KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 45(6), 612-618, 2012

Original Article
Kor J Fish Aquat Sci 45(6),612-618,2012

수입산 및 국내산 담수어류 3종의 일반성분과 지방산 조성

문수경 · 이두석[1] · 윤호동[1] · 김연계[1] · 윤나영[1] · 김인수 · 정보영*

경상대학교 식품영양학과/해양산업연구소, [1]국립수산과학원 식품안전과

Proximate and Fatty Acid Compositions of Three Species of Imported and Domestic Freshwater Fishes

Soo-Kyung Moon, Doo-Seog Lee[1], Ho-Dong Yoon[1], Yeon-Kye Kim[1], Na Young Yoon[1], In-Soo Kim and Bo-Young Jeong*

Department of Food and Nutrition/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea
[1]Food & Safety Research Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

The proximate and fatty acid compositions of the edible portion of three species of cultured freshwater fish (common eel *Anguilla japonica*, rainbow trout *Onchorhynchus mykiss*, and Israeli carp *Cyprinus carpio*) were compared between imports from China and domestically produced specimens. The lipid contents of cultured common eel and rainbow trout were rich in imported fishes (20.4 and 12.2%, respectively) compared with those in domestic ones (16.0 and 8.01%, respectively), while those of Israeli carp were rich only in the domestically produced specimens (8.06 and 3.07%, respectively). There was a negative correlation between the lipid and moisture contents in all fish samples (r =-0.86). The protein contents ranged from 16.6 to 21.3% in domestic fishes and 15.3 to 19.1% in imported ones. The most prominent fatty acids in the fishes were: saturated fatty acids, 16:0, 18:0 and 14:0; monounsaturated fatty acids, 18:1n-9, 16:1n-7 and 18:1n-7; and polyunsaturated fatty acids (PUFA), 18:2n-6, 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA), and 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA). The percentage of n-3 PUFA (e.g., DHA, 22:5n-3, EPA, and 18:3n-3) was higher in domestic common eel and Israeli carp than in imported ones, but similar in domestic and imported rainbow trout, and higher in domestic wild rainbow trout than in cultured ones. On the other hand, all of the cultured freshwater fishes contained a relatively large amount of 18:2n-6, which is a characteristic fatty acid in cultured fish lipids.

Key words; Domestic, Fatty acid, Freshwater fishes, Imported, Proximate composition

서 론

우리나라 수산물 수출량은 2010년 약 793천톤으로1984년 약 409천톤에 비하여 약 1.9배 증가하였으나 수입량은 1984년 약 84천톤에서 2010년 약 4,719천톤으로 약 56배나 증가하였다 (KMI, 2012). 수산물 수입량이 증가한 이유는 우리나라 국민의 수산물 소비량의 증가와 더불어 인구도 증가하였으나 국내 어업생산량으로는 그 수요량을 충족시키지 못한 때문으로 생각된다. 즉, 국민 1인당 연간 수산물 소비량은 1980년 27 kg에서 2010년에는 51.3 kg으로 크게 증가하였고(KREI, 2012), 총 인구도 1980년에 비해 약 900만명이나 증가하였다(STATISTICS KOREA, 2012). 그러나 국내 총 어업생산량은 1984년 약 2,910천톤에서 2010년 3,110천톤으로 30년 동안 겨우 약 200천톤의 증가에 그쳤다(STATISTICS KOREA, 2012). 그 동안 국내 총 어업생산량의 변화를 보면 일반해면어업, 원양어업, 내수면어업에 의한 생산량은 감소하였지만 천해양식어업에 의한 생산량이 크게 증가한 결과로 소량이지만 천해양식어업이 총 어업생산량의 증가에 기여하였다. 한편 우리나라 수산물(어패류)의 자급률은 1984년에 126.3%에서 2004년에는 55.7%까지 크게 하락한 후 2010년에는 68.1%로 10% 정도 회

Article history;
Received 9 October 2012; **Revised** 13 November 2012; **Accepted** 21 November 2012
***Corresponding author:** Tel: +82. 55. 772. 1435 Fax: +82. 55. 754. 8630
E-mail address: byjeong@gnu.ac.kr

Kor J Fish Aquat Sci 45(6) 612-618, December 2012
http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0612
pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815
ⓒ The Korean Society of Fishereis and Aquatic Science. All rights reserved

