

국내양식 민물장어 4 종(*Anguilla japonica*, *A. rostrata*, *A. bicolor pacifica* 및 *A. marmorata*)의 주요 영양성분의 평가

안준철* · 정원석 · 나진호¹ · 윤형복² · 신경재² · 이경우³ · 박준택³

서남대학교 의과대학 약리학실, ¹양만수협조합, ²주코팩스, ³전라남도 민물고기연구소

An Evaluation of Major Nutrients of Four Farmed Freshwater Eel Species (*Anguilla japonica*, *A. rostrata*, *A. bicolor pacifica* and *A. marmorata*)

Jun Cheul Ahn*, Won-Seog Chong, Jin Ho Na¹, Hyoeng Bok Yun², Kyung Jae Shin², Kyeong Woo Lee³ and Jun Taek Park³

Department of Pharmacology, College of Medicine, Seonam University, Namwon 590-711, Korea

¹National Federation of Eel Farming Cooperatives, Kwangju 501-015, Korea

²KOFEC Corporation, Naju 520-873, Korea

³Freshwater Fish Research Station, Institute of Marine Science, Jeoungup 537-801, Korea

The basic and main nutritive ingredients of two temperature (*Anguilla japonica* and *A. rostrata*) and two tropical (*A. bicolor pacifica* and *A. marmorata*) fresh water eel species that are farmed domestically were evaluated. With exception of *A. rostrata*, eels cultured at the same farm were used for analysis. The contents of crude protein were in the order *A. marmorata* (17.7%)>*A. rostrata* (17.5%)>*A. bicolor pacifica* (17.4%)>*A. japonica* (15.8%) and the contents of crude lipids were *A. japonica* (21.5%)>*A. rostrata* (15.4%)>*A. bicolor pacifica* (10.5%)>*A. marmorata* (8.9%). These values differed significantly even among the three species of eel farmed under identical culture conditions. In comparison, all four species of eel showed similar pattern in overall amino acid composition, although slight differences in the compositions of some amino acids were observed. The fatty acid compositions of muscle tissues were notably different among four species of eel, especially between the tropical and temperature eels. In a taste-test of the meat of the four eel species, which considered taste, flavor and texture, the overall preference was in the order *A. japonica*, *A. marmorata*, *A. bicolor pacifica* and *A. rostrata*.

Key words: *Anguilla japonica*, *A. rostrata*, *A. bicolor pacifica*, *A. marmorata*, Farmed eels

서 론

민물장어의 전 세계적인 양식규모는 1950년과 2007년 사이에 거의 20배 증가하였다(Crook, 2010). 하지만 인공부화를 통한 양식종묘의 양산체계가 확립되지 않은 상태에서 이러한 양식규모의 확대는 자연산 치어의 남획과 함께 극동아시아의 주요 양식어종인 *Anguilla japonica*의 실장어(glass eels) 채포량의 급격한 감소를 초래하게 되었다(Lee, 2014; Tzeng, 2014). 실장어 채포량의 감소는 실장어 가격, 양식 생산비 및 소비자

가격의 상승으로 이어져 민물장어 양식산업의 수익성이 한계에 이르고 있다. 이에 대한 대안으로 한국, 중국, 일본 및 대만 등 아시아 민물장어 양식국가들은 1990년대 후반부터 온대성 장어로 실장어의 가격이 보다 저렴한 유럽산 민물장어인 *A. anguilla* 실뱀장어 양식이 이루어지기도 하였다(Ringuet et al., 2002). 하지만, 2007년 Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna (CITES) (멸종위기에 처한 야생동식물종의 국제거래에 관한 협약) 보호종에 유럽산 민물장어(*A. anguilla*)가 포함되었고 북미산 장어(*A.*

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0044>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 48(1) 044-050, February 2015

Received 6 September 2014; Revised 30 January 2015; Accepted 3 February 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 620. 0333 Fax: +82. 63. 620. 0075

E-mail address: secmeta2@yahoo.com

rostrata)를 비롯한 민물장어 치어 전체의 CITES 등재 필요성에 대한 국제적 회의도 최근 진행되고 있다. 한편, 민물장어 주 소 비국 및 양식국인 한국, 일본, 중국 등은 극동산 민물장어 양식 용 치어의 대안으로 또 다른 온대성 장어인 *A. rostrata*와 열대 성 민물장어인 *A. bicolor* 혹은 *A. marmorata* 등의 동남아산 민 물장어의 현지 양식 혹은 자국 양식 등의 시도를 하게 되었다.

민물장어는 영양가치가 높은 대표적인 담수어종으로 비타민 A, E 및 불포화지방산인 DHA, EPA 등을 특히 높게 함유하는 것으로 알려졌다. 이들 성분은 민물장어 품질 평가의 기준이 되지만, 양식기간, 양식장별 혹은 급이사료의 차이 등에 따른 함 량변이가 상당한 것으로 조사된 바 있다(Seo et al., 2013; Cho et al., 2011).

