

양식산 및 천연산 고등어근육의 일반성분과 지질성분 비교

문수경·홍석남¹·김인수·정보영*
 경상대학교 식품영양학과 / 해양산업연구소, ¹인성수산

Comparative Analysis of Proximate Compositions and Lipid Component in Cultured and Wild Mackerel *Scomber japonicus* Muscles

Soo-Kyung Moon, Seok Nam Hong¹, In-Soo Kim and Bo-Young Jeong*

Dept. of Food and Nutrition/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea
¹Insung Marine Products, Seoul 140-887, Korea

Proximate compositions and fatty acid profiles of cultured and wild mackerel (*Scomber japonicus*) muscles were compared. Protein content ranged from approximately 16% to 18% and was higher in wild fish than in cultured ones. Lipid content was between two to four times higher in large and small cultured fish (20.1-20.5%) compared with same sized wild fish. The prominent non-polar lipid (NL) class in fish muscles was triglyceride, and additionally, free sterol was among the prominent NL classes in wild fish muscles. Prominent phospholipid (PL) classes in cultured and wild fish muscles were phosphatidylethanolamine and phosphatidylcholine, with the former being higher in cultured fish and the latter higher in wild fish. Prominent fatty acids of total lipid were 16:0, 18:1n-9, 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA), 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA), 16:1n-7, 18:0 and 14:0, while 18:2n-6 was among the prominent fatty acids in cultured fish. The n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA, DHA+EPA) content (in mg/100 g of muscle tissue) was higher in cultured fish (2,711 mg in large fish and 2,572 mg in small fish) than in wild fish (2,431 mg in large fish and 1,398 mg in small fish). In conclusion, we have been able to demonstrate that cultured mackerel could also be a good sources of n-3 PUFA, such as DHA and EPA.

Key words; Cultured, Docosahexaenoic acid, Eicosapentaenoic acid, Mackerel, Proximate composition, Wild

서론

고등어 (古登魚, *Scomber japonicus*)는 등쪽이 녹색바탕에 청흑색의 물결무늬가 옆줄까지 분포하고 있으며, 배쪽은 은백색으로 반점이 없다 (Chyung, 1991). 또한 고등어는 우리나라 전 해역은 물론 전 세계의 아열대 및 온대 해역으로서 연안수의 영향을 강하게 받는 대륙붕해역에 주로 분포한다 (National Fisheries Research and Development Institute [NFRDI], 1994). 일반해면어업에 의한 천연산 고등어류 (망치고등어 포함)의 국내생산량은 2002년 약 142,000 M/T이었던 것이 2006년 약 101,000 M/T, 2008년 약 187,000 M/T로 등락을 거듭하면서도 10만톤 이상의 어획고를 지속적으로 올리고 있다 (Korea Statistical Information Service [KOSIS], 2009). 그리고 세계의 고등어 (*Scomber japonicus*) 생산량은 2002년 약 1,492,000 M/T 이었던 것이 2004년 약 2,006,000 M/T, 2006년 약 2,030,000 M/T로 생산량이 증가하고 있다 (FAO, 2008). 한편 천해양식에 의한 고등어의 국내생산량은 2003년에 약 5 M/T이 경남 통영 지역에서 국내 최초로 생산되었고, 2006년 184 M/T, 2008년

195 M/T으로 생산량이 꾸준히 증가하는 추세이며, 양식어가 (養殖漁家)도 2006년 15 어가에서 2008년 39 어가로 2년간 2배 이상 증가하고 있다 (KOSIS, 2009). 현재 국내에서 생산되는 양식고등어는 해상에서 정치망 등으로 포획한 체중 약 100-150g의 활고등어를 해상가두리에 입식하여 양성하는 형태로 양식하고 있다. 그러나 최근 고등어 종묘생산이 성공한 것으로 알려지고 있어 조만간 완전양식도 가능할 것으로 보인다. 이와 같이 고등어 양식생산량의 증가와 양식기술의 발달은 고등어에 대한 소비자의 인식과 활어회를 즐기는 소비경향과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다. 천연산 고등어는 대부분 일시적으로 다량 어획되기 때문에 연중 신선한 활어상태로서는 소비자의 식탁에 오르기가 비교적 어렵다. 하지만 양식산 고등어는 연중 생산이 가능하고, 주로 활어상태로 운반되어 소비자에게 공급이 가능하기 때문에 고등어생선회로서 섭취할 수 있는 장점이 있다. 고등어는 전갱이, 정어리, 삼치 등 다른 등푸른 생선보다 지질함량이 더 많은 경향이 있으며, 이들 지질에는 생체조절 기능성지질성분인 DHA (docosahexaenoic acid, 22:6n-3), EPA (eicosapentaenoic acid, 20:5n-3) 등 오메가 (ω 또는 n)-3 고도불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid,

