38±0.24	0.14	0.45±0.18	0.10
Valine	0.17±0.15	0.09	0.21±0.12	0.07	0.26±0.21	0.12
Cystine	1.13±0.13 ^b	0.07	0.52±0.10 ^a	0.06	0.81±0.30 ^{ab}	0.17
Methionine	1.02±1.07	0.62	1.82±1.51	0.87	0.84±0.60	0.34
Cystathionine	0.67±0.54 ^b	0.31	1.64±0.65 ^b	0.37	1.35±0.68 ^{ab}	0.39
Isoleucine	0.05±0.02	0.01	0.52±0.54	0.31	0.06±0.04	0.02
Leucine	1.55±0.51 ^b	0.29	1.44±0.18 ^{ab}	0.10	0.82±0.14 ^a	0.08
Tyrosine	2.36±0.37	0.22	2.45±0.82	0.47	1.84±0.63	0.36
β-alanine	1.79±0.34	0.20	1.49±0.35	0.20	1.26±0.37	0.22
Phosphoethanolamine	2.19±0.13 ^b	0.08	2.12±0.51 ^{ab}	0.30	1.31±0.49 ^a	0.28
β-aminoisobutyric acid	1.61±0.87	0.50	1.20±0.31	0.18	1.18±0.68	0.39
Homocystine	1.03±0.51	0.29	0.90±0.61	0.35	0.19±0.16	0.09
γ-amino-n-butyric acid	0.26±0.18	0.10	0.73±0.70	0.40	0.36±0.31	0.18
Ethanolamine	1.60±1.01	0.58	1.27±0.68	0.39	1.58±1.02	0.60
Ammonium chloride	1.13±0.81	0.47	0.68±0.12	0.07	0.67±0.45	0.26
δ-hydroxylysine	0.11±0.07	0.04	0.03±0.04	0.02	0.05±0.07	0.04
Ornithine	0.76±0.07	0.04	0.57±0.14	0.08	0.51±0.12	0.07
Lysine	4.78±0.36 ^b	0.21	2.13±0.34 ^a	0.20	2.16±0.28 ^a	0.16
1-methylhistidine	0.13±0.08	0.04	0.06±0.02	0.01	0.07±0.04	0.02
Histidine	0.88±0.16	0.09	1.30±0.42	0.24	0.92±0.18	0.10
Tryptophan	0.12±0.07	0.04	0.06±0.02	0.01	0.04±0.03	0.01
Anserine	2.21±0.54	0.31	2.06±0.89	0.52	2.28±0.89	0.51
Carnosine	0.23±0.18	0.10	0.14±0.09	0.05	0.27±0.23	0.13
Arginine	1.22±0.99	0.57	1.18±0.64	0.37	1.31±0.45	0.26

¹⁾Values (three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different ($p < 0.05$).²⁾MP; moist pellet, CEP; commercial extruded pellet, FEP; formulated extruded pellet

Table 6. Free amino acids in the fin muscle of olive flounder fed with different diets¹⁾

(% to total amino acid)