2014년 현재 국내에서 양식이 되고 있는 이종으로는 북미산 (*A. rostrata*), 필리핀산(*A. bicolor bicolor* or *bicolor pacifica* 및 *A. marmorata*) 및 아프리카산(*A. mozambica*) 등이 있다. 이들 종간의 외형(Daverat et al., 2006; Leander et al., 2012), 산란 및 생태적 분포(Wouthuyzen et al., 2009; Han et al., 2012), 유 전적 차이(Gagnaire et al., 2011), 양성온도 및 사료효율(Luo et al., 2013) 등은 보고된 바 있지만, 이들 종의 양식에 따른 주요 영양학적 성분에 대한 보고는 없었다. 본보에서는 현재 국내 양 식민물장어로 시장에 공급중인 *A. rostrata*, *A. bicolor pacifica* 및 *A. marmorata*와 *A. japonica*의 가식부 내 영양성분의 평가 및 소비자 기호도 평가를 통하여 이종 민물장어 양식을 위한 기 초자료를 만들고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험에서 사용된 시료로는 주요 민물장어 양식종인 *An guilla japonica* (평균 전장 53.4 cm, 평균무게 270 g)와 외국산 이종 민물장어 *A. bicolor pacifica* (평균전장 46.7 cm, 평균무 게 254 g), *A. marmorata* (평균전장 44.4 cm, 평균무게 191 g) 및 *A. rostrata* (평균전장 50.1 cm, 평균무게 260 g) 등 총 4 종 의 민물장어 성어(3미/kg)를 이용하였다. 분석에 이용된 장어 중 *A. rostrata*는 전라남도 나주 인근 양만장에서 구입하였으 며, *A. rostrata*를 제외한 3종은 수온이나 먹이 급이량 같은 양 성조건에서 차이가 없는 동일 양만장 (충청남도 J수산)에서 양 식된 장어를 구입하여 사용하였다. 각 종은 5 마리의 성어를 머 리, 뼈 및 내장을 제거한 후 근육부만을 마쇄하여 기본성분 등 의 분석시료로 이용하였다. 필요 시 시료의 건조는 동결건조기 (Biotron, Hanil Scientific Co., Korea)를 사용하여 동결건조 한 다음 -20℃ 냉동실에 보관하였다.

성분분석

분석은 기본영양성분(수분량, 조단백질, 조지방 및 회분) 은 AOAC 방법(1995)에 준하여 분석하였다. 지방 및 수분 함

량은 CEM 자동추출장치(Labwave 9000/FAS 9001, CEM Corp., Matthews, NC, USA)를 이용하여 측정하였다. 단백질 은 Kjeltac System (Kjeltac Auto 2400/2460, Foss Tecator AB, Höganäs, Sweden)을 이용하여 분석하였으며, 회분은 회분분 석기(Mas 7000, CEM Corp., Matthews, NC, USA)를 이용하 여 측정하였다.

비타민A와 E 분석

건조 마쇄한 장어 육 0.5 g을 95% ethanol (EtOH) 3 mL과 pyrogallol 10%/EtOH 0.5 mL을 섞어 잘 섞는다. 여기에 1 mL 50% KOH 용액을 더하고 95℃ 수조에서 30 분 동안 비누화한 다음 얼음을 이용하여 급속 냉각하였다. 냉각된 시료에 3 mL 의 증류수와 석유에테르를 넣고 잘 섞은 다음 석유에테르 층만 을 회수하는 과정을 3 회 반복하고 회수된 석유에테르 층은 무 수 Na₂SO₄를 사용하여 수분을 제거한 다음 회전농축기를 사용 하여 농축하였다. 농축액은 비타민 A 분석을 위해서는 1 mL isopropyl alcohol에, 비타민 E 분석을 위해서는 1 mL hexane 용액 각각 용해시킨 다음 0.2 µM pore membrane filter를 사용 하여 여과한 다음 HPLC 분석에 이용하였다. HPLC 분석 컬럼 은 µ-Parasil column (4.6 × 250 nm, Waters, USA), 이동상으로 는 n-hexane:isopropanol (99.92:0.08, v/v, isocratic mode)를 1 mL/min의 flow rate로, 그리고 검출은 UV/VIS 검출기(Model 2489, Waters, USA)를 사용하여 V_A는 336 nm, V_E는 280 nm의 조건으로 수행하였다.

아미노산 분석

마쇄 건조한 장어 육 100 mg을 채취하여 분해병에 넣은 후 6 N HCl 40 mL를 가하고 110℃에서 24시간 가수분해시킨 후 염 산을 증발시킨다. 증발 후 분해병은 증류수로 세척 및 세척액의 증발을 3 회 반복한 다음 증발 농축액에 완충액(pH 2.2) 또는 증 류수를 소량씩 첨가하여 0.45 µM syringe filter (Milipore, Bil lerica, USA)로 여과한 후 HPLC (1200 series, Agilent, USA) 를 이용하여 분석하였다. 이동상은 20 g 초산나트륨, 600 µL triethylamine, acetonitrile 60 mL이 포함된 A용액(pH 6.3)과 60 mL acetonitrile을 포함한 증류수인 용액B에 대하여 A 용 액:B 용액으로 10분까지 54:46, 유속 1.0 mL/min; 10.5-11 분 은 0:100, 유속 1.0 mL/min; 11-14 분은 0:100, 유속 1.0 mL/ min; 20.5-21.5 분은 100:0, 유속 1.0 mL/min 으로 구배조건을 설정하였다. 컬럼은 C18 (Waters, 4.6 mm × 150 mm, 5 µM) 를 사용하였으며, 컬럼온도는 45-50℃로 설정하였다. 검출기 는 UV detector (Model 2489, Waters, USA)의 254 nm에서 검출하였다.

