

참다랑어(*Thunnus orientalis*) 치어에 있어서 전갱이(*Trachurus japonicus*) 근육 엑기스 중의 섭취촉진물질 검색

지승철*, 타카오카 오사무, 세오카 마나부, 코오바라 준¹, 호소카와 히데츠요²,
시메노 사다오², 정관식³, 이시우³, 타키이 켄지
긴키대학 수산연구소, ¹미에대학 생물자원학부,
²코지대학 농학부, ³전남대학교 수산해양과학대학

Identification of Feeding Stimulants for Juvenile Pacific Bluefin Tuna, *Thunnus orientalis* in Muscle Extract of Horse Mackerel, *Trachurus japonicus*

Seung-Cheol Ji*, Osamu Takaoka, Manabu Seoka, Jun Kohbara¹, Hidetuyo Hosokawa²,
Sadao Shimeno², Gwan-Sik Jeong³, Si-Woo Lee³ and Kenji Takii
Fisheries Laboratory, Kinki University, Uragami, Wakayama 649-5145, Japan
¹Laboratory of Fish Physiology, Faculty of Bioresources, Mie University, Mie 514-8507, Japan
²Faculty of Agriculture, Kochi University, Kochi 783-8502, Japan
³College of Fisheries and Ocean Sciences, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

For establishing a basal diet for the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (PBT), feeding stimulants were initially identified by omission test using the synthetic extract of horse mackerel, *Trachurus japonicus*. Four feeding trials were conducted using juvenile PBT weighing 9.0 ± 0.91 g (trial 1, 2 and 3) and 1.6 ± 0.23 g (trial 4), which were originated from an artificial seedling production. The fish fed the casein diet with each test solution were added at the ratio of 100 g casein diet to 100 g jack mackerel muscle. A complete synthetic extract of jack mackerel containing all 3 fractions, amino acid, nucleotide and organic nitrogenous base, exhibited a comparable feeding stimulant activity compared to that of natural extract. The omission of nucleotide or amino acid fraction showed lower feeding activity, but the omission of other nitrogenous fraction maintained a similar feeding stimulant activity compared to that of the synthetic extract (trial 1). Inosine-5' monophosphate · Na₂ (IMP) was identified as a major constituent for maintaining feeding activity. The mixture of L-alanine, L-glutamic acid, L-histidine, L-lysine, taurine and IMP induced a similar feeding activity compared to that of the synthetic extract (trial 2 and 3). In trial 4, the highest feeding activity was finally obtained in the mixture of L-histidine, L-glutamine and IMP, followed by the synthetic extract, the mixture of L-lysine, L-alanine and IMP, IMP and the mixture of L-histidine, L-glutamic acid, L-lysine and L-alanine. These results revealed that the mixture of L-histidine, L-glutamic acid and IMP for the proper feeding stimulant of PBT in this study.

Keywords: Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, Feeding stimulant, Synthetic extract, Amino acid, IMP

서 론

참다랑어(Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*)는 우리나라 동해, 남해와 일본 전역 및 태평양 등의 온대 해역에 넓게 서식한다. 다랑어류 중 가장 대형종으로 전장이 3 m 내외, 체중은 500 kg까지 성장하고 맛이 좋아 상품가치가 매우 높다. 최근, 참다랑어의 어획량이 급격히 감소하고, 국제적인 자원 관리 차

원에서 관심이 점차 증가하면서, 세계적으로 주요한 증양식 대상으로 자리잡고 있다. 현재, 다랑어류의 양식은 지중해 연안, 호주, 멕시코, 일본 등을 중심으로 이루어지고 있으며, 생산량도 점차 증가하는 추세이다(Anonymous, 2002). 일본 긴키대학 수산연구소는 1970년부터 참다랑어 양식에 관한 연구를 시작하여, 자연산 치어를 채포하여 친어로 성장시켜 1979년에 자연산란 최초로 성공하였다(Miyashita et al., 2000). 이후, 양성기술, 산란유도, 종묘생산 등에 대한 많은 연구를 계속해 왔으며, 2002년에 세계 최초로 완전 양식에 성공하였다(Sawada et al., 2005).

*Corresponding author: jsc0414@hanmail.net

한편, 참다랑어의 영양요구량과 사료에 관한 연구 자료가 매우 부족한 실정으로 치어기 부터 성어기까지 생사료에 의존하여 양성되고 있다.