복한 상태이지만(KREI, 2012), 1984년도에 비하면 54% 수준에 불과하였다. 따라서, 수산물 자급률을 향상시키기 위해서는 국내 어업생산량을 증가시켜야 하지만 현재로서는 우리나라 국민의 수산물 소비량을 충족시킬 수 없기 때문에 이를 충족시키기 위해서는 수입이 불가피한 실정이다. 최근 2010년 통계에 의하면 외국산 수산물의 주요 수입국은 호주(약 1,818천톤), 중국(약1,113천톤), 멕시코(약627천톤), 인도(약308천톤), 러시아(약274천톤), 베트남(약120천톤) 등의 순으로 수입량이 많았다(KMI, 2012). 그러나 수입 수산물 중에서 소금을 제외하면 중국산 수산물의 수입이 가장 많고, 다음으로 러시아, 베트남, 일본 등의 순으로 많았다. 즉 2010년에는 약 640천톤의 수산물이 중국으로부터 수입되었고 이는 소금을 제외한 우리나라 수산물 총 생산량인 약 3,110천톤의 20% 정도에 해당되는 많은 양이다(STATISTICS KOREA, 2012). 하지만 지금까지 이들 수입수산물에 대한 연구는 Kim et al. (1995)의 중국산 삼채복의 독성에 관한 연구와 Hwang et al. (1997)의 수입 어류의 방사선조사 관련 연구 등이 있는 정도이고, 식품영양성분에 대한 연구는 거의 수행되어 있지 않다. 따라서 국내에서 비교적 다량으로 소비되고 있는 수입수산물에 대해서는 식품영양성분을 분석하여 이에 대한 정보를 소비자에게 제공할 필요가 있다고 생각된다. 국내산 양식 뱀장어의 식품성분에 대한 연구보고는 Kim et al. (1984), Choi et al. (1985), Cho et al. (2011)에 의해 수행되어 있다. 그리고 국내산 양식 무지개송어의 식품성분은 Park and Kim (1996), Choi et al. (2010)에 의하여 보고되어 있으며, 국내산 양식 이스라엘 잉어에 대한 식품성분은 Choi et al. (1985)에 의한 연구가 있는 정도이다. 그러나 이들 국내산 담수어와 동종의 수입산 어종의 식품성분에 대한 연구보고는 찾아 볼 수 없다.

따라서 본 연구는 중국으로부터 수입되는 담수산 어류 중 수입량이 비교적 많은 뱀장어를 비롯하여 이스라엘 잉어, 무지개송어에 대한 일반성분 및 지방산 조성을 분석하여 국내산과 비교하였다.

재료 및 방법

시 료

시료 어류는 양식산 뱀장어(*Anguilla japonica*, 중국산, 국내산-영광), 양식산 이스라엘 잉어(*Cyprinus carpio*, 중국산, 국내산-김제), 양식산 무지개송어(*Onchorhynchus mykiss*, 중국산, 국내산-상주, 국내 천연산-상주) 등 3종의 담수어를 입수하여 분석에 이용하였다(Table 1). 분석에 이용된 어류는 산지로부터 빙장상태로 신속히 실험실로 옮겨서 먼저 체장, 체중 등 생물학적 성상을 측정하고, 비늘을 완전히 제거한 다음 어피가 붙어있는 상태로 육질부(가식부)를 채취한 후 speed cutter에 의해 마쇄 혼합하여 -70℃의 냉동고에 저장하여 두고 분석에 사용하였다. 모든 분석결과는 각 시료를 2그룹으로 나누어 2회씩 총 4회 분석의 평균치±표준편차로 나타내었다.

일반성분의 분석

일반성분 중 수분함량은 상압 가열건조법, 단백질함량은 Semimicro Kjieldahl법, 회분함량은 건식회화법으로 측정하였으며, 지질(total lipid, TL) 함량은 Bligh와 Dyer (1959)의 방법에 의하여 지질을 추출하고 중량법으로 측정하였다.

지방산의 분석

TL의 지방산 methyl ester는 14% BF_3-Methanol 용액을 이용하여 조제하였다(AOCS, 1998). TL의 지방산 조성은 Omegawax 320 fused silica capillary column (30 m×0.32 mm×0.25 μm film thickness, Supelco, Inc. Bellefonte, USA)을 장착한 GC (Shimadzu 17A, Shimadzu Seisakusho, Co, Ltd. Kyoto, Japan)로서 분석하였다. 시료 주입구(injector) 및 FI (flame ionization) 검출기(detector) 온도는 250℃로 하였으며, 컬럼오븐(column oven) 온도는 180℃에서 8분간 유지한 후 3℃/min으로 230℃까지 승온시킨 다음 15분간 유지하였다. Carrier gas는 He (1.0 kg/cm^2)을 사용하고, split ratio는 1:50으로 하였다. 분석된 지방산은 시료의 경우와 동일한 조건에서 분석한 표준품(Sigma Chemical Co., St Louis, USA)의 머무름시간(retention time)과 비교하여 동정하고, 표준품이 없는 지방산의 경우는 문헌상(Ackman, 1986; Moon et al., 2005)의 ECL (equivalent chain length)과 비교하여 동정하였다. 내부표준품으로는 methyl tricosanoate (99%; Aldrich Chem. Co., Milwaukee, USA)를 사용하였다.