Samples	Fin muscle					
	MP ²⁾		CEP ²⁾		FEP ²⁾	
Free amino acid	Mean±SD	Pooled SEM	Mean±SD	Pooled SEM	Mean±SD	Pooled SEM
Phosphoserine	6.12±10.60	6.12	0.68±1.18	0.68	0.58±1.01	0.58
Taurine	31.98±8.60	4.96	42.07±7.47	4.32	43.83±3.23	1.87
Phenylalanine	0.40±0.69	0.40	0.43±0.38	0.22	0.36±0.33	0.19
Urea	0.86±1.49	0.86	-	-	0.27±0.46	0.27
Aspartic acid	0.33±0.19	0.11	0.11±0.05	0.03	0.16±0.15	0.09
Hydroxyproline	1.32±0.78	0.45	0.59±0.50	0.29	0.68±0.78	0.45
Threonine	2.30±0.52 ^b	0.30	0.89±0.68 ^a	0.39	1.44±1.14 ^{ab}	0.08
Serine	0.37±0.24	0.14	0.12±0.15	0.09	0.16±0.14	0.08
Asparagine	7.39±2.41	1.39	9.87±1.03	0.59	10.38±0.14	0.08
Glutamic acid	0.76±0.90	0.52	0.26±0.33	0.19	0.14±0.06	0.03
Sarcosine	0.75±0.08	0.04	1.91±1.65	0.95	1.67±1.54	0.89
α-amino adipic acid	1.55±1.43	0.83	0.59±0.36	0.21	0.40±0.08	0.05
Proline	1.31±0.54	0.31	1.53±1.45	0.83	0.51±0.23	0.13
Glycine	1.10±0.40	0.23	0.98±0.06	0.04	0.90±0.01	0.00
Alanine	1.55±0.33	0.19	1.77±0.30	0.17	1.30±0.19	0.11
Citrulline	8.47±0.94 ^a	0.54	11.88±2.32 ^b	1.34	10.80±0.65 ^{ab}	0.37
α-amino-n-butyric acid	0.60±0.53	0.31	0.26±0.24	0.14	0.36±0.19	0.11
Valine	0.41±0.29	0.17	0.37±0.28	0.16	0.27±0.01	0.01
Cystine	1.79±0.83	0.48	1.59±0.98	0.56	1.91±1.30	0.75
Methionine	1.30±1.13	0.65	0.42±0.29	0.17	0.48±0.19	0.11
Cystathionine	3.55±3.46	1.99	1.46±0.75	0.43	1.95±0.77	0.44
Isoleucine	0.54±0.46	0.27	0.27±0.19	0.11	0.25±0.32	0.18
Leucine	0.76±0.68	0.39	0.62±0.40	0.23	0.51±0.42	0.25
Tyrosine	1.85±1.31	0.76	1.34±0.80	0.50	1.75±0.83	0.48
β-alanine	1.98±1.65	0.95	1.98±0.98	0.57	1.87±0.98	0.56
Phosphoethanolamine	1.23±0.38	0.22	0.62±0.33	0.19	1.21±0.85	0.49
β-aminoisobutyric acid	0.84±0.48	0.28	1.51±0.46	0.27	1.13±0.26	0.15
Homocystine	2.56±2.35	1.36	0.69±0.25	0.14	0.58±0.01	0.01
γ-amino-n-butyric acid	0.58±0.36	0.21	0.53±0.28	0.16	0.60±0.31	0.18
Ethanolamine	0.86±0.66	0.38	1.76±0.82	0.47	1.23±0.21	0.12
Ammonium chloride	2.14±1.43	0.82	1.11±0.58	0.34	1.30±0.24	0.14
δ-hydroxylysine	0.12±0.14	0.08	0.18±0.13	0.07	0.08±0.04	0.02
Ornithine	0.28±0.17 ^a	0.09	0.71±0.06 ^b	0.03	0.86±0.16 ^b	0.09
Lysine	2.53±1.17	0.68	2.62±0.34	0.20	2.74±0.49	0.28
1-methylhistidine	0.12±0.03	0.02	0.31±0.47	0.27	0.05±0.03	0.02
Histidine	0.16±0.18 ^a	0.10	1.16±0.50 ^b	0.29	0.97±0.14 ^b	0.08
Tryptophan	0.31±0.27	0.16	0.28±0.15	0.08	0.09±0.03	0.02
Anserine	0.62±0.48	0.28	2.79±1.71	0.99	1.81±0.42	0.24
Carnosine	0.70±0.09	0.05	1.08±0.51	0.29	0.73±0.23	0.13
Arginine	4.08±1.32 ^b	0.76	1.16±0.25 ^a	0.14	1.73±0.33 ^a	0.19

¹⁾Values (three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different ($p < 0.05$).²⁾MP; moist pellet, CEP; commercial extruded pellet, FEP; formulated extruded pellet

본 실험에서는 핵산관련물질 분석과 더불어 유리아미노산 조성을 조사하였다. 각 사료구별 넙치 등근육 및 지느러미살의 유리아미노산 함량을 Table 5와 6에 나타내었다. Table 5에 나타낸 것처럼 넙치 등근육의 유리아미노산은 공급한 사료에 따라서 어체 성분에 약간의 차이를 보였으나 유리아미노산 조성의 분포양상은 비슷한 경향을 나타내었다. 모든 실험사료구에서 공통적으로 taurine 함량이 가장 높았으며, 특히 MP 공급구의 taurine 함량이 44.5%로 CEP 공급구 34.7% 및 FEP 공급구 36.5%보다 높았다(Table 5). 한편, 지느러미살의 경우는 MP 공급구가 32.0%, CEP 공급구 42.1% 및 FEP 공급구 43.8%로, MP 공급구보다 CEP 및 FEP 공급구에서 taurine 함량이 훨씬 높았다(Table 6). 양식 참돔에서도 taurine의 함량이 압도적으로 높았다고 Morishita 등(22)이 보고하였고, 이 taurine 성분은 고혈압 및 고지혈증의 예방 및 콜레스테롤과 담석 억제작용이 있다고 하였다. 또한, Park 등(23)은 가다랑어, 참치, 전갱이, 삼치 등의 붉은 살 생선에는 histidine이, 넙치, 참복 등의 흰살 생선에 taurine이 많다고 하였는데, 본 연구결과와 일치하였다.

