J.Fd Hyg.Safety 20(2), 98-102 (2005)

양식 뱀장어의 뼈와 육의 무기질 함량 및 지방산 조성

홍선표 · 김선영 · 정도영*· 정평화*· 신동화*,†
*전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 산업화 연구센터, *전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공)*

Mineral Contents and Fatty Acid Composition in Bone and Flesh of Cultured Eel

Sun-Pyo Hong, Sun-Young Kim, Do-Yeong Jeong*, Pyeong-Hwa Jeong*, and Dong-Hwa Shin*,†
Research Center for Industrial Development of BioFood Meterials, Chonbuk National University, Dukjin-Dong, Jeonju, Chonbuk 561-756, Korea
**Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University, Dukjin-Dong, Jeonju, Chonbuk 561-756, Korea*
(Received February 23, 2005; Accepted April 3, 2005)

ABSTRACT - As a part of basic investigation for utilizing cultured eel and by-products as a food source, a mineral contents and fatty acid composition of bone and flesh were investigated. Flesh of cultured eel was higher in moisture and crude protein content, and lower in crude ash and lipid content than those of the bone. Mineral of bone were measured 220.72 mg/100 g of Ca, 169.87 mg/100 g of P, 117.05 mg/100 g of Na, 92.75 mg/100 g of K, 6.18 mg/100 g of Cu, 5.02 mg/100 g of Zn, 2.56 mg/100 g of Fe, and flesh were measured 120.23 mg/100 g of Ca, 150.36 mg/100 g of P, 136.36 mg/100 g of Na, 89.36 mg/100 g of K, 4.02 mg/100 g of Cu, 1.71 mg/100 g of Zn, 2.03 mg/100 g of Fe. The major fatty acid in bone and flesh of cultured eel were generally oleic acid (44.40%, 43.76%), palmitic acid (24.19%, 21.30%), palmitoleic acid (8.18%, 7.72%), eicosapentaenoic acid (5.72%, 6.65%), myristic acid (3.96%, 4.34%) in order. The fatty acid composition of total lipid was no significant difference among bone and flesh of cultured eel, However, bone of cultured eel revealed higher content in saturated and monounsaturated fatty acid, while lower in polyunsaturated fatty acid than those of the flesh. It is shown that cultured eel contains various nutrients such as protein, minerals, unsaturated fatty acid, so cultured eel can be regarded as a highly nutritious food.

Key words: cultured eel, bone, flesh, mineral, fatty acid

뱀장어는 잉어 및 가물치와 더불어 대표적인 담수어종으로 우리나라 전역에 걸쳐 천연적으로 분포되어 있으며 전·남북지방을 중심으로 양식에 의해서 대량 생산되고 있다[1]. 최근 천연자원의 고갈로 인하여 어업에 의해 공급되던 뱀장어는 상당량이 양식에 의해 대체되면서 뱀장어양식은 새로운 수산업으로 정착되고 있다[2]. 우리나라를 비롯하여 일본과 중국에서 양식되는 뱀장어는 Anguilla japonica로 주로 마리아나열도에서 산란하여 부화한 후 해류를 따라 성장하여 강 하구에 도달한 실뱀장를 포획하여 양식에 이용하고 있다[3-5]. 뱀장어, 붕장어, 먹장어, 갯장어와 같은 장어류는 교질 단백질로 이루어진 점액질의 미끄러운 껍질을 지니고 있으며 단백질, 불포화지방산, 비타민, 무기질 등이 풍부하여 수산자원으로서 이용가치가 높은 편이다[6]. 현재 장어류는 식생활에서 주로 기호성 음식으로 많이 이용되고 있고 식품산업에서는 어유농축물의 형태 및 건강보조식품의 원료로 개발되고 있으나 양식산업의 활성화와 소비자의 수요촉진을 위해서는 좀더 다양한 형태로의 제품개발이 필요한 실정이다. 지금까지의 뱀장어에 관한 연구로는 시판중인 뱀장어중의 oxolinic acid 잔류량[2], 인삼과 송이를 첨가한 조리장어제품의 저장에 관한 연구[7], 뱀장어의 in vitro vitellogenin 합성에 대한 estradiol과 뇌하수체호르몬의 영향[8], 천연 및 양식 뱀장어와 붕장어의 지질성분 비교[9], 민물뱀장어의 carophyll yellow 함량에 관한 연구[10] 등이 보고 되었다. 이와 같이 뱀장어와 관련된 연구가 진행되었으나 양식뱀장어의 영양성분에 대한 체계적인 연구는 아직 부족하며 특히 부산물인 뼈에 관련된 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 양식뱀장어 및 그 부산물의 다양한 활용방안을 모색하고 새로운 수산가공식품의 개발을 위한 기초 자료로 제시하고자