지방산 분석

건조 마쇄한 시료를 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 지질을 추출하였으며, Morrison and Smith (1964)의 방법에 준하여 메 틸화한 후 상층액을 분리하여 -80℃에 보관하였으며, 자동 시

료 주입기가 장착된 가스크로마토그래피 (Varian 3400, Varian, USA)를 이용하여 분석하였다. 컬럼은 supercowax 10.30 m×0.53 mm ID, 1.0 μM film thickness, 이동상은 질소가스 (99.99%, research purity)를, 검출기는 flame ionization detector를 각각 사용하였다. 주입구는 210℃, 컬럼온도는 2분에서 165℃, 3분에서 240℃로 하였으며, 검출기 온도는 240℃로 하였다. Injection volume은 1.0 μL로 하였다.

관능검사

본 실험은 *A. marmorata*, *A. bicolor pacifica*, *A. japonica* 그리고 *A. rostrata*의 시중에서 판매되고 있는 2-3 미/kg 기준의 뱀장어 육을 대상으로 관능검사를 실시하였다. 평가인 20 명은 대부분 뱀장어 연구 전문가(양성, 사료 및 연구 등)가 참여하였으며, 어육의 종류를 파악할 수 없는 blind test로 4가지 종류에 대한 향, 맛, 식감, 종합적인 기호도 등 4 가지에 대해서 1 등(4점), 4 등(1점)의 순으로 상대 평가하였다. 관능평가를 위한 장어는 일반적인 장어요리법인 숯불직화 방법을 사용하였다. 기호도 검사는 20 명을 대상으로 향(flavor), 맛(taste), 조직감(texture) 및 종합적인 기호도(overall acceptability) 등에 대해서 1점은 가장 나쁘거나 낮음(extremely bad or slight), 4점은 매우 좋거나 강함(extremely good or much)으로 하는 상대적인 순위로 평가하였다.

통계처리

일부 결과는 SPSS program (Cicago, IL, USA)을 사용하여 Turkey's test로 평균간의 유의성을 95% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

크기와 양식환경이 동일한(*A. rostrata* 제외) 각 뱀장어 육 내 기본성분(수분함량, 조단백질, 조지방 및 회분)을 평가한 결과는 다음과 같다(Table 1). 수분함량은 열대성 장어종인 *A. bicolor* (71.1%), *A. marmorata* (71.8%)가 온대성 장어종인 극동산 뱀장어 *A. japonica* (61%)와 *A. rostrata* (61.2%)에 비교하여 높았다. 조단백질 역시 *A. marmorata* (17.7%)>*A. bicolor*

(17.4%)>*A. rostrata* (16.3%)>*A. japonica* (15.8%) 순으로 열대성 장어 두 종이 온대성 장어 두 종에 비교하여 높은 경향을 보였다. *A. japonica*의 경우 우리나라 자연산 및 양식산의 조단백 함량을 각각 14.3%, 15.4%로 그리고 국내 양식장간 민물장어의 조단백 함량이 16.5-17.7%로 보고된 바 있다(Choi et al., 1986; Seo et al., 2013). 자연산과 양식산과의 조단백 함량의 차이는 물론 양식산이라도 양식환경에 따른 조단백함량에서의 약 7% 정도 함량변화가 있다는 점을 감안하면, 동일한 양식조건 하에서 양식한 *A. marmorata*와 *A. japonica* 사이에 최대 약 11%의 조단백 함량에서의 차이는 국내 양식 민물장어 종간 단백질함량에서의 유의적 차이가 있는 것으로 확인되었다. 조지방은 *A. japonica* (21.5%)>*A. rostrata* (19.2%)>*A. bicolor* (10.5%)>*A. marmorata* (8.9%) 순으로 극동산 장어인 *A. japonica*의 조지방 함량은 *A. marmorata*의 두 배 이상의 함량을 나타내, 종간 조지방 함량에 큰 차이가 있었다. 특히 열대종인 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica* 종의 조지방 함량이 온대종인 *A. japonica*와 *A. rostrata*에 비교하여 더 낮은 것으로 확인되었다. 일반적으로, 어류의 체지방 함량은 종, 먹이, 서식지 온도 및 염도 등이 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Lovem JR, 1938). 이 점에서 본 실험에서 분석한 민물장어 종간 조지방 함량에서의 차이는 특히 3종(*A. japonica*, *A. bicolor pacifica* 및 *A. marmorata*)의 동일한 먹이, 사육온도 및 염도 등을 고려할 때 오랜 기간 다른 온도 서식환경에 적응하여 온 각종의 유전적 차이에 기인한 것으로 판단된다. 마지막으로 회분함량은 최저 *A. japonica* 0.91%에서 최대 *A. rostrata* 1.1%로 종간의 차이가 크지 않았다.

