

## 제주도산 아열대성 어류 20종의 지방산조성 특징

문수경 · 김인수 · 고준철<sup>1</sup> · 박혜진<sup>2</sup> · 정보영\*

경상대학교 식품영양학과/농업생명과학연구원, <sup>1</sup>국립수산과학원 제주수산연구소, <sup>2</sup>창신대학교 식품영양학과

## Fatty Acid Composition of 20 Subtropical Fish Species from Jeju Island

Soo-Kyung Moon, In-Soo Kim, Jun-Cheol Ko<sup>1</sup>, Hye-Jin Park<sup>2</sup> and Bo-Young Jeong\*

Department of Food and Nutrition/Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>1</sup>Jeju Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Jeju 63068, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Science and Nutrition, Changshin University, Changwon 51352, Korea

Lipid levels and fatty acid compositions of 20 species of subtropical fish caught off the coast of Jeju Island, Korea were determined. The fish were categorized according to total lipid (TL) content as follows; lean fish (TL=1.19±0.32%, n=10 species), low-fat fish (TL=3.02±0.44%, n=6 species) and medium-fat fish (TL=6.87±1.23%, n=4 species). The prominent fatty acids were saturated fatty acids (SFAs), at 16:0 and 18:0 monounsaturated fatty acids (MUFAs), at 18:1n-9 and 16:1n-7, and polyunsaturated fatty acids (PUFAs), at 22:6n-3, 20:5n-3 and/or 20:4n-6. Across all species, the percentages of PUFAs and SFAs were 38.0±7.89% and 34.3±3.08%, respectively, with no significant difference between both groups (P<0.05), but showed higher proportions than that of MUFA group (27.8±7.23%) (P<0.05). The proportion of n-3 PUFAs was 27.1±8.68% across all fish species, similar to levels in other fishes from Korea. These results suggest that subtropical fish from Jeju Island are a good source of n-3 PUFAs for humans.

Key words: Lipid content, Subtropical fish, n-3 Polyunsaturated fatty acid, Jeju island.

### 서론

최근 지구 온난화의 영향으로 해역에 따라 상승 정도는 다소 차이를 나타내고 있지만 전반적으로 우리나라 전 해역의 수온이 점차 상승하는 경향을 보이고 있다(Jeong et al., 2003; Seong et al., 2010). 특히 제주도 연안해역의 연중 표층수온은 남해안보다도 더 높은 것으로 알려져 있다(Min and Kim, 2006). 또한 제주도 해역의 평균 수온은 지난 41년(1968-2008년) 동안 1.17°C (1.13-1.78°C) 상승하였는데, 이는 지난 세기 동안 전세계 평균 수온 상승 정도(0.67°C)보다 약 2배나 높은 수준에 해당한다(Suh et al., 2011; Belkin, 2009; Jang et al., 2006). 이러한 수온 상승현상은 과거에 제주도 연안에서는 볼 수 없었던 어류, 즉 새로운 아열대성 어류의 출현이 지속적으로 증가하는 등 해양생태계의 변화를 초래하고 있다. Ko et al. (2015)은 2012년부터 2013년까지 2년간 제주도 연안에 서식하는 아열대성 어류를 조사한 결과, 전체 출현 어종 중 아열대성 어종이 49.4%를 점유하였다고 보고하였다. 이들 아열대성 어류 중에는 이미 식품의약품안전처의 식품원료로서 등재된 어종도 있고 미등재된

어종도 있지만(MFDS, 2017a), 식품영양성분에 대한 구체적인 정보는 거의 알려져 있지 않은 상태이다.

한편 수산생물, 특히 어류의 지질에는 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA), 22:6n-3 (docosahexenoic acid, DHA) 등 n-3 고도불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA)이 많이 함유되어 있고(Ackman, 1989; Jeong et al., 1998b), 이들 n-3 PUFA의 우수한 생리기능에 대해서는 지금까지 수 많은 연구자들에 의하여 잘 알려져 있으며(Kinsella, 1988; Hirayama, 1990; Yazawa and Kageyama, 1991; Breslow, 2006; Johnson and Schaefer, 2006; Hibbeln et al., 2007; Moon et al., 2014), 최근에는 고농도의 n-3 PUFA 제품이 건강기능식품으로 시판되고 있을 뿐만 아니라 고중성지방 환자용 치료제로서 의약품으로도 이용되고 있다(Bradberry and Hilleman, 2013; MFDS, 2017b).

일반적으로 어류의 지방산조성은 서식처 환경, 즉 수온, 먹이, 크기, 계절 등 여러 가지 인자에 의하여 달라진다. 특히 서식처의 수온이 낮은 고위도(온대, 한대) 해역에 서식하는 어류는 수온이 높은 저위도(열대, 아열대) 해역에 서식하는 어류에 비해

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0637>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 50(6) 637-649, December 2017

Received 14 November 2017; Revised 20 November 2017; Accepted 22 November 2017

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 1435 Fax: +82. 55. 772. 1440

E-mail address: byjeong@gnu.ac.kr

여 n-3 지방산을 포함한 PUFA 조성비가 높은 반면 포화지방산의 조성비는 낮은 것으로 알려져 있다(Huynh and Kitts, 2009; Saito et al., 1999).