†Author to whom correspondence should be addressed.

양식뱀장어의 육과 뼈에 대한 무기질 성분 및 지방산 조성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

시료는 2004년 10월에 전북고창의 양식농가로부터 체장 48~53 cm, 체중 380~420 g인 양식뱀장어를 구입하여 본 실험에 이용하였다. 구입한 시료는 선별 후 머리와 내장 등 폐기부분을 먼저 제거하고 깨끗이 수세하였다. 이어 어체의 등뼈를 중심으로 fillet를 만들어 육 부분을 채취한 후 뼈를 채취하고 chopper(대일산업)로 각각 마쇄한 다음 polyethylene film에 넣어 -30°C의 냉동고에 보관하면서 본 실험에 이용하였다.

일반성분 분석

일반성분의 분석은 AOAC법[11]에 준하여 실시하였다. 즉, 수분은 105°C에서 상압가열건조법으로, 조회분은 600°C에서 직접회화법으로, 조단백질은 micro-Kjeldahl법으로, 조지방은 soxhlet추출법으로 분석하였다.

무기질 분석

무기질은 식품공전시험법[12]에 따라서 습식분해법으로 시료를 조제하여 분석하였다. 즉, 시료 5 g을 250 ml 분해플라스크에 취하고 HNO_3 10 ml를 넣어 가열하여 내용물을 건고시킨 후 HNO_3용액($HNO_3:H_2O = 1:2$) 10 ml와 60% $HClO_4$ 10 ml를 넣고 무색이 될 때까지 가열하였다. 이어 소량의 증류수로 희석하여 증발접시에 옮기고 다시 가열하여 $HClO_4$을 증발시킨 후 HCl용액($HCl:H_2O = 1:2$) 10 ml와 동량의 증류수로 희석하여 수욕상에서 완전히 용해하고 100 ml로 정용하여 분석용 시료로 사용하였다. 이때 Ca, K, Fe, Na, Cu, Zn 등은 원자흡광분광광도계(Solaar-M 5, Thermo elemental., England)로 측정하였으며 P은 몰리브덴청 비색법에 따라서 분광광도계(UV-1601, Shimadzu., Japan)로 650 nm에서 측정하였다.

총지질의 추출

시료의 총지질은 Folch 등[13]의 방법에 준하여 추출하였다. 즉, 20 g의 시료에 chloroform :methanol(2 :1, v/v) 혼합용액 100 ml를 넣고 homogenizer로 추출한 후 여과하였다. 잔사는 다시 chloroform :methanol(2 :1, v/v) 혼합용액을 가하고 상기와 같은 방법으로 추출하였다. 이와 같은 조작을 3회 반복하여 얻은 여과액을 모두 합하여 분액 깔대기에 옮기고 소량의 증류수를 넣어 혼합한 후 하룻밤 방치하여 chloroform층을 분리하고 Na_2SO_4으로 탈수시켜 여과하였다. 이어 여과액을 rotary vacuum evaporator로 40°C에서 감압농축하여 용매를 제거한 후 총지질을 얻었으며 -30°C의 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

지방산의 분석

시료의 지방산 조성은 Metcalfe 등[14]의 방법에 따라 앞서 추출한 지질 0.2 g에 0.5 N NaOH/methanol 5 ml를 가하여 5분간 수욕상에서 가수분해 시킨 후 14% BF3-methanol 5 ml를 넣고 2분간 다시 가열하여 methyl ester화 시킨 다음 n-heptane으로 추출하여 GC(G-1530, Agilent technology., USA)로 분석하였다. 이때 GC의 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Operating conditions of gas chromatography for analysis of fatty acids

