KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 32, No. 5, pp. 1058~1067(2000)

천연산 및 양식산 뱀장어, 복어, 가물치의 맛 성분에 대한 연구

김희연 · 신재욱* · 심규창* · 박희옥** · 김현숙*** ·
김상무**** · 조재선***** · 장영미******

식품의약품안전청 식품평가부 식품규격과,
*식품의약품안전청 식품첨가물평가부 천연첨가물과, **중앙대학교 의약식품대학원,
***한양대학교 식품영양학과, ****강릉대학교 해양생명공학부,
*****경희대학교 생명과학부, ******식품의약품안전청 식품평가부 영양과

Comparison of The Taste Compounds of Wild and Cultured Eel, Puffer and Snake head

Hee-Yun Kim, Jae-Wook Shin*, Gyu-Chang Sim*,
Hee-Ok Park**, Hyun-Sook Kim***, Sang-Moo Kim****,
Jae-Sun Cho***** and Young-Mi Jang******

Division of Food Standard, Korea Food and Drug Administration,
**Division of Natural Food Additives, Korea Food and Drug Administration,*
***Graduate School of Food and Drug Administration, Chungang University,*
****Department of Food and Nutrition, Hanyang University,*
*****Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University*
******School of Life Resource Science, Kyung Hee University*
*******Division of Nutrition, Korea Food and Drug Administration*

Abstract

In this study, eel, puffer and snake head fish, which are widely taken and highly valued for processing into baked fish, soup or fish juice were studied by classifying them into wild fish and cultured fish, and evaluated in terms of taste. The samples were gathered in the area including Kimhae, Samchonpo and Haman in Kyungsangnam-do, Kangsu-Gu in Pusan and Bukcheju-Gun in Cheju-do. Proximate compositions, the content of nucleotides and their related compounds, total and free amino acids, organic acids and fatty acids of the fishes were analysed. Generally, as for the compositions, wild fish had a higher crude fat content and a lower moisture content as compared with cultured fish, while there was no great difference between them in terms of crude protein and ash contents. Nucleotides and their related compounds including ATP, ADP, AMP, IMP, HxR, Hx were detected, and the amounts of which were nearly the same with respect to the growth conditions. IMP content was high in all of the samples, while ATP content was extremely low. Total 17 amino acids were detected from the samples, and most of the samples had high contents of glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine, glycine, alanine and arginine, and low contents of cystein, isoleucine and methionine. As for the other amino acids, generally same level of contents were detected for each samples. In cases of eel and snake head fish, the wild fish had higher total amino acid contents in comparison with cultured fish. And the result to the contrary was obtained for the case of puffer. Sample fishes had nearly the same compose distribution of free amino acid though the contents of which were a little different according to the samples. Each sample had high contents of taurine, hydroxyproline, glutamic acid, glycine, cystathionine, β-aminoisobutyric acid and lysine. Total organic acid contents of cultured fish was higher than that of wild fish. All fishes commonly had high contents of lactic acid, iso-valeric acid, oxalic acid and fumaric acid. High levels of $C_{16:0}$, $C_{16:1}$, $C_{18:1(cis)}$, $C_{18:3}$ and $C_{22:6}$ were shown in all of the samples and ω-3

Corresponding author : Hee-yun Kim, Division of Food Standard, Korea Food and Drug Administration, 5 Nokbun-Dong, Eunpyung-Ku, Seoul 122-704, Korea
Tel : 82-2-380-1664
Fax : 82-2-382-4894
E-mail : pmheekim@kfda.go.kr

polyunsaturated fatty acid content of cultured fish was higher than that of wild fish, and as for the essential fatty acid, wild fish has higher content in comparison with cultured fish.

Key words : eel, puffer, snake head, taste compounds

서 론

최근 식생활의 변화로 양질의 단백질 공급원인 수산식품에 대한 관심이 고조되고 있다. 삼면이 바다인 우리 나라에서 수산식품이 우리의 식생활에 차지하는 비중이 크며 특히, 동물성 단백질 공급원으로 매우 중요시되고 있다. 환경오염으로 인한 급속한 연안 오염과 어획의 남용으로 인해 천연산 어류의 생산은 감소하였으나 양식어업은 양식장 시설의 현대화와 양식기술의 발달로 생산이 증가되어가고 있어 양식산과 천연산 어류의 정미성분에 대한 비교는 양식어의 품질 개선에 지침이 될 수 있으며 또한 식품학적 기초자료로서 중요하다고 생각된다.

우리 나라의 1998년 수산물 총 생산량은 2,834천 톤으로 그 중 복어는 해면어업과 천해양식을 포함하여 3,897톤이고 뱀장어는 어로 및 양식 생산량이 각각 44톤 및 2,213톤, 가물치는 122톤 및 520톤을 차지하고 있다[1].

참장어과(*Family anguillidae*)에 속하는 뱀장어(*Anguilla japonica*)는 전국적으로 분포되어 있으며 산출량은 남으로 갈수록 많고 북쪽으로 갈수록 감소한다. 각지에서 만들어진 대형댐에 막혀서 상류쪽으로 올라가지 못하게 되어 분포지가 점점 축소되어지고 있는 실정이며 중국, 대만, 일본, 베트남 등지에도 분포한다[2,3]. 참복과(*Family Tetradontidae*)에 속하는 자지복(*Sphoeroides rubripes*)은 우리 나라 전 연해 및 일본 남부 호카이도 이남, 타이완, 중국 및 Peter the great Bay 연해에 분포한다[2,3]. 가물치과(*Family ophicephalidae*)에 속하는 가물치(*Ophicephalus argus*)는 우리 나라 전 지역의 민물계에 분포하고 있으며 아시아 동남부지방, 일본에 널리 분포하고 있다[2,3]. 이들 어종은 풍미가 좋고 영양이 풍부하여 임신중이나 산후 또는 병후 노약자에 식용되어 온 식품중의 하나이며, 최근 이들 어종은 단백질원으로서 뿐만 아니라 농어촌 소득증대의 일환으로 상당량이 양식되고 있는 실정이므로 수요면에서 뿐만 아니라 기호면에서 점차 중요성을 더해가고 있는 실정이다. 이처럼 식품으로서 중요한 위치를 점하고 있으나 이들에 대한 식품학적인 연구는 비교적으로 많지 않다. 김 등은[4,5] 천연 및 양식산 어류의 정미성분에 관한 연구중 산지 및 성장조건별로 참돔, 조피볼락, 넙치 및 미꾸라지의 연구에서 대체적으로 산지 및 성장조건 별로는 성분의 차이를 보여주고 있지 않으나 일반성분 중 조지방과 수분함량이 역상관 관계를 나타내고 핵산관련물질 함량은 IMP가 공통적으로 많았고 구성 및 유리아미노산 함량은 비슷한 양상을 나타내었는데 특히, taurine이 공통적으로 많았다고 보고하였다. 한편 해수어의 정미성분에 대한 연구[6-11]는 비교적 활발히 연구 수행되고 있다. 그래서 본 연구진들은 뱀장어, 복어, 가물치에 대한 맛 성분을 밝힐 목적으로 천연산과 양식산으로 나누어 일반성분, 핵산 및 핵산관련물질, 유기산, 구성 및 유리 아미노산, 지방산 등의 함량을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