통계 분석

모든 실험 결과는 SPSS 12.0을 사용하여 통계처리 하여 평균±표준편차로 나타내었다. 뱀장어, 이스라엘 잉어, 메기 시료에서 실험군 간의 비교는 Student's t-test (P<0.05)로 분석하였으며, 무지개송어 시료에서 실험군 간의 통계적 유의성 검정은 분산분석을 한 후 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 조성의 비교

Table 1은 뱀장어, 이스라엘 잉어, 무지개송어 등의 일반성분 조성을 나타내었다. 수입산 뱀장어는 지질 함량이 20.4%로서 국내산(16.0%)에 비하여 유의하게 높았으나, 수분과 단백질 함량은 국내산이 각각 65.1% 및 18.1%로서, 수입산(62.2% 및 15.3%)에 비하여 유의하게 더 높았고, 회분 함량은 양자간에 유의차 없이 1.0% 수준을 나타내었다. 이스라엘 잉어의 일반성분조성에서 수입산은 수분 함량(80.2%)이 국내산(71.0%)

Table 1. Biological data of three species of the imported and domestic freshwater fishes

Common (Korean) name*	Scientific name	n	Body weight (g)	Total length (cm)	Collection date	Collection place
Common eel (Baem-jang-eo) (C)	*Anguilla japonica*	5	300.4 ± 38.5	50.2 ± 1.8	May, 2010	China
Common eel (Baem-jang-eo) (K, A)	*Anguilla japonica*	5	280.6 ± 29.7	48.9 ± 2.1	May, 2010	Yeonggwang
Islaeli carp (Hyang-eo) (C)	*Cyprinus carpio*	3	615.0 ± 75.4	26.7 ± 1.3	May, 2010	China
Islaeli carp (Hyang-eo) (K, A)	*Cyprinus carpio*	3	809.3 ± 57.9	36.3 ± 1.9	May, 2010	Gimje
Rainbow trout (Mu-ji-gae-song-eo) (C)	*Onchorhynchus mykiss*	3	1192.2 ± 157	45.6 ± 1.3	May, 2010	China
Rainbow trout (Mu-ji-gae-song-eo) (K, A)	*Onchorhynchus mykiss*	3	774.2 ± 73.5	34.9 ± 2.1	May, 2010	Sangju
Rainbow trout (Mu-ji-gae-song-eo) (K, W)	*Onchorhynchus mykiss*	3	669.0 ± 59.1	32.5 ± 1.8	May, 2010	Sangju

*C, imported from China; K, Korea; A, aquaculture; W, wild.

Table 2. Proximate composition of three species of the imported and domestic freshwater fishes (wt %)

Common name[1]	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Common eel (C)	62.2 ± 0.89*	15.3 ± 0.30	20.4 ± 0.22*	0.97 ± 0.01
Common eel (K, A)	65.1 ± 0.77	18.1 ± 0.33*	16.0 ± 1.16	1.02 ± 0.05
Islaeli carp (C)	80.2 ± 0.60*	15.6 ± 0.55	3.07 ± 0.12	1.25 ± 0.18
Islaeli carp (K, A)	71.0 ± 0.50	16.6 ± 0.89	8.06 ± 1.17*	1.06 ± 0.08
Rainbow trout (C)	59.8 ± 0.48^{a}	19.1 ± 0.71^{a}	12.2 ± 0.24^{c}	1.22 ± 0.00
Rainbow trout (K, A)	69.3 ± 0.36^{b}	21.3 ± 0.33^{b}	8.01 ± 0.40^{b}	1.26 ± 0.06
Rainbow trout (K, W)	77.5 ± 0.18^{c}	17.8 ± 0.91^{a}	2.09 ± 0.03^{a}	1.29 ± 0.07

*Student's t-test (P<0.05).

^{a,b,c}Different superscript letters in the row indicate significant differences at P<0.05.

[1]C, imported from China; K, Korea; A, aquaculture; W, wild.

보다 더 높았고, 반대로 지질 함량은 국내산이 8.06%로서 수입산(3.09%)에 비하여 유의하게 더 높았으나 단백질 및 회분 함량은 양자간 유의차가 없었다. 수입산 무지개송어의 지질 함량 역시 12.2%로서 양식산(8.01%)보다 유의하게 더 높았고, 반면에 수분과 단백질 함량은 국내 양식산이 각각 69.3% 및 21.4%를 나타내어 수입산(59.8% 및 19.3%)에 비하여 유의하게 더 높았다. 그리고 국내 천연산 무지개송어의 경우는 양식산에 비하여 지질(2.09%) 및 단백질(17.8%) 함량은 낮은 반면 수분(77.5%) 함량은 훨씬 더 높았고 회분 함량은 유의차가 없었다. 한편 어류의 일반성분 조성은 먹이, 서식환경, 계절, 성숙도, 크기 등 다양한 체내외 환경 조건에 따라 영향을 받는다. 일반성분 중 특히 지질 함량은 이들 조건에 크게 영향을 받고 지질 함량 변화에 따라 주로 수분 함량이 역으로 변화하는 것으로 알려져 있다. 따라서 어류의 일반성분 조성에서 수분과 지질 함량은 역의 상관관계를 나타낸다(Shindo et al., 1986; Ackman 1989; Jeong et al., 1998a,b). 본 연구결과에서도 시험된 모든 어종에서 수분과 단백질 함량보다 수분과 지질 함량 사이에서 큰 차이를 보여 양자간에는 y =-0.7574x+62.467 (r =-0.86)의 음의 상관관계를 나타내었다. 국내산 양식 뱀장어의 일반성분 조성에 대해서, Kim et al. (1984)과 Choi et al. (1985) 그리고 Cho et al. (2011) 등의 연구보고가 있다. 이들 연구에서 양식 뱀장어의 지질 함량은 16.0-29.7%로서 본 연구결과와 유사하거나 크게 다른 경우도 있었으나, 단백질 함량(15.3-17.4%)과 수분 함량(60.5-63.3%)은 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 수입산(중국산)에 대한 연구는 아직 보고된 바가 없어 비교하기가 어려운 상태이다. Choi et al. (1985)은 양식 이스라엘 잉어의 지질 함량을 8.89%로 보고하여 본 연구의 국내산 양식 이스라엘잉어의 지질 함량과 유사한 결과를 나타내었으나, 다른 일반성분 조성과 수입산에 대한 연구결과는 뱀장어의 경우처럼 아직 보고되어 있지 않아 비교할 수 없었다.