Instrument	Hewlett Packard GC-6890
Detector	Flame ionization detector
Column	HP-INNOWAX 30 m×0.32 mm, film thickness 0.25 μm
Column temp	Initial : 150°C (1 min), increase 3°C/min to 230°C (10 min)
Injection temp	250°C
Detector temp	260°C
Carrier gas and flow rate	N_2, 30 ml/min
H_2 and air	40 and 350 ml/min
Split ratio	1 : 30

결과 및 고찰

일반성분

양식 뱀장어의 뼈와 육의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 뼈는 수분 56.96%, 조회분 5.63%, 조지방 19.18%, 조단백질 13.25%이었으며 육은 수분 61.56%, 조회분 1.27%, 조지방 16.06%, 조단백질 16.62%이었다. 따라서 수분과 조단백질의 함량은 육이 높았으며 조회분과 조지방의 함량은 뼈가 높았다. Choi 등[15]은 양식 뱀장어육의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질이 각각 54.5%, 1.1%, 29.7%, 15.4%이었다고 보고하였는데 이를 본 실험결과와 비교해보면 조회분과 조단백질의 함량은 비슷하였으나 수분과 조지

Table 2. Proximate composition in bone and flesh of cultured eel[1)] (unit : %)

	Moisture	Crude ash	Crude lipid	Crude protein
Bone	56.96	5.63	19.18	13.25
Flesh	61.56	1.27	16.06	15.82

[1)]Values are mean of triplicate determination.

방의 함량은 다소의 차이를 보였다. 또한 Kim 등[16]은 붕장어뼈의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질의 함량이 각각 50.7%, 12.6%, 21.8%, 14.2%이었다고 보고하여 본 실험의 양식 뱀장어뼈보다 수분함량은 낮았으나 조회분, 조지방, 조단백질의 함량은 다소 높았다.

무기질 함량

양식 뱀장어의 뼈와 육의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 뼈는 Ca 220.72 mg/100 g, P 169.87 mg/100 g, Na 117.05 mg/100 g, K 92.75 mg/100 g, Cu 6.18 mg/100 g, Zn 5.02 mg/100 g, Fe 2.56 mg/100 g을 나타내어 Ca 함량이 가장 높았으며 그 다음은 P, Na, K, Cu, Zn, Fe 순이었다. 일반적으로 Ca과 P는 어류뼈속에 hydroxyapatite 형태로 존재하며 이중 Ca의 함유량이 더 많은 것으로 알려져 있다[17]. 한편 Hamada와 Kumagai[18]는 어류뼈의 주요 성분인 Ca은 대부분 생체내에서 안정한 apatite 형태로 구성되어 있다고 보고한바있다. Kim 등[16]은 붕장어뼈, 대구뼈, 명태뼈, 고등어뼈, 민태뼈 등의 무기질 함량을 조사한 결과 Ca의 함량이 가장 높았으며 그다음이 P, Na, K, Zn, Fe 순이었다고 보고하였는데 이는 본 실험결과와 유사하였다. 한편, 미량 무기질인 Zn, Fe의 경우 Kim 등[16]이 보고한 붕장어뼈의 3.99 mg/100 g, 1.21 mg/100 g 보다도 본 실험의 양식 뱀장어뼈의 함량이 월등히 높은 것으로 나타났다.

육은 Ca 120.23 mg/100 g, P 150.36 mg/100 g, Na 136.36 mg/100 g, K 89.36 mg/100 g, Cu 4.02 mg/100 g, Zn 1.71 mg/100 g, Fe 2.03 mg/100 g으로 P의 함량이 가장 높은 것으로 나타나 뼈와는 다른 양상을 보였다. 특히 Ca은 뼈에서는 함량이 가장 높았으나 육에서는 다량 무기질 중 P과 Na보다도 낮은 것으로 나타났는데 이는 Ca이 주로 뼈를 구성하는 주요 성분이기 때문으로 생각된다. 이상의 양식 뱀장어의 무기질 분석결과 Ca, P, K, Cu, Zn, Fe 등은 뼈의 함량이 더 높았으나 Na은 육의 함량이 더 높은 것으로 나타났다.