아미노산 조성비

양식한 4종 민물장어 육의 15 가지 아미노산 조성을 Table 2에 나타내었다. 동일한 양식장에서 동일한 배합사료를 이용하여 양식한 3 가지 민물장어 *A. japonica*, *A. bicolor pacifica* 및 *A. marmorata*는 물론 타 양식장에서 양식한 *A. rostrata*의 함량이 높은 순서로 아미노산 5가지[glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine, alanine (glycine, *A. japonica*와 *A. rostrata*의 경우)]가 전체 아미노산의 50%, 52%, 52% 및 51%를 각각 차지하였으며, 양식 민물장어 4 종간 구성아미노산의 조성비 차이

Table 1. Comparison of proximate compositions in edible parts between four different farmed-eels *Anguilla* spp

| Proximate compositions (%) | Eel species farmed domestically | | | |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | <i>Anguilla japonica</i> | <i>Anguilla rostrata</i> | <i>Anguilla Bicolor pacifica</i> | <i>Anguilla marmorata</i> |
| Moisture | 61.0±2.2 ^a | 61.2±2.1 ^a | 71.1±1.9 ^b | 71.8±3.1 ^b |
| Crude protein | 15.8±0.3 ^a | 16.3±0.3 ^a | 17.4±0.6 ^b | 17.7±0.5 ^b |
| Crude lipid | 21.5±0.7 ^d | 19.2±0.3 ^c | 10.5±0.5 ^b | 8.9±0.3 ^a |
| Ash | 0.9±0.0 ^a | 1.1±0.1 ^b | 1.0±0.0 ^b | 1.0±0.1 ^b |

Data are represented as mean values ±SD. Values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$). All tests are performed by three replicates.

Table 2. Comparison of amino acids in edible parts between four different farmed-eels *Anguilla* spp

| Amino acids (%) | Eel species farmed domestically | | | |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | <i>Anguilla japonica</i> | <i>Anguilla rostrata</i> | <i>Anguilla bicolor pacifica</i> | <i>Anguilla marmorata</i> |
| Aspartic acid | 1.52±0.1(10.4) | 1.62±0.1(10.5) | 1.66±0.1(10.8) | 1.61±0.1(10.8) |
| Threonine | 0.71±0.0(4.9) ^a | 0.76±0.0(4.9) ^b | 0.78±0.0(5.1) ^b | 0.75±0.0(5) ^b |
| Serine | 0.66±0.0(4.5) ^a | 0.69±0.0(4.5) ^{ab} | 0.71±0.0(4.6) ^b | 0.66±0.0(4.4) ^a |
| Glutamic acid | 2.23±0.1(15.3) ^a | 2.39±0.1(15.5) ^{ab} | 2.50±0.1(16.3) ^c | 2.44±0.1(16.3) ^{bc} |
| Glycine | 1.08±0.0(7.4) ^{ab} | 1.1±0.0(7.3) ^b | 0.88±0.1(5.7) ^a | 0.91±0.1(6.1) ^{ab} |
| Alanine | 1.06±0.0(7.3) ^a | 1.05±0.0(6.8) ^b | 1.06±0.0(6.9) ^a | 1.05±0.0(7) ^a |
| Valine | 0.69±0.0(4.7) ^a | 0.77±0.0(5) ^b | 0.74±0.0(4.8) ^{ab} | 0.72±0.0(4.8) ^a |
| Isoleucine | 0.65±0.0(4.5) ^a | 0.72±0.0(4.7) ^b | 0.70±0.0(4.6) ^b | 0.68±0.0(4.5) ^{ab} |
| Leucine | 1.19±0.1(8.1) ^a | 1.27±0.1(8.2) ^{bc} | 1.30±0.1(8.5) ^c | 1.26±0.1(8.4) ^b |
| Tyrosine | 0.52±0.0(3.6) ^a | 0.51±0.0(3.3) ^a | 0.57±0.0(3.7) ^b | 0.54±0.0(3.6) ^{ab} |
| Phenylalanine | 0.63±0.0(4.3) ^a | 0.67±0.0 (4.3) ^{ab} | 0.69±0.0(4.5) ^b | 0.66±0.0(4.4) ^{ab} |
| Lysine | 1.34±0.1(9.2) ^a | 1.52±0.1(9.9) ^c | 1.48±0.1(9.6) ^{bc} | 1.44±0.1(9.6) ^b |
| Histidine | 0.63±0.0(4.3) | 0.65±0.0(4.2) | 0.66±0.0(4.3) | 0.64±0.0(4.3) |
| Arginine | 0.97±0.0(6.6) ^a | 1.05±0.0(6.8) ^b | 0.99±0.0(6.5) ^a | 0.99±0.0(6.6) ^a |
| Proline | 0.72±0.0(4.9) ^b | 0.62±0.0(4) ^a | 0.62±0.0(4) ^a | 0.62±0.0(4.1) ^a |
| Totals | 14.6(100) | 15.41(100) | 15.34(100) | 14.97(100) |

Values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$). (), % to total amino acid content.