참다랑어는 배합사료의 기호성과 어분에 대한 소화력이 타 어종에 비해 낮을 뿐 아니라 생사료에 비해 성장과 사육성적이 현저히 저하하여 실용 배합사료 개발이 아직 이루어지지 않고 있다(Carter et al., 1998, 1999). 또한, 지금까지 본 연구자들이 실시한 사육 실험에서 자연산 치어뿐만 아니라 인공종묘 생산된 치어도 생사료의 섭이는 뛰어나나 실험사료의 섭이력은 매우 낮아 배합사료 개발에 많은 어려움을 겪어왔다. 따라서, 참다랑어의 영양요구량 설정과 실용 배합사료 개발을 위한 안정적인 연구의 진행을 위해서는 배합사료의 정상적인 섭이를 유도하는 섭이촉진물질의 개발이 선결 과제로 대두되었다. 어류가 특정한 먹이를 선호하는 것은 먹이의 엑기스에 섭이를 촉진시키는 물질이 포함되어 있기 때문으로 알려져 있다(Konosu and Fuke, 1981). 지금까지 각종 어류의 섭이촉진물질이 각 어종의 주요 먹이 생물의 엑기스로부터 검색되어 아미노산, 핵산 관련 화합물, betaine 등이 유효한 섭이촉진물질로 보고되었다(Fuke et al., 1981; Takeda et al., 1984; Fukuda et al., 1989; Takaoka et al., 1995). 한편, Kohbara et al. (2006)은 전기생리학적 반응을 이용한 참다랑어의 미각 자극 물질의 검색을 실시하여 uridine-5'-monophosphate (UMP), inosine-5'-monophosphate (IMP), adenosine-5'-diphosphate (ADP) 등의 핵산 관련 물질과 L-proline, L-leucine, L-methionine, L-alanine, L-valine, L-isoleucine 등의 아미노산 관련 물질이 높은 반응을 보인다고 보고하였다. 참다랑어와 유사한 대표적 회유성 어종인 방어, *Seriola quinqueradiata*의 경우도 배합사료의 정상적인 섭이를 위해 영양요구량 연구에 앞서 섭이촉진물질의 연구가 실시되었다. 방어는 전기생리학적 미각 반응 실험에서 핵산과 아미노산 관련 물질에 높은 반응을 보였으며(Hidaka et al., 1985), 실제 섭이 실험에서는 IMP가 섭이촉진을 높이는 가장 주요한 물질로 보고되었다(Hosokawa et al., 2001). 한편, 동정된 섭이촉진물질을 배합사료에 첨가하여 배합사료의 섭이량 증가뿐만 아니라 소화·흡수 및 영양소의 대사 촉진을 통한 사육 성적의 향상효과도 보고되었다(Takii et al., 1986a, b). 이처럼, 섭이촉진물질의 동정은 배합사료의 기호성이 낮은 참다랑어의 섭이력 개선뿐만 아니라 소화력 개선을 통한 사료의 이용율 증가에도 기여 할 것으로 기대되나, 아직까지 이에 대한 연구는 거의 없다. 특히, 참다랑어는 대표적인 강한 육식성의 회유어로서 먹이사슬에서도 상위에 위치하기 때문에 다양한 먹이를 섭이하는 연안 정착성 어류와는 섭이촉진물질에도 차이가 있을 것으로 추정된다.

본 연구에서는 참다랑어의 실용배합사료의 기호성을 높이기 위해 전갱이 근육 합성 엑기스와 그 구성성분을 사용하여 섭이촉진물질을 검색하였다.

재료 및 방법

실험어 및 사육

긴키대학 수산연구소 아마미 오오시마 실험장과 쿠시모토 오오시마 실험장에서 채란된 참다랑어 수정란을 수산종묘센터 쿠시모토 오오시마 실험장과 우라가미 실험장에서 부화시켜 Miyashita(2002)가 사용한 먹이계열 및 사육 방법에 의해 종묘 생산된 참다랑어 치어를 실험어로 사용하였다. 실험 1, 2 그리고 3은 평균 체중 9.0 ± 0.91 g, 실험 4는 평균체중 1.6 ± 0.23 g의 참다랑어 치어를 실험어로 사용하였다. 실험어는 1.5톤 원형 FRP수조에 각각 20마리씩을 수용한 후, 여과해수를 5 L/min으로 공급하여 유수식으로 사육하였다. 실험사료 공급은 실험 1, 2 그리고 3은 1일 1회(13:00), 실험 4는 1일 6회(07:00, 09:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00)로 반복 공급하여 각각 6일 및 5일간 사육하였다. 한편, 실험 1, 2 그리고 3은 실험사료를 공급하는 시간을 제외하고 참다랑어 치어의 정상적인 성장과 생존을 위해 양미리, *Ammodytes peronatus mince*를 1일 5회(07:00, 09:00, 11:00, 15:00, 17:00) 공급하였다. 반복 공급은 실험어가 사료의 섭이 활동을 중단하여 수조 저면에 3개의 사료개체가 침강하고, 다시 2분후 재공급하여도 섭이행동을 보이지 않는 시점으로 하였다. 또한, 실험자의 개인 성향이나 선호도에 따른 공급량 차이의 발생을 방지하기 위해 전 실험 기간 동일한 실험자가 사료 공급을 실시하였다. 실험 1, 2 그리고 3의 평균 수온 및 DO는 각각 25.8 ± 1.3 °C, 7.9 ± 1.1 mg/L, 실험 4는 각각 27.6 ± 0.9 °C, 8.1 ± 0.8 mg/L이었다.