재료의 조건은 Table 1에 나타내었다. 뱀장어(*Anguilla japonica*) 천연산은 경남 김해, 양식산은 부산 강서구,

Table 1. Conditions of sampled fishes

Species	Sampling site	Growing conditions	Sampling date (1996)	No. of samples	Body weight(g)		Body length(cm)	
					Range	Mean	Range	Mean
Eel	PK[1]	Cultured	Mar. 7	15	196221	211	4048	44
(*Anguilla japonica*)	KK[2]	Wild	May 29	13	100250	159	3751	45
Puffer	CJ[3]	Cultured	Mar. 19	5	9501,000	990	3539	36
(*Sphoeroides rubripes*)	KS[4]	Wild	May 8	5	7002,000	1,241	3142	37
Snake head	PK[1]	Cultured	Mar. 15	5	1,2301,900	1,416	5160	54
(*Ophicephalus argus*)	KH[2]	Wild	Mar. 16	5	1,3002,000	1,541	5160	54

[1]Kangsu-Gu, Pusan [2]Kimhae, Kyungsangnam-do [3]Bukcheju-Gun, Cheju-Do [4]Samchonpo, Kyungsangnam-do [5]Haman, Kyungsangnam-do.

복어(*Sphoeroides rubripes*) 천연산은 경남 삼천포, 양식산은 제주도 북제주군, 가물치(*Ophicephalus argus*) 천연산은 경남 함안, 양식산은 부산 강서구에서 각각 구입하였다.

시료의 채취는 가능한 크기와 체중이 비슷한 것을 선택하여 ice box를 이용해 활어상태로 실험실로 운반하여 dressing 한 후 (내장, 아가미, 머리제거) 각 개체를 혼합하여 blender(Food Mixer, HANIL, Korea)로 마쇄한 후 소량씩 폴리에틸렌 비닐에 포장하여 즉시 -70°C로 급속 동결하여 두고 실험재료로 사용하였다.

일반성분

수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semimicro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식 회화법으로 측정하였다.

핵산관련물질

마쇄한 시료 5 g에 10% 냉 과염소산용액 25 mL를 가하여 빙냉하면서 막자사발에서 균질화한 다음 원심분리(4,000 rpm, 10min, Himac CR21E, HITACHI, Japan)하여 상층액만을 분취하고, 다시 잔사에 10% 냉 과염소산용액 20 mL를 가해 빙냉하면서 마쇄한 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상층액을 분취하였다. 이 추출 조작을 2회 반복하고 분취한 상층액을 모두 합하여 5 N 수산화칼륨용액으로 pH 7.5로 조절한 다음 중화한 과염소산용액을 이용하여 100 mL로 정용하였다. 이를 상온에서 약 30분간 방치한 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리한 다음 상층액을 millipore filter(0.45 μm)로 여과하여 고속액체크로마토그래피(HPLC)로 분석하였다. 실험에 사용한 HPLC는 PU-980 pump, UV-975 UV/VIS detector, Rheodyne injector, Co-965 column oven으로 구성된 Jasco Model LC-900 (Jasco International Co., Ltd., Japan)을 사용하였으며, 이때의 분석조건으로는 칼럼은 Finepak SIL C_{18}(4.6×250 mm), 칼럼온도는 40°C, 이동상은 0.04 M KH_2PO_4 : 0.06 M K_2HPO_4(pH 7.5, 1 : 1), 유속은 0.8 mL/min, wavelength는 340 nm에서 20 μL를 주입하여 Chart speed 0.5 mm/min로 분석하였다.

ATP, ADP, AMP, IMP, inosine, hypoxanthine 표준품은 Sigma사 제품을 사용하였으며, 검량선 작성은 표준품을 0.001~1.0 M로 각각 조제한 표준용액 20 μL씩을 주입하여 동일한 분석조건하에서 peak의 검출 감도로부터 검량선을 작성하였다. 정량은 표준품과 retention time을 비교한 후 검량선을 이용하여 각 시료용액의 피크면적으로 환산하였다.

구성아미노산

시료 50 mg을 취하여 앰플에 넣고 6 N HCl 2 mL를 가하여 감압밀봉한 후 110°C의 sand bath에서 24시간 가수분해시켰다. 분해액을 glass filter로 여과하고 감압건고하여 염산을 제거한 다음 물을 가하여 다시 감압건고하고 pH 2.2의 구연산 완충용액으로 25 mL로 정용하여 millipore filter(0.45 μm)로 여과한 후 아미노산 자동분석계(LKB Biochrom 20)로 정량하였다.

유리아미노산

마쇄한 시료 5 g을 정밀히 취하여 1% 피크린산용액 40 mL를 가하여 15분 동안 균질화하고 이를 반복조작하여 물로서 100 mL로 정용한 후 4,000 rpm에서 15분 동안 원심분리하였다. 이 중 일정량을 취하여 Dowex 2×8(Cl^- form, 200~400 mesh, Φ2×3 cm)수지칼럼에 통과시켜 피크린 산을 제거하고 유출액 및 세척액(0.02 N HCl 3 mL)을 모아 감압농축한 후 pH 2.2의 구연산 완충용액으로서 25 mL로 정용하여 아미노산 자동분석계(LKB Biochrom 20)로 정량하였다.