따라서 본 연구는 제주도산 아열대성 어류의 유효 이용을 위한 연구의 일환으로 최근 제주도 연안해역에서 빈번하게 어획되는 아열대성 어류 20종을 대상으로 총지질함량 및 지방산조성을 분석하여 이전에 보고된 기존의 어종과 비교하고 이들 어종이 n-3 PUFA 급원으로서 이용 가능성이 있는지를 검토하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

분석에 사용된 시료는 Ko et al. (2015)에 의해 제시된 아열대성 어류 중 제주도 연안에서 비교적 어획량이 많은 어류로서 총 20종을 선정하였다. 이들 중 9종(2015년산)은 제주시 어시장에서 구입하였고, 11종(2016년산)은 국립수산물과학원 제주수산연구소에서 시험조업으로 어획된 어류를 제공받았다(Table 1). 이들 아열대성 어류는 빙장하여 실험실까지 운반한 다음 냉장

과 체중을 측정 후 가식부(대부분 껍질 포함)를 채취하였다. 단, 가시복, 거북복, 청줄돔의 경우는 껍질이 식용하기 어려운 어종이기 때문에 근육만 채취하였다. 채취한 가식부는 speed cutter (NFM-8860, NUC Co. Ltd., Korea)에 의하여 마쇄 혼합한 후 일부는 즉시 분석에 사용하고, 나머지는 -70℃의 냉동고(WUF-500, DAIHAN Scientific Co. Ltd., Korea)에 저장하여 두고 분석에 사용하였다. 총지질함량과 지방산조성의 분석은 각 어종당 2그룹으로 나누고, 각 그룹을 2회씩 분석하여 총 4회 분석의 결과를 평균치와 표준편차로 나타내었다.

### 총지질 및 지방산조성 분석

총지질(total lipid, TL)은 Bligh and Dyer (1959)법으로 추출하여 중량법으로 측정하였다. 지방산조성은 일정량의 TL을 사용하여 AOCS법(1998)으로 메칠에스테르 유도체를 만든 다음 GC-2010 Plus (Shimadzu, Ltd., Kyoto, Japan)에 의하여 분석하였다. 즉, TL의 지방산 메칠에스테르는 14% BF<sub>3</sub>-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)

Table 1. Biological data of 20 species of subtropical fish caught off the coast of Jeju island

Korean name	Scientific name	Common name	Body length (cm)	Body weight (g)	No. of sample	Collection date
1. Yeol-ssang-dong-ga-ri	<i>Parapercis multifasciata</i>	Bicolor-barred weever	14.9±0.5	78.2±4.8	25	Dec. 2015
2. Ga-si-bog	<i>Diodon holocanthus</i> <i>Linnaeus</i>	Balloonfish	17.8±1.4	397.2±107.5	5	Aug. 2016
3. Sae-da-rae	<i>Brama japonica</i>	Pomfret	33.7±1.5	1656.0±247.7	3	Jul. 2015
4. Yug-dong-ga-ri-dom	<i>Eviptias acutirostris</i>	Banded boarhead	22.0±1.0	464.7±50.6	3	Jun. 2015
5. Gin-ggo-ri-beng-e-dom	<i>Girella melanichthys</i>	Small scale blackfish	22.4±2.7	216.2±90.9	3	Jul. 2015
6. Ho-bag-dom	<i>Choerodon azurio</i>	Scar breast tuskfish	19.8±1.9	273.8±91.5	6	Aug. 2016
7. Geo-bug-bog	<i>Ostracion immaculatus</i>	Black-spotted boxfish	20.3±1.1	487.0±60.8	2	Aug. 2016
8. No-rang-ben-ja-ri	<i>Callanthias japonicus</i>	Yellowtail red bass	19.7±1.0	233.2±13.2	5	Jul. 2015
9. Ssug-gam-peng	<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>	Hairy stingfish	22.3±1.9	406.4±112.2	4	Aug. 2016
10. Cheong-jul-dom	<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	Blue-lined angelfish	13.1±1.3	137.3±31.9	7	Aug. 2016
11. Dog-ga-si-chi	<i>Siganus fuscescens</i>	Rabbit fish	25.2±2.0	420.3±123.2	3	Aug. 2016
12. A-hob-dong-ga-ri	<i>Goniistius zonatus</i>	Whitespot-tail morwong	23.9±2.5	329.6±113.3	5	Aug. 2016
13. Hwang-nol-rae-gi	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	Bamboo leaf wrasse	16.5±1.6	128.7±37.1	5	Aug. 2016
14. Yeo-deorb-dong-gai-ri	<i>Goniistius quadricornis</i>	Black barred morwong	25.4±1.2	394.4±43.4	5	Jul. 2015
15. Beom-dom	<i>Microcanthus strigatus</i>	Stripsey	11.9±1.1	79.8±20.7	9	Aug. 2016
16. Mu-jeom-hwang-nol-rae-gi	<i>Pseudolabrus eoethinus</i>	Red naped wrasse	14.7±1.6	98.8±30.0	8	Aug. 2016
17. Gu-gal-dom	<i>Lethrinus haematopterus</i>	Red collared emperor	27.3±1.8	622.2±138.0	2	Aug. 2016
18. Du-jul-chog-su	<i>Pseudupeneus spilurus</i>	Japanese goatfish	27.8±1.2	544.0±38.8	4	Jun. 2015
19. Ben-ja-ri	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	Three line grunt	23.9±1.0	330.0±20.2	4	Jul. 2015
20. Ja-ri-dom	<i>Chromis notata</i>	Coralfish	9.9±0.5	42.4±5.2	10	Jun. 2015

을 장착한 gas chromatograph (GC-2010 Plus, 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 승온 시킨 다음 15분간 유지하였다. Carrier gas는 He (54.0 mL/min)을 사용하고, split ratio는 1:50으로 하였다. 분석된 지방산은 시료의 경우와 동일한 조건에서 분석한 표준품(Supelco 37 Component FAME Mix., Sigma-Aldrich Korea, Seoul, Korea)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%, Sigma-Aldrich Korea, Seoul, Korea)를 사용하였다.

통계분석

실험결과는 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 평균±표준편차(SD)로 산출하였으며, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 하여 P<0.05의 유의수준에서 Duncan's multiple range tests를 시행하였다.