무지개송어에 대한 연구로서, Park and Kim (1996)은 무지개송어 치어와 성숙어의 지질 함량이 각각 3.54% 및 9.59%였고, 수분 함량은 각각 77.4% 및 69.0%로서 지질 함량과는 반대의 경향을 보였으며 단백질 함량(19.4-20.3%)은 양자간 거의 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 Choi et al. (2010)의 연구에

Table 3. Fatty acid composition of imported and domestic common eel *Anguilla japonica* and Israeli carp *Onchorhynchus mykiss* (wt %)

Fatty acid	Cultured common eel		Cultured Israeli carp	
	Imported	Domestic	Imported	Domestic
12:0	0.06±0.00	0.06±0.01	ND[1]	0.08±0.00
14:0	3.87±0.08	4.17±0.03*	1.05±0.06	2.00±0.03*
14:1n-5	0.16±0.00*	0.10±0.00	0.09±0.00	0.11±0.01
15:0 iso	0.08±0.00	0.09±0.00	ND	ND
15:0	0.24±0.00	0.31±0.00*	0.14±0.15	0.18±0.00*
16:0 DMA[2]	0.10±0.00	0.14±0.00*	0.71±0.21*	0.15±0.01
16:0	20.02±0.13	20.73±0.09*	16.82±0.00	18.06±0.11*
16:1n-9	0.54±0.01	0.53±0.01	0.41±0.07*	0.33±0.01
16:1n-7	8.12±0.03*	5.81±0.06	4.73±0.00	9.66±0.04*
16:1n-5	0.10±0.00	0.09±0.01	ND	0.10±0.00
17:0 iso	ND	ND	ND	0.08±0.00
16:2n-7	ND	ND	ND	0.08±0.00
16:2n-4	0.18±0.01	0.27±0.00*	ND	ND
Pytanic	0.14±0.01	0.22±0.01*	ND	0.22±0.05
17:0	0.17±0.00	0.22±0.01*	0.12±0.02	0.14±0.00*
17:1n-7	0.22±0.00	0.19±0.02	0.10±0.02	0.24±0.01*
16:4n-1	0.08±0.00	0.22±0.00*	0.13±0.03	0.10±0.00
18:0	3.51±0.01	4.89±0.01*	4.72±0.23*	3.61±0.02
18:1n-9	40.11±0.26*	35.61±0.10	34.55±0.10*	33.73±0.24
18:1n-7	3.45±0.13*	2.69±0.02	2.69±0.02	3.93±0.14*
18:1n-5	0.30±0.02*	0.16±0.01	0.15±0.18	0.24±0.01*
18:2n-7	0.36±0.04*	0.20±0.01	ND	ND
18:2n-6	3.03±0.10	3.40±0.03*	19.10±0.01*	11.10±0.06
18:2n-4	0.15±0.03	0.19±0.00	ND	0.20±0.00
18:3n-6	ND	ND	0.23±0.00*	0.12±0.00
18:3n-4	ND	ND	0.10±0.01	0.25±0.00*
18:3n-3	0.54±0.00	0.44±0.19	1.23±0.00*	1.16±0.03
18:4n-3	0.15±0.00	0.12±0.08	0.09±0.00	0.21±0.01*
18:4n-1	0.22±0.00	0.57±0.10*	ND	0.17±0.00
20:0	0.10±0.00	0.12±0.00*	0.14±0.02*	0.09±0.00
20:1n-9 (+11)	2.15±0.02	3.27±0.03*	2.82±0.01	3.01±0.01*
20:1n-7	0.12±0.00	0.11±0.00	0.10±0.01	0.14±0.00*
20:2NMID[3]	0.20±0.00*	0.17±0.00	0.21±0.01*	0.15±0.00
20:2n-6	0.26±0.00	0.36±0.00*	0.61±0.02*	0.47±0.00
20:3n-6	0.15±0.00	0.18±0.00*	0.63±0.09*	0.30±0.00
20:4n-6	0.42±0.00*	0.47±0.01	1.44±0.01*	0.61±0.01
20:3n-3	0.08±0.00	0.12±0.01*	0.08±0.00	0.13±0.01*
20:4n-3	0.59±0.01	0.83±0.01*	0.13±0.05	0.35±0.00*
20:5n-3	2.04±0.02	2.45±0.03*	1.36±0.01	2.07±0.02*
22:1n-11	0.34±0.00	0.53±0.00*	0.14±0.00	0.22±0.03*
22:1n-9	0.14±0.00	0.18±0.00*	0.14±0.01	0.15±0.11
21:5n-3	0.15±0.01	0.21±0.01*	ND	0.14±0.00
22:4n-6	0.13±0.00	0.14±0.01	0.13±0.01*	0.09±0.00
22:5n-6	0.14±0.00	0.19±0.00*	0.17±0.02*	0.12±0.00
22:5n-3	1.92±0.01	2.30±0.04*	0.64±0.16	1.10±0.01*
22:6n-3	5.19±0.04	6.94±0.09*	4.09±0.00	4.63±0.05*
∑SFA[4]	28.30	30.95	23.70	24.61
∑MUFA[5]	55.75	49.28	45.92	51.85
∑PUFA[6]	15.95	19.77	30.39	23.53