지방산 조성

양식 뱀장어의 뼈와 육에서 추출한 총지질의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 지방산은 뼈와 육 모두 oleic acid의 함량이 각각 44.40%와 43.76%로 가장 높았고 그 다음이 palmitic acid (24.19%, 21.30%), palmitoleic acid (8.18%, 7.72%), eicosapentaenoic acid (5.72%, 6.65%), myristic acid (3.96%, 4.34%), stearic acid (4.72%, 3.83%) 순이었으며 뼈와 육이 비슷한 조성을 나타내었다. 구성지방산 중 포화지방산 (saturated fatty acid, SFA)은 뼈 35.23%, 육 31.93%이었으며 이 가운데 가장 높은 비율을 차지하는 것은 palmitic acid이었다. 단일불포화지방산 (monounsaturated fatty acid, MUFA)은 뼈 55.69%, 육 54.95%이었는데 그중 oleic acid의 함량이 가장 높게 나타났다. 고도불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid, PUFA)은 뼈와 육이 각각 9.08%, 13.12%이었으며 이 가운데 eicosapentaenoic acid

Table 4. Fatty acid composition in bone and flesh of cultured eel (unit : area %)

Fatty	Bone	Flesh
$C_{14:0}$	3.96	4.34
$C_{14:1}$	0.23	0.28
$C_{15:0}$	0.28	0.31
$C_{16:0}$	24.19	21.30
$C_{16:1}$	8.18	7.72
$C_{18:0}$	4.72	3.83
$C_{18:1}$	44.40	43.76
$C_{18:2}$	0.31	0.34
$C_{18:3}$	0.45	2.82
$C_{20:0}$	0.13	0.14
$C_{20:1}$	1.91	2.14
$C_{20:3}$	2.09	2.53
$C_{20:4}$	0.23	0.39
$C_{20:5}$	5.72	6.65
$C_{22:1}$	0.51	0.62
$C_{22:6}$	0.28	0.39
$C_{23:0}$	0.44	0.22
$C_{24:0}$	1.51	1.79
$C_{24:1}$	0.46	0.43
SFA	35.23	31.93
MUFA	55.69	54.95
PUFA	9.08	13.12
MUFA/SFA	1.58	1.72

[1] SFA : saturated fatty acid.
[2] MUFA : monounsaturated fatty acid.
[3] PUFA : polyunsaturated fatty acid.
[4] MUFA/SFA : monounsaturated fatty acid/saturated fatty acid.

Table 3. Mineral contents in bone and flesh of cultured eel[1] (unit : mg/100 g)

	Ca	P	Na	K	Cu	Zn	Fe
Bone	220.72	169.87	117.05	92.75	6.18	5.02	2.56
Flesh	120.23	150.36	136.36	89.36	4.02	1.71	2.03

[1] Values are mean of triplicate determination.

(EPA)가 함량이 가장 높은 구성 지방산으로 나타났다.