결과 및 고찰

총지질 함량

Table 2-5는 20종의 제주도산 아열대성 어류 가식부의 총지질(total lipid, TL)함량을 나타내었다. 이들 어류의 TL 함량은 0.71%에서 8.23%까지 비교적 다양한 범위를 나타내었고, 이들 어종은 TL 함량에 따라 4가지 범주로 분류하여 비교하였다 (Ackman, 1989; Huynh and Kitts, 2009). 즉, 열쌍돔가리, 가시복, 새다래, 육동가리돔, 긴꼬리벵에돔, 호박돔, 거북복, 노랑벤자리, 씩감쟁, 청줄돔 등 10종은 TL 함량이 평균 1.19±0.32%로 lean fish [LF, TL 2% 미만, 이하 “저지방어류”라 칭함, 과학기술용어집(KAST, 1998)에서는 “저지어”로 표기되어 있음]로, 독가시치, 아홉동가리, 황놀래기, 여덟동가리, 범돔, 무점황놀래기 등 6종은 TL 함량이 평균 3.02±0.44%로서 low-fat fish (LFF, TL 2-4%, 이하 “소지방어류”라 칭함)로, 구갈돔, 두줄촉수, 벤자리, 자리돔 등 4종은 TL 함량이 평균 6.87±1.23%로 medium-fat fish (MFF, TL 4-8%, 이하 “중간지방어류”라 칭함)로 분류되었다. 그러나 본 연구에서 TL 함량이 9% 이상인 high-fat fish (HFF, 이하 “다지방어류”라 칭함)에 속하는 어종은 없었다.

지금까지 이들 20종의 어류 중 TL 함량에 대한 연구로는 Jeong et al. (1998a, b)이 보고한 통영산 자리돔이 유일하다. 본 연구에서 시험된 제주도산 자리돔의 TL 함량은 8.26%로서 통영산 자리돔(Jeong et al., 1998a)의 TL 함량(1.26%)과는 큰 차이가 있었다. 이 차이는 두 시료간의 서식환경과 채취시기, 처리

Table 2. Total lipid (TL) content and fatty acid compositions (% of total fatty acids) of five species of lean fish (LF) in 20 species of subtropical fish caught off the coast of Jeju island\*

Fatty acid	Lean fish (TL<2%)				
	1. Bicolor-barred weever	2. Balloonfish	3. Pomfret	4. Banded boarhead	5. Small scale blackfish
14:0	0.83±0.11 <sup>c</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.56±0.03 <sup>b</sup>	2.90±0.04 <sup>g</sup>	2.33±0.06 <sup>f</sup>
15:0 iso	-	-	-	0.10±0.01	-
15:0	0.41±0.00	0.26±0.02	0.19±0.01	0.58±0.01	0.43±0.00
16:0 DMA <sup>1</sup>	0.43±0.01	1.74±0.11	0.87±0.01	0.20±0.05	0.63±0.01
16:0	19.51±0.11 <sup>e</sup>	16.13±0.17 <sup>a</sup>	21.09±0.07 <sup>h</sup>	17.88±0.34 <sup>c</sup>	21.12±0.02 <sup>h</sup>
17:0 iso	0.50±0.01	0.29±0.00	0.15±0.01	0.29±0.07	0.19±0.00
17:0	0.73±0.00	0.73±0.01	0.51±0.00	0.99±0.08	0.60±0.00
18:0 iso	-	0.19±0.01	0.25±0.00	0.24±0.02	0.13±0.00
18:0 DMA	0.76±0.05	2.05±0.14	0.54±0.01	0.45±0.15	0.85±0.03
18:0	6.83±0.04 <sup>d</sup>	11.74±0.02 <sup>o</sup>	6.17±0.02 <sup>h</sup>	8.27±0.39 <sup>j</sup>	7.11±0.04 <sup>k</sup>
20:0	0.21±0.00	0.27±0.00	0.09±0.00	0.32±0.06	0.25±0.00
22:0	-	-	-	0.43±0.06	0.13±0.00
24:0	-	-	0.07±0.01	-	0.15±0.00
Total SFA	30.22	33.69	30.49	32.65	33.93
14:1n-5	-	-	-	0.13±0.03	0.11±0.00
16:1n-7	1.69±0.02 <sup>a</sup>	2.76±0.03 <sup>c</sup>	1.99±0.06 <sup>b</sup>	4.47±0.02 <sup>g</sup>	2.96±0.05 <sup>d</sup>