유기산

시료 50 g에 60°C의 물 130 mL를 가하여 균질화한 후 10,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 상층액을 분취하고 다시 잔사에 60°C의 물 50 mL를 가하여 위와 같은 조작을 2회 반복하고 분취한 상층액을 모두 합한 후 물을 가하여 250 mL로 정용하였다. 이중 80 mL를 취해 HCl로 pH를 2.0~3.0으로 조절한 다음 Ambelite CG-120 H^+(100×020 i.d. mm) 양이온 칼럼을 통과시킨 후 Ambelite CG-48 OH^-(100×020 i.d. mm) 음이온 칼럼에 흡착시킨 다음 이에 2 N NaOH 40 mL를 통과시켜 유기산을 용출하였다. 이 용출액을 H_2SO_4로 pH를 8~9로 조절한 후 진공회전농축기(New Rotary Vacuum Evaporator, EYERA, Japan)로 농축시킨 다음 질소가스로 완전히 건고시켜 n-butanol 1 mL, 무수황산나트륨 1 g, 진한황산 5 mL를 가하여 밀봉하고 120°C에서 30분간 가열하여 butyl ester화 하였다. 이에 물 10 mL와 내부표준물질(IS)로서 hexane(5 mg/mL) 3 mL를 가하고 무수탄산나트륨 0.5 g을 넣어 황산을 제거하고 hexane층에 유기산 butyl ester를 용출시켜 GC로 분석하였다. 실험에 사용한 GC는 FID가 부착된 Fisons Model 8060 Series(Fisons Instrument, Italy)를 사용하였으며, 이때의 분석조건은 칼럼은 HP-FFAP capillary column(0.2 mm I.D., 0.3 μm film thickness, 50 m length, Hewlett Packard, USA), 오븐의 온도는 50°C에서 5°C/min의 속도로 240°C까지 승온하여 5분간 유지

하였다. 주입구 및 검출기의 온도는 275°C로 하였으며 운반기체로는 헬륨을 사용하여 3 mL/min의 유속으로 하였고 split ratio는 50 : 1로 하였다.

지방산

지방산을 분석하기 위해 Folch 등[12]의 방법을 변형하여 지방을 추출하였다. 즉, 시료의 육질부분 50 g에 1.5배 가량의 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 혼합용액을 가하여 균질기(Multi Homogenizer, SMT Co., Japan)로 3분간 마쇄한 후 원심분리(10,000 rpm, 10 min)하고 침전 잔사에 다시 1.5배 가량의 상기 용매를 가하여 추출 여과하였다. 위와 같은 조작을 3회 반복하고 여액을 모두 합하여 KCl용액을 전체 여액의 1/4 정도로 가하고 50°C의 수욕조에서 5~10분간 가열한 후 분액깔대기에 넣고 격렬하게 진탕혼합하여 chloroform층을 분리하고 1/4배 가량의 water : methanol (1 : 1, v/v)혼합용액을 가하여 세척하였다. 위의 조작을 2회 반복한 후 하층을 취하고 무수 Na_2SO_4로 잔여 수분을 제거하여 여과하였다. 여액을 진공회전농축기로 50°C에서 용매를 제거하고 잔류용매는 질소가스로 완전 제거하여 총 지방을 얻었다. 추출된 지방의 가수분해 및 methyl ester화는 AOAC[13]법으로 행하였다. 즉, 중류플라스크에 시료 350 mg, NaOH in methanol 6 mL, 비등석을 넣고 지방덩어리가 없어질 때까지(약 10분간) 가열하고 BF_3 in methanol 7 mL를 가하여 2분간 끓인 후 2~5 mL의 heptane을 가하고 15초 동안 격렬히 진탕하였다. 포화 NaCl용액을 heptane이 부유할 때까지 가하고 시험관에 heptane층을 옮겨 무수 Na_2SO_4로 잔여 수분을 제거한 후 GC에 주입하였다. 실험에 사용한 GC는 FID가 부착된 Fisons Model 8060 Series(Fisons Instrument, Italy)를 사용하였으며, 칼럼은 HP-1 capillary column(0.2 mm I.D., 0.3 μm film thickness, 50 m length, Hewlett Packard, USA), 오븐 온도는 40°C에서 1분간 유지한 후 7°C/min의 속도로 60°C까지 승온하여 1분간 유지하고 다시 190°C까지 3°C/min의 속도로 승온하여 13분간 유지한 후 250°C까지 3°C/min으로 승온하여 2분간 유지하였다. 주입구 및 검출기의 온도는 275°C로 하였으며 운반기체로는 헬륨을 사용하여 1.5 mL/min의 유속으로 하였고 split ratio는 80 : 1로 하였다.

결과 및 고찰

일반성분

양식 및 천연산 뱀장어, 복어, 가물치의 일반성분을 분석한 결과를 Tabel 2에 나타내었다. 전체적으로 양식산 어류가 천연산 어류에 비하여 조지방 함량은 높았으나 수분함량은 다소 낮은 경향을 나타내었다. 그러나 조단백질과 회분함량은 큰 차이를 볼 수 없었다. 일반적으로 양식산 어류는 천연산 어류에 비해 육질이 기름지다고 보고되고 있다. 이 주된 원인은 먹이의 차이에서 찾아볼 수 있는데 양식어의 사료 중에 지방함량이(뱀장어 사료 3.0%이상, 복어 사료 2.0%이상, 가물치 사료 6.0%이상) 많으므로 이들 사료중의 지방이 양식산 어류의 근육으로 전달되어 축적되기 때문이며 한편으로는 한정된 지역 내에서 양식되므로 천연산어류에 비하여 운동량이 부족하기 때문으로 생각된다[5]. Morishita 등[8]은 양식돔 일반성분조성의 산지별, 양식 방법별로 천연어와의 비교에서 산지가 다른 양식돔의 일반성분은 조단백과 회분함량은 차이가 없으나 지방은 차이가 크다고 하였는데 이것은 양식장에서 사용되는 사료의 성분차이에 기인된다고 하였다. 김 등[4]은 산지 및 성장조건별 참돔, 조피볼락, 넙치의 정미성분 비교에서 일반성분은 산지별로는 큰 차이를 볼 수 없었으나, 성장조건별로는 양식산 어류가 천연산 어류에 비하여 조지방함량은 높았고 수분함량은 다소 낮은 경향을 보였으며 기타성분은 큰 차이를 볼 수 없었다고 보고하였다. Hirano 등[14]은 천연 및 양식 은어의 품질에 관한 화학적 연구에서 일반성분의 계절 변화는 성장과 산란에 관계가 있는데 성장기간에는 수분감소와 지방의 증가현상이 나타나고 산란기에는 그 반대현상이라고 보고하였다. 본 실험의 결