이와 같이 양식 뱀장어의 지방산 조성을 살펴보면 뼈와 육은 구성 지방산의 분포도에서 전반적으로 비슷한 경향을 보였으나 포화지방산 및 단일불포화지방산은 뼈가 육보다 다소 높았으며 고도불포화지방산은 육이 뼈보다 다소 높은 것으로 나타났다. 특히, 포화지방산인 palmitic acid의 함량은 뼈가 24.19%로 21.30%의 육보다 다소 높았으나 고도불포화지방산인 linolenic acid의 함량은 뼈가 0.45%로 아주 낮은 반면 육이 2.82%로 월등히 높았는데 이는 뼈와 육의 지방함량의 차이로 생각된다. Oh 등[19]은 지방함량이 많은 붕장어는 포화지방산과 단일불포화지방산의 함량이 높았고 지방함량이 적은 붕장어는 이들의 조성비가 낮은 반면 고도불포화지방산의 함량은 높았다고 보고하였으며 Fogerty 등[20]은 총지질의 함량이 낮은 어류는 고도불포화지방산의 함량이 높다고 보고하였는데 이는 본 실험과 유사하였다. Choi 등[9]은 양식 뱀장어의 지방산 조성을 분석한 결과 포화지방산 28.03%, 단일불포화지방산 33.32%, 고도불포화지방산 4.55%였으며 포화지방산중에는 palmitic acid가 18.28%, 단일불포화지방산중에는 oleic acid가 26.78%, 고도불포화지방산에는 linoleic acid가 2.74%로 함량이 가장 높았다고 보고하였다. 이를 본 연구와 비교해보면 포화지방산과 palmitic acid의 함량은 큰 차이가 없었으나 단일불포화지방산은 본 실험에서 뼈와 육이 각각 55.69%, 54.95%, oleic acid는 뼈와 육의 함량이 44.40%, 43.76%로 월등히 높았다. 고도불포화지방산도 본 실험의 뼈와 육이 9.08%, 13.12%로 약 2~4배 정도 높은 것으로 나타났고 특히, eicosapentaenoic acid (EPA)의 함량이 상기 실험에서는 0.70%로 나타난 반면 본 연구에서는 뼈와 육이 5.72%, 6.65%로 약 8배 이상 높았다. 이는 뱀장어의 품종, 양식방법, 양식조건의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 한편, 양식 뱀장어의 MUFA/SFA 조성비는 뼈와 육이 각각 1.58, 1.72로 나타났는데 이는 양식 뱀장어의 MUFA/SFA의 조성비가 1.35라고 보고한 Choi 등[9]의 연구결과보다 약간 높았다.

한편, Kim 등[16]은 붕장어뼈와 고등어뼈의 고도불포화지방산의 주요 구성 지방산은 docosahexaenoic acid (DHA)라 보고하였고 Oh 등[19]은 붕장어의 고도불포화지방산의 주요 구성 지방산은 docosahexaenoic acid (DHA)라 보고하였는데 본 실험에서 양식 뱀장어뼈와 육은 eicosapentaenoic acid (EPA)가 고도불포화지방산의 주요 지방산으로 나타났다.

이상의 실험결과 양식 뱀장어뼈와 육은 Ca, P, K. Fe, Cu 등의 무기질이 고루 함유되어있고 포화지방산의 함량이 낮고 불포화지방산의 함량이 높기 때문에 새로운 수산가공식품 및 건강보조식품의 소재로 사용될 수 있으리라 사료된다.

국문요약

본 연구에서는 양식 뱀장어 및 그 부산물을 수산가공식품의 소재로 효율적으로 활용하기 위한 일련의 기초연구로 양식 뱀장어의 뼈와 육의 무기질 함량 및 지방산 조성을 분석하였다. 수분과 조단백질의 함량은 뼈보다 육이 더 높았으며 조회분, 조지방의 함량은 뼈의 함량이 더 높게 나타났다. 뱀장어뼈의 무기질 함량은 Ca 220.72 mg/100 g, P 169.87 mg/100 g, Na 117.05 mg/100 g, K 92.75 mg/100 g, Cu 6.18 mg/100 g, Zn 5.02 mg/100 g, Fe 2.56 mg/100 g 순이었다. 반면 뱀장어육은 Ca 120.23 mg/100 g, P 150.36 mg/100 g, Na 136.36 mg/100 g, K 89.36 mg/100 g, Cu 4.02 mg/100 g, Zn 1.71 mg/100 g, Fe 2.03 mg/100 g이었다. 뱀장어뼈와 육의 지방산 조성은 oleic acid의 함량이 각각 44.40%와 43.76%로 가장 많았고 그 다음이 palmitic acid (24.19%, 21.30%), palmitoleic acid (8.18%, 7.72%), eicosapentaenoic acid (5.72%, 6.65%), myristic acid (3.96%, 4.34%), stearic acid (4.72%, 3.83%) 순으로 비슷한 경향을 나타내었다. 하지만 포화지방산과 단일불포화지방산은 육보다 뼈의 함량이 다소 높았으며 고도불포화지방산은 육의 함량이 뼈보다 더 높은 것으로 나타났다. 이상의 실험결과 양식 뱀장어의 뼈와 육에는 단백질, 무기질, 불포화지방산 등이 다양하게 함유되어있어 식품으로서 영양적 가치가 있는 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강언종, 김광석, 박승렬, 손상규: 극동산, 북미산 및 유럽산 실뱀장어의 종 구분과 성장에 따른 형태적 변화, 한국어병학회지, 12, 244-249 (2000).
2. 김경호, 송미란, 최선남, 최민순, 박관하: 시판중인 뱀장어중의 oxolinic acid 잔류량과 가열에 의한 변화, 한국식품위생안전성학회, 13, 14-19 (1998).
3. Han, Y.S., Liao, I.C., Huang, Y.S., He, J.T., Chih, W.C. and Tzeng, W.N.: Synchronous changes of morphology and