Table 2. Continued

Fatty acid	Lean fish (TL < 2%)				
	1. Bicolor-barred weever	2. Balloonfish	3. Pomfret	4. Banded boarhead	5. Small scale blackfish
16:1n-5	-	0.17±0.03	0.10±0.00	0.25±0.00	0.10±0.00
17:1n-7	0.46±0.02	0.50±0.00	0.35±0.01	0.92±0.08	0.09±0.00
18:1 DMA	-	-	1.23±0.03	0.31±0.01	0.22±0.01
18:1n-11	-	-	0.06±0.00	0.46±0.06	-
18:1n-9	6.74±0.03 <sup>a</sup>	9.60±0.02 <sup>c</sup>	12.70±0.23 <sup>h</sup>	10.09±0.74 <sup>d</sup>	10.48±0.11 <sup>e</sup>
18:1n-7	2.07±0.01 <sup>c</sup>	4.20±0.00 <sup>k</sup>	1.79±0.01 <sup>b</sup>	2.12±0.11 <sup>c</sup>	2.15±0.00 <sup>c</sup>
18:1n-5		0.16±0.00	0.11±0.00	0.14±0.01	0.09±0.00
20:1n-11		0.15±0.00	0.32±0.02	1.89±0.30	0.16±0.01
20:1n-9	0.79±0.01 <sup>cd</sup>	2.29±0.03 <sup>i</sup>	0.80±0.01 <sup>cd</sup>	1.63±0.62 <sup>g</sup>	1.04±0.01 <sup>def</sup>
20:1n-7	0.43±0.01	0.20±0.01	0.06±0.00	0.28±0.07	0.21±0.01
22:1n-11	0.39±0.07 <sup>ab</sup>	0.37±0.01 <sup>ab</sup>	0.21±0.01 <sup>a</sup>	1.67±0.88 <sup>e</sup>	0.43±0.02 <sup>ab</sup>
22:1n-9	0.24±0.03	-	-	1.67±0.63	0.27±0.00
22:1n-7	-	-	-	0.25±0.02	-
Total MUFA	12.81	20.41	19.73	26.28	18.32
16:2n-7	-	0.34±0.02	0.10±0.00	0.18±0.01	0.09±0.00
16:2n-4	0.49±0.02	0.58±0.01	0.63±0.02	0.87±0.05	0.78±0.02
18:2n-6	0.74±0.01	0.83±0.00	0.43±0.01	0.60±0.12	1.69±0.01
18:2n-4			-	0.25±0.04	0.10±0.01
18:3n-6	0.44±0.00	0.34±0.00	0.15±0.01	0.40±0.02	0.47±0.00
18:3n-4	0.29±0.01	0.14±0.01	0.16±0.01	0.44±0.07	0.19±0.01
18:3n-3	0.18±0.01	0.17±0.01	0.15±0.00	0.25±0.07	0.92±0.03
18:4n-3	-	-	0.16±0.01	0.75±0.20	0.50±0.02
18:4n-1	-	-	-	0.10±0.01	-
20:2n-6	0.24±0.00	0.42±0.00	0.21±0.00	1.05±0.81	0.24±0.00
20:3n-6	-	0.21±0.01	-	0.23±0.06	0.24±0.01
20:4n-6	4.60±0.05 <sup>k</sup>	14.05±0.10 <sup>f</sup>	1.91±0.01 <sup>c</sup>	7.49±0.22 <sup>p</sup>	4.32±0.03 <sup>j</sup>
20:3n-3	-	-	0.21±0.00	1.16±0.93	0.13±0.00
20:4n-3	0.32±0.01	0.10±0.00	0.23±0.00	0.32±0.05	0.47±0.02
20:5n-3	5.88±0.03 <sup>k</sup>	4.19±0.03 <sup>e</sup>	3.26±0.03 <sup>c</sup>	8.83±0.06 <sup>p</sup>	6.13±0.02 <sup>l</sup>
22:2 NMID <sup>2</sup>	-	0.24±0.00	-	0.14±0.01	-
22:3n-6	-	-	0.05±0.00	-	0.15±0.01
22:4n-6	2.92±0.02 <sup>m</sup>	4.87±0.07 <sup>p</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>	1.07±0.04 <sup>e</sup>	0.77±0.04 <sup>c</sup>
22:5n-6	1.60±0.00	1.60±0.03	0.73±0.00	0.56±0.04	1.36±0.01
22:5n-3	4.79±0.02 <sup>n</sup>	7.35±0.10 <sup>q</sup>	1.28±0.01 <sup>b</sup>	2.44±0.08 <sup>f</sup>	2.77±0.02 <sup>g</sup>
22:6n-3	34.46±0.02 <sup>n</sup>	10.48±0.12 <sup>e</sup>	39.95±0.38 <sup>o</sup>	13.94±0.60 <sup>g</sup>	26.46±0.13 <sup>l</sup>
Total PUFA	56.97	45.91	49.78	41.07	47.76
TL (%)	0.71±0.01 <sup>a</sup>	0.82±0.03 <sup>a</sup>	0.87±0.01 <sup>a</sup>	1.09±0.01 <sup>b</sup>	1.25±0.01 <sup>c</sup>
n-6	10.54	22.32	3.64	11.40	9.23
n-3	45.64	22.29	45.24	27.69	37.38

<sup>1</sup>DMA, dimethyl acetal. <sup>2</sup>NMID, nonmethylene-interrupted diene. SFA, saturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid. \*Results represent means ± SD; superscripts denote significant differences (P<0.05) between all fish species (20 species).

Table 3. Total lipid content and fatty acid compositions (% of total fatty acids) of five species of lean fish (LF) in 20 species of subtropical fish caught off the coast of Jeju island\*