넙치의 등근육 및 지느러미살의 유리아미노산으로는 taurine 외에 asparagine, citrulline, lysine 및 anserine의 함량이 공통적으로 높았고, 특히, CEP 및 FEP 공급구에서 MP 공급구보다 asparagine과 citrulline의 함량이 상당히 높았다. 이 asparagine은 콩나물 뿌리에 많이 함유되어 있는 것으로 널리 알려져 있으며, 알코올 섭취시 생성되는 독성물질인 아세트알데히드를 분해함으로서 해독작용을 도와주고(24), 신경세포에 에너지를 공급하고 다른 아미노산의 대사를 촉진하는 등 신진대사에 중요한 역할을 한다. 그리고, citrulline은 혈액속에서 질소를 제거하여 소변으로 전환시키는 것을 돕는 아미노산으로 이뇨작용을 활발하게 하며 arginine이라는 다른 아미노산의 형성을 도와 암모니아를 해독하고 피로를 회복하여 면역기능을 강화시키는 것으로 알려져 있다(25). Table 5에서처럼 넙치 등근육의 유리아미노산 중 lysine과 sarcosine의 함량은 MP 공급구와 CEP 및 FEP 공급구간에 유의적인 차이를 나타내어, lysine 함량은 MP 공급구가 유의적으로 높았고, sarcosine 함량은 CEP 및 FEP 공급구가 유의적으로 높았다. Lysine은 체내에서 합성되지 않으므로 음식을 통해 적정량이 섭취되어야 하는 필수아미노산으로 갈습의 흡수를 도와 성장 및 뼈의 생성에 관여하며, lysine의 결핍은 carnitine의 생성을 방해하므로 식욕부진, 체중감소, 빈혈, 피로, 집중력의 저하, 오심, 효소의 이상, 성장부진 등의 증상이 나타난다(26,27). Sarcosine은 단맛이 나는 아미노산 결정체로 물에 잘 녹으며, 근육을 튼튼하게 만드는 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

한편, Table 6에 나타낸 것처럼 넙치 지느러미살의 유리아미노산 조성은 등근육과는 달리 arginine과 ornithine 함량이 유의적인 차이가 있음을 알 수 있었다. Arginine 함량은

MP 공급구가 CEP 및 FEP 공급구보다 유의적으로 높았고, ornithine의 함량은 CEP 및 FEP 공급구가 MP 공급구보다 유의적으로 높았다. 이런 현상은 ornithine이 체내에서 arginine으로부터 합성되기 때문에(28), 본 결과에서처럼 arginine의 함량이 높으면 ornithine의 함량은 상대적으로 낮게 나타나는 것으로 사료된다. Arginine은 체내에서 생성되지만, 성장호르몬을 방출하는 등 유아기에는 체내의 요구량만큼 만들어 내기 힘들기 때문에 어린이에게는 필수아미노산이라 할 수 있으며, 정자의 부족이 원인인 남성의 불임증 치료 및 발기부전에도 이용되고 있다(29). Ornithine은 과잉의 체지방을 대사시키며, 간 기능의 회복 및 암모니아 해독작용이 있다(30). 이처럼, 유리아미노산은 생체 활성물질의 구성성분으로 중요할 뿐만 아니라 기호성에 영향을 미치는 중요한 요소로 그 자체가 특징있는 맛을 식품에 부여하기도 하고 육의 풍미를 예측하는 하나의 지표가 될 수 있다(31). Shou(32)는 유리아미노산 맛 분류에서 glutamic acid는 감칠맛, threonine, serine, glutamine, proline, glycine 및 alanine은 단맛, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, lysine 및 arginine은 쓴맛, aspartic acid는 신맛을 갖는다고 하였다. 넙치 등근육 중 단맛을 내는 아미노산인 proline, glycine 및 alanine의 함량은 MP 공급구보다 CEP 및 EEP 공급구에서 다소 높게 나타났으며, 쓴맛을 내는 아미노산인 leucine과 lysine의 함량은 CEP 및 EEP 공급구보다 MP 공급구에서 높은 경향을 보였다(Table 5). 넙치 지느러미살의 경우는, 단맛을 내는 아미노산인 threonine, serine 및 glycine의 함량은 CEP 및 EEP 공급구보다 MP 공급구가 높았고, 쓴맛을 내는 아미노산인 valine, methionine, isoleucine 및 arginine의 함량도 CEP 및 EEP 공급구보다 MP 공급구에서 높았다(Table 6). 이러한 아미노산 농도의 변화는 단백질분해효소에 의한 육성분의 분해 결과 때문으로, 이는 맛의 조화에 크게 기여할 것으로 사료된다. Hayashi 등(33)은 지속 계육의 정미성분 중 유리아미노산류가 무기질과 더불어 가장 중요한 정미발현 성분이었으며, 이 중 특히 glycine, arginine, alanine 및 glutamic acid 등의 역할이 컸다고 보고하였다. 이상의 결과들로부터 넙치를 사육하는 동안 공급하는 사료의 종류에 따라 등근육 및 지느러미살의 특정 유리아미노산 함량에는 유의적인 차이가 있으나($p < 0.05$), 전반적인 유리아미노산의 구성 함량에는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 넙치 어육중의 유리아미노산 함량은 무미(無味)의 taurine을 제외하면 다른 아미노산은 비교적 적은 양을 함유하고 있으므로, 특정한 아미노산을 많이 함유하는 정도에 따라 어육의 정미성에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