*Corresponding author: byjeong@gnsu.ac.kr

PUFA)이 풍부하게 함유되어 있다 (Jeong et al., 1998a). 이러한 n-3 PUFA를 다량 함유하고 있는 수산식품을 섭취하면 뇌혈관 질환, 심장질환, 고혈압, 위암, 간암, 자궁암, 간경변 등에 의한 사망률을 낮출 수 있다고 보고되어 있다 (Hirayama, 1990). 따라서 최근의 소비자들은 신선한 활어상태의 양식고등어를 연중 섭취가 가능하게 되었으나 양식고등어의 일반성분 함량과 n-3 PUFA 함량 등 지질성분에 대한 정보는 찾아 볼 수 없다.

본 연구는 양식산 및 천연산 고등어의 일반성분과 지질성분에 대한 정확한 자료를 소비자에게 제공하기 위하여 그들의 일반성분, 지질 class 조성, 그리고 DHA, EPA 등 지방산조성을 분석하여 비교하였다.

재료 및 방법

시료

양식산 고등어 시료는 2007년 3월 경남 통영시 욕지도 연안의 가두리 양식장 (인성수산)에서 활어수송차를 이용하여 활어상태로 통영시 소재의 실험실까지 운반하였다. 반입된 양식산 고등어는 즉살한 후 채중 및 체장을 측정하여 크기에 따라 각각 대형 4마리 (체중 538.7±68.9g)와 소형 4마리 (체중 389.6±36.3g)씩 나누었다. 양식산 고등어와의 성분비교를 위하여 동일시기에 양식산과 유사한 크기의 천연산을 통영어시장에서 구입하여 체장 및 체중을 측정하고, 양식산의 경우처럼 대형 (체중 569.0±51.4g)과 소형 (체중 357.9±5.3g)으로 나누었다 (Table 1). 이들 양식산 및 천연산 고등어는 각각의 근육을 신속하게 채취하고 speed cutter에 의하여 마쇄 혼합하여 분석용 시료로 사용하였다. 모든 분석결과는 각 시료를 2 그룹으로 나누어 2회씩 총 4회 분석의 평균치로 각각 나타내었다.

Table 1. Biological profile of cultured and wild mackerel

Scale	Total length (cm)	Body length (cm)	Body weight (g)	Edible portion (%)
Cultured Large (n=4)	35.4±1.4	32.0±2.7	539±68.9	53.9
Small (n=4)	31.4±1.3	28.2±2.0	390±36.3	52.2
Wild Large (n=4)	35.7±0.4	32.3±0.3	569±51.4	52.1
Small (n=4)	32.1±0.6	28.9±0.5	358±5.3	50.9

일반성분 및 인지질 함량 분석

일반성분 중 수분함량은 상압 가열건조법, 단백질함량은 Semimicro Kjeldahl법, 회분함량은 건식회화법으로 측정하였으며, 지질 (total lipid, TL) 함량은 Bligh와 Dyer (1959)의 방법에 의하여 지질을 추출하고 중량법으로 측정하였다. TL 중 인지질 (phospholipid, PL) 함량은 Bartlett (1959)의 방법에 의해 정량하였고, 비극성지질 (non-polar lipid, NL)은 TL과 PL의 함량차이로 계산하였다.

지질 class 및 지방산 조성분석

TL 중 NL 및 PL class 조성은 (Jeong et al., 1990)의 방법에 따라서 분석하였다. TL의 지방산 methyl ester는 14% BF₃-

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°C로 하였으며, 컬럼오븐 (column oven) 온도는 180°C에서 8분간 유지한 후 3°C/min으로 230°C까지 승온시킨 다음 15분간 유지하였다. Carrier gas는 He (1.0 kg/cm²)을 사용하고, split rate는 1:50로 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. 내부 표준품으로는 methyl tricosanoate (99%; Aldrich Chem. Co., Milwaukee, USA)를 사용하였다.