Fatty acid	Lean fish (TL < 2%)				
	6. Scar breast tuskfish	7. Black-spotted boxfish	8. Yellowtail red bass	9. Hairy stingfish	10. Blue-lined angelfish
14:0	7.84±0.25 <sup>l</sup>	1.77±0.02 <sup>d</sup>	2.06±0.01 <sup>e</sup>	3.47±0.02 <sup>j</sup>	1.92±0.06 <sup>de</sup>
15:0 iso	-	-	0.11±0.01	-	-
15:0	0.67±0.01	0.71±0.00	0.48±0.01	0.64±0.00	0.87±0.03
16:0 iso	0.18±0.01	0.58±0.00	-	-	0.29±0.01
16:0 DMA <sup>1</sup>	0.21±0.00	0.37±0.00	0.30±0.01	0.38±0.00	0.40±0.02
16:0	19.69±0.03 <sup>ef</sup>	20.43±0.03 <sup>g</sup>	22.61±0.33 <sup>k</sup>	21.88±0.05 <sup>j</sup>	21.57±0.20 <sup>ij</sup>
17:0 iso	0.55±0.00	1.09±0.02	0.17±0.04	0.21±0.00	0.72±0.02
17:0	1.05±0.01	0.76±0.00	0.52±0.00	0.43±0.01	0.39±0.03
18:0 iso	0.34±0.00	1.32±0.00	0.17±0.00	0.62±0.00	1.16±0.01
18:0 DMA	0.42±0.00	0.34±0.00	0.22±0.17	0.14±0.00	0.30±0.01
18:0	6.19±0.06 <sup>h</sup>	10.11±0.01 <sup>n</sup>	5.11±0.04 <sup>cd</sup>	5.97±0.04 <sup>g</sup>	5.69±0.08 <sup>f</sup>
20:0	0.27±0.01	0.30±0.00	0.26±0.00	0.25±0.00	0.30±0.01
22:0	-	-	0.26±0.00	-	-
24:0	-	0.26±0.00	-	0.19±0.05	0.25±0.02
Total SFA	37.42	38.04	32.26	34.20	33.85
14:1n-5	0.32±0.01	0.35±0.00	-	0.14±0.00	0.22±0.01
16:1n-7	4.05±0.15 <sup>e</sup>	5.84±0.01 <sup>j</sup>	5.17±0.37 <sup>h</sup>	7.00±0.01 <sup>l</sup>	6.92±0.12 <sup>l</sup>
16:1n-5	0.23±0.01	-	0.20±0.05	0.17±0.00	-
17:1n-7	0.67±0.03	1.12±0.01	0.30±0.01	0.47±0.00	1.25±0.02
18:1n-9	11.18±0.01 <sup>f</sup>	16.20±0.01 <sup>m</sup>	11.39±0.02 <sup>fg</sup>	11.61±0.05 <sup>g</sup>	15.87±0.00 <sup>l</sup>
18:1n-7	2.87±0.05 <sup>ef</sup>	4.92±0.03 <sup>l</sup>	2.47±0.03 <sup>d</sup>	2.11±0.00 <sup>c</sup>	4.86±0.10 <sup>l</sup>
18:1n-5	0.25±0.06	0.23±0.00	0.26±0.00	0.15±0.00	0.21±0.03
20:1n-11	1.04±0.02	0.29±0.01	-	0.31±0.00	0.30±0.01
20:1n-9	0.94±0.01 <sup>de</sup>	0.35±0.02 <sup>a</sup>	3.52±0.01 <sup>l</sup>	1.78±0.00 <sup>gh</sup>	0.63±0.01 <sup>bc</sup>
20:1n-7	0.54±0.01	0.42±0.03	0.27±0.06	0.15±0.00	0.27±0.00
22:1n-11	0.44±0.02 <sup>ab</sup>	-	2.91±0.88 <sup>g</sup>	1.06±0.02 <sup>d</sup>	-
22:1n-9	-	-	0.47±0.03	0.35±0.00	-
22:1n-7	-	-	0.13±0.01	0.35±0.00	-
Total MUFA	22.54	29.72	27.09	25.32	30.53
16:2n-7	0.20±0.00	0.86±0.02	-	0.16±0.00	0.59±0.00
16:2n-4	0.81±0.01	0.74±0.03	0.42±0.02	0.86±0.01	0.85±0.02
18:2n-7	-	-	-	-	0.39±0.05
18:2n-6	1.26±0.01	1.25±0.05	1.12±0.00	1.41±0.00	0.83±0.00
18:2n-4	0.20±0.00	-	0.18±0.01	-	-
18:3n-6	0.32±0.01	0.58±0.01	0.19±0.05	0.28±0.00	0.48±0.01
18:3n-4	0.29±0.01	0.26±0.01	0.20±0.00	0.17±0.01	0.44±0.01
18:3n-3	0.61±0.00	0.51±0.01	0.46±0.02	0.76±0.02	0.39±0.00
18:4n-3	0.74±0.03	0.34±0.00	0.29±0.01	0.97±0.00	-
20:2 NMID <sup>2</sup>	-	-	-	-	0.77±0.00
20:2n-6	0.44±0.01	0.43±0.01	0.23±0.00	0.19±0.01	0.41±0.10
20:3n-6	0.22±0.01	0.24±0.01	-	0.17±0.04	0.53±0.01

방법 등 다양한 요인 때문으로 보여진다. 즉 제주도산 자리돔은 6월(2015년)에 어획되었고, 껍질을 포함한 가식부를 시료로 채취하여 피하지질의 손실이 없었으며, 시료처리 과정 중 난소가 육안으로 확인된 점 등으로 보아 산란 전으로 생각되었다. 그러나 통영산 자리돔의 경우는 7월산(1995년)으로 산란여부를 판단할 수 없었으며 시료처리 과정에서 껍질을 제외한 근육만을 채취하였기 때문에 피하지질의 손실이 TL 함량에 상당한 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

본 연구에서 시험된 20종의 아열대성 어류의 TL 함량(0.71%-8.26%, 평균  $2.87 \pm 2.28\%$ )은 Jeong et al. (1998a,b)이 보고한 72종 어류 중 19종의 표중충회유어류(TL, 1.26-16.6%, 평균  $6.09 \pm 4.20\%$ )와 14종의 연안 암초어류(TL, 0.88-8.80%, 평균  $3.41 \pm 2.70\%$ ), 그리고 26종의 저서어류(TL, 0.53-9.47%, 평균  $2.12 \pm 2.40\%$ )의 TL 함량과 비교했을 때, 14종의 연안 암초어류의 경우와 가장 유사하였다. 이러한 결과는 20종의 아열대성 어류 중 새다래를 제외한 다른 모든 어종은 제주도 연안의 암초 또는 모래가 많은 해역에 서식(Kim et al., 2005)하고 있기 때문에 Jeong et al. (1998a,b)이 보고한 기존의 연안 암초어류와 서식환경이 비교적 유사하기 때문으로 보인다. 단 본 연구에서 시험된 새다래는 연안 암초지대가 아닌 먼바다 중층에 서식하며 주로 소형어류나 갑각류를 먹이로 하는 어류이다(Kim et al., 2005).