가 크지 않았다. 이러한 민물장어 육 4 종의 구성아미노산 조성은 넙치 육 구성 아미노산의 조성과의 유사한 경향을 보였으며 (Jang et al., 2009), 일반적으로 수산동물의 체단백질 구성아미노산의 조성은 어종에 따라 큰 차이가 없다는 보고와도 일치하였다(Lee et al., 1977). 그렇지만 glutamic acid는 열대성 민물장어 두 종에서 온대성 장어 두 종에 비교하여 유의적으로 높았으며, glycine은 열대산 장어 두종이 온대산 장어 두 종에 비교하여 약간 낮은 함량을 나타내는 등 4 종 민물장어 구성아미노산 조성비의 미세한 차이 역시 확인되었다. 필수아미노산인 lysine, leucine, threonine, valine, isoleucine 및 leucine의 아미노산조성비 역시 장어종간의 미세한 차이도 있었지만 전체적으로 넙치, 도다리의 육 구성 아미노산 조성과의 매우 유사하였다 (Jang et al., 2009).

한편 어류에서 천연산과 양식산 사이의 아미노산 조성이 거의 차이가 없다는 보고가 있었다(Choi et al., 1985, 1986; Endo et al., 1974). 또한 사료조성 중 지방질 성분이 어류의 내장 및 근육지방질의 조성에 많은 영향을 미친다는 보고(Konosu et al., 1976; Russel et al., 1975)와는 다르게 사료조성의 차이가 양식 어류 특히 넙치 내장 및 근육의 아미노산 조성 사이에 뚜렷한 상관관계를 보이지 않는다고 보고되었다(Oh et al., 1988). 이점에 기초하면 본 실험인 동일 양식환경의 3 종 민물장어 육 및 타 양식환경하에서 양식한 *A. rostrata* 육 구성 아미노산 조성비에서 보여주는 유사성 그리고 아미노산 별 미세한 함량의 차이는 양식환경 혹은 사료조성에서의 차이이기보다는 어류 종의 일반

적인 체 단백질 아미노산 구성에서의 유사성 및 종 간 체단백질 내 구성아미노산 조성비의 미세한 유전적 차이에 기인한다고 할 수 있다.

지방산 조성비

*japonica*와 *A. bicolor pacifica* 그리고 *A. marmorata*와 또 다른 양식장에서 양식한 *A. rostrata* 등 동일한 크기의 국내 양식 민물장어 4종의 육 내 지방산 조성비를 평가하였다(Table 3). 포화지방산 [*A. japonica* (30.92%), *A. rostrata* (50.25%), *A. bicolor pacifica* (30.08%), *A. marmorata* (29.78%)]과 불포화지방산 [*A. japonica* (69.08%), *A. rostrata* (50.25%), *A. bicolor pacifica* (69.92%), *A. marmorata* (70.22%)] 모두 동일 양식장에서 양식한 3종의 포화지방산과 불포화지방산의 비는 거의 유사한 반면 타 양식장에서 양식한 *A. rostrata*의 경우는 3종과는 큰 차이를 보였다. 민물장어 양식에서 배합사료 내 지방성분의 지방산 조성비 중 포화/불포화 비는 양식된 민물장어의 체내 지방산 조성비에 큰 차이를 준다는 사실은 확인되고 있다(데이터 미제시). 한편 동일한 조건에서 양식한 3종간의 불포화지방산 비는 큰 차이를 보이지 않은 반면에 다가 불포화지방산(polyunsaturated fatty acids, PUFA)에서 *A. marmorata* (19.96%)>*A. bicolor pacifica* (17.57%)>*A. japonica* (13.32%) 순의 차이를 나타내었다. 특히, PUFA 중 기능성을 갖는 omega-3 지방산인 docosahexaenoic acid, DHA [*A. japonica* (6.93%), *A. bicolor pacifica* (9.66%), *A. marmorata* (9.14%)]와 eicosapentaenoic acid, EPA [*A. japonica* (2.0%),

Table 3. Comparison of fatty acids compositions in edible parts between four different farmed-eels *Anguilla* spp

