

## 사료 효율 개선을 위한 넙치 섭식촉진물질의 검색

최영준\* · 이남주 · 조영제\* · 배승철\*\*

경상대학교 해양생물이용학부 · 해양산업연구소, \*부경대학교 식품생명공학부

\*\*부경대학교 양식학과

### Identification of Feeding Stimulants to Improve Efficiency of Diet for Flatfish

Yeung Joon CHOI<sup>+</sup>, Nam-Joo LEE, Young-Je CHO<sup>\*</sup> and Sung-Chul BAI<sup>\*\*</sup>

Division of Marine Bioscience · Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tong-Yeong, 650-160, Korea

<sup>\*</sup>Faculty of Food Science and Biotechnology, Food Science and Technology Major, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>\*\*</sup>Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

In order to identify the feeding stimulants for flatfish, the feeding tests were conducted using some diets added the amino acids, nucleotides, betaine and TMA and acid hydrolysates to basal diet formula, respectively. The feeding stimulant activities and synergistic effects of those compounds were evaluated by a bioassay method. The KH, a kind of acid hydrolysate, possessed a remarkable feeding stimulant activity. It's stimulant activities were increased up to the concentration of 1.05% (w/v), and were independent of pH. The formulation of KH and glycine had a most synergistic effect. The feeding rate of diet with feeding stimulation was 1.4 fold than that of diet without one. The costs for optimum formulation of feeding stimulants were cheaper than some additives in diets. It suggest that the results can practically used in preparation of diet containing feeding stimulant effects for flatfish.

Key words: Flatfish, Feeding stimulant, Acid hydrolysates, Fish diet

#### 서 론

어류는 후각 뿐 아니라 미각을 통해서도 일정한 거리에 있는 먹이를 탐지할 수 있으며, 이는 환경의 자극, 화학적 양상과 물리적인 형태 때문에 가능하다. 공기를 호흡하는 동물인 경우 냄새 화합물은 필연적으로 휘발성인 반면 미각 활성인 물질은 수용성이기 때문에 접촉에 의해서만 효과를 발휘할 수 있다. 그러나 수생동물은 비휘발성 물질로서 수용성이며, 물을 통해 확산이 가능한 물질만이 섭식촉진물질로 작용하지만 (Hidaka, 1982), 인지질과 같은 비 수용성 물질의 효과도 인정되고 있다 (Harada, 1985).

먹이에 대한 어류의 섭취 유무는 어류의 상태, 수질, 먹이의 외관, 맛 등과 같은 인자들에 의해 좌우되며 맛 자체는 매우 다양하기 때문에 섭식촉진물질의 종류는 어종에 따라 다양하고 복잡하다 (Brown et al., 1982; Carr, 1982; Hidaka, 1982). 현재 국내에서 시판하고 있는 사료는 일본산에 비하여 섭식효율이 다소 떨어지는 실정으로, 특히 먹이 부침용 및 초기 사료인 경우는 어종에 따른 적절한 섭식촉진 물질의 첨가를 통한 섭식율의 증가가 절실한 실정이다.

섭식촉진물질의 특성과 관련하여 Carr (1976)는 복어의 섭식촉진물질은 비 휘발성인 저분자 물질이라고 보고하였으며, 무지개송어 (Adron and Mackie, 1978)와 방어 (Fukuda et al., 1989)에 대한 오징어 추출물의 주요 자극 물질은 아미노산 혼합물이며 특히 L-형의 아미노산이 자극제로 작용한다고 보고하였다. 그리고 섭식촉진물질의 종류와 관련한 연구에서 대부분의 염기성 아미노

산, 인지질 핵분 및 몇 가지 핵산관련물질은 미꾸리, 전복, 방어에 대하여 섭식촉진 효과를 가지는 것으로 알려져 있다 (Harada and Ikeda, 1984; Harada, 1985; Harada and Akishima, 1985; Harada, 1986). 한편 Ikeda et al. (1988)은 아미노산과 핵산관련물질의 상승효과에 관하여 보고하였다. 그러나 우리나라 해산어 양식의 주요 대상 어종인 넙치의 섭식촉진에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않은 실정이다.