### 지방산 조성

제주도산 아열대성 어류 20종은 14:0부터 22:6n-3까지 40종

류 이상의 지방산이 모든 어종에서 동정되었다(Tables 2, 3, 4, 5). 이들 어류 가식부에서 TL의 지방산 중 평균 5% 이상을 함유하는 주요 지방산은 16:0, 18:0 등의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)과 18:1n-9, 16:1n-7 등의 일가불포화지방산(monounsaturated fatty acid, MUFA), 그리고 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA), 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA) 등의 PUFA였다. 또한 20종 어류 전체의 지방산그룹별 평균 조성비는 외견상 PUFA ( $37.9 \pm 7.88\%$ ) > SFA ( $34.3 \pm 3.08\%$ ) > MUFA ( $27.8 \pm 7.23\%$ )의 순으로 PUFA와 SFA의 조성비가 MUFA에 비하여 유의하게 높게 나타났으나, PUFA와 SFA 양자의 조성비 사이에는 유의한 차이가 없었다( $P < 0.05$ ) (Table 6). 이러한 경향은 10종의 저지방어류에서도 PUFA ( $43.1 \pm 7.20\%$ ) > SFA ( $33.7 \pm 2.55\%$ ) > MUFA ( $23.3 \pm 5.55\%$ )의 순으로 유의한 차이를 나타냈으며( $P < 0.05$ ), 20종 어류 전체의 경우보다 더욱 분명한 양상을 보여 주었다. 그러나 6종의 소지방어류에서는 외견상 SFA ( $36.3 \pm 3.90\%$ ) > PUFA ( $33.8 \pm 4.41\%$ ) > MUFA ( $29.9 \pm 3.51\%$ )의 순으로 나타났으며, SFA 조성비는 MUFA보다 유의하게 더 높았으나, SFA와 PUFA, 그리고 PUFA와 MUFA 조성비 사이에는 각각 유의한 차이가 나타나지 않았다( $P < 0.05$ ). 또한 중간지방어류 4종의 경우에는 외견상 MUFA ( $35.9 \pm 5.80\%$ ) > SFA ( $32.7 \pm 2.92\%$ ) > PUFA ( $31.4 \pm 3.16\%$ )의 순으로 나타났으나, 이들 각 지방산그룹 사이에는 유의한 차이가 없었다( $P < 0.05$ ).

일반적으로 저위도 해역의 열대 또는 아열대성 어류는 고위도 해역의 온대 또는 한대성 어류에 비하여 SFA의 조성비가 높고,

Table 3. Continued

Fatty acid	Lean fish (TL < 2%)				
	6. Scar breast tuskfish	7. Black-spotted boxfish	8. Yellowtail red bass	9. Hairy stingfish	10. Blue-lined angelfish
20:4n-6	6.30±0.08 <sup>n</sup>	8.45±0.01 <sup>a</sup>	1.26±0.02 <sup>b</sup>	3.00±0.02 <sup>f</sup>	6.51±0.17 <sup>o</sup>
20:3n-3	-	-	0.29±0.13	-	0.76±0.63
20:4n-3	0.45±0.01	0.52±0.09	0.93±0.01	0.56±0.01	0.63±0.03
20:5n-3	6.05±0.02 <sup>l</sup>	3.45±0.00 <sup>d</sup>	4.55±0.06 <sup>f</sup>	4.92±0.01 <sup>h</sup>	2.54±0.07 <sup>a</sup>
22:2 NMID	1.74±0.03	0.25±0.00	-	-	0.63±0.05
22:3n-6	0.26±0.01	-	-	0.19±0.00	-
22:4n-6	1.46±0.03 <sup>n</sup>	3.17±0.01 <sup>o</sup>	-	1.01±0.03 <sup>d</sup>	2.23±0.04 <sup>l</sup>
22:5n-6	0.96±0.00	0.71±0.01	1.02±0.02	1.53±0.01	2.53±0.08
22:5n-3	3.06±0.02 <sup>l</sup>	4.87±0.03 <sup>n</sup>	2.26±0.03 <sup>e</sup>	2.12±0.02 <sup>d</sup>	4.97±0.14 <sup>o</sup>
22:6n-3	14.68±0.19 <sup>n</sup>	5.59±0.06 <sup>a</sup>	27.25±0.40 <sup>m</sup>	22.16±0.08 <sup>k</sup>	9.15±0.17 <sup>d</sup>
Total PUFA	40.04	32.24	40.65	40.48	35.62
TL (%)	1.29±0.14 <sup>cd</sup>	1.33±0.05 <sup>cd</sup>	1.37±0.01 <sup>cd</sup>	1.45±0.07 <sup>d</sup>	1.73±0.13 <sup>e</sup>
n-6	11.22	14.84	3.82	7.79	13.52
n-3	25.59	15.29	36.03	31.49	18.43

<sup>l</sup>DMA, dimethyl acetal. <sup>2</sup>NMID, nonmethylene-interrupted diene. SFA, saturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid. \*Results represent means ± SD; superscripts denote significant differences ( $P < 0.05$ ) between all fish species (20 species).