Table 2. Proximate compositions of cultured and wild fishes (Unit: %)

Species	Sampling site	Growing condition	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Eel	P K[1]	Cultured	65.19	12.92	20.73	1.07
	K K[2]	Wild	70.72	13.34	14.16	0.93
Puffer	D J[3]	Cultured	80.81	16.61	0.47	1.19
	K S[4]	Wild	79.96	18.37	0.39	1.22
Snake head	P K[1]	Cultured	79.05	17.26	1.78	1.10
	K H[5]	Wild	82.68	15.05	0.60	1.17

[1)~5)]See the Table 1.

Table 3. Contents of nucleotides and their related compounds of cultured and wild fishes (Unit: μmol/g meat)

Compounds	Eel		Puffer		Snake head	
	Cultured	Wild	Cultured	Wild	Cultured	Wild
	PK[1)]	KK[2)]	CJ[3)]	KS[4)]	PK[1)]	KH[5)]
ATP	0.385	0.023	0.141	0.010	0.047	0.092
ADP	0.572	0.165	1.385	3.380	0.978	1.091
AMP	0.383	0.077	2.039	0.1060	0.382	0.090
IMP	2.090	3.280	9.875	9.936	4.432	2.417
Hx[6)]	0.743	0.496	0.430	0.350	0.452	0.993
HxR[7)]	2.471	1.982	0.307	0.848	3.206	7.955

[1)-5)]See the Table 1. [6)]Hypoxanthine [7)]Inosine.

과도 이들의 보고와 일치하는 경향을 나타내었다.

핵산관련물질 함량

양식 및 천연산 뱀장어, 복어, 가물치의 핵산관련 물질 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 어패육의 nucleotides에 대하여는 생화학적인 면뿐만 아니고 식품학적인 면인 정미성분, 선도판정지표물질 및 갈변현상의 관련물질로서 중요시되고 있다. 어류 및 해산 무척추동물의 조직에는 20종류 이상의 nucleotides를 함유하고 있는데 주로 근육조직에 많다. 핵산관련물질로서 ATP, ADP, AMP, IMP, Hx, HxR 등이 검출되었고 성장조건별로는 큰 차이가 없었으나 전 시료에서 IMP의 함량이 높게 나타났고, ATP의 함량은 극히 낮았다. 성과 심[15]은 천연산 가물치의 정미성분에 대한 연구에서 IMP의 함량이 5.6 μmol/g meat으로 다른 성분에 비해 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 Konosu와 Watanabe[16], Suyama[17]의 양식 및 천연 참돔과 은어에 대한 연구에서도 IMP함량이 가장 많았고 기타 함량은 큰 차이가 없었으며, 산지간, 시료간에도 큰 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서 조사된 결과도 이들과 유사한 양상을 보여주고 있었다. 정미성분은 5'-GMP>5'-IMP>5'-XMP(xanthylic acid)의 순으로 강하다는 Kuninaka 등[18]의 nucleotides 맛 연구와 Konosu 등의[19] IMP와 유리아미노산 사이에는 맛의 상승 작용이 있다는 보고 등이 있는데, 뱀장어, 복어, 가물치의 핵산관련물질 중 함량이 특히 많은 IMP는 유

Table 4. Amino acid contents of the dressed meat extracts from cultured and wild fishes. (Unit: mg/g meat)

Amino acid	Eel		Puffer		Snake head	
	Cultured	Wild	Cultured	Wild	Cultured	Wild
	PK[1)]	KK[2)]	CJ[3)]	KS[4)]	PK[1)]	KH[5)]
Asp	6.27(11.2)[6)]	7.07(10.5)	8.44(11.6)	6.01(9.8)	7.78(12.0)	7.82(10.9)
Thr	2.64(4.7)	2.98(4.4)	3.14(4.3)	2.50(4.1)	2.50(3.9)	3.39(4.7)
Ser	2.67(4.8)	3.07(4.6)	3.63(5.0)	2.83(4.6)	3.16(4.9)	3.39(4.7)
Glu	9.29(16.6)	10.73(16.0)	12.12(16.6)	9.87(16.1)	10.71(16.5)	12.07(16.9)
Pro	+[7)]	3.45(5.1)	3.59(4.9)	3.21(5.2)	2.97(4.6)	3.41(4.8)
Gly	3.51(6.3)	4.70(7.0)	4.47(6.1)	3.98(6.5)	4.30(6.6)	4.72(6.6)
Ala	3.80(6.8)	4.54(6.8)	4.99(6.8)	4.28(7.0)	4.49(6.9)	4.75(6.6)
Cys	0.55(0.1)	0.61(0.9)	0.45(0.6)	0.56(0.9)	+	0.55(0.8)
Val	2.23(4.0)	2.33(3.5)	2.31(3.2)	2.11(3.4)	2.01(3.1)	2.72(3.8)
Met	1.93(3.4)	2.12(3.2)	2.39(3.3)	2.17(3.5)	1.91(1.8)	2.32(3.2)
Ile	1.89(3.4)	2.02(3.0)	1.72(2.4)	1.62(2.6)	1.19(1.8)	2.33(3.3)
Leu	4.44(7.9)	4.84(7.2)	5.25(7.2)	4.63(7.5)	4.52(7.0)	5.47(7.6)
Tyr	3.14(5.6)	3.32(4.9)	3.77(5.2)	3.19(5.2)	3.87(6.0)	2.89(4.0)
Phe	2.83(5.0)	3.08(4.6)	3.83(5.3)	3.17(5.2_	4.03(6.2)	3.37(4.7)
His	2.36(4.2)	2.64(3.9)	2.00(2.7)	1.48(2.4)	2.12(3.3)	1.79(2.5)
Lys	5.06(9.0)	5.76(8.6)	6.57(9.0)	5.94(9.7)	5.79(8.9)	6.27(8.8)
Arg	3.46(6.2)	3.94(5.9)	4.21(5.8)	3.89(6.3)	3.39(5.2)	4.27(6.0)
Total AA[8)]	56.07	67.20	72.88	61.44	64.74	71.53
Total EAA[9)]	26.84(47.9)	29.71(44.2)	31.42(43.1)	27.51(44.8)	27.46(42.4)	31.93(44.6)

[1)-5)]See the Table 1. [6)]Number in parenthesis gives the % to total amino acid [7)]Trace [8)]Total amino acid [9)]Total essential amino acid.