본 연구는 우리나라 해산어 양식 중 중요한 비중을 차지하고 있는 넙치를 대상으로 유용한 저가의 섭식촉진물질을 검색하고 이들의 첨가에 따른 기존 사료의 효율 개선과 섭식촉진 효과를 검토하기 위해 시도하였다.

#### 재료 및 방법

##### 1. 재 료

섭식촉진물질의 검색에 사용한 넙치의 평균 체중과 전장은 4.5 g 과 7.1 cm였으며, 사료 효율의 측정에 사용한 넙치의 평균 체중은 18.7~28.9g이었다. 섭식효과를 판정하기 위해 사용한 아미노산인 glycine (G7403), L-alanine (A7627), L-cysteine·HCl (C7880), L-tyrosine (T3754), DL-phenylalanine (P1876), Na-glutamate (G1626), L-histidine (H8000) 및 염기성 물질인 trimethylamine·HCl (T7630)과 betaine (B2654)은 Sigma 사의 제품을, 핵산관련 물질은 식품급의 inosine 5'-monophosphate (IMP, 대상, 서울, 한국)와 guanosine 5'-monophosphate (GMP, 제일제당, 서울, 한국)을 각각 사용하였다. 그리고 천연물의 섭식촉진 효과를 검색하기 위해 천연 단백질 자원을 6 N HCl로 24시간 가수분해한 후 NaOH

<sup>+</sup>Corresponding author: yjchoi@nongae.gsnu.ac.kr

로 중화한 KH와 GH의 산가수분해물을 조제하여 사용하였다. 한편 섭식촉진물질을 검색하기 위한 기본 사료는 일본제 A사의 제품을, 사료 효율 측정을 위해서는 일본제 A사와 B사의 제품을 각각 사용하였다.

2. 일반성분과 아미노산 분석

수분은 상압 가열 건조법 (AOAC, 1990), 총질소량은 semi-micro Kjeldahl법 (AOAC, 1990), 조지방은 Folch et al. (1955)의 방법, 회분은 건식회화법 (AOAC, 1990)으로 각각 측정하였다. 산가수분해물의 아미노산 조성은 시료를 증류수에 용해시키거나 회석하여 0.20 μm filter로 여과한 후 아미노산 자동분석기 (Biochrom 20, Pharmacia-LKB, UK)로 분석하였다.

3. 섭식촉진물질의 검색

5개의 원형 수조 (지름 70 cm×높이 50 cm)에 각각 50미의 넙치를 넣고 1개 수조는 대조구로, 나머지 수조는 실험구로 사용하였으며, 수조 간의 환경 차이를 줄이기 위해 5일을 주기로 하여 대조구와 실험구의 수조를 변경하였다. 실험 기간 중 수온은 11~15℃를 유지하였으며 환수율은 500~1,000 mL/min으로 조절하였다. 그리고 실험 2주일 마다 어체 선별작업을 통해 비슷한 체중의 개체군을 유지하도록 하여 어체 크기가 섭식촉진 효과에 미치는 영향을 최소화하였다.

섭식촉진물질의 검색은 일정 농도의 물질을 기본 사료 A에 15% (v/w)가 되도록 혼합시킨 후 일정 중량의 사료수를 1일 3회 급이하고 즉시 시간을 측정하여 5분 이후에도 섭취하지 않고 있는 부상 사료는 그물망의 뜰채로 회수한 다음, 섭취한 먹이의 개수를 측정하여 섭식한 대조구 사료에 대한 섭식촉진물질 사료의 개수율 %로 표시하였다. 이때 대조 구는 A사의 사료를 그대로 사용하였다.

4. 사료 효율의 측정

섭식촉진 효과를 판정하기 위해 사용한 방법과 동일한 방법으로 사료를 조제하여 14일 동안 급이한 후 사료의 효율을 측정하였으며 매회 실험 후에 선별 작업을 통하여 실험 개체군의 차이를 최소화한 후에 차기 실험을 수행하였다. 사료효율은 일간 급이율에 대한 일간 증중율을 %로 표시하였다.