섭이촉진물질 및 실험 사료

실험 1(trial 1)에서는 천연 전갱이, *Trachurus japonicus* 근육 엑기스(NE)을 대조구로 하고, 전갱이 근육 엑기스의 전체 구성성분을 함유한 인공합성엑기스(SE)와 SE에서 아미노산 관련 화합물(A), 핵산관련물질(N) 그리고 유기염기화합물(O)을 각각 제외한 시험액을 제조하여 기초사료에 첨가하였다. 실험 2(trial 2)에서는 SE를 첨가한 사료를 대조구로 하여 아미노산 관련 화합물(A)과 핵산관련물질(N)을 조합한 4종류의 시험액을 첨가한 실험사료를 제조하였다. 또한, 실험 3(trial 3)에서는 실험 2의 결과를 기초로 아미노산 5종(A5: L-lysine, L-alanine, L-histidine, L-glutamic acid, taurine)과 핵산관련 물질에서 가장 많은 함량을 차지하는 inosine-5'-monophosphate (IMP)를 혼합한 시험액(A5+IMP)을 첨가한 사료를 대조구로 하여, 5종의 아미노산에 대한 섭이촉진 효과를 비교하였다. 실험 4(trial 4)에서는 아미노산과 핵산 관련 물질의 혼합 상승효과를 확인하기 위해서 실험 1, 2 그리고 3의 결과를 참고하여 4종류의 아미노산 L-lysine (Lys), L-alanine (Ala), L-histidine (His) 그리고 L-glutamic acid (Glu)을 조합한 A4구와 IMP 단독구, A4+IMP구, Ala+Lys+IMP (ALIMP)구, Glu+His+IMP (GHIMP)구 그리고 증류수(DW)구를 설정하고 각각의 시험액을 제조하여 기초사료

Table 1. Composition of synthetic horse mackerel, *Trachurus japonicus* muscle extract (mg/100 g muscle)¹⁾

Amino acids (A)		Nucleotides (N) ²⁾	
L-LysineHCl	67.6	Inosine	20.0
L-ArginineHCl	3.0	IMP · Na ₂	308.0
L-HistidineHClH ₂ O	357.0	AMP · Na ₂ · 6H ₂ O	4.4
L-OrnithineHCl	6.4	ADP · Na ₂ · 2H ₂ O	24.0
L-Glutamic acid	13.0	ATP · Na ₂ · 3H ₂ O	16.8
L-Aspartic acidNa·H ₂ O	1.4		
L-Alanine	21.0		
Glycine	10.0		
L-Valine	6.0	Other organic bases (O) ³⁾	
L-Leucine	5.0	TMAO · 2H ₂ O	489.8
L-Isoleucine	1.0	Creatine · H ₂ O	555.2
L-Serine	3.0	Creatinine	11.0
L-Threonine	15.0	NH ₄ Cl	40.8
L-Methionine	1.0		
Taurine	75.0		
L-Phenylalanine	1.0		
L-Tyrosine	1.0		
L-Proline	6.0		
DL-α-Amino-n-butyric acid	1.0	pH	6.8

¹⁾The concentration of each component corresponds to that in 100 g of the muscle of jack mackerel, *T. japonicus* (Konosu et al., 1974).

²⁾IMP: inosinic acid, AMP: adenylic acid, ADP: adenosine diphosphate, ATP: adenosine triphosphate.

³⁾TMAO: trimethylamine oxide.

에 첨가하였다.

전갱이 근육 엑기스(NE)는 전갱이 근육 100 g에 증류수 100 ml를 첨가하여 20분간 마쇄한 후 원심분리(10,000×g, 20분)하여 얻어진 상층액을 사용하였다. 인공합성엑기스(SE), 아미노산(A), 핵산(N) 그리고 유기염기화합물(O) 시험액 제조는 모두 특급시약(Wako, Japan)을 사용하였으며, 시험액의 pH는 NaOH와 HCl을 사용하여 6.8로 조절하였다. 각 시험액은 Konosu et al. (1974)의 분석 결과에 기초하여 전갱이 근육 100 g에 함유된 함량(Table 1)을 증류수에 첨가용해시켜 100 mL로 mess up 한 후 카제인을 주단백원으로 한 기초사료(Table 2) 100 g과 혼합하여 실험사료를 제조하였다. 실험 사료의 제조는 불순물의 혼입이 없도록 주의하면서 직경 1.2 mm의 모이스트펠렛으로 제조하였으며, 제조된 사료는 사용 전까지 -20°C의 냉동고에 보존하고 해동하여 공급하였다.

Table 2. Formulation of the basal diet (% of dry matter)

Ingredients	%
Vitamin free casein ¹⁾	65
Pollack liver oil ²⁾	17
White dextrin ³⁾	3
Vitamin mixture ⁴⁾	5
Mineral mixture ⁴⁾	8
CM-CelluloseNa ⁵⁾	2

¹⁾ICN Biochemicals, Inc., Ohio, USA.

²⁾Eiken Shoji Co. Ltd., Tokyo, Japan.