리아미노산과 더불어 이들의 맛에 중요한 인자가 될 것으로 생각된다.

구성아미노산 함량

양식 및 천연산 뱀장어, 복어, 가물치의 구성아미노산 함량은 Table 4와 같다. 식품에 함유되어 있는 아미노산은 여러 종류의 형태를 취하고 있다. 크게 나누면 단백질을 구성하고 있는 구성아미노산과 식품 중의 유리아미노산으로 대별[20]되고 있는데 구성아미노산은 체단백질을 구성하고 있어 산으로 가수분해시킨 후 분석할 수 있는데 시료어의 구성아미노산은 총 17종이 검출되었다. 대부분의 시료에서 glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine, glycine, alanine, arginine 등의 함량이 높았으며, cystein, isoleucine, methionine 등의 함량이 비교적 적었다. 그 외의 구성아미노산 함량은 대체로 비슷하였다. 뱀장어와 가물치는 천연산이 양식산에 비해 구성아미노산 함량이 높았고 복어는 그 반대였다. 구성아미노산 중 필수아미노산의 함량 분포비율은 최소 42.4%에서, 최고 47.9%를 나타내고 있으며 성장조건별로는 큰 변화 양상을 나타내지 않았다. 필수 아미노산 중에서는 lysine의 함량이 가장 높았으며, leucine, phenylalanine, arginine

Table 5. Free amino acid contents of the dressed meat extracts from cultured and wild fishes (Unit: mg/g meat)

Free amino acid	Eel		Puffer		Snake head	
	Cultured	Wild	Cultured	Wild	Cultured	Wild
	PK[1)]	KK[2)]	CJ[3)]	KS[4)]	PK[1)]	KH[5)]
Phosphoserine	0.009(0.2)[6)]	0.008(0.1)	0.017(0.3)	0.013(0.3)	0.009(0.1)	0.009(0.1)
Taurine	0.280(5.2)	0.604(7.3)	1.269(22.2)	1.329(25.7)	1.518(22.8)	1.498(25.1)
Phosphoethanolamine	0.004(0.1)	0.016(0.2)	+	+	+	+
Aspartic acid	+[7)]	0.006(0.1)	+	+	+	+
Hydroxy proline	0.370(6.8)	0.439(5.3)	1.317(23.1)	0.940(18.2)	1.219(18.3)	1.344(22.5)
Threonine	0.026(0.5)	0.045(0.5)	0.047(0.8)	0.029(0.6)	0.155(2.3)	0.133(2.2)
Serine	0.017(0.3)	0.044(0.5)	0.047(0.8)	0.019(0.4)	0.062(0.9)	0.058(1.0)
Asparagine	0.003(0.1)	0.003(0.0)	0.006(0.1)	+	0.012(0.2)	0.0352(0.6)
Glutamic acid	0.038(0.7)	0.077(0.9)	0.009(0.2)	0.023(0.4)	0.050(0.8)	0.125(2.1)
Glutamine	+	0.044(0.5)	0.015(0.3)	0.022(0.4)	+	+
Sarcosine	0.006(0.1)	0.006(0.1)	0.005(0.1)	0.004(0.1)	0.002(0.0)	0.003(0.1)
α-aminoadipic acid	+	0.044(0.5)	0.034(0.6)	0.013(0.2)	0.106(1.6)	0.173(2.9)
Proline	0.049(0.9)	0.430(5.2)	0.460(8.1)	0.531(10.3)	1.847(27.7)	1.006(16.8)
Glycine	0.064(1.2)	0.167(2.0)	0.180(3.1)	0.192(3.7)	0.481(7.2)	0.165(2.8)
Alanine	+	0.002(0.0)	0.006(0.1)	0.003(0.1)	+	0.029(0.5)
Citrulline	0.03(0.1)	0.047(0.6)	+	0.034(0.1)	0.012(0.2)	+
α-aminoisobutyric acid	0.021(0.4)	+	0.023(0.4)	0.027(0.5)	0.018(0.3)	0.038(0.6)
Valine	0.004(0.1)	0.004(0.0)	+	+	+	0.003(0.0)
Cystine	0.022(0.4)	0.033(0.4)	0.023(0.4)	0.037(0.7)	0.073(1.1)	0.163(2.7)
Methionine	+	0.001(0.0)	0.009(0.2)	0.015(0.3)	0.004(0.1)	0.013(0.2)
Cystathionine	0.144(2.6)	0.217(2.6)	0.316(5.5)	0.313(6.1)	0.200(3.0)	0.238(4.0)
Isoleucine	0.022(0.4)	0.061(0.7)	0.022(0.4)	0.027(0.5)	0.022(0.3)	0.048(0.8)
Leucine	0.010(0.2)	0.020(0.2)	0.007(0.1)	0.009(0.2)	0.007(0.1)	0.023(0.4)
Tyrosine	0.044(0.8)	0.071(0.9)	+	+	0.004(0.1)	+
β-alanine	0.004(0.1)	0.019(0.2)	0.007(0.1)	0.010(0.2)	0.008(0.1)	0.018(0.3)
Phenyl lalanine	+	0.091(1.1)	+	+	+	+
β-aminoisobutyric acid	0.329(6.1)	0.273(3.3)	0.241(4.2)	0.281(5.4)	0.304(4.6)	0.303(5.1)
γ-aminoisobutyric acid	+	0.001(0.0)	0.002(0.0)	0.001(0.0)	+	+
DLallogydroxylysine	+	+	0.034(0.6)	0.016(0.3)	+	0.007(0.1)
Ornithine	0.004(0.1)	0.008(0.1)	0.043(0.8)	0.014(0.3)	0.010(0.1)	0.008(0.1)
Lysine	0.079(1.5)	0.183(2.2)	1.033(18.1)	0.465(9.0)	0.046(0.7)	0.181(3.0)
1-methylhistidine	+	+	+	+	+	+
Histidine	0.037(0.7)	0.034(0.4)	0.006(0.1)	0.005(0.1)	0.149(2.2)	0.231(3.9)
3-methylhistidine	+	+	+	+	0.051(0.8)	0.048(0.8)
Anserine	+	+	0.267(4.7)	0.715(13.8)	0.278(4.2)	+
Carnosine	3.779(69.5)	3.405(41.1)	0.036(0.6)	+	+	0.018(0.3)
Arginine	0.035(0.6)	1.850(22.4)	0.182(3.2)	0.086(1.7)	0.009(0.1)	0.029(0.5)
Total	5.434	8.276	5.706	5.169	6.668	5.972