결과 및 고찰

1. 사료 및 천연가수분해물의 일반성분

기본 사료 A와 B의 일반성분 조성은 대체로 비슷하였으나 사료 A가 B에 비하여 조단백질의 함량이 다소 높은 반면 조지방의 함량은 다소 낮았다 (Table 1). 그리고 섭식촉진물질 KH는 분말형이며 GH는 액상형이기 때문에 수분의 함량에 현격한 차이를 보이고 있었고 섭식촉진물질 KH의 회분 함량이 다른 것에 비하여 현저히 높은 것은 산 가수분해 후 중화를 위해 사용한 NaOH로 인해 생성된 NaCl 함량에 기인한 것으로 판단된다. 그리고 동일한 산 가수분해물인 GH의 회분 함량이 11.5%로 적은 것은 가수분해물을 조제한 후 용액 상태로 회석했기 때문이다. 한편 산 가수

Table 1. The proximate composition of diet A, B, acid hydrolysates KH<sup>1)</sup> and GH (unit: %)

Samples	Moisture	Crude protein	Fat	Ash
Diet A	8.4 ± 0.1	56.0 ± 0.0	6.8 ± 0.1	13.0 ± 0.0
Diet B	9.8 ± 0.1	54.2 ± 0.1	7.2 ± 0.1	14.2 ± 0.0
KH	8.8 ± 0.2	47.6 ± 0.3	—	40.5 ± 0.0
GH	83.2 ± 0.1	5.7 ± 0.1	—	11.5 ± 0.0

<sup>1)</sup>Hydrolysates after removing pigments and metals with resin.

분해물에서 조지방이 검출되지 않은 것은 가수분해물의 주 원료가 단백질이기 때문인 것으로 생각된다.

2. 천연 가수분해물의 아미노산 조성

탈색 및 탈금속 처리 전의 KH는 histidine의 함량이 18.59 g/100 g으로서 가장 높아 전체 아미노산 함량의 31.4%를 차지하고 있었으며, arginine, threonine 및 proline도 비교적 많은 것으로 나타났다 (Table 2). 그리고 탈색 및 탈금속 처리 후의 KH는 histidine의 양이 약 1/3 정도 줄어 6.61 g/100 g이었으며 serine, glutamic acid를 제외한 대부분의 아미노산들이 감소한 것으로 나타나 총 아미노산의 함량이 47.40 g/100 g으로 탈색 및 탈금속 처리 전의 59.18 g/100 g에 비하여 11.78 g이나 감소하여 2차 처리 조작은 많은 아미노산을 유실시키는 것으로 보인다. 그러나 탈색 및 탈금속 처리 전의 아미노산은 색이 아주 진할 뿐 아니라 원료에서 기인하는 나쁜 냄새를 동반하기 때문에 반드시 전처리 조작이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 2. The amino acid composition of KH-1, KH-2 and GH

Amino acids	KH-1 (g/100 g)	KH-2 (g/100 g)	GH (g/100 mL)
Asp	3.60	3.16	0.63
Thr	4.72	3.56	0.02
Ser	3.84	4.92	0.11
Glu	3.42	7.63	0.09
Pro	4.62	3.78	0.07
Gly	2.94	1.90	0.73
Ala	2.65	1.85	0.23
Val	0.76	1.46	0.45
Cys	1.73	1.33	0.25
Met	0.48	0.41	0.19
Ile	1.09	1.19	0.21
Leu	2.06	2.66	0.09
Tyr	0.43	0.28	0.03
Phe	0.79	0.40	0.05
NH <sub>3</sub>	0.06	0.06	0.00
Lys	2.04	1.63	0.11
His	18.59	6.61	2.39
Arg	5.36	4.57	0.07
Total	59.18	47.40	5.72

KH-1: Hydrolysates involved pigments and metals.