| Fatty acids(%) | Eel species farmed domestically | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | <i>Anguilla japonica</i> | <i>Anguilla rostrata</i> | <i>Anguilla bicolor pacifica</i> | <i>Anguilla marmorata</i> |
| Myristic acid(C14:0) | 3.7±0.3 | 3.9±0.3 | 3.6±0.2 | 3.5±0.2 |
| Palmitic acid(C16:0) | 22.4±0.4 ^a | 23.7±0.6 ^b | 21.0±0.4 ^a | 22.4±0.3 ^a |
| Palmitoleic acid(C16:1 n7) | 7.1±0.2 ^b | 10.1±0.2 ^c | 5.4±0.3 ^a | 5.0±0.2 ^a |
| Stearic acid(C18:0) | 4.8±0.2 ^b | 3.7±0.3 ^a | 5.5±0.1 ^c | 3.9±0.2 ^a |
| Oleic acid(C18:1 n9) | 46.3±0.7 ^b | 44.1±0.3 ^a | 45.5±0.2 ^b | 46.1±0.3 ^b |
| Vaccenic acid(C18:1 n7) | - | - | - | - |
| Linoleic acid(C18:2n6) | 1.9±0.1 ^b | 0.5±0.1 ^a | 1.7±0.1 ^b | 2.3±0.1 ^c |
| γ-Linoleic acid(C18:3n6) | 0.3±0.1 ^b | - | 0.2±0.1 ^a | 0.2±0.1 ^a |
| Linolenic acid(C18:3n3) | 0.9±0.1 ^c | 0.2±0.1 ^a | 0.8±0.1 ^c | 0.5±0.0 ^b |
| Eicosenoic acid(C20:1 n9) | 2.4±0.1 ^c | 4.0±0.2 ^d | 1.5±0.0 ^a | 2.1±0.1 ^b |
| Arachidonic acid(C20:4n6) | 1.0±0.1 ^b | 0.4±0.0 ^a | 1.6±0.0 ^c | 1.5±0.0 ^c |
| Eicosapentaenoic acid(EPA) (C20:5n3) | 2.0±0.1 ^a | 2.4±0.0 ^b | 3.3±0.2 ^c | 2.9±0.2 ^c |
| Docosatetraenoic acid (C22:4n6) | 0.3±0.0 ^a | 0.3±0.0 ^a | 0.4±0.0 ^b | 0.4±0.1 ^{ab} |
| Docosahexaenoic acid(DHA) (C22:6n3) | 6.9±0.5 ^a | 6.9±0.1 ^a | 9.7±0.3 ^b | 9.1±0.4 ^b |
| Totals | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Saturated fatty acids | 30.9 | 50.3 | 30.1 | 29.8 |
| Unsaturated fatty acids | 69.1 | 49.8 | 69.9 | 70.2 |
| -monoene | 55.8 | 41.5 | 52.4 | 53.3 |
| -polyene | 13.3 | 8.3 | 17.6 | 17.0 |

Data are represented as mean values ±SD. – represents below the detectable range. Values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$). All tests are performed by three replicates.

A. bicolor pacifica, (3.28%), *A. marmorata* (2.93%)] 둘 다 *A. bicolor pacifica*>*A. marmorata*>*A. japonica* 순의 지방산 조성의 차이를 나타내었다. *A. rostrata*는 3 종에 비교하여 단가불포화지방산(monounsaturated fatty acids, MAFA) 41.49, PUFA 8.27를 보였으며, 그 중 EPA와 DHA가 각각 0.09, 0.15의 낮은 조성비를 나타내었다. 이러한 결과로부터 *A. japonica*의 경우는, 지수식, 순환여과식 양식방법의 차이 및 배합사료 등의 양식환경의 차이를 고려한 각 양만장 별 비교에서, PUFA이 8.8-12%, DHA는 5.55-7.94%, EPA는 1.63-1.93%였다는 보고(Cho et al., 2011)와 유사한 것으로 판단된다. 인도네시아 자연산 *A. bicolor*의 PUFA는 11.44%, 그 중 DHA 5.16%, EPA 1.15%의 보고(Hangesti Emi Widyasari et al., 2014)에 비교하여 국내 양식어에서 PUFA는 물론 DHA, EPA 모두에서 더 높은 조성비를 나타내었다.

비타민 A, E

4가지 양식 민물장어에서 대표적인 영양성분인 지용성 비타

민 A, E (V_A 와 V_E)를 평가하였다(Table 4). V_A 와 V_E 는 자연산인 극동산 민물장어(*A. japonica*)에서 약 1,000 μg (3,500 IU)/100 g dry wt, 4-7 mg/100 g dry wt로 각각 알려졌으며, 이들의 함량은 *Anguilla* 종에 따른 차이를 보이고 개체의 크기에 대체로 비례한다고 알려졌다(Edisbury et al., 1937). 국내에서 양식한 *A. japonica*의 경우 양식장별, 급이사료 종류별 및 개체별 V_A 차이가 커 함량은 약 420-1,760 μg /100 g dry wt, V_E 는 1.0-24.6 mg/100 g dry wt로 보고된 바 있다(Cho et al., 2011). 한편, 본 실험에 사용한 *A. japonica*의 경우는 V_A 가 502 μg /100 g dry wt, V_E 가 3.1 mg/100 g dry wt였으며, *A. bicolor pacifica*는 V_A 가 793.8 μg /100 g dry wt, V_E 가 6.0 mg/100 g dry wt, *A. marmorata*는 V_A 가 1,381.2 μg /100 g dry wt, V_E 1.6 mg/100 g dry wt로 동일 양식환경에서 양식한 3 종간의 V_A 는 *A. marmorata*>*A. bicolor pacifica*>*A. japonica* 순이었으며, V_E 는 *A. bicolor pacifica*>*A. japonica*>*A. marmorata* 순이었다. 한편, 타 양식환경에서 양식한 *A. rostrata*는 V_A 와 V_E 각각 901.1 μg /100 g dry wt, 0.7 mg/100 g dry wt이었다. 이상의 결