요 약

배합사료를 공급한 양식 넙치와 생사료를 공급한 양식넙

치의 핵산 관련 물질 및 유리아미노산 측정을 통한 품질의 차이를 비교하였다. 넙치 등근육의 핵산관련물질은 모든 실험사료구에서 공통적으로 AMP 함량이 가장 높았고 그 다음으로 IMP의 함량이 높았다. 공급한 사료에 따라서 HxR의 성분에는 유의적인 차이($p < 0.05$)를 보였으나, 핵산 관련 물질 조성의 분포양상은 비슷한 경향을 나타내었다. 또한, 넙치 지느러미살의 핵산 관련 물질 조성 중 공급한 사료의 종류에 상관없이 IMP 함량이 공통적으로 가장 높게 나타났으나 함량에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 한편, 어육의 초기 변화 정도를 측정하는 K value는 넙치 등근육에서 MP, CEP 및 FEP의 공급구가 각각 9.63%, 9.83% 및 5.84%를 나타내었고, 넙치 지느러미 살에서는 각각 15.71%, 11.22% 및 17.60%를 나타내었다.

넙치를 사육하는 동안 공급하는 사료의 종류에 따라 등근육 및 지느러미살의 특정 유리아미노산 함량에는 유의적인 차이가 있으나, 전반적인 유리아미노산의 조성에는 큰 차이가 없었다. 유리아미노산 중에서 taurine 함량이 모든 실험사료구에서 공통적으로 가장 높았고, CEP 및 FEP 공급구는 asparagine과 citrulline의 함량이 MP 공급구보다 높았다. 이처럼, 넙치를 사육하는 동안 공급하는 사료의 종류에 따라 등근육 및 지느러미살의 특정 유리아미노산의 함량에 차이가 나는 것으로 볼 때, 맛과 풍미에 큰 영향을 미치는 유리아미노산 조성의 규명은 기호도를 예측할 수 있는 효과적인 방법이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물품질관리원(어촌 식품기업의 현장애로 기술개발, RP-2011-FS-014)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

1. Lee NS (2006) A study on the distribution and consumption structure of aquacultural flatfish. J Fisheries Bus Admin, 37, 61-83
2. Hong CH, Lee JM, Kim KS (2004) Changes of nucleotides in the raw fishes during the aquarium storage. Korean J Food Sci Technol, 36, 379-384
3. Naver <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=292821>
4. Park BH, Park SH, Jo JS (2003) A study on the organoleptic characteristics and changes in freshness of cultivated and wild *Paralichthys olivaceus* during storage. Korean J Soc. Food Cookery Sci, 19, 72-78
5. Sato M, Yoshinaka R, Nishinaka Y, Morimoto H, Kojima T, Yamamoto Y, Ikeda S (1977) Comparison of nutritive components in meat of wild and cultured bastard halibut *Paralichthys olivaceus*. Bull Japan Soc Sci Fish, 52, 1043-1047
6. Lee KH, Lee YS (1997) Muscle quality of cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Korean J Soc Food Sci, 13, 448-452
7. Lee KH, Lee YS (2000) The effect of lipid and collagen content, drip volume on the muscle hardness of cultured and wild red sea bream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys olivaceus*). Korean J Soc Food Sci, 16, 352-357
8. Lee KH, Lee YS (2001) Observation of muscle structure and DSC measurement of collagen of the cultured and wild red sea bream and flounder. Korean J Soc Food Cookery Sci, 17, 549-554
9. Kim HY, Shin JW, Park HO, Choi SH, Jang YM, Lee SO (2000) Comparison of the taste compounds of red sea bream, rockfish and flounders differing in the localities and growing conditions. Korean J Food Sci Technol, 32, 550-563
10. Ioka H, Yamanaka H (1997) Quality evaluation of the muscle of cultured plaice fed with three different diets. Nippon Suisan Gakk, 63, 370-377
11. Kim KW, Kang YJ, Kim KD, Choi SM, Lee JY, Moon Lee HY, Bai SC C. (2007) Long-term evaluation of muscle quality of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed with extruded pellet. J Aquaculture, 20, 51-55
12. Jang MS, Kang YJ, Kim KW, Kim KD, Moon Lee H, Heo SB (2009) Quality characteristics of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellets; I. Comparison of fatty acid and amino acid contents. Korean J Food Sci Technol, 41, 42-49
13. Lee KH, Lee YS (2001) Changes of nucleotides and their related compounds in cultured and wild red sea bream and flounder muscle. Korean J Soc Food Cookery Sci, 17, 517-522
14. Duncan DB (1995) Multiple-range and multiple F tests. Biometrics. 11, 1-42
15. Fuke S, Konosu S (1991) Taste-active components in some foods: a review of Japanese research. Physiol Behavior, 49, 863-868
16. Suyama M (1976) White fish and red fish, fisheries science series 13. Koseishakoseikakuang, Tokyo, Japan, p 68-77
17. Ryu KY, Shim SL, Lim W, Jung MS, Hwang IM, Kim