³⁾Nichiden Kagaku Co. Ltd., Osaka, Japan.

⁴⁾Halver's mixture (1957).

⁵⁾Asahi Kasei Chemicals Co. Ltd., Tokyo, Japan.

섭취촉진효과 평가 및 통계처리

실험 1, 2 그리고 3은 각 실험구의 1일 총 사료량에서 생사료 섭취량을 제외한 실험 사료의 섭취량만을 각각의 실험사료의 섭취량으로 하였으며, 대조구의 섭취량을 100으로 한 상대섭이율을 계산하였다. 실험 4는 각 실험사료에 대한 실험어 1 마리당의 일간 섭취량을 계산하고, 대조사료의 섭취량을 100으로 한 상대섭이율을 계산하였다. 모든 실험에 있어서 섭취량은 매일 계산하고 전 실험 기간의 평균값을 구하여 참다랑어 치어의 섭취촉진물질 검색에 이용하였다.

Diet intake (g) = total diet intake - raw sand lance intake:

trial 1, 2 and 3

Diet intake (g) = total diet intake/number of fish: trial 4

Relative activity = test diets intake×100/control diet intake

모든 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Tukey's multiple test로 평균간의 유의성($P<0.05$)을 SPSS (Version 10, USA) 프로그램을 사용하여 검정하였다.

결 과

합성 엑기스 및 주요 구성 화합물의 섭취촉진효과(실험 1)

합성 엑기스(SE) 및 각 주요 화합물의 실험기간 동안의 1일 평균 섭취량(Diet intake)과 상대섭이율(Relative activity) 결과를 Table 3에 나타내었다. SE구는 천연 전갱이 근육 엑기스(NE)

Table 3. Feeding stimulants¹⁾ activity of natural extract (NE) and synthetic amino acid (A), nucleotide (N) and organic bases (O) in synthetic horse mackerel, *T. japonicus* muscle extract (trial 1)²⁾

Test diets	Diet intake (g/day) ³⁾	Relative activity ⁴⁾
NE	4.9 ^a	100 ^b
SE	6.1 ^a	124 ^a
SE-A	1.8 ^b	37 ^d
SE-N	1.9 ^b	38 ^d
SE-O	5.1 ^a	104 ^b
DW	2.9 ^b	59 ^c
Pooled SEM ⁵⁾	0.22	2.4

¹⁾Supplementary levels are shown in Table 1.

²⁾Values are means of 6 days.

³⁾Test diet was given only one time a day with raw sand lance five times a day.

⁴⁾Relative diet intake to NE diet intake.

⁵⁾Pooled standard error of mean.

NE: natural horse mackerel, *T. japonicus* muscle extract, SE: synthetic horse mackerel, *T. japonicus* muscle extract, SE-A: omission of amino acid fraction from SE, SE-N: omission of nucleotide fraction from SE, SE-O: omission of other organic base fraction from SE, DW: deionized water.

구보다 유의차는 없으나 높은 섭취량을 나타내었다. 주요 구성 화합물의 섭취량에 있어서는 아미노산(A)과 핵산 화합물(N)을 각각 제외시킨 SE-A구와 SE-N구의 섭취량이 NE와 SE구 그리고 유기염기화합물(O)을 제외시킨 SE-O구보다 유의적으로 낮았다($P<0.05$).

아미노산 및 핵산 관련 화합물의 섭취촉진효과(실험 2)

아미노산(A) 및 핵산 관련 화합물(N)의 섭취촉진효과를 Table 4에 나타내었다. 평균 섭취량과 상대섭이율 모두 아미노산과 IMP의 혼합물인 A+IMP구와 A5+IMP구에서 대조구(SE)와 유의차를 보이지 않았다. 그러나, 주요 아미노산 5종(A5)과 IMP가 제

Table 4. Feeding stimulant¹⁾ activity of amino acid (A) and nucleotide (N) in synthetic horse mackerel, *T. japonicus* muscle extract (trial 2)²⁾

Test diets	Diet intake (g/day) ³⁾	Relative activity ⁴⁾
SE	15.5 ^a	100 ^a
A+IMP	16.9 ^a	109 ^a
A-A5+IMP	13.1 ^b	85 ^b
A+N-IMP	13.9 ^b	90 ^b
A5+IMP	15.7 ^a	102 ^a
Pooled SEM ⁵⁾	0.69	1.25

¹⁾Supplementary levels are shown in Table 1.

²⁾Values are means of 6 days.

³⁾Test diet was given only one time a day with raw sand lance five times a day.

⁴⁾Relative diet intake to SE diet intake.

⁵⁾Pooled standard error of mean.

SE: synthetic horse mackerel, *T. japonicus* muscle extract, A+IMP: amino acid fraction+IMP, A-A5+IMP: amino acid fraction-(L-lysine, L-alanine, L-histidine, L-glutamic acid and taurine)+IMP, A+N-IMP: amino acid fraction+nucleotide fraction-IMP, A5+IMP: L-lysine, L-alanine, L-histidine, L-glutamic acid and taurine+IMP.