Table 4. Comparison of vitamin A and E in edible parts between four different farmed-eels *Anguilla* spp

| Vitamins | Eel species farmed domestically | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | <i>Anguilla japonica</i> | <i>Anguilla rostrata</i> | <i>Anguilla bicolor pacifica</i> | <i>Anguilla marmorata</i> |
| Vitamin A ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) | 502.1 \pm 20.0 ^a | 901.1 \pm 24.2 ^c | 793.8 \pm 40.5 ^b | 1381.2 \pm 78.2 ^d |
| Vitamin E ($\text{mg}/100\text{ g}$) | 3.1 \pm 0.1 ^c | 0.70 \pm 0.1 ^a | 6.0 \pm 0.3 ^d | 1.6 \pm 0.2 ^b |

Data are represented as mean values \pm SD. Values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$). All tests are performed by three replicates.

Table 5. A sensory test between 4 species of eels *Anguilla* spp farmed in Korea

| Proximate compositions(%) | Eel species farmed domestically | | | |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | <i>Anguilla rostrata</i> | <i>Anguilla Bicolor pacifica</i> | <i>Anguilla marmorata</i> | <i>Anguilla japonica</i> |
| Flavor | 47 \pm 2.3 ^a | 54 \pm 3.0 ^b | 54 \pm 2.7 ^b | 62 \pm 3.0 ^c |
| Taste | 42 \pm 2.0 ^a | 44 \pm 2.2 ^a | 63 \pm 3.1 ^b | 71 \pm 3.5 ^c |
| Texture | 47 \pm 2.0 ^a | 44 \pm 1.8 ^a | 66 \pm 3.3 ^b | 62 \pm 2.5 ^b |
| Overall accessibility | 41 \pm 2.0 ^a | 41 \pm 1.8 ^a | 52 \pm 2.5 ^b | 65 \pm 2.8 ^c |

Values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

과로 미루어, V_A 와 V_E 함량은 장어육 내 조지방 함량과 비례하지 않고 각 종간의 지용성 비타민 V_A 와 V_E 의 합성능 혹은 육 내 저장에서의 유전적 차이가 있을 수 있음을 의미한다.

관능검사

최근 포획량 감소 및 치어가격 상승에 따른 극동산 장어(*A. japonica*) 양식의 대안으로 외산 이종 장어가 활발하게 양식되고 있다. 그렇지만, 극동산 장어와 달리 국내에서 양식되고 있는 외산 이종 장어의 맛 등에 대한 체계적인 평가 자료를 갖추지 못하였다. 이점에 본 연구진은 현재 국내에서 양식되고 있는 온대성 장어 두 종인 *A. japonica*, 북미산 장어(*A. rostrata*)와 열대성 장어인 두 가지 민물장어 종(*A. marmorata*, *A. bicolor pacifica*)을 같은 방식으로 요리하여 관능검사를 실시해보고자 하였다.

Table 5에서 보는 것처럼, 비린 맛 등을 고려한 향은 *A. japonica*가 가장 우수하였으며, 그다음은 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*가 비슷하였으며, *A. rostrata* 장어가 가장 저조하였다. 맛은 *A. japonica*, *A. marmorata*가 다른 두 종류 *A. rostrata*와 *A. bicolor pacifica*에 비교하여 두드러지게 좋은 평가를 얻었다. 씹히는 맛 등 식감에 대한 평가는 *A. marmorata*가 *A. japonica*에 비교하여 다소 앞서는 평가를 얻었다. 다른 두 종류는 맛과 마찬가지로 *A. marmorata*가 *A. japonica*에 비교하여 훨씬 떨어지는 평가를 얻었다. 마지막으로, 종합적인 기호도에 대한 평가 순위는 *A. japonica*, *A. marmorata*가 각각 1, 2위를 차지하였고, *A. rostrata*와 *A. bicolor pacifica*는 앞선 두 종에 비교하여 낮게 평가되었다.

사 사

본 연구는 2013년 정부(구 농림수산식품부, 과제번호

3120233) 재원 및 2014년도 정부(해양수산부, 과제번호 20120324)재원하의 연구지원비로 수행된 연구임.

References

AOAC. 1995. Official methods of analysis, 14th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, U.S.A., 1141.

Cho HS, Choi JH, Ko HB, Seo JS and Ahn JC. 2011. Evaluation of major nutrients of domestic farmed eels *Anguilla japonica*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 237-242.

Choi JH, Rhim CH, Choi YJ, Byun DS, Kim CM and Oh SK. 1986. Comparative study on protein and amino acid composition of wild and cultured eel. Bull Korean Fish Soc 19, 60-66.

Choi JH, Rhim CH, Choi YJ, Park KD and Oh SK. 1985. Comparative study on amino acid profiles of wild and cultured carp, and Israeli carp. Bull Korean Fish Soc 18, 545-549.