*Student's t-test (P<0.05). [1]ND, not detected. [2]DMA, dimethyl acetal. [3]NMID, non-methylene interrupted diene. [4]∑SFA, total saturated fatty acids. [5]∑MUFA, total monounsaturated fatty acids. [6]∑PUFA, total polyunsaturated fatty acids.

Table 4. Fatty acid composition of imported and domestic rainbow trout *Onchorhynchus mykiss* (wt %)

Fatty acid	Cultured rainbow trout		Wild rainbow trout	Fatty acid	Cultured rainbow trout		Wild rainbow trout
	Imported	Domestic	Domestic		Imported	Domestic	Domestic
12:0	0.14±0.00^{a}	0.08±0.00^{a}	0.27±0.06^{b}	18:3n-4	0.36±0.00^{b}	0.34±0.00^{a}	0.45±0.00^{c}
13:0	ND[1]	ND	0.06±0.02	18:3n-3	2.75±0.01^{b}	1.71±0.05^{a}	3.03±0.02^{c}
14:0	3.47±0.01^{c}	3.00±0.02^{b}	2.75±0.04^{a}	18:4n-3	0.89±0.01^{c}	0.54±0.01^{b}	0.36±0.01^{a}
14:1n-5	ND	0.05±0.00	0.10±0.02	18:4n-1	0.49±0.00^{c}	0.44±0.00^{b}	0.19±0.01^{a}
15:0 iso	0.07±0.00^{a}	0.07±0.00^{a}	0.80±0.01^{b}	20:0	0.20±0.05^{a}	0.17±0.00^{a}	0.18±0.00^{a}
15:0 anteiso	ND	ND	0.34±0.02	20:1n-9 (+11)	1.16±0.01^{a}	2.38±0.03^{c}	1.58±0.01^{b}
15:0	0.23±0.00^{a}	0.30±0.00^{b}	0.47±0.00^{c}	20:1n-7	0.16±0.00^{a}	0.17±0.01^{b}	0.16±0.01^{a}
15:1n-5	ND	ND	0.13±0.00	20:2NMID[2]	0.16±0.00^{b}	0.13±0.00^{a}	0.17±0.02^{b}
16:0 iso	ND	ND	0.18±0.00	20:2n-6	0.44±0.00^{a}	0.89±0.01^{b}	1.10±0.04^{c}
Pristanic	ND	ND	0.44±0.02	20:3n-6	0.28±0.01^{a}	0.32±0.00^{b}	0.85±0.01^{c}
16:0	14.21±0.02^{a}	17.91±0.06^{c}	16.95±0.09^{b}	20:4n-6	0.54±0.00^{a}	0.61±0.01^{b}	2.51±0.04^{c}
16:1n-9	0.36±0.01	ND	0.90±0.01	20:3n-3	0.10±0.00^{a}	0.16±0.01^{b}	0.35±0.01^{c}
16:1n-7	5.44±0.03^{a}	6.24±0.26^{b}	7.49±0.05^{c}	20:4n-3	0.63±0.00^{b}	0.58±0.00^{a}	0.62±0.01^{b}
16:1n-5	0.09±0.00^{a}	0.11±0.03^{a}	0.61±0.02^{b}	20:5n-3	6.33±0.01^{c}	3.35±0.06^{a}	4.19±0.04^{b}
17:0 iso	0.08±0.00^{a}	0.10±0.06^{a}	0.86±0.06^{b}	22:0	0.12±0.00^{b}	0.11±0.00^{a}	0.14±0.00^{c}
16:2n-7	0.10±0.00^{b}	0.06±0.01^{a}	0.64±0.04^{c}	22:1n-11	0.31±0.00^{b}	0.66±0.01^{c}	0.23±0.01^{a}
Pytanic	0.72±0.00^{c}	0.30±0.15^{a}	0.49±0.03^{b}	22:1n-9	0.15±0.00^{b}	0.27±0.01^{c}	0.10±0.00^{a}
17:0	0.23±0.00^{a}	0.34±0.11^{b}	0.53±0.02^{c}	22:2n-6	ND	0.08±0.00	0.10±0.00
17:1n-7	0.63±0.01^{c}	0.22±0.04^{a}	0.39±0.01^{b}	21:5n-3	0.38±0.00^{c}	0.28±0.00^{b}	0.07±0.00^{a}
16:4n-1	0.87±0.00^{c}	0.38±0.01^{b}	0.10±0.03^{a}	22:4n-6	0.11±0.00^{a}	0.09±0.00^{a}	0.26±0.01^{b}
18:0	4.21±0.01^{a}	4.23±0.01^{a}	4.94±0.02^{b}	22:5n-6	0.15±0.00^{a}	0.25±0.00^{b}	0.41±0.00^{c}
18:1n-11	ND	ND	0.23±0.00	22:5n-3	3.07±0.01^{c}	1.41±0.01^{a}	1.67±0.02^{b}
18:1n-9	23.18±0.04^{c}	20.77±0.15^{b}	13.05±0.11^{a}	22:6n-3	6.20±0.04^{a}	11.09±0.21^{b}	12.06±0.12^{c}
18:1n-7	2.93±0.06^{a}	3.40±0.04^{b}	4.72±0.06^{c}	∑SFA[3]	23.67	26.61	29.41
18:1n-5	0.08±0.01^{a}	0.20±0.05^{b}	0.31±0.04^{c}	∑MUFA[4]	34.47	34.47	30.02
18:2n-6	17.31±0.04^{c}	15.61±0.09^{b}	10.81±0.07^{a}	∑PUFA[5]	41.85	38.92	40.57