KH-2: Hydrolysates after removing pigments and metals with resin.

3. 아미노산, 핵산관련물질, 염기성 물질 및 천연 가수분해물의 섭식촉진 효과

아미노산, betaine 및 TMA의 단독 첨가에 따른 섭식촉진 효과는 증류수를 첨가한 사료군에 미치지 못했으며 IMP와 GMP는 거의 비슷한 효과를, 산 가수분해물인 KH는 아주 우수한 효과를 나타내었다 (Table 3). 그리고 이들 물질들의 섭식촉진 효과를 대조군인 A 사료와 비교하면 glycine, IMP, GMP 및 betaine은 다소 효과가 있었으며 KH와 GH는 현저한 효과를 보이고 있었다. 그러나 실험한 물질의 단독 첨가에 따른 섭식촉진 효과는 산가수분해물인 KH에 비하여 현저히 떨어졌다. 이 같은 실험 결과는 L-histidine이 방어의 유인물질이라고 보고한 것 (Harada, 1985)과 많은 차이를 보였지만 betaine에 대하여 유인 활성을 보인다는 복어와 비슷한 결과를 보이고 있었다 (Carr, 1976). 한편 섭식촉진물질 대신 증류수를 첨가한 사료에 대하여 섭식촉진 효과를 보인 것은 증류수를 흡착시킴에 따라 급이 시에 사료 자체가 포함하고 있는 저분자 물질의 확산이 빨라지기 때문인 것으로 생각된다. 이 같은 결과는 EP 사료를 급이할 때 사료를 적당량의 물에 흡착시키면 최소한의 어류 유인효과가 있음을 나타낸다.

섭식촉진 효과가 가장 뛰어난 KH와 GH를 대상으로 첨가 농도별로 섭식촉진 효과를 측정된 결과 (Fig. 1), KH는 농도의 증가와 더불어 섭식촉진 효과도 증가하였으나 1.05% 이상의 농도에서는 거의 비슷한 효과를 보였고, GH는 0.75% 이상의 농도에서는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 사료 중량에 대하여 1.05%를 첨가한 KH와 GH는 대조군에 비하여 209.4 ± 3.8%와 204.0 ± 4.2%의 섭식촉진 효과를 보였고, 증류수 군과 비교했을 때는 각각 128.7 ± 3.8%와 103.3 ± 4.2%로 낮아졌지만 (나타내지 않았음) KH의 효

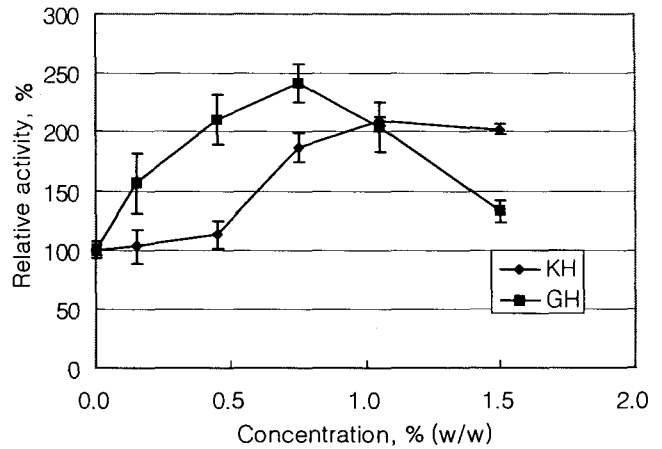


Fig. 1. The effect of KH and GH concentration on feeding stimulant activities.

과는 확실히 인정되었다. 이 같이 산가수분해물이 아미노산 단독군에 비하여 섭식촉진 효과가 현저히 증가한 것은 가수분해물에 포함된 여러 가지 아미노산들의 상승효과에 기인한 것으로 보인다. Harada et al. (1987)은 전복, 미꾸라지 및 방어의 섭식촉진 효과는 화합물의 혼합에 의해 상승한다고 보고하였다.