[1)~5)]See the Table 1. [6)~7)]See the Table 7.

등도 높은 함량을 나타내었다. 전체 시료에서 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 glutamic acid, lysine, aspartic acid, glycine 등으로서 이들 4종의 구성아미노산 함량은 뱀장어의 경우 양식 및 천연산이 각각 43.1%, 42.1%였고 복어는 각각 43.3%, 42.1%, 가물치는 각각 44.0%, 44.6%를 나타내었다. 수산동물의 체단백질 구성아미노산의 조성은 어종에 따라 큰 차이가 없다는 것으로 알려져 있으며[21], 최 등[22]은 양식 및 천연산 뱀장어의 아미노산 조성비교에서 양식산과 천연산에 관계없이 lysine, glycine, aspartic acid, glutamic acid가 전체 아미노산의 45%를 점하고 있다고 하였다. 김과 이[23]는 양식 및 천연산 담수어의 식품성분에서 유리아미노산 조성은 양식장에 따라서는 큰 차이를 보이지 않는다고 보고하였다. 본 연구에서도 이들과 유사한 경향을 보여주고 있었으며, 구성아미노산 및 필수아미노산 함량으로 보아 분석된 시료의 아미노산 조성은 양적으로나 질적으로 우수하다고 생각된다.

유리아미노산 함량

양식 및 천연 뱀장어, 복어, 가물치의 유리아미노산 함량은 Table 5에 나타내었다. 유리아미노산은 생체 활성물질의 구성성분으로 중요할 뿐만 아니라 그 자체가 특징있는 맛을 식품에 부여하기도 한다[20,24]. Shou[25]는 아미노산의 맛 분류에서 glycine, alanine, threonine, proline, serine 등은 단맛, leucine, isoleucine, methionine, phenylalanine, lysine, valine, arginine 등은 쓴맛, aspartic acid는 신맛, glutamic acid는 감칠맛을 갖는다고 하였다. 시료에 따라서 각 성분에 약간의 차이를 볼 수 있으나 일반적으로 유리아미노산 조성의 분포양상은 비슷하였다. 모든 시료의 유리아미노산 조성은 비슷한 경향이었다. 뱀장어의 경우 천연산이 양식산보다 유리아미노산 함량이 높게 나타났으나 복어와 가물치는 양식산이 천연산보다 높게 나타났다. 복어와 가물치는 taurine함량이 특이하게 많았는데, 복어는 양식 및 천연산이 각각 22.2%, 25.7%, 가물치는 각각 22.8%, 25.1%를 함유하고 있었다. 전체 시료에서 공통적으로 많은 것은 taurine, hydroxyproline, glutamic acid, glycine, cystathionine, β-aminoisobutyric acid, lysine 등이었다. 이들 성분의 함량이 뱀장어는 양식 및 천연산이 24.0%, 23.6%, 복어는 각각 76.5%, 68.5%, 가물치는 각각 57.4%, 64.7%를 나타내었다. 이것으로 미루어 보아 이들 아미노산이 뱀장어, 복어, 가물치의 정미성분으로서 중요한 작용을 할 것이라고 생각된다. Hirano와 Suyama[26,27]의 양식 및 천연 은어의 품질에 관한 보고에서 유리아미노산은 시료에 따라서 각 성분에 약간의 차이가 있으나 공통적으로 glycine, alanine, histidine, lysine, taurine, anserine 등이 많았고, 개개의 성분에서도 양식산 및 천연산 모두 taurine 함량이 제일 많다고 하였다. Aoki 등[6]의 보고에서도 유리아미노산 함량은 전 어종에서 공통적으로 taurine, lysine, histidine 등이 가장 많이 함유되어 있으며, 양식산과 천연산간에는 어종 별로 약간의 차이를 보여주고 있다고 하였다. 본 연구에서도 이들이 보고한 결과와 유사한 경향을 보여주고 있다.

유기산 함량

유기산은 미각의 하나로서 존재하는 산미에 깊이 관

Table 6. Organic acid contents of dressed meat extracts from cultured and wild fishes(Unit : mg/g meat)

Organic acid	Eel		Puffer		Snake head	
	Cultured	Wild	Cultured	Wild	Cultured	Wild
	PK[1)]	KK[2)]	CJ[3)]	KS[4)]	PK[1)]	KH[5)]
Iso-valeric acid	0.439	0.345	0.350	0.310	0.253	0.244
N-valeric acid	+[6)]	0.034	+	+	0.035	0.026
4-methyl valeric acid	+	+	+	+	+	+
Latic acid	0.125	0.162	0.149	0.105	0.124	0.091
Oxalic acid	0.047	0.084	0.038	0.093	0.032	0.068
Fumaric acid	0.406	0.016	0.210	0.098	0.076	0.034
Succinic acid	0.030	+	+	+	+	+
Maleic acid	0.032	+	+	+	0.001	+
Malic acid	+	+	+	+	+	+
Citric acid	+	+	+	+	+	+
Glutaric acid	0.046	0.046	+	+	+	+
Cis-aconitic acid	+	+	+	+	+	+
Total	1.125	0.688	0.747	0.605	0.528	0.464

[1)-5)]See the Table 1. [6)]Trace

Table 7. Fatty acid compositions of dressed meat extracts from cultured and wild fishes. (Unit: area %)