통계분석

분석결과 얻어진 자료는 SPSS (Statistical package for the social sciences, version 10.0, SPSS Inc., Chicago, IL)를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였으며, 유의성검정 ($P<0.05$)은 One-way ANOVA 및 Duncan's multiple range test에 의해 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 조성의 비교

양식산 및 천연산 고등어근육의 일반성분 조성을 Table 2에 나타내었다. 고등어 근육의 수분함량은 양식산의 경우 55.1-55.3%로 크기에 따른 차이가 거의 없었으나, 천연산의 경우는 대형이 64.8%, 소형이 68.3%로서 소형에서 수분함량이 유의하게 높았다 ($P<0.05$). 고등어근육의 지질함량은 양식산에서는 20.1-20.5%, 천연산에서 5.69-10.9%로 양식산이 천연산에 비하여 약 2.4배나 높았다. 또한 양식산은 크기에 따른 지질함량 차이가 거의 없었으나, 천연산은 대형이 소형보다 약 2배나 지질함량이 높았다 ($P<0.05$). 한편 단백질함량은 양식산에서 15.7-16.3%, 천연산에서 17.7-18.3%로 천연산이 양식산에 비하여 약간 더 높았으나 ($P<0.05$), 크기에 따른 차이는 거의 없었다.

Table 2. Proximate composition of cultured and wild mackerel muscle (wt %).¹ Data are expressed as mean±SD of four deyerminations (two groups x two determinations) and different superscript letters indicate statistically significant difference ($P<0.05$).

	Scale	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Cultured	Large	55.1±1.3 ^c	16.3±0.1 ^b	20.5±0.2 ^a	1.1±0.0
	Small	55.3±0.8 ^c	15.7±0.4 ^b	20.1±1.1 ^a	1.1±0.1
Wild	Large	64.8±0.1 ^b	17.7±0.5 ^a	10.9±0.8 ^b	1.2±0.0
	Small	68.3±0.6 ^a	18.3±0.5 ^a	5.69±0.6 ^c	1.3±0.1

일반적으로 어류 근육의 일반성분조성은 어체 부위, 크기, 계절, 서식처, 먹이, 성별 등 여러 가지 요인에 따라 다르고, 양식산과 천연산간에도 차이가 있다. 이들 어류 근육의 일반 성분 중 지질함량은 수분함량과 역의 상관관계를 나타낸다 (Jeong et al., 1998b,c). 본 연구 결과에서도 수분함량과 지질함량과는 $y = -1.0774x + 79.884$ ($R^2 = 0.993$)로서 역시 역의 상관관계를 나타내었다. 이러한 현상은 주로 중성지질이 근육 중에 축적될 때 유적 (oil droplets)의 형태로 존재하고 (Shindo et al., 1986), 이들 유적이 간질수분 (interstitial water)과 대체되기 때문에 결국 수분함량이 감소하게 된다. 또한 근육 중 단백질 함량은 거의 변화하지 않기 때문에 수분함량과 지질함량 사이의 역상관관계가 더욱 분명해 진다 (Ackman, 1989).

Jeong et al. (2000)은 8종의 주요 해산어류의 양식산과 천연산을 동일시기에 구입하여 지질함량을 측정하였다. 그 결과 대부분의 어류에서 양식산이 천연산에 비하여 지질함량이 평균 약 2배나 높았다고 하여 본 연구결과와도 유사하였다. 양식산이 천연산에 비하여 지질함량이 높은 것은 사료의 질, 그리고 사료섭취의 용이성과 운동량의 부족 등이 주요 원인으로 알려져 있다. 한편 Jeong et al. (1998b)은 천연산 고등어를 포함하여 72종 어류의 일반성분조성을 분석한 결과, 이들 어류 중 고등어는 19종의 표·중층회유어 중에서 지질함량이 16.6%로 가장 높았다고 하였다. 이것은 본 연구결과와 천연산 고등어의 지질함량과 비교하였을 때 약 5% (대형)-10% (소형)나 더 높았다. 이러한 차이는 어체의 크기는 물론 특히 어획시기에 따른 차이로 볼 수 있고, 실제 Jeong et al. (1998b)의 연구에서 사용된 고등어는 5월산이었으며, 본 연구에서는 3월산이었다. 또한 Jeong et al. (1998c)은 고등어 등 12종의 주요 천연산 어류에 대한 일반성분변화를 계절별로 검토하였다. 그 결과 지질과 수분 함량이 역상관관계를 나타내면서 일반 성분 중 가장 크게 변화하였고, 특히 고등어, 멸치, 송어, 전어, 방어 등 표·중층회유어가 참돔 등 연안암초어, 도다리 등 저서어에 비하여 계절에 따라 더욱 현저한 차이가 나타났다고 보고하였다. 그리고 표·중층회유어에서 지질함량의 변동이 큰 이유로서는 회유어의 특성상 활동량이 많고 색이회유 또는 산란회유에 필요한 에너지를 저장하기 위하여 근육 중에 지질을 다량 축적하고 또한 회유과정 중 다량 소모하기 때문인 것으로 보았다. 특히 고등어는 5월, 8월, 11월, 2월에 채취하여 지질함량을 분석한 결과 5월과 8월에 약 16.6%로 지질함량이 가장 높은 시기였고, 11월에 13.2%, 2월에 10.0%로서 11월 이후 감소하였다 (Jeong et al., 1998c). 따라서 본 연구에서 사용된 천연산 고등어의 지질함량이 비교적 낮은 것은 지질함량이 낮은 채취시기 (3월) 때문으로 보인다.