Crook V. 2010. Trade in *Anguilla* species, with a focus on recent trade in European eel *A. anguilla*. TRAFFIC report prepared for the European Commission. 2010.

Daverat F, Limburg KE, Thibault I, Shiao J-C, Dodson JJ, Caron F, Tzeng W-N, Iizuka Y and Wickström H. 2006. Phenotypic plasticity of habitat use by three temperature eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. Mar Ecol Prog Ser 308, 231-241.

Edisbury JR, Lovem JA and Morton RA. 1937. Distribution of vitamin A in the tissues of the eels *Anguilla vulgaris* and *A. aucklandi* Rich. Biochem J 31, 416-423.

Endo K, Kishimoto Y and Shimizu Y. 1974. Season variations in chemical constituents of yellowtail muscle. II. Nitrogenous extractives. Bull Japan Soc Sci Fish 40, 67-72.

Folch J, Lees M and Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method

- for the isolation and purification of total lipids from animal tissue, *J Biol Chem* 226, 497-509.
- Gagnaire P-A, Minegishi Y, Zenboudji S, Valade P, Aoyama J and Berrebi P. 2011. Within-population structure highlighted by differential introgression across semipermeable barriers to gene flow in *Anguilla marmorata*. *Evolution* 65, 3413-3427.
- Hanestic Emi Widyasari RA, Kusharto CM, Budywirawan, Wiyono ES and Sugengherisuseno. 2014. Nutritive value and fatty acids profile of fresh Indonesian eel (*Anguilla bicolor*) and Kabayaki. *J Sains Kesehatan Malaysia* 12, 41-46.
- Han Y, Yambot AV and Hung C-L. 2012. Sympatric spawning but allopatric distribution of *Anguilla japonica* and *Anguilla marmorata*: Temperature and oceanic current-dependent sieving. *PLoS one* 7, e37484.
- Jang MS, Kang YJ, Kim KW, Kim KD, Lee HY and Heo SB. 2009. Quality characteristics of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extracted pellets; I. Comparison of fatty acid and amino acid contents. *Korean J Food Sci Technol* 41, 42-49.
- Konosu S and Watanabe K. 1976. Comparison of nitrogenous extractives of cultured and wild red sea breams. *Bull Japan Soc Sci Fish* 42, 1263-1266.
- Leander NJ, Shen K-N, Chen R-T and Tzeng W-N. 2012. Species composition and seasonal occurrence of recruiting glass eels (*Anguilla* spp.) in the Hsiukuluan River, Eastern Taiwan. *Zool Stud* 51, 59-71.
- Lee EH and Sung NY. 1977. The taste compounds of fermented squid, *Loligo robiensis*. *Korean J Food Sci Technol* 9, 255-263.
- Lee TW. 2014. Ecology and management of eel populations in Korean water. In: Proceedings of International eel symposium and the 2014 annual meeting of the East Asia eel resource consortium, East Asia Eel Resource Consortium eds. Kimdaejung Convention Center, Gwangju, Korea, 11.
- Lovern JR. 1938. CLXIII. Fat metabolism in fishes XIII. factors influencing the composition of the depot fat of fishes. *Biochem J* 32, 1214-1224.
- Luo M, Guan R, Li Z and Jin H. 2013. The effects of water temperature on the survival, feeding, and growth of the juveniles of *Anguilla marmorata* and *A. bicolor pacifica*. *Aquaculture* 400-401, 61-64.
- Morrison WR and Smith LM. 1964. Preparation of fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipid with boron fluoride methanol. *J Lipid Res* 5, 600-608.
- Oh KS, Lee HJ, Sung DW, Lee EH. 1988. Comparison of nitrogenous extractives, amino acids in wild and cultured bastard. *Korean J Food Sci Technol* 20, 873-877.
- Ringuet S, Muto F and Raymakers C. 2002. Eels: their harvest and trade in Europe and Asia. *TRAFFIC bulletin* 19, 80-106.
- Russel MS and Baldwin RE. 1975. Creatine thresholds and implication for flavor meat. *J. Food Sci* 40, 429-430.
- Seo JS, Choi JH, Seo H, Ahn TH, Chong WS, Kim SH and Cho HS and Ahn JC. 2013. Comparison of major nutrients in eels *Anguilla japonica* cultured with different formula feeds or at different farms. *Fish Aquat Sci* 16, 85-92.
- Tzeng W-N. 2014. Biology and management of the Japanese eel in Taiwan. In: Proceedings of International eel symposium and the 2014 annual meeting of the East Asia eel resource consortium. East Asia Eel Resource Consortium eds. Kimdaejung Convention Center, Kwangju, Korea, 14.
- Wouthuyzen S, Aoyama J, Yulia H, Sugeha Y, Miller MJ, Kuroki M, Minegishi Y, and Suharti SR. Tsukamoto K. 2009. Seasonality of spawning by tropical anguillid eels around Sulawesi island, Indonesia. *Naturwissenschaften* 96, 153-158.