Faty acid	Eel		Puffer		Snake head	
	Cultured	Wild	Cultured	Wild	Cultured	Wild
	PK[1)]	KK[2)]	CJ[3)]	KS[4)]	PK[1)]	KH[5)]
14 : 0	3.74	5.23	1.67	4.50	1.38	4.40
15 : 0	0.15	0.38	0.43	+	0.18	1.47
16 : 0	12.76	14.37	13.36	36.55	20.59	26.34
17 : 0	+[6)]	+	+	+	+	1.10
18 : 0	1.94	1.84	3.76	6.92	0.79	5.14
20 : 0	1.78	+	0.14	+	0.19	1.20
21 : 0	0.86	+	+	3.91	+	2.95
22 : 0	+	+	+	+	+	+
Saturated	21.23	21.82	19.36	51.88	23.13	42.60
16 :1ω9	6.19	10.94	2.16	3.04	0.32	13.76
18 :1ω9(cis)	4.13	6.39	3.26	4.18	7.83	14.68
18 :1ω9(trans)	0.57	0.82	0.62	+	+	0.78
Mononenes	10.89	18.15	6.04	7.22	8.15	29.22
18 : 2ω6	1.85	2.78	6.74	+	2.09	6.35
18 : 3ω3	35.26	37.43	5.30	15.20	4.37	3.27
18 : 4ω3	+	+	+	+	+	+
20 : 3ω9	+	+	+	+	+	+
20 : 4ω6	3.61	3.11	3.93	10.25	4.56	4.16
20 : 5ω3	+	+	+	+	+	+
22 : 6ω3	23.22	15.50	58.63	15.44	56.52	11.23
Polyenes	63.94	58.82	74.50	40.89	67.54	25.01
ω3 PUFA[7)]	58.48	52.93	63.93	30.64	60.89	14.50
TEFA[8)]	40.72	43.32	15.97	25.45	11.02	13.78

[1)~5)]See the Table 1. [6)]Trace [7)]Poly unsaturated fatty acid [8)]Total essential fatty acid.

여하는 대표적인 식품 성분으로서 그 종류가 매우 많고 식품에 골고루 함유되어 있다. 일상적으로 우리들이 섭취하고 있는 유기산들로서는 초산, 유산, 호박산, 사과산, 주석산, 구연산 등이 있다. 이러한 유기산들은 식품에 산미를 부여하는 기능 외에 식품의 보존, 품질관리, 생화학적 여러 분야에서 중요 성분으로 인식되고 있는데, 특히 식품의 pH를 저하시켜 부패를 지연시키는 효과는 크다[20,22]. 양식 및 천연산 뱀장어, 복어, 가물치의 유기산 함량을 GC로 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 총 유기산함량 및 유기산 조성 분포양상을 볼 때 성장조건별로 약간의 차이를 볼 수 있었다. 4-methyl valeric acid, malic acid, citric acid, cis-aconitic acid는 전 시료에서 흔적량에 불과했으나, iso-valeric acid, lactic acid, oxalic acid, fumaric acid 등은 함량이 풍부하였다. 김 등[4]의 산지와 성장조건별로 천연 및 양식어류의 정미성분에 대한 조사연구에 의하면 총 유기산함량은 모든 시료에서 산지별, 성장조건별로 차이를 보여주고 있으며, 천연산에 비하여 양식산에 함량이 많다고 하였다. 본 실험의 결과도 이와 유사한 양상을 나타내었다.

지방산 조성

양식 및 천연산 뱀장어, 복어, 가물치의 지방산 함량을 GC로 분석한 결과는 Table 7에 나타내었다. 지방산 조성분포는 성장조건별로 양상이 달랐으나 전 시료에서 $C_{16:0}$, $C_{16:1}$, $C_{18:1(cis)}$, $C_{18:3}$, $C_{22:6}$ 지방산 함량이 높은 것으로 나타났다. 또한 세 종의 시료 모두에서 monoene은 천연산에서 함량이 높았으며, polyene은 양식산에서 함량이 높았다. Aoki[6]의 6종의 양식 및 천연어의 지방산에 대한 연구에서 지방산 조성은 어종에 따라서 양식산과 천연산간에 차이가 있는 것도 있고 없는 것도 있으며, 포화지방산은 $C_{16:0}$과 $C_{18:0}$이 25~33%의 함량을 가지고, 그 중 $C_{16:0}$이 대부분을 차지하고, 불포화지방산은 특징적인 차이를 볼 수 있었는데, 일반적으로 어류조직의 지질은 사료 지질의 영향을 받는다고 보고하였다. Kojima 등[28]은 양식어의 화학성분과 지방산 조성에서 가식부의 지방산 조성은 $C_{16:0}$, $C_{16:1}$, $C_{18:2}$ 등이 풍부하다고 보고하였고, 또한 문[29]은 한국산 은어의 지질성분에 관한 연구에서 $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{16:1}$, $C_{18:0}$, $C_{18:1}$, $C_{18:2}$ 및 $C_{22:6}$ 등이 주요 구성 지방산이었다고 보고하였다. 본 연구에서 조사된 결과들도 이들 보

고와 비슷한 양상을 보여주고 있었다.