gonadal development of silvering japanese eel. Aquaculture., 219, 783-796 (2003).
4. Lio, I.C., Kuo, C.L., Tzeng, W.N., Hwang, S.T., Wu, C.L. and Wang, Y.T.: The first time of leptocephali of japanese eel by twaiwanese researchers. J. Taiwan Fish. Res., 4, 107-116 (1996).
5. Tzeng, W.N., Lin, H.R., Wang, C.H. and Xu, S.N.: Difference in size and growth rates of male and female migrating japanese eels in pear river, china. J. Fish Biology., 57, 1245-1253 (2000).
6. 조희숙, 박복희: 양파즙과 마늘즙이 붕장어의 저장 과정 중 지방산화 및 품질 특성에 미치는 영향, 한국조리과학회지, 16, 135-142 (2000).
7. 김혜영, 임양이: 인삼과 송이를 첨가한 조리장어제품의 저장 및 살균방법에 따 른 품질변화에 관한 연구, 한국조리과학회지, 19, 396-402 (2003).
8. 권혁추: 뱀장어의 in vitro vitellogenin 합성에 대한 estradiol과 뇌하수체 호르몬 의 영향, 한국수산학회지, 30, 282-290 (1997).
9. 최진호, 임채영, 배태진, 변대석, 윤태헌: 천연 및 양식 뱀장어와 붕장어의 지질 성분 비교, 한국수산학회지, 18, 439-446 (1985).
10. 이찬수, 손병록, 배기철, 박성배: 민물 뱀장어의 carophyll yellow 함량에 관한 연구, 한국육수학회지, 22, 275-280 (1989).
11. AOAC.: Offical methods of analysis. 15th ed. Method 985.01. Association of official analytical chemists., Washington DC, USA (1990)
12. 식품의약품안전청: 식품공전, pp. 304-309 (2002).
13. Folch, J., Lees, M. and Sloane, G.H.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226, 497-509 (1957).
14. Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R.: Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal. Chem., 38, 514-515 (1966).
15. 최진호, 임채영, 최영준, 변대석, 김창육, 오성기: 천연 및 양식산 뱀장어의 단백 질 및 아미노산 조성비교, 한국수산학회지, 19, 60-66 (1986).
16. 김진수, 최종덕, 구재근: 식품소재로서 어류뼈의 성분 특성, 한국농화학회지, 41, 67-72 (1998).
17. 이창국, 최진삼, 전유진, 변희국, 김세권: 한국수산학회지, 30, 652-659 (1997).
18. Hamada, M. and Kumagai, H.: Chemical composition of sardine scale. Nippon Susan Gakkaishi., 54, 1987-1992 (1988).
19. 오광수, 문수경, 이응호: 붕장어의 크기에 따른 지방질성분 및 아미노산 조성의 비교, 한국식품과학회지, 21, 192-196 (1989).
20. Fogerty, A.C., Evans, A.J., Ford, G.L. and Kennett, B.H.: Distribution of n-6 and n-3 fatty acids in lipid classes in australian fish. Nutr. Reports Int., 33, 777-786 (1986).