Table 4. Total lipid content and fatty acid compositions (% of total fatty acids) of five species of low-fat fish (LFF) in 20 species of subtropical fish caught off the coast of Jeju island\*

Fatty acid	Low-fat fish (TL, 2-4%)				
	11. Rabbit fish	12. Whitespot-tail morwong	13. Bamboo leaf wrasse	14. Black barr- ed morwong	15. Stripey
14:0	3.33±0.01 <sup>hi</sup>	2.87±0.01 <sup>g</sup>	13.06±0.23 <sup>m</sup>	2.88±0.01 <sup>g</sup>	2.39±0.01 <sup>f</sup>
15:0	0.67±0.00	0.62±0.00	0.50±0.00	0.51±0.01	0.64±0.01
16:0 iso	-	0.22±0.00	-	0.22±0.00	0.28±0.01
16:0 DMA <sup>1</sup>	0.33±0.00	-	-	-	-
16:0	25.25±0.09 <sup>m</sup>	19.91±0.05 <sup>f</sup>	19.69±0.13 <sup>ef</sup>	18.24±0.08 <sup>d</sup>	25.41±0.09 <sup>m</sup>
17:0 iso	0.33±0.01	0.44±0.19	0.39±0.01	0.52±0.01	0.57±0.01
17:0	0.62±0.00	0.96±0.49	0.66±0.02	0.92±0.00	0.28±0.00
18:0 iso	0.67±0.01	-	-	0.26±0.00	-
18:0 DMA	-	0.23±0.00	-	0.22±0.00	1.04±0.00
18:0	4.65±0.02 <sup>b</sup>	8.83±0.01 <sup>m</sup>	5.81±0.13 <sup>f</sup>	5.39±0.01 <sup>e</sup>	6.58±0.04 <sup>i</sup>
20:0	0.25±0.00	0.30±0.01	0.25±0.01	0.32±0.00	0.46±0.00
22:0	-	0.22±0.01	-	-	0.19±0.00
24:0	-	0.19±0.00	-	-	-
Total SFA	36.10	34.79	40.36	29.49	37.85
14:1n-5	0.17±0.00	0.17±0.00	0.20±0.00	0.21±0.00	-
16:1n-9	-	-	-	-	2.93±0.06
16:1n-7	8.55±0.01 <sup>o</sup>	5.27±0.02 <sup>h</sup>	4.30±0.01 <sup>f</sup>	5.52±0.03 <sup>i</sup>	4.44±0.02 <sup>fg</sup>
16:1n-5	-	0.37±0.27	0.31±0.00	-	-
17:1n-7	0.69±0.01	0.42±0.28	0.49±0.01	0.70±0.01	0.84±0.03
18:1n-11	-	0.46±0.00	0.44±0.01	-	0.30±0.00
18:1n-9	9.62±0.02 <sup>c</sup>	17.68±0.04 <sup>n</sup>	14.77±0.17 <sup>j</sup>	17.42±0.04 <sup>n</sup>	18.13±0.10 <sup>o</sup>
18:1n-7	3.84±0.01 <sup>j</sup>	4.06±0.01 <sup>k</sup>	3.22±0.06 <sup>g</sup>	3.28±0.01 <sup>gi</sup>	3.00±0.00 <sup>fg</sup>
18:1n-5	0.38±0.01	0.23±0.00	0.29±0.00	0.23±0.02	0.27±0.00
20:1n-11	-	1.18±0.01	0.97±0.03	0.92±0.01	0.97±0.00
20:1n-9	0.51±0.00 <sup>ab</sup>	1.06±0.01 <sup>ef</sup>	3.00±0.07 <sup>k</sup>	1.98±0.01 <sup>h</sup>	1.22±0.00 <sup>f</sup>
20:1n-7	0.31±0.00	0.41±0.02	0.57±0.00	0.41±0.01	0.47±0.00
22:1n-11	0.34±0.01 <sup>ab</sup>	0.63±0.01 <sup>bc</sup>	0.56±0.01 <sup>abc</sup>	1.11±0.01 <sup>d</sup>	0.57±0.01 <sup>abc</sup>
22:1n-9	-	-	0.30±0.03	0.30±0.03	0.80±0.01
22:1n-7	-	-	-	0.19±0.01	-
Total MUFA	24.41	31.93	29.42	32.24	33.96
16:2n-7	0.25±0.00	0.43±0.18	-	0.29±0.01	0.32±0.00
16:2n-4	0.66±0.00	0.93±0.54	0.56±0.00	0.76±0.03	0.97±0.02
18:2n-7	-	0.40±0.00	0.28±0.00	-	0.25±0.00
18:2n-6	1.09±0.02	0.79±0.00	0.85±0.00	0.85±0.00	0.61±0.01
18:2n-4	-	0.22±0.00	-	0.26±0.01	-
18:3n-6	0.58±0.00	0.39±0.00	0.25±0.01	0.28±0.00	0.52±0.00
18:3n-4	0.19±0.02	0.27±0.01	0.20±0.00	0.36±0.00	0.24±0.02
18:3n-3	0.97±0.01	0.33±0.00	0.46±0.00	0.39±0.01	-
18:4n-3	0.72±0.01	0.33±0.01	0.75±0.05	0.51±0.01	1.00±0.04
20:2 NMID <sup>2</sup>	-	0.36±0.01	0.52±0.02	-	-
20:2n-6	0.21±0.01	0.57±0.01	0.53±0.01	0.74±0.45	0.31±0.00