Table 5. Feeding stimulant¹⁾ activity of five amino acid in synthetic horse mackerel, *T. japonicus* muscle extract (trial 3)²⁾

Test diets	Diet intake (g/day) ³⁾	Relative activity ⁴⁾
A5+IMP	11.3 ^{ab}	100 ^{ab}
A5+IMP-Lys	10.4 ^b	92 ^b
A5+IMP-Ala	12.6 ^a	112 ^a
A5+IMP-His	6.7 ^c	59 ^c
A5+IMP-Glu	8.2 ^{bc}	73 ^{bc}
A5+IMP-Tau	10.0 ^b	89 ^b
Pooled SEM ⁵⁾	0.48	1.99

¹⁾Supplementary levels are shown in Table 1.

²⁾Values are means of 6 days.

³⁾Test diet was given only one time a day with raw sand lance five times a day.

⁴⁾Relative diet intake to A5+IMP diet intake.

⁵⁾Pooled standard error of mean.

A5+IMP: L-lysine, L-alanine, L-histidine, L-glutamic acid and taurine +IMP, A5+IMP-Lys: omission of L-lysine from A5+IMP, A5+IMP-Ala: omission of L-alanine from A5+IMP, A5+IMP-His: omission of L-histidine from A5+IMP, A5+IMP-Glu: omission of L-glutamic acid from A5+IMP, A5+IMP-Tau: omission of taurine from A5+IMP.

외된 A-A5+IMP구 및 A+N-IMP구는 SE구보다 유의적으로 낮은 값을 보였다($P<0.05$).

주요 아미노산의 섭취촉진효과(실험 3)

A5+IMP구를 대조구로 한 주요 아미노산 5종의 섭취촉진 결과를 Table 5에 나타내었다. L-histidine과 L-glutamic acid을 제외시킨 A5+IMP-His와 A5+IMP-Glu구가 평균 섭취량과 상대섭이율에서 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 한편, L-alanine을 제외시킨 A5+IMP-Ala구가 대조구보다 높은 섭취를 보였으며, L-lysine과 taurine을 제외시킨 A5+IMP-Lys 및 A5+IMP-Tau구도 상대섭이율이 92와 89로 대조구와 유의차를 보이지 않았다.

아미노산과 IMP의 혼합 상승효과(실험 4)

실험 1과 2에서 주요 섭취촉진물질로 검색된 각 아미노산과 IMP를 혼합한 혼합물의 섭취촉진효과를 Fig. 1에 나타내었다. L-glutamic acid, L-histidine, IMP 혼합(GHIMP)구, L-alanine, L-lysine, IMP 혼합(ALIMP)구, L-glutamic acid, L-histidine, L-alanine, L-lysine, IMP 혼합(A4+IMP)구가 대조구(SE)와 유의차를 보이지 않았으며, 이중 GHIMP는 SE구보다 높은 섭취량을 보였다. 아미노산(A4)과 IMP 단독구의 섭취량은 아미노산과 IMP를 혼합한 구보다 낮았으며, A4구는 혼합 첨가구인 GHIMP, ALIMP 그리고 A4+IMP구보다 유의적으로 낮았다($P<0.05$).

고 찰

전갱이 근육 엑기스 구성 성분을 기초로 하여 참다랑어 치어의 섭취촉진물질을 검색한 본 연구 결과, L-glutamic acid,

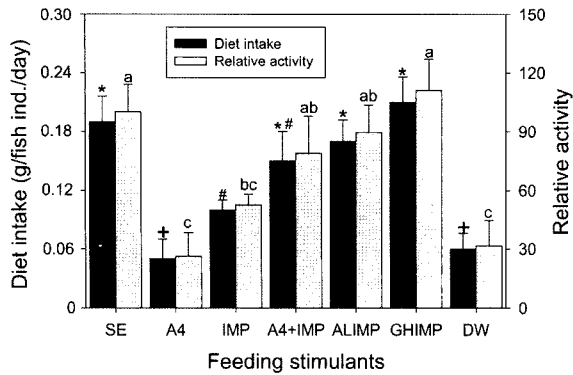


Fig. 1. Feeding stimulant activity of SE and several test solutions (trial 4). Supplementary levels of feeding stimulants are shown in Table 1. Bars (mean of test diet intake for 5 days) with a different letter are significantly different ($P < 0.05$). Vertical lines indicate standard deviation (SD). SE: synthetic horse mackerel, *T. japonicus* muscle extract, A4: a mixture of L-lysine, L-histidine, L-alanine and L-glutamic acid, IMP: inosine-5'-monophosphate · Na₂, A4+IMP: a mixture of L-lysine, L-histidine, L-alanine, L-glutamic acid and IMP, ALIMP: a mixture of L-alanine, L-lysine and IMP, GHIMP: a mixture of L-glutamic acid, L-histidine and IMP, DW: deionized water.