지질 class 조성 비교

양식산 및 천연산 고등어근육의 지질 class를 Table 3에 나타내었다. 양식산 고등어근육의 NL 함량은 19.8-19.4 g/100 g 근육, PL 함량은 0.75-0.71 g/100 g 근육이었고, TL 중 NL, PL의 구성비는 각각 96.3-96.5% 및 3.54-3.73%였다. 천연산 고등어의 NL 함량은 4.83-9.21 g/100 g 근육, PL 함량은

Table 3. Lipid class composition of cultured and wild mackerel muscle (wt %)¹. ¹Data are expressed as mean±SD of four deyerminations (two groups x two determinations) and different superscript letters indicate statistically significant difference ($P < 0.05$) ²TL, total lipid; NL, neutral lipid; PL, phospholipid; DG, diglyceride; FS, free sterol; FFA, free fatty acid; TG, triglyceride; SPM, sphingomyelin; PC, phosphatidylcholine; PS, phosphatidylserine; PE, phosphatidylethanolamine. ³ND, not detected. ⁴contained DG.

Lipid ²	Cultured		Wild	
	Large	Small	Large	Small
TL (g/100 g muscle)	20.5	20.1	10.9	5.69
NL (g/100 g muscle)	19.8±0.03	19.4±0.01	9.21±0.05	4.83±0.08
PL (g/100 g muscle)	0.75±0.03	0.71±0.01	1.72±0.05	0.86±0.08
NL class (% of NL content)				
DG	ND ³	ND	1.49±0.32	
FS	3.21±0.62	2.39±0.53	4.58±0.94	10.5±2.144
FFA	ND	ND	0.87±0.39	2.04±0.41
TG	96.8±0.62 ^a	97.6±0.53 ^a	93.1±1.62 ^b	87.4±2.47 ^c
PL class (% of PL content)				
SPM	0.96±0.28 ^b	2.25±0.62 ^b	8.05±3.03 ^a	5.67±0.72 ^a
PC	30.0±6.10 ^b	35.0±9.38 ^b	51.5±2.82 ^a	45.7±2.40 ^a
PS	18.3±3.42 ^a	17.9±5.74 ^a	11.2±1.34 ^b	10.0±1.29 ^b
PE	51.7±2.90 ^a	47.1±9.58 ^{ab}	29.3±4.06 ^c	38.6±2.03 ^b

0.86-1.72 g/100 g 근육이었으며, TL 중 NL이 약 84.3-85.0%, PL이 약 15.0-15.7%를 각각 차지하였다. 따라서 NL 함량은 양식산 고등어에서 더 높았고, PL 함량은 천연산 고등어에서 더 높았다.

고등어근육의 NL class는 양식산에서 free sterol (FS)과 triglyceride (TG)가 검출되었고 이 중 TG가 약 98%로서 대부분을 차지하였다. 반면 천연산의 경우는 FS, TG 외에 diglyceride (DG)와 free fatty acid (FFA)가 검출되었고, 양식산의 경우와 마찬가지로 TG (87.4-93.1%)가 주성분이었으나 FS (4.58-10.5%)가 상당량 함유되어 있었다. 한편 고등어근육의 PL class는 phosphatidylcholine (PC), phosphatidylethanolamine (PE), phosphatidylserine (PS), sphingomyelin 등이 검출되었으며, 이들 중 PC 및 PE의 조성비가 양식산 및 천연산 모두에서 80% 이상을 차지하였다. 양식산 고등어근육의 주요 PL class 조성비는 PE가 47.1-51.7%로 가장 높았고, 다음으로 PC (30.0-35.0%), PS (17.9-18.3%) 순으로 높았다. 그러나 천연산 고등어의 경우는 PC 조성비가 45.7-51.5%로 가장 높았고, 다음으로 PE (29.3-38.6%), PS (10.0-11.2%) 순으로 높았다. 일반적으로 어류근육의 PL class는 PC 조성비가 가장 높고, 그 다음으로 PE 조성비가 높은 것으로 알려져 있다 (Takama et al., 1999; Jeong et al., 2000). 하지만 본 연구에서 천연산의 PL class 조성은 일반적인 경향과 유사하나, 양식산의 경우는 차이가 있었다, 이러한 결과는 양식산 고등어의 사료조성과 관련이 있을 것으로 생각되나, 본 연구의 최종목적이 양식산 및 천연산 고등어의 식품학적인 자료를 제공하는 것이기 때문에 양식산 고등어의 사료성분은 분석하지 않았다. 또한 양식산 고등어근육의 NL 및 PL class 조성에 대한 자료는 본 연구결