^{a,b,c}Different superscript letters in the row indicate significant differences at $P<0.05$. [1]ND, not detected. [2]NMID, non-methylene interrupted diene. [3]∑SFA, total saturated fatty acids. [4]∑MUFA, total monounsaturated fatty acids. [5]∑PUFA, total polyunsaturated fatty acids.

서는 색소 첨가사료와 무첨가 사료로 사육한 무지개송어의 지질 함량이 각각 7.52%와 3.01%를 나타내었고, 이와는 반대로 수분함량은 첨가의 경우가 73.3%, 무첨가의 경우가 77.7%를 나타내었으며, 단백질 함량(18.5-20.5%)은 양자간 큰 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. 본 연구 결과에서 국내산 양식 무지개송어의 지질(8.01%)과 단백질(21.3%) 함량은 성숙 무지개송어(Park and Kim, 1996)와 색소 첨가사료(Choi et al., 2010)의 경우와 유사하였다. 한편 치어 및 색소 무첨가 무지개송어의 지질 함량(3.54% 및 3.01%)은 본 연구의 국내 천연산 무지개송어의 지질 함량(2.09%)보다 약간 높은 수준을 나타내었다.

이상의 결과를 종합하면 수입산의 뱀장어와 무지개송어는 국내 양식산의 경우에 비하여 지질 함량이 더 높았으나, 이스라엘 잉어의 경우에는 국내 양식산에서 더 높았다. 국내 양식산 및 천연산 무지개송어의 지질 함량은 양식산에서 더 높았다. 또한 모든 어종에서 수분 함량은 지질 함량과 연동하여 감소하는 경향을 나타내었으며, 단백질과 회분 함량은 비교적 일정하였다.

지방산 조성의 비교

Table3에 수입산 및 국내 양식산 뱀장어와 이스라엘 잉어의 총 지방산조성을 나타내었다. 뱀장어의 주요 지방산으로는 16:0, 18:0, 14:0 등의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA), 18:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7 등의 일가불포화지방산(monounsaturated fatty acid, MUFA) 그리고 22:6n-3 (docosahexenoic acid, DHA), 18:2n-6, 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA) 등의 고도불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA)이었다. 이들 주요 지방산 중에서 16:0, 18:0, 14:0 등의 조성비는 미량이지만 국내산에서 유의하게 더 높았으며, 총 SFA조성비 역시 수입산(28.3%) 보다 국내산(31.0%)에서 더 높았다. 그러나

18:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7 등의 조성비는 수입산(각각 40.1%, 8.12%, 3.45%)이 국내산(각각 35.6%, 5.81%, 2.69%)에서 보다 유의하게 더 높은 경향을 나타내었다. 따라서 총 MUFA조성비 역시 수입산(55.8%)이 국내산(49.3%)에서보다 더 높았다. 그리고 DHA, 18:2n-6, EPA 등의 조성비는 소량이지만 수입산보다 국내산에서 더 높았고, 총 PUFA조성비 역시 수입산(16.0%)보다 국내산(20.0%)이 더 높았다. 본 연구에서 뱀장어의 지방산조성의 특징은 18:1n-9의 조성비(35.6-40.1%)가 특히 높고, EPA와 DHA의 조성비(각각2.04-2.45% 및 5.19-6.94%)가 비교적 낮으며, 그리고 양식산의 특징적인 지방산인 18:2n-6의 조성비(3.03-3.40)가 비교적 낮은 점을 들 수 있다. 이러한 결과는 Kim et al. (1984) 및 Cho et al. (2011)의 경우에서도 유사하였으나, 천연산 뱀장어(Jeong et al., 1998)의 1.3%에 비해서는 약 3배나 많았다. 일반적으로 양식산 어류의 지방산조성은 사료지질의 영향을 받아 18:2n-6의 조성비가 특히 높은 것으로 알려져 있다(Jeong et al., 2000). 한편 뱀장어에서 18:1n-9의 조성비는 후술하는 바와 같이 시험된 모든 어종 중에서 가장 높았다.