섭식촉진 효과가 인정된 몇 가지 물질을 조합하여 실험한 결과 (Fig. 2), B군 (KH+glycine)이 아무것도 첨가하지 않은 대조군에 비하여 가장 높은 161.3 ± 37.3%의 섭식 촉진 효과를 보였으나, 이 같은 결과는 1.05% KH (A군)의 174.0 ± 34.2%에 비하여 다소 떨어지는 것으로 나타났고 C, D, E, F군의 상대활성이 A 및 B군에 비해 떨어지는 것에 미루어 핵산관련물질은 KH의 섭식촉진 효과를 상승시키지 못하는 것으로 여겨졌다. 핵산관련물질의 상승효과와 관련한 본 연구 결과는 핵산관련물질이 전갱이 식이를 상승시킨다는 보고 (Ikeda et al., 1988)와는 차이를 보였다.

Table 3. Feeding stimulants activities of amino acids, nucleotides, bases and hydrolysates

Compounds	Diet intake <sup>1)</sup> (Numbers)	Relative activity (%)
Control	113.2	100.0
Distilled water	145.9	128.9 ± 15.6
Amino acids		
Glycine	141.4	124.9 ± 9.1
L-Alanine	98.5	87.0 ± 18.3
L-Cysteine.HCl	78.6	69.4 ± 11.2
L-Tyrosine	50.2	44.3 ± 6.8
DL-Phenylalanine	48.5	42.8 ± 3.6
Na-Glutamate	103.2	91.2 ± 18.3
L-Histidine	91.5	80.8 ± 15.4
Nucleotides		
Inosine 5'-monophosphate	147.4	130.2 ± 17.0
Guanosine 5'-monophosphate	146.8	129.7 ± 16.0
Bases		
Glycine betaine	131.2	115.9 ± 23.5
Trimethylamine	98.5	87.0 ± 8.5
Hydrolysates		
1.05% KH	185.9	164.2 ± 2.3
1.05% GH	150.7	133.1 ± 9.3

<sup>1)</sup> Mean values after 15~18 experiments.

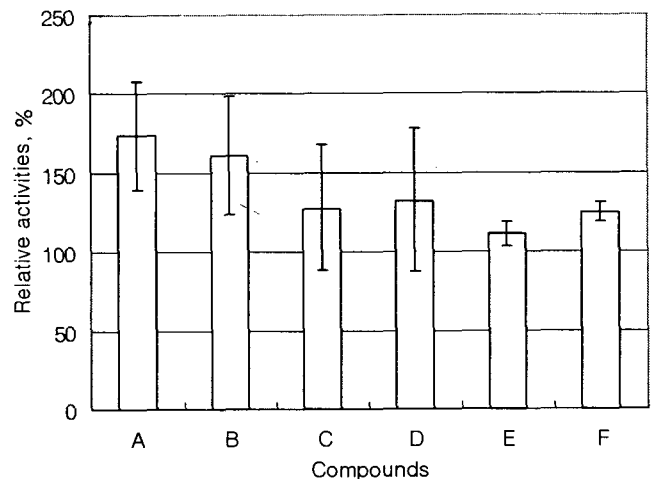


Fig. 2. The synergistic effect of mixed compound on feeding stimulant activities.

A, KH; B, KH+glycine; C, KH+IMP; D, KH+IMP+GMP; E, KH+GH+IMP+GMP+glycine; F, KH+GH+IMP+GMP+betaine.