과 이외는 아직까지 찾아 볼 수 없기 때문에 이에 따른 비교분석이 어렵다.

지방산조성의 비교

양식산 및 천연산 고등어근육의 TL 지방산조성을 Table 4에 나타내었다. 양자 모두에서 주요 지방산은 16:0, 18:1n-9, 22:6-3 (DHA), 20:5n-3 (EPA), 16:1n-7, 18:0 등이었고, 14:0, 18:1n-7의 조성비도 상당히 높았다. 이들 주요 지방산은 35종의 아이슬란드산 어류 (Sigurgisladottir and Plamadottir, 1993), 11종의 호주산 어류 (Belling et al., 1997), 72종의 한국산 어류 (Jeong et al., 1998a)의 경우와도 유사하였다. 또한 양식산 고등어근육에서는 18:2n-6가 주요지방산의 하나로 발견되었으며, 이는 양식산 은어 (Jeong et al., 2000), 민어 (Yoon et al., 2006), 연어 (Megdal et al., 2009) 등에서도 유사한 경향을 나타내었다.

지방산조성을 그룹별로 비교하면, 양식산 고등어근육에서는 monoenes 조성비 (37.9-39.3%)가 가장 높았고 다음으로 saturates 조성비 (33.3-35.2%)가 높았으며 polyenes의 조성비 (26.7-27.2%)가 가장 낮았는데, 이는 대형 및 소형 고등어 모두에서 동일한 경향이였다. 한편 천연산 고등어근육의 경우에는 양식산과 달리 saturates 조성비 (36.8-39.5%)가 가장 높았고, 다음으로 monoenes 조성비 (31.8-33.4%)가 높았으며 polyenes의 조성비 (28.7-29.6%)는 양식산의 경우처럼 지방산그룹 중 가장 낮았고 또한 대형어, 소형어 모두에서 같은 경향을 나타내었다. 양식산 고등어근육에서 monoenes의 조성비가 천연산의 경우에 비하여 다소 높았는데 이는 18:1n-9의 조성비가 양식산에서 약 2-5% 더 높았기 때문으로 보인다 ($P<0.05$). 한편 천연산 고등어근육에서 saturates 와 polyenes의 조성비가 양식산에 비하여 전자는 약 1-6%, 후자는 약 1-3% 더 높았다. 천연산 고등어근육에서 saturates 조성비가 높은 것은 주로 16:0, 18:0의 조성비가 영향을 미친 것으로 보이며, polyenes 조성비의 경우는 DHA와 EPA의 높은 조성비가 기여한 것으로 보인다. 일반적으로 PUFA는 PL의 비율이 높은 소지어 (lean fish)에서 풍부한 반면 다지어 (fat fish)는 NL, 특히 TG의 비율이 높아 포화지방산 및 단일불포화지방산을 많이 함유하는 경향이 있다 (Fogerty et al., 1986). 본 연구결과, 천연산 고등어근육에서 DHA, EPA 등 n-3 고도불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid, PUFA)의 조성비가 높은 것도 TL 중 PL의 조성비 (천연산 15.0-15.7%, 양식산 3.5-3.7%)가 높고, NL의 조성비 (천연산 84.3-85.0%, 양식산 96.3-96.5%)가 낮기 때문으로 생각된다 (Table 3). 또한 고등어의 크기에 따라 지방산 조성비를 비교하면, 양식산의 경우 EPA, DHA, 14:0 등의 조성비가 대형어에서 근소하지만 유의하게 높은 반면 18:1n-9, 18:2n-6의 조성비는 소형어에서 약간 더 높았고 다른 지방산 조성비는 거의 차이가 없었다. 그리고 천연산의 경우는 EPA, 16:1n-7, 14:0의 조성비가 대형어에서 약간 더 높았고, 16:0, DHA, 18:0, 18:1n-9의 조성비는 소형어에서 근소하게 더 높았다.