결 론

우리 나라에서 구이, 탕, 액즙의 소재로 전통적으로 널리 식용되고 있으며 식품원으로서 뿐만 아니라 고가 어종으로서 각광을 받고 있는 뱀장어, 복어, 가물치를 천연산과 양식산으로 구분하여 이들의 품질을 정미성분면에서 구명하고자 경남 김해, 삼천포 및 함안, 부산 강서구, 제주도 북제주군 등지에서 시료를 채취하여 일반성분, 핵산관련물질함량, 구성 및 유리아미노산함량, 유기산함량, 지방산함량 등을 비교 분석하였다. 전체적으로 일반성분은 양식산이 천연산에 비하여 조지방함량에 있어서는 높았으나 수분함량에 있어서는 다소 낮은 경향을 나타내었고, 조단백질과 회분함량에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았다. 핵산관련물질함량 중 ATP, AMP, IMP, Hx, HxR 등이 검출되었으며, 성장조건별로는 큰 차이가 없었으나 분석된 시료에서 공통적으로 IMP함량이 높게 나타났고, ATP의 함량은 극히 낮았다. 구성아미노산 함량은 총 17종이 검출되었으며, 시료 대부분에서 glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine, glycine, alanine, arginine 등의 함량이 높았으며, cystine, isoleucine, methionine 등의 함량은 낮았다. 그 외의 구성아미노산 함량은 대체로 비슷하였다. 뱀장어와 가물치는 천연산이 양식산에 비해 구성아미노산 함량이 높았고, 복어는 그 반대였다. 유리아미노산 함량은 시료에 따라서 각 성분에 대해 약간의 차이는 볼 수 있으나 일반적으로 종류와 함량은 비슷하였다. 공통적으로 각 시료에서 함량이 많은 것은 taurine, hydroxyproline, glutamic acid, glycine, cystathionine, β-aminosiobutyric acid, lysine 등이었다. 총 유기산 함량과 유기산 조성분포 양상은 성장조건별로는 천연산에 비해 양식산의 함량이 높았으며 전 시료에서 공통적으로 함량이 많은 것은 lactic acid, isovaleric acid, oxalic acid, fumaric acid 등이었다. 지방산 조성은 전 시료에서 $C_{16:0}$, $C_{16:1}$, $C_{18:1(cis)}$, $C_{18:3}$, $C_{22:6}$ 등이 많았다. ω-3 고도불포화지방산 함량은 양식산이 천연산보다 높았으며, 필수지방산함량은 천연산이 양식산보다 높았다.

문 헌

1. Statistical yearbook of marine affairs and fisheries. pp. 1144-1207 Ministry of Marine Affairs & Fisheries. Korea (1999)
2. Illustrated encyclopedia, The fauna of korea (2) fishes. pp. 234-244 Ministry of Education, Korea
3. Choi, K.C., Jeon, S.R., Kim, I.S. and Son, Y.M. Coloured illustrations of the freshwater fishes of korea. pp.22-23, pp.214-219 HyangMun, Seoul, Korea (1990)
4. Kim, H.Y., Park, C.C., Lee, H.B., Ahn, B.J., Hur, J.W.,Lee, S.O. and Cho, D.J. Studies on the tastes compounds of wild and cultured fishes(I). The Report of National Institute of Health 31: 664-680 (1994)
5. Kim, H.Y., Park, C.C., Lee, H.B., Ahn, B.J., Hur, J.W.,Lee, S.O. and Cho, D.J. Studies on the tastes compounds of wild and cultured fishes(II). The Report of National Institute of Health 32: 647-666 (1995)
6. Aoki, T., Takata, K. and Kunisaki, N. Comparison of nutrient components of six species of wild and cultured fishes. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 57: 1927-1934 (1991)
7. Yamaguchi, T., Sato, Y., Ito, M., Moritani, N. and Hata, M. The lipid and fatty acid compositions in tissues of cultured and wild coho salmon Oncorhynchus kisutch. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 56: 1601-1605 (1988)
8. Morishia, T., Uno, K., Matsumoto, Y. and Takahashi, T. Comparison of the proximate compositions in cultured red sea bream differing the localities and culture methods, and of the wild Fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 54: 1965-1970 (1988)
9. Morishia, T., Uno, K., Araki, T and Takahashi, T. Comparison of the fatty acid compositions in cultured red sea bream differing the localities and culture methods, and those in wild fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 55: 847-852 (1989)
10. Morishia, T., Uno, K., Araki, T. and Takahashi, T. Comparison of the amount of extract of nitrogenous consituents in the meats of cultured red sea bream differing the localities and culture methods. and those in wild Fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 55: 1565-1573 (1989)
11. Morishita, T., Uno, K. and Takahashi, T. 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 (1987)
12. Folch, J.M., Lees, M. and Stranley, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. J. Biol. Chem. 226: 497-500 (1957)
13. AOAC. Official method of analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1995)
14. Hirano, T., Nakamura, H. and Suyama, M. Quality of wild and cultured ayu-II seasonal variation of proximate composition. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 46: 75-78 (1980)
15. Sung, N.J. and Shim, K.H. Studies on the food from fresh water fish. Korean J. Nurt. 14: 80-86 (1981)
16. Konosu, S. and Watanabe, K. Composition of nitrogenous extractive cultured and wild red sea breams. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 42: 1263-1266 (1976)
17. Suyama, M., Hirano, T., Okada, N. and Shibuya, T. Quality of wild and cultured ayu-I on the proximate

composition, free amino acids and related compounds. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 43: 535-540 (1977)
18. Kuninaka, A., Kibi, M. and Sakaguchi, K. History and development of flavor nucleotide. Food Technol. 18: 287-293 (1964)
19. Kosonu, S., Maeda, Y. and Fujita, T. Evaluation of inosinic acid and free amino acids as testing substance in the katsuwobushi stock. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 26: 45-48 (1960)
20. Japan Foods Industry Association, Method of food analysis. pp. 491-508, Kouring, Tokyo, Japan (1984)
21. Lee, E.H. and Sung, N.Y. The Taste compounds of fermented squid, *Loligo robiensis*. Korean J. Food Sci. Technol. 9: 255-263 (1977)
22. Choi, J.H., Lim, C.H., Choi, Y.J., Byun, D.S., Kim, C.M. and Oh, S.K. Comparison of protein and amino acid in wild and cultured eels. Bull. Korean Fish. Soc. 19: 60-66 (1986)
23. Kim, K.S. and Lee, E.H. Food components of wild and cultured fresh water fishes. Bull. Korean Fish. Soc. 19: 195-211 (1986)
24. Ohta, S. Food seasoning. Saiwaisyobow, Tokyo, Japan (1976)
25. Shou, H. Food component and taste. Journal of Food Industry of Japan 16: 83-87 (1969)
26. Hirano, T. and Suyama, M. Quality of wild and cultured ayu-III seasonal variation of proximate composition. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 46: 215-219 (1980)
27. Hirano, T. and Suyama, M. Seasonal variation of fatty acid composition in the extracts. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 49: 1459-1464 (1983)
28. Kojima, T., Sato, M., Yoshinaka, R. and Ikeda, S. Chemical components and fatty acid composition of lipids in cyprinidae in lake Biwa, Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 52: 1779-1785 (1986)
29. Moon, S.K. Studies on the lipid components in sweetfish from korea. Bull. Korean Fish. Soc. 26: 235-239 (1986)

(2000년 9월 7일 접수)