4. 산가수분해물의 pH의 영향

산 가수분해물을 중화시키기 위해 사용하는 NaOH를 절감하고 가수분해물의 제조 공정을 단순화하며 아미노산의 하전 상태에 따른 섭식촉진 효과를 검토하기 위해 산 가수분해물의 pH를 1N NaOH와 1N HCl을 사용하여 각각 4.5, 6.5 및 8.0으로 조절한 후 섭식촉진 효과를 측정하였다 (Fig. 3). KH의 섭식촉진 효과는 pH에 따른 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타나 아미노산의 유효 하전이 섭식효과에 영향을 미치지 않는 것으로 생각되었다. Hara (1976)는 무지개 송어의 후각 자극을 측정하여 아미노산 구조와 자극의 상관을 실험한 결과, 자극을 위해서는  $\alpha$ -amino기와  $\alpha$ -carboxyl기가 필수적이며 양이온 혹은 음이온의 하전 상태가 중요한 유효 하전의 양과는 상관없이 없다고 하였다. 본 실험의 결과는 다량으로 생산하는 산 가수분해물의 일반적인 pH가 약 4.5 부근인 점에 비추어 인위적인 pH 조절이 필요없기 때문에 산 가수분해물을 주체로 한 섭식촉진물질의 유용성을 뒷받침한다.

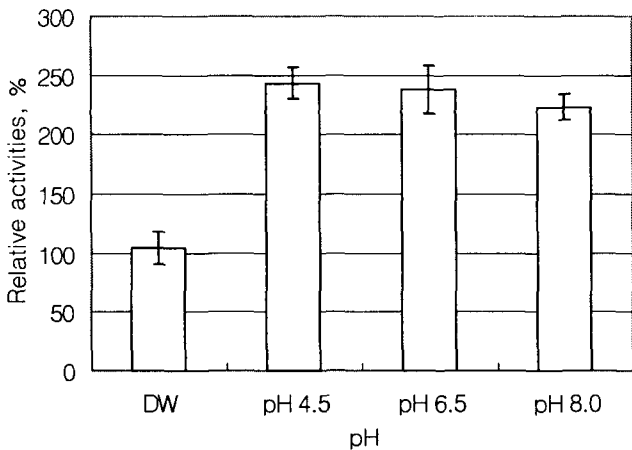


Fig. 3. The effect of pH on feeding stimulant activities of 1.05% KH.

5. 사료효율에 미치는 섭식촉진물질의 효과

기본 사료인 A 또는 B 사료를 기본으로 각각 최적인 1.05% (w/w)의 KH를 첨가하여 formulation한 섭식촉진 사료 C와 D의 사료 효율을 측정된 결과 (Table 4), A 사료와 C 사료의 사료 효율은 각각 114%와 155%로서 섭식촉진 효과가 확인되었다. 이 같은 결과는 섭취량에서도 현저한 차이를 보여 A 사료는 총 급여량의 58.2%를 섭취한 반면 섭식촉진 사료 C는 83.3%를 섭취하였다. 그리고 B 사료에 섭식 촉진 물질을 formulation한 D 사료의 효율은 B 사료에 비하여 3배 정도 증가하였다. 이 같이 기본 사료의 종류에 따라 사료효율에 큰 차이를 보이는 것은 사료 제조 시에 기본적으로 포함시킨 섭식촉진물질의 종류와 사료 성분의 차이에 기인하는 것으로 보이며 사료효율이 떨어지는 사료일수록 섭식촉진물질의 필요성은 증가하는 것으로 보인다. 그리고 섭식촉진물질의 사료효율의 증가는 섭식촉진 효과 뿐 아니라 KH에 포함된 각종 아미노산의 영양학적인 보강 효과도 기대된다. 한편 1.0% (w/w)의 KH를 기준으로 한 최적 formulation에 따른 섭식촉진 물질의 단

Table 4. The results of feeding trial of diets

Diets	Weight gain (g)	Feed efficiency (%)
A <sup>1)</sup>	285	114
B <sup>2)</sup>	109	44
C <sup>3)</sup>	387	155
D <sup>4)</sup>	333	133

<sup>1)</sup> EP made in Japan A company.

<sup>2)</sup> EP made in Japan B company.

<sup>3)</sup> A diets + 1.05% (w/w) KH.

<sup>4)</sup> B diets + 1.05% (w/w) KH.

가는 기본 EP사료 단가의 0.05%에 불과하여 충분히 경제성이 있기 때문에 실용화가 가능한 것으로 평가하였다.