한편 본 연구에서 n-3 PUFA인 DHA 및 EPA의 조성비가 양식산 고등어근육에 비하여 천연산에서 유의하게 더 높았으

Table 4. Fatty acid composition of total lipid from cultured and wild mackerel muscle (wt %).¹¹Data are expressed as mean±SD of four deyerminations (two groups x two determinations) and different superscript letters indicate statistically significant difference ($P<0.05$). ²ND, not detected.

Fatty acid	Cultured		Wild	
	Large	Small	Large	Small
14:0	5.19±0.12 ^a	4.50±0.09 ^c	4.97±0.16 ^b	4.18±0.08 ^d
15:0 iso	0.15±0.01	0.13±0.02	0.16±0.01	0.14±0.01
15:0	0.46±0.03	0.47±0.02	0.75±0.03	1.05±0.03
16:0 iso	0.08±0.01	0.05±0.03	0.05±0.01	0.06±0.01
16:0	22.6±1.86 ^b	21.9±0.30 ^b	23.0±0.43 ^b	25.2±0.42 ^a
17:0 iso	0.27±0.02	0.19±0.04	0.25±0.02	0.28±0.01
17:0 anteiso	0.12±0.03	0.07±0.02	0.06±0.01	0.03±0.01
Pytamic	0.57±0.03	0.63±0.04	1.11±0.06	1.25±0.07
17:0	0.47±0.05	0.43±0.05	0.79±0.04	0.83±0.01
18:0 iso	0.13±0.01	0.08±0.04	0.10±0.02	0.11±0.01
18:0	4.63±0.52 ^c	4.46±0.04 ^c	5.18±0.12 ^b	6.04±0.04 ^a
20:0	0.23±0.04	0.18±0.03	0.22±0.04	0.17±0.01
22:0	0.11±0.03	0.11±0.01	0.13±0.01	0.11±0.00
24:0	0.13±0.01	0.09±0.05	0.01±0.03	ND ²
ΣSaturates	35.2	33.3	36.8	39.5
16:1n-7	6.09±0.25 ^a	5.88±0.10 ^a	5.88±0.05 ^a	5.16±0.07 ^b
16:1n-5	0.18±0.01	0.12±0.03	0.08±0.01	0.05±0.01
17:1n-8	0.52±0.04	0.48±0.04	0.83±0.04	0.44±0.01
18:1n-9	20.7±0.54 ^b	23.2±0.19 ^a	18.3±0.25 ^d	19.0±0.17 ^c
18:1n-7	3.83±0.16 ^a	3.74±0.08 ^a	3.26±0.12 ^b	3.35±0.03 ^b
18:1n-5	0.20±0.01	0.11±0.04	0.05±0.02	0.03±0.01
20:1n-11	1.23±0.05	1.17±0.02	ND	ND
20:1n-9	2.11±0.07 ^b	2.02±0.04 ^c	2.30±0.12 ^a	2.06±0.06 ^c
20:1n-7	0.21±0.01	0.21±0.02	0.23±0.04	0.32±0.01
22:1n-11	1.81±0.15 ^b	1.36±0.08 ^b	1.37±0.10 ^b	0.38±0.04 ^c
22:1n-9	0.52±0.03	0.46±0.03	0.50±0.03	0.60±0.01
24:1n-9	0.56±0.06	0.52±0.02	0.59±0.03	0.46±0.01
ΣMonoenes	37.9	39.3	33.4	31.8
18:2n-6	5.55±0.25 ^b	7.13±0.02 ^a	0.94±0.23 ^c	0.8±0.17 ^c
18:2n-4	0.14±0.01	0.10±0.04	0.13±0.03	0.08±0.01
18:3n-3	0.91±0.05	1.03±0.05	0.51±0.03	0.50±0.02
18:4n-3	0.95±0.05	0.76±0.05	0.98±0.03	0.76±0.01
20:2NMID	0.21±0.01	0.29±0.02	0.08±0.03	ND
20:2n-6	0.19±0.01	0.21±0.02	0.13±0.03	0.14±0.01
20:3n-6	0.09±0.01	0.11±0.03	0.07±0.02	0.04±0.01
20:4n-6	0.64±0.03	0.72±0.02	1.90±0.06	2.21±0.03
20:3n-3	0.10±0.00	0.10±0.02	0.11±0.03	0.13±0.02
20:4n-3	0.47±0.01	0.49±0.02	0.44±0.01	0.39±0.01
20:5n-3	5.60±0.34 ^c	5.02±0.08 ^d	7.51±0.10 ^a	6.09±0.09 ^b
21:5n-3	0.27±0.02	0.24±0.00	0.34±0.01	0.27±0.01
22:4n-6	0.16±0.02	0.16±0.01	0.30±0.01	0.42±0.02
22:5n-6	0.43±0.04	0.31±0.03	0.67±0.02	0.95±0.02
22:5n-3	1.62±0.13	1.50±0.04	1.72±0.06	1.56±0.03
22:6n-3	9.34±0.75 ^b	9.01±0.25 ^b	13.7±0.36 ^a	14.3±0.30 ^a
ΣPolyenes	26.7	27.2	29.6	28.7
Unknown	0.24±0.02	0.19±0.04	0.27±0.03	0.02±0.01
EPA (mg/100 g muscle)	1,039	939	875	424
DHA (mg/100 g muscle)	1,672	1,632	1,556	974