수입산 및 국내 양식산 이스라엘 잉어의 주요 지방산은 뱀장어의 경우와 비교적 유사하였다. SFA 중 조성비가 가장 높은 16:0가 국내산(18.1%)이 수입산(16.8%)보다 유의하게 더 높은 반면, 18:0는 전자(3.61%)보다 후자(4.72%)에서 약간 더 높아 총 SFA 조성비는 전자(24.6%)와 후자(23.7%)에서 유사하였다. MUFA 중에서 조성비가 가장 높은 18:1n-9는 수입산과 국내 양식산에서 각각 34.6% 및 33.7%로 양자간 거의 유사한 수준을 나타내었고, 18:1n-7 및 20:1n-9의 조성비도 양자간 거의 유사하였다. 그러나 16:1n-7의 조성비가 국내산(9.66%)이 수입산(4.73)에 비하여 거의 2배나 높은 수준을 나타낸 결과가 총MUFA조성비에 영향을 미쳐 국내산(51.9%)이 수입산(45.9%)에 비하여 약간 더 높은 조성비를 나타냈다. 그리고 PUFA 중에서 조성비가 가장 높은 18:2n-6는 수입산(19.1%)이 국내산(11.1%)에 비하여 크게 높았고, 다음으로 조성비가 높은 DHA는 국내산에서 미량이나마 유의하게 더 높았다. 또한 이스라엘 잉어에서EPA 조성비는 시험된 모든 어종에서 가장 낮았으나 국내산(2.07%)이 수입산(1.36%)에 비하여 미량이지만 유의하게 더 높았다. 따라서 총 PUFA의 조성비는 18:2n-6 조성비의 영향 때문에 수입산(30.4%)이 국내산(23.5%)에 비하여 더 높게 나타났다. 본 연구에서 이스라엘 잉어의 주요 지방산은 Choi et al. (1985)의 결과와 대체로 유사하였다. 그러나 이들 주요 지방산 중 18:2n-6의 조성비가 본 연구에서는 11.1-19.1%를 나타내어 중국으로부터 수입된 이스라엘 잉어도 양식산으로 생각된다. 한편 18:2n-6의 조성비가 Choi et al. (1985)의 경우에는 2.33-5.73%를 나타내어 본 연구결과와는 많은 차이를 나타내었다. 이러한 차이는 어체의 크기나 사료조성 등의 영향 때문으로 생각된다.

Table 4는 중국으로부터 수입된 양식산 무지개송어와 국내 양식산 및 천연산 무지개송어의 지방산조성을 나타내었다. 무지개송어의 주요 지방산은 뱀장어의 경우와 유사하였으나 수입산과 국내 양식산 및 천연산 간 조성비에서 상당한 차이를 나타내었다. 먼저 수입산과 국내 양식산 무지개송어의 주요 지방산 조성을 비교하면, SFA 중 조성비가 가장 높은 16:0는 국내산(17.9%)이 수입산(14.2%)보다 약 3% 정도 유의하게 높았고, 총 SFA조성비 역시 국내산(26.6%)이 수입산(23.7%)에 비하여 더 높은 결과를 나타내었다. MUFA 중에서는 조성비가 가장 높은 18:1n-9가 수입산에서 23.2%, 국내 양식산에서 20.8%로 전자가 유의하게 높은 조성비를 나타낸 반면 16:n-7, 18:1n-7 등의 주요 지방산 조성비는 후자에서 미량이지만 유의하게 더 높게 나타났다. 따라서 결과적으로는 총 MUFA조성비가 양자에서 34.5%로 동일한 수준을 보였다. 그리고 PUFA 중에서 조성비가 가장 높은 18:2n-6은 수입산(17.3%)이 국내 양식산(15.6%)보다 소량이지만 유의하게 더 높았다. 또한 EPA, 22:5n-3, 18:3n-3 등의 조성비도 수입산이 국내 양식산에 비하여 약 2배나 유의하게 더 높은 반면 DHA의 조성비는 국내 양식산(11.1%)이 수입산(6.20%)보다 약 2배 정도 유의하게 더 높았다. 따라서 이들 지방산을 포함한 총 PUFA조성비는 수입산(41.9%)이 국내 양식산(38.9%)에 비하여 약간 더 높은 결과를 나타내었다. 한편 국내 천연산 무지개송어의 주요 지방산 조성은 국내 양식산의 경우와 거의 유사하였다. 양자간 비교적 큰 조성비의 차이를 나타낸 지방산은 MUFA에서 18:1n-9로서 양식산이 천연산에 비하여 약 7%나 더 높아 총 MUFA 조성비도 전자(34.5%)가 후자(30.0%)보다 더 높았다. 그리고 PUFA 중에서는 18:2n-6의 조성비가 양식산(15.6%)이 천연산(10.8%)에 비하여 높은 반면 DHA를 포함한 18:3n-3, 20:4n-6, EPA 등의 조성비가 소량이지만 천연산에서 더 높은 경향을 나타내었다. 따라서 총 PUFA 조성비도 천연산(40.6%)이 양식산(38.9%)보다 미량이지만 더 높은 수준을 보였다. 본 연구에서 무지개송어의 지방산조성의 특징은 수입산과 국내 양식산의 경우18:2n-6 조성비가 높아 수입산도 양식산이 확실하다고 생각된다. 또한 무지개송어에서18:3n-3 조성비가 뱀장어와 이스라엘 잉어의 경우에 비하여 상당히 높은 특징을 나타내었다. 또한 본 연구에서 양식 무지개송어의 주요 지방산은 Park and Kim (1996) 및 Choi et al. (2010)의 결과와도 유사하였다. 그러나 본 연구결과에서 상당량 함유되어 있는 18:3n-3은 Choi et al. (2010)의 연구결과에서는 0.0-0.2% 수준으로 거의 존재하지 않아 양자간에 상당한 차이를 나타내었다. 담수어류의 지방산조성에 대한 이상의 결과를 종합하면 뱀장어와 이스라엘 잉어는 EPA, DHA등 n-3지방산의 조성비가 수입산에 비하여 국내 양식산에서 유의하게 더 높았으나, 무지개송어의 경우에는 양자에서 유사하였다. 그리고 국내 양식산 및 천연산 무지개송어의 경우에는 이들 n-3 지방산 조성비가 천연산에서 유의하게 약간 더 높았다. 또한 중국으로부터 수입된 뱀장어, 무지개송어 이스라엘 잉어는 18:2n-6의 조성비가 국내