요 약

우리나라 해산어 양식의 주요 대상 어종인 넙치의 섭식 촉진 물질을 확인하기 위하여 몇 가지 아미노산, 핵산관련물질, 염기성 물질 및 산가수분해물의 섭식촉진 효과를 수조 실험을 통해 검토 하였다. Glycine, IMP, GMP 및 betaine은 다소의 섭식 촉진 효과가 인정되었으며 천연 단백질 자원의 산 가수분해물인 KH가 가장 우수한 섭식촉진 효과를 보였다. KH는 사료 중량에 대하여 1.05% (w/w)까지 섭식촉진 효과가 증가하였으나 그 이상의 농도에서는 효과가 거의 일정하였다. 산 가수분해물의 pH는 섭식촉진에 영향을 미치지 않았고, 물질의 혼합에 따른 상승효과는 KH와 glycine의 조합이 가장 우수하였다.

대조군 사료는 총 급여량의 58.2%를 섭취한 반면 섭식촉진 사료는 83.3%를 섭취하여 섭식촉진물질의 첨가는 섭식량의 증가 뿐 아니라 사료 효율의 개선에 현저히 기여하였다. 그리고 섭식촉진 물질의 조합에 따른 단가 상승은 기본사료 가격의 0.05% 이내에 불과하여 경제성이 충분하며 실용화가 가능한 것으로 예상하였다. 한편 본 연구 결과의 적용을 확대하기 위해서는 장차 넙치 성어에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 부경대학교 해양산업개발 연구 센터를 통한 한국과학재단 우수 연구 센터 지원금에 의하여 이루어 졌으며 이에 감사드립니다 (과제번호: 97K3-1506-01-06-3).

참 고 문 헌

Adron, J.W. and A.M. Mackie. 1978. Studies on the chemical nature of feeding stimulants for rainbow trout. *J. Fish Biol.*, 12, 303~310.  
 AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, USA.  
 Brown, S.B., R.E. Evans, B.E. Thompson and T.J. Hara. 1982. Chemoreception and aquatic pollutants. In *Chemoreception in Fishes*,

- T.J. Hara, ed. Elsevier Scientific, New York, pp. 363~393.
- Carr, W.E.S. 1976. Chemoreception and feeding behavior in the pigfish, *Orthoprostis chrysopterus*: Characterization and identification of stimulatory substance in a shrimp extract. *Comp. Biochem. Physiol.*, 55A, 153~157.
- Carr, W.E.S. 1982. Chemical stimulation of feeding behavior. In *Chemoreception in Fishes*, T.J. Hara, ed. Elsevier Scientific, New York, pp. 259~273.
- Floch, J., M. Lees and G.N.S. Stanly. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.*, 226, 497~509.
- 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.
- Hara, T.J. 1976. Structure-activity relationships of amino acids in fish olfaction. *Comp. Biochem. Physiol.*, 54A, 31~36.
- Harada, K. 1985. Feeding attraction activities of amino acids and lipids for juvenile yellowtail. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 51, 453~459.
- Harada, K. 1986. Feeding attraction activities of nucleic acid-related compounds for abalone, oriental weatherfish and yellowtail. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1961~1968.
- Harada, K., A. Eguchi and Y. Kurosaki. 1987. Feeding attraction activities in the combinations of amino acids and other compounds for abalone, oriental weatherfish and yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1483~1489.
- Harada, K. and I. Ikeda. 1984. Feeding attractants in chemical constituents of lake prawn for oriental weatherfish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50, 617~622.
- Harada, K. and Y. Akishima. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipid and nitrogenous bases for abalone. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 51, 2051~2058.
- Hidaka, K. 1982. Taste receptor stimulation and feeding behavior in the puffer. In *Chemoreception in Fishes*, T.J. Hara, ed. Elsevier Scientific, New York, pp. 243~257.
- Ikeda, I., H. Hosokawa, S. Shimeno and M. Takeda. 1988. Identification of feeding stimulant in the krill extract for jack mackerel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 235~238.

---

2002년 1월 30일 접수

2002년 3월 28일 수리