나, 이들 n-3 PUFA의 조성비를 근육 100 g 중 함량 (mg/100 g)으로 환산하면 (AOCS, 1998), 조성비와는 반대로 양식산에서 n-3 PUFA 함량이 더 많아진다. 즉, 양식산 고등어근육에는 DHA가 1,633-1,672 mg/100 g, EPA가 939-1,039 mg/100 g 함유되어 있고, 천연산의 경우는 DHA 974-1,556 mg/100 g, EPA 424-875 mg/100 g이 각각 함유되어 있다. 따라서 DHA 및 EPA는 천연산 고등어근육보다 양식산에 더 많이 함유되어 있으며, 양자 모두에서 대형어가 소형어에 비하여 더 많이 함유되어 있다. 그리고 n-3 PUFA (DHA+EPA) 함량은 양식산 고등어근육에서 2,572(소형)-2,711(대형) mg/100 g으로 천연산의 경우 1,398(소형)-2,431(대형) mg/100 g에 비하여 141-1,313 mg/100 g이나 더 많았고, 특히 소형 고등어에서는 양식산이 천연산에 비하여 약 2배나 더 높은 n-3 PUFA를 함유하였다.

고등어와 같은 어류가 소비자들로부터 건강식품으로서 크게 각광을 받고 있는 이유는 이들 어류가 전술한 바와 같이 다양한 생리기능을 갖는 DHA, EPA 등의 n-3 PUFA를 다량 함유하고 있기 때문이다. 따라서 최근에는 이들 n-3 PUFA가 돌연사와 같은 심장질환의 예방 (Albert et al., 2002)이나 항암 작용 (Senzaki et al., 2001)을 가지며, 또한 치매의 예방 (Johnson and Schaefer, 2006)에도 효과적이기 때문에 두뇌식품으로서도 널리 알려지고 있다. 그러나 국내외를 막론하고 지난 10년간 잡는어업에 의한 천연산 어류의 생산량은 정체되고 있으나 양식생산량은 꾸준히 증가하는 추세를 나타내고 있다 (KOSIS, 2009; FAO, 2009). 최근 우리나라에서도 양식산 고등어를 생산하는 어가는 물론 생산량도 증가일로에 있다 (KOSIS, 2009). 천연산 어류는 먹이의 불안정이나 회유 등 생태학적 이유 때문에 영양성분이나 n-3 PUFA 함량이 계절에 따라 많이 변동한다 (Jeong et al., 1998c, Jeong et al., 1999). 그러나 양식산의 경우는 연중 사료조성을 일정하게 하거나 조절할 수 있기 때문에 천연산에 비하여 체성분의 변동이 적고, 나아가 어체의 영양성분을 조절함으로써 소비자 맞춤형 어류를 생산할 수도 있을 것으로도 생각된다.

본 연구결과에서도 양식산 고등어에는 대형 또는 소형 모두에서 크기에 상관없이 거의 일정한 영양성분과 n-3 PUFA를 함유하였다. 그러나 천연산의 경우는 영양성분, 특히 지질함량이 양식산에 비하여 2-4배나 낮았을 뿐만 아니라 대형어가 소형어에 비하여 지질함량 및 n-3 PUFA 함량이 2배나 높아 어체의 크기에 따라서도 현저한 차이를 나타내었다. 최근 양식산 고등어는 생산지로부터 소비지에 이르기까지 대부분 활어상태로 운반되어 생선회 형태로 소비되고 있다. 따라서 양식산 고등어는 천연산에 비하여 우수한 영양성분 및 생체조절기능성 성분을 다량 함유하고 있을 뿐만 아니라 활어상태로서 신선하기 때문에 향후 양식산 고등어의 소비가 크게 증가할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구결과는 양식산 고등어에 대한 정확한 정보를 소비자에게 제공함으로써 수요와 생산의 증가를 가져와 고등어 양식산업이 더욱 발전하는 계기가 될 수 있을 것으로 판단되며, 궁극적으로는 n-3 PUFA 섭취의 증가에 의한 인간의 건강한 식생활에 크게 도움이 될 수 있을

것으로 생각된다.