L-histidine 및 IMP가 유효한 섭이촉진물질로 검색되었다. IMP는 Kohbara et al. (2006)의 참다랑어의 전기 생리학적 미각 신경 반응 실험에서도 높은 반응을 나타내 본 연구의 실제 섭이 실험과 동일한 결과를 보였다. 그러나, 본 연구에서 높은 섭이 촉진 효과를 보인 L-glutamic acid와 L-histidine은 전기생리학적 미각 신경 반응에서는 낮은 반응을 보여 실제 섭이 실험과의 차이를 보였으며, 추후 이에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다.

본 실험에 사용된 인공 합성 엑기스(SE)는 실험 1의 결과, 천연 전갱이 근육 엑기스(NE)보다 높은 섭이를 보여 SE의 섭이력 저하에 대한 문제점은 없는 것으로 평가 되었다. 또한, SE에서 아미노산(A)과 핵산 화합물(N)을 각각 제외시켜 제조한 실험 사료 SE-A와 SE-N구의 섭이량이 유의적으로 낮아 아미노산(A)과 핵산 화합물(N)이 섭이촉진에 깊게 관여한다는 것이 판명되었다. 이러한 결과를 기초로 아미노산과 핵산 화합물을 대상으로 섭이촉진효과를 검토한 실험 2에서 아미노산 5종 화합물(A5)과 IMP의 혼합구가 가장 높은 섭이를 보였으며, 핵산 화합물에서는 가장 많은 함량을 차지하는 IMP가 섭이촉진에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 판명되었다. IMP의 높은 섭이촉진효과는 striped bass, *Morone saxatilis* (Papatriphong and Soares Jr, 2000)와 참다랑어와 유사한 회유성 어종인 방어, *S. quinquerediata*에서도 보고되었다(Hosokawa et al., 2001). Mackie and Adoron (1978)은 유럽산 오징어에 많이 함유되어 있는 IMP와 inosine이 turbot, *Scophthalums maximus*에서 높은 섭이촉진효과를 보였다고 보고하였으며, 전갱이 근육 엑기스를 이용한 연구에서도 전갱이, *T. japonicus* (Ikeda et al., 1988)와 참돔(Fuke et al., 1981)에서 IMP의 높은 섭이촉진효과가 보고되었다. 어류와 오징어의 근육 엑기스에 고농도로 함유된 핵산 관련 물질, 특히 IMP가 많은 육식성 해산어의 섭이를 촉진시

키는 것은 어류의 식성, 즉 주로 섭이하는 먹이와 깊은 관련이 있는 것으로 해석 할 수 있다. 참다랑어는 자연에서 오징어류와 정어리, 전갱이, 고등어류를 주로 섭이하는 것으로 보고되었다(Tanaka et al., 2006). 이러한 먹이에 IMP는 공통적으로 다량 함유하고 있어 참다랑어의 식성과 섭이촉진물질과의 깊은 관련성을 확인하는 결과로 보여진다.

주요 아미노산의 섭이촉진효과를 검토한 실험 3에서는 L-glutamic acid와 L-histidine가 높은 섭이촉진효과를 나타내었다. 아미노산은 어류의 섭이촉진물질로 많은 보고가 되어 있으며(Takii, 1991), glutamic acid는 인간의 미각 증강 물질로 잘 알려져 있을 뿐만 아니라 어류에서는 해산어인 참돔에서 섭이촉진물질로 검색되었으나, glycine, alanine, lysine, valine보다는 낮은 섭이촉진 효과를 보인다고 하였다(Fuke et al., 1981). 한편, histidine은 어류의 필수 아미노산으로서, 주로 담수어류에 있어서 섭이를 촉진시키는 물질로 보고되어 있다(Takeda et al., 1984; Takii et al., 1986b; Harada, 1989). 해산어에 있어서는 섭이촉진물질로 보고된 예가 거의 없으나, 참다랑어와 유사한 회유성 어종인 방어에서 다소 높은 섭이촉진효과를 보이는 것으로 보고되었다(Harada, 1985). Histidine의 참다랑어에 있어서의 높은 섭이촉진효과는 육식성이 강한 먹이사슬의 상위에 위치하는 회유성 어종의 특성일 가능성도 있다. 한편, 참다랑어 근육의 histidine 함량은 가다랑어, *Katsuwonus pelamis*와 유사한 함량을 보이며, 참돔의 약 250배 이상으로 타 해산어보다 다량을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(須山, 2004). 따라서, 참다랑어의 histidine에 대한 높은 섭이촉진효과는 부족한 필수 아미노산의 섭이와 관련된 것일 가능성도 매우 높다.