양식산의 경우와 거의 유사한 것으로 보아 수입산도 모두 양식산으로 생각된다.

사 사

이 연구는 2011년도 경상대학교 연구년제 연구교수 연구지원비에 의하여 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

Ackman RG. 1986. WCOT (capillary) gas-liquid chromatography. In: Analysis of oils and fats. Hamilton RJ and Rossell JB, eds. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London and New York, 137-206.

Ackman RG. 1989. Nutrional composition of fats in seafoods. Prog Food Nutr Sci 12, 161-241.

AOCS. 1998. AOCS official method Ce 1b-89. In: Official Methods and Recommended Practice of the AOCS (5th ed). Firestone D, ed. AOCS, Champaign, USA.

Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol 37, 911-917.

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 CS, Eom SH, Lee MS and Kim YM. 2010. Effect of an astaxanthin-supplemented diet on the nutritional composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Kor J Fish Aquat Sci 43, 109-116.

Choi JH, Lim CH, Bae TJ, Byun DS and Yoon TH. 1985. Studies on lipids in fresh-water fishes-7. Comparison of lipid components among wild and cultured eel (*Anguilla japonica*) and conger eel (*Astroconger myriaster*). Bull Korean Fish Soc 18, 447-454.

Choi JH, Lim CH, Bae TJ, Lee KH and Yoon TH. 1985. Studies on lipids in fresh-water fishes-8. Comparison of lipid components among wild and cultured carp (*Cyprinus carpio*) and Isaeli carp (*Cyprinus carpio nudus*). Bull Korean Fish Soc 18, 447-454.

Hwang KT, Park JU and Kim CK. 1997. Application of hydrocarbons as markers for detecting post-irradiation of imported meats and fish. J Korean Soc Food Sci Nutr 26, 1109-1115.

Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998a. Proximate composition, cholesterol and *a*-tocopherol content in 72 species of Korean fish. J Korean Fish Soc 31, 160-167.

Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998b. Seasonal variation in proximate composition, cholesterol and *a*-tocopherol content in 12 species of Korean fish. J Korean Fish Soc 31, 707-712.

Jeong BY, Choi BD, Moon SK and Lee JS. 1998c. Fatty acid composition of 72 species of Korean fish. J Fish Sci Technol 1, 129-146.

Jeong BY, Moon SK, Jeong WG and Ohshima T. 2000. Lipid classes and fatty acid compositions of wild and cultured sweet smelt *Plecoglossus altivelis* muscles and eggs in Korea. Fisheries Science 66, 716-724.

Kim DS, Kim SR, Lee MJ, Seol MH, Jeong DY and Kim HD. 1995. Toxicity of the imported pufferfish, *Fugu flavidus* (“Samchaebog”), from China. J Korean Fish Soc 28, 533-538.

Kim KS, Oh KS and Lee EH. 1984. Comparison of chemical compositions between cultured and wild fishes-(1) Comparison between cultured and wild eel lipids. Bull Korean Fish Soc 17, 505-210.

KMI (Korea Maritime Institute). Export and import of fishery products. www.kmi.re.kr

KREI (Korea Rural Economic Institute). Food balance sheet. www.krei.re.kr

Moon SK, Kang JY, Kim KD, Kim IS and Jeong BY. 2005. Lipid components of the cultured pearl oyster (*Pinctada fucata martensii*) in Korea. J Fish Sci Technol 8, 189-194.

Park SY and Kim HR. 1996. Changes of food components and lipid peroxides in rainbow trout with growth. J Korean Soc Food Sci Nutr 25, 928-931.

Shindo K, Tsuchiya T and Matsumoto J. 1986. Histological study on white and dark muscles of various fishes. Nippon Suisan Gakkaishi 52, 1377-1399.

STATISTICS KOREA. 2012. Population and fishery production survey. Refrieved from http://kosis.kr on Mondh day