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. Nutritional composition of fats in seafoods. Prog Food Nutr Sci 13, 161-241.
- Albert CM, Campos H, Stamper MJ. 2002. Blood levels of long-chain n-3 fatty acids and the risk of sudden death. N Engl J Med 346, 1113-1188.
- 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.
- Bartlett GR. 1959. Phosphorus assay in column chromatography. J Bio Chem 234, 466-468.
- Belling GB, Abbey M, Campbell JH and Campbell GR. 1997. Lipid content and fatty acid composition of 11 species of Queensland (Australia) fish. Lipids 32, 621-625.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol 37, 911-917.
- Chyung MK. 1991. The fishes of Korea. Iljisa Publishing Co., Seoul, pp. 132-133.
- FAO. 2008. Fishery and Aquaculture Statistics. In: FAO yearbook 2006. www.fao.org/fishery/publications/yearbooks/en.
- FAO. 2009. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) 2008. www.fao.org/fishery/sofia/en.
- Fogerty AC, Evans SJ, Ford GL and Kennett BH. 1986. Distribution of $\omega 6$ and $\omega 3$ fatty acids in lipid classes in Australian fish. Nutr Reports Int, 33, 777-786.
- Hirayama T. 1990. Life-style and mortality: A large-scale census-based cohort study in Japan. Contributions to Epidemiology and Biostatistics 6, 1-133.
- Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998b. Proximate composition, cholesterol and α -tocopherol content in 72 species of Korean fish. J Korean Fish Soc 31, 160-167.
- Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998c. Seasonal variation in proximate composition, cholesterol and α -tocopherol content in 12 species of Korean fish. J Korean Fish Soc 707-712.

- Jeong BY, Choi BD, Moon SK and Lee JS. 1998a. Fatty acid composition of 72 species of Korean fish. *J Fish Soc Technol* 1, 129-146.
- Jeong BY, Moon SK, Choi BD and Lee JS. 1999. Seasonal variation in lipid class and fatty acid composition of 12 species of Korean fish. *J Korean Fish Soc* 32, 30-36.
- 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. *Fish Sci* 66, 716-724.
- Jeong BY, Ohshima T, Koizumi C and Kanou Y. 1990. Lipid deterioration and its inhibition of Japanese oyster during frozen storage. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56, 2083-2091.
- Johnson EJ and Schaefer EJ. 2006. Potential role of dietary n-3 fatty acids in the prevention of dementia and macular degeneration. *Am J Clin Nutr* 83 (Suppl), 1494S-1498S.
- KOSIS. 2009. www.kosis.kr
- Megdal PA, Craft NA and Handelman GJ. 2009. A simplified method to distinguish farmed (*Salmo salar*) from wild salmon: fatty acid ratios versus astaxanthin chiral isomers. *Lipids* 44, 569-576.
- Moon SK, Choi BD and Jeong BY. 2000. Comparison of lipid classes and fatty acid compositions among eight species of wild and cultured seawater fishes. *J Fish Sci Tech* 3, 118-125.
- 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.
- NFRDI. 1994. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters on Korea. Yemunsa, Busan, p. 153.
- Senzaki H, Tsubara A, Takada HY. 2001. Effect of eicosapentaenoic acid on the suppression of growth and metastasis of human breast cancer cells *in vivo* and *in vitro*. *World Rev Nutr Diet* 88, 117-125.
- Shindo K, Tsuchiya T and Matsumoto J. 1986. Histological study on white and dark muscles of various fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52, 1377-1399.
- Sigurgisladdottir, S. and H. Palmadottir. 1993. Fatty acid composition of thirty-five Icelandic fish species. *JAOCS* 70, 1081-1087.
- Takama K, Suzuki T, Yoshida K, Arai H and Mitsui T. 1999. Phosphatidylcholine levels and their fatty acid compositions in teleost tissues and squid muscle. *Comp Biochem Physiol Part B* 124, 109-116.
- Yoon HS, Seo DC, An YK and Choi SD. 2006. Seasonal changes of body composition and elasticity between wild and cultured brown croaker, *Miichthys miuy*. *Korean J Environ Bio* 24, 179-185.

2009년 9월 8일 접수
 2009년 9월 22일 수정
 2009년 10월 17일 수리