- JH, Hong CH, Jung CH, Kim KS (2009) Analysis of the seasonal change of the proximate composition and taste components in the conger eels (*Conger myriaster*). J. Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 1069-1075
18. Murata M, Sakaguchi M (1986) Storage of yellow tail (*Seriola quinqueradiata*) white and dark muscle in ice; Changes in content of adenine nucleotides and related compounds. J Food Sci, 51, 321-32
19. Yamaguchi S. (1991) Roles and efficacy of sensory evaluation in studies of taste. J Japan Soc Food Sci Technol, 38, 972-978
20. Hirano T, Suyama M (1980) Quality of wild and cultured Ayu-III. Seasonal variation of nitrogenous constituents in the extracts. Bull Japan Soc Sci Fish, 46, 215-219
21. Iwamoto M, Yamanaka H (1986) Remarkable differences in Gigor Mortis between wild and cultured specimens of the red sea bream. Bull Japan Soc Sci Fish, 52, 275-279
22. Morishita T, Uno K, Takahashi T (1987) Variation with growth in the contents of nitrogenous constituents in the extracts from cultured red sea bream. Bull Japan Soc Sci Fish, 53, 1871-1881
23. Park BH (2002) Study on the organoleptic characteristics and changes of freshness of cultivated and wild *Paralichthys olivaceus*. MS thesis. Kyung Hee University, Seoul, Korea
24. Jeong YS, Lee JM, Dhakal KH, Hwang YH (2006) Change in asparagine content to growing duration and detoxifying effect of asparagine and extracts for alcohol. Korean J Crop Sci, 51, 408-409
25. Kim YH, Yu KH, Hong YS, Kim SK (2001) Assessment of endogenous nitric oxide formation in the neonate : Measurement of urinary nitrite and citrulline concentrations. J Korean Pediatr Soc, 44, 40-45
26. Weigensberg BI, Stary HC, Mcmillan GC (1964) Effect of lysine deficiency on cholesterol atherosclerosis in rabbits. Exp Mol Pathol, 3, 444-454
27. Fernández-Fígares I, Lachica R, Nieto R, Rivera-Ferre MG, Aguilera JF (2007) Serum profile of metabolites and hormones in obese (Iberian) and lean (Landrace) growing gilts fed balanced or lysine deficient diets. Livest Sci, 110, 73-81
28. Wiesinger H (2001) Arginine metabolism and the synthesis of nitric oxide in the nervous system. Prog Neurobiol, 64, 365-391
29. Isidori A, Latini M, Romanelli F (2005) Treatment of male infertility. Contraception, 72, 314-318
30. Carlisky NJ, Sadnik IL, Menendez JL (1972) Properties of amphibian renal arginase-III. The molecular weight, chemical specificity and effects of ornithine and urea. Comp Biochem Phys, B, 42, 81-90
31. Ohta S (1976) Food seasoning. Saiwaisyobow, Tokyo, Japan, p 146-187
32. Shou H (1969) Food component and taste. J Food Ind Japan, 16, 83-87
33. Hayashi T, Kohata H, Watanabe E, Toyama K (1981) Sensory analysis of taste-active components in the extract of boiled snow crab meat. J Food Sci, 46, 479-483

(접수 2011년 5월 2일 수정 2011년 10월 5일 채택 2011년 10월 7일)