어류에 있어서 수종의 아미노산과 핵산 관련 물질을 혼합하여 첨가하면, 섭이촉진효과가 증가한다는 것이 많은 어류에서 보고되고 있다. 붉은썸뱅이, *Sebastiscus marmoratus*는 inosine과 L-alanine, L-methionine, L-serine 그리고 L-proline (Takaoka et al., 1990), 방어는 IMP와 L-proline, L-alanine (Takii et al., 1989), striped bass는 IMP와 alanine, serine 그리고 betaine (Papatriphong and Soares Jr, 2001)의 혼합 첨가가 아미노산과 핵산관련 물질의 단독 사용보다 높은 섭이촉진 효과를 보인다고 보고되었다. 본 연구의 실험 4에서 아미노산과 핵산 관련 물질 혼합구인 A4+IMP구가 4종의 아미노산 혼합구 A4구와 IMP 단독구 보다 높은 섭이촉진효과를 보여 이전의 연구들과 일치하는 결과를 보였다. 한편, ALIMP구는 유의차는 없었으나 GHIMP구 보다는 낮은 섭이를 보였으며, 실험 3의 결과에서도 alanine과 lysine이 제거된 아미노산 혼합구가 높은 섭이를 보였다. 따라서, 아미노산 성분 중 alanine과 lysine은 참다랑어의 섭이촉진에 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다.

본 연구결과, 참다랑어의 섭이촉진물질로는 L-glutamic acid, L-histidine 그리고 IMP가 효과가 있는 것으로 판단되었고, 단독 사용보다는 혼합사용이 높은 효과를 보였으며, 자연에서 섭이하는 먹이와도 깊은 관련성을 가지는 것으로 판단되었다.

섭이촉진물질은 사료의 섭이량을 증가 시킬 뿐만 아니라 영양소의 소화흡수 및 대사 촉진에도 기여 하는 것으로 보고되고 있다 (Takii et al., 1986a, b). 본 연구를 통해 검색된 섭이촉진물질이 참다랑어의 배합사료 기호성을 높여줄 것으로 기대되며, 어분의 소화흡수의 개선을 통한 어분 단백질의 이용성을 높여 줄 가능성도 충분히 고려되므로 이에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 아직까지 참다랑어에 대한 영양요구량에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있어 본 연구를 시점으로 본격적인 영양요구량 연구를 통한 배합사료의 개발이 기대된다.

요 약

참다랑어(*Thunnus orientalis*)의 배합사료 개발을 위해 전갱이(*Trachurus japonicus*) 근육 합성 엑기스(SE)를 사용하여 omission test를 통해 섭이촉진물질을 검색하였다. 인공종묘 생산된 참다랑어 치어(평균체중 9.0 ± 0.91 g: 실험 1, 2, 3; 1.6 ± 0.23 g: 실험 4)를 사용하여 전갱이 근육 100 g 상당 함량의 각각의 섭이촉진 물질을 카제인 기초 사료에 첨가하여 총 4회의 사육 실험을 실시하였다. 실험 1에서 인공합성엑기스(SE)와 SE로부터 아미노산 관련 화합물(SE-A), 핵산관련물질(SE-N) 그리고 유기염기화합물(SE-O)을 각각 제외한 시험액을 제조하여 천연 전갱이 근육 엑기스(SE)와 비교한 결과, SE-A와 SE-N은 SE보다 낮은 섭이활성을 보였으나, SE-O는 SE와 유사한 섭이활성을 보였다. 실험 2에서는 IMP가 섭이 촉진에 가장 많은 영향을 미치는 것이 인정되었으며, 실험 3에서는 L-alanine, L-glutamic acid, L-histidine, L-lysine, taurine 그리고 IMP의 혼합물이 SE와 섭이활성의 차이를 보이지 않았다. 실험 4에서는 L-histidine, L-glutamine 그리고 IMP 혼합물이 가장 높은 섭이활성을 보였으며, 그 다음으로는 SE, L-lysine, L-alanine and IMP 혼합물, L-histidine, L-glutamic acid, L-lysine and L-alanine과 IMP의 혼합물이 높은 섭이활성을 보였다. 본 연구결과 참다랑어 치어의 유효 섭이촉진물질은 L-histidine, L-glutamic acid 그리고 IMP로 판단되었다.

감사의 글

본 연구의 진행에 많은 도움을 주신 긴키대학 수산연구소의 쿠마이 히데미 소장님을 비롯한 우라가미 실험장 및 종묘센터 직원 그리고 전남대학교 수산해양대학 어류양식 연구실의 연구원들께 감사드립니다. 또한, 본 연구는 일본 문부과학성 21st Century COE program의 연구비 지원에 의한 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

Anonymous, 2002. Prospect of cultured tuna supply in 2002.

- Aquanet, 5, 91. pp.
- Carter, C. G., G. S. Seeto, A. Smart, S. Clarke and R. J. Van Barneveld, 1998. Correlates of growth in farmed juvenile southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* (Castelnau). *Aquaculture*, 161, 107-119.
- Carter, C. G., M. P. Bransden, R. J. Van Barneveld and S. M. Clarke, 1999. Alternative methods for nutrition research on the southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*: in vitro digestibility. *Aquaculture*, 179, 57-70.
- Fuke, S., S. Konosu and K. Ina, 1981. Identification of feeding stimulations for red sea bream in the extract marine worm, *Perinereis brevicirrus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47, 1631-1635.
- Fukuda, K., J. Kohbara, C. Zeng and I. Hidaka, 1989. The feeding-stimulatory effects of squid muscle extracts on the young yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 791-797.
- Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonid fishes-III. Water-soluble vitamin requirement of chinook salmon. *J. Nutr.*, 62, 225-243.
- Harada, K., 1985. Feeding attraction activities of amino acids and lipids for juvenile yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 453-459.
- Harada, K., 1989. Feeding attraction activities of L-dipeptides for abalone, Oriental weatherfish and yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1629-1634.
- Hidaka, I., T. Ohsugi and Y. Yamamoto. 1985. Gustatory response in the young yellowtail *Seriola quinqueradiata*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 21-24.
- Hosokawa, H., K. Takii, S. Shimeno and M. Takeda, 2001. Identification of feeding stimulants for yellowtail, *Seriola quinqueradiata* in muscle extract of jack mackerel. *Suisanzoshoku*, 49, 225-229.
- Ikeda, I., H. Hosokawa, S. Shimeno and M. Takeda, 1988. Identification of feeding stimulant for jack mackerel in its muscle extract. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 229-233.
- Kohbara, J., T. Miyazaki, K. Takii, H. Hosokawa, M. Ukawa and H. Kumai, 2006. Gustatory responses in Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel). *Aquacult. Res.*, 37, 847-854.
- Konosu, S. and S. Fuke, 1981. Identification of feeding stimulants for fish by omission test with synthetic extracts. (in) M. Takeda and S. Konosu (eds.), *Chemical Sense of Fish and Feeding Stimulants*. *Jap. Soc. Fish. Sci.*, Tokyo, pp. 96-108.
- Konosu, S., K. Watanabe and T. Shimizu, 1974. Distribution of nitrogenous constituents in the muscle extracts of eight species of fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 40, 909-915.
- Mackie, A. M. and J. W. Adoron, 1978. Identification of inosine and inosine 5'-monophosphate as the gustatory feeding stimulants for the turbot, *Scophthalums maximus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 60, 79-83.
- Miyashita, S., 2002. Studies on the seedling production of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus thynnus orientalis*. *Bull. Fish. Lab. Kinki Univ.*, 8, 1-171.
- Miyashita, S., Y. Tanaka, Y. Sawada, O. Murata, N. Hattori, K. Takii, Y. Mukai and H. Kumai, 2000. Embryonic development and effects of water temperature on hatching of the bluefin

- tuna *Thunnus orientalis*. Suisanzoshoku, 48, 199–207.
- Papatryphon, E. and J. H. Soares Jr, 2000. Identification of feeding stimulants for striped bass, *Morone saxatilis*. Aquaculture, 185, 339–352.
- Papatryphon, E. and J. H. Soares Jr, 2001. Optimizing the levels of feeding stimulants for use in high-fish meal and plant feed-stuff-based diets for striped bass, *Morone saxatilis*. Aquaculture, 202, 279–288.
- Sawada, Y., T. Okada, S. Miyashita, O. Murata and H. Kumai, 2005. Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck et schlegel) life cycle. Aquacult. Res., 36, 413–421.
- Takaoka, O., K. Takii, M. Nakamura, H. Kumai and M. Takada, 1990. Identification of feeding stimulants for marbled rockfish. Nippon Suisan Gakkaishi, 56, 345–351.
- Takaoka, O., K. Takii, M. Nakamura, H. Kumai and M. Takada, 1995. Identification of feeding stimulants for tiger puffer. Fish. Sci., 61, 833–836.
- Takeda, M., K. Takii and K. Matsui, 1984. Identification of feeding stimulants for juvenile eel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50, 645–651.
- Takii, K., 1991. Amino acids. (in) K. Harada (ed.), Chemical Stimulants for Feeding Behavior of Fish and Shellfish. Jap. Soc. Fish. Sci., Tokyo, pp. 55–65.
- Takii, K., S. Shimeno and M. Takeda, 1986a. The effect of feeding stimulants in diet on some hepatic enzyme activities of eel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 2131–2134.
- Takii, K., S. Shimeno, M. Nakamura, Y. Itoh, A. Obatake, H. Kumai and M. Takeda, 1989. Evaluation of soy protein concentrate as a partial substitute for fish meal protein in practical diet for yellowtail. (in) M. Takeda and T. watanabe (eds.), The Proceedings of the Third International Symposium on Feeding and Nutrition in Fish, Toba, pp. 281–283.
- Takii, K., S. Shimeno, M. Takeda and S. Kamekawa, 1986b. The effect of feeding stimulants in diet on digestive enzyme activities of eel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 1449–1454.
- Tanaka, A., T. Horie, H. Ooizumi, T. Murayama, S. Oonishi and T. Shimoyama, 2006. Abstract. Annual Meeting of Japanese Society of Fisheries Science, 33 pp. (in Japanese)
- 須山 三千三. 2004. マグロの肉の特性. マグロの生産から消費まで. 小野征一編著. 成山堂書店, 東京, pp. 1–55.

원고접수: 2006년 9월 1일

수정본 수리: 2006년 11월 9일