Table 4. Continued

Fatty acid	Low-fat fish (TL, 2-4%)				
	11. Rabbit fish	12. Whitespot-tail morwong	13. Bamboo leaf wrasse	14. Black barr- ed morwong	15. Stripey
20:3n-6	0.38±0.02	0.24±0.06	0.26±0.10	-	
20:4n-6	4.85±0.09 <sup>l</sup>	4.99±0.05 <sup>m</sup>	4.08±0.02 <sup>i</sup>	2.82±0.02 <sup>e</sup>	4.53±0.03 <sup>k</sup>
20:3n-3	-	-	0.20±0.03	-	-
20:4n-3	0.86±0.01	0.35±0.00	0.44±0.00	0.77±0.02	0.37±0.01
20:5n-3	2.93±0.03 <sup>b</sup>	7.95±0.00 <sup>o</sup>	6.91±0.21 <sup>m</sup>	9.32±0.11 <sup>q</sup>	4.79±0.09 <sup>g</sup>
22:2 NMID	0.28±0.09	0.95±0.01	0.89±0.05	0.48±0.02	0.82±0.01
22:3n-6	-	0.19±0.01	-	0.43±0.00	-
22:4n-6	1.24±0.01 <sup>g</sup>	3.01±0.01 <sup>n</sup>	1.54±0.04 <sup>i</sup>	1.13±0.01 <sup>f</sup>	2.18±0.00 <sup>k</sup>
22:5n-6	1.76±0.01	0.59±0.02	0.43±0.01	0.62±0.00	0.72±0.00
22:5n-3	6.39±0.06 <sup>p</sup>	3.73±0.01 <sup>k</sup>	2.94±0.03 <sup>h</sup>	4.68±0.02 <sup>m</sup>	4.04±0.05 <sup>j</sup>
22:6n-3	16.14±0.18 <sup>l</sup>	6.25±0.13 <sup>b</sup>	8.13±0.11 <sup>c</sup>	13.59±0.09 <sup>g</sup>	6.52±0.02 <sup>b</sup>
Total PUFA	39.49	33.28	30.22	38.27	28.20
TL (%)	2.24±0.02 <sup>f</sup>	2.89±0.11 <sup>g</sup>	2.90±0.05 <sup>g</sup>	3.27±0.09 <sup>h</sup>	3.34±0.17 <sup>hi</sup>
n-6	10.10	10.78	7.95	6.86	8.88
n-3	28.01	18.94	19.82	29.26	16.72

<sup>l</sup>DMA, dimethyl acetal. <sup>2</sup>NMID, nonmethylene-interrupted diene. SFA, saturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid. \*Results represent means ± SD; superscripts denote significant differences (P<0.05) between all fish species (20 species).

PUFA, MUFA 등 불포화지방산의 조성비는 낮은 것으로 알려져 있다(Huynh and Kitts, 2009). 이러한 사실은 저수온에서 사육한 guppy의 지방산 조성이 고수온에서 사육한 경우보다 불포화지방산의 조성비가 높았다는 Kayama et al. (1963)의 모델시험에서 확인된 적이 있다. 말레시아 남중국해(위도, 5°62' N) 부근의 산호초해역에서 서식하는 열대성 어류 5종의 지방산 조성은 SFA (57.2-74.2%)>MUFA (21.4-39.0%)>PUFA (2.8-14.1%) 순이었으며(Arai et al., 2015), 필리핀 남부의 민다나오 해역(위도, 8°54' - 8°55'N)에 서식하는 6종의 열대성 어류에서도 SFA (62.4-72.4%)>MUFA (15.1-20.3%)>PUFA (9.7-17.1%)의 순이었다(Metilio and Aspiras-Eye, 2014). 따라서 열대성 어류 지방산조성의 특징은 SFA의 조성비가 총 지방산의 대부분을 차지하고 PUFA의 조성비는 약 10% 수준으로 미량성분에 불과하였다. 또한 10종의 인도양(위도, 10°48' -10°52' N)산 어류에서는 SFA (31.6-39.0%)>PUFA (30.3-35.1%)>MUFA (22.0-26.3%)의 순이었으며(Dhaneesh et al., 2012), 3종의 오기나와 근해의 동중국해(위도, 26°15'N) 및 태평양(위도, 24°30' N)에 서식하는 아열대성 어류에서도 SFA (39.2-43.7%)>PUFA (29.0-37.3%)>MUFA (20.7-23.3%)의 순으로 나타났다(Saito et al., 1999). 따라서 위도가 열대해역보다 높은 아열대 해역에 서식하는 어류는 열대성 어류에 비하여 SFA 조성비는 감소하고, PUFA 조성비는 증가하는 경향을 나타내었다.

온대성 어류로서 Jeong et al. (1998b)이 보고한 72종 어류 중

14종의 통영해역(위도, 34°85'N)에 서식하는 연안 암초어류에서는 외견상 PUFA (17.5-52.2%, 평균 34.0±10.0%)>MUFA (18.6-47.5%, 평균 33.3±7.8%)>SFA (28.3-43.6%, 평균 32.8±4.0%)으로 이들 지방산그룹 사이에는 거의 차이가 없었으나(Jeong et al., 1998b), 아열대성 어류에 비해서는 PUFA 조성비가 더 높은 경향을 보였다. 본 연구에서 20종의 제주도(위도, 서귀포 33°25'N) 연안산 어류의 지방산 조성은 PUFA (37.9±7.88%) ≥ SFA (34.3±3.08%)>MUFA (27.8±7.23%)의 순으로 통영산 연안 암초어류의 경우와 매우 유사하였으나 다만 MUFA 조성비가 본 연구에서 약간 낮은 수준이었다. 그리고 온대성 어류로서 상업적으로 중요한 8종의 터키산 어류(Özogul et al., 2007)에서도 본 연구의 경우와 같이 PUFA>SFA>MUFA의 순이었다. 그러나 8종의 북서태평양(British Columbia와 Alaskan) 해역의 냉수성 어류에서는 PUFA (24.2-56.8%)>MUFA (14.2-53.0%)>SFA (19.3-36.9%) 순이었으며(Huynh and Kitts, 2009), 남대서양의 South Georgia 해역(위도, 약 54°S)에 서식하는 10종의 냉수성 저서 어류에서도 PUFA (14.8-57.3%)>MUFA (15.8-52.8%)>SFA (24.4-36.3%) 순으로 보고되었다(Stowasser et al., 2012). 따라서 본 연구 결과와 이전의 연구 결과들을 종합해 볼 때, 수온이 높은 열대성 어류에서는 포화지방산의 조성비가 높고, 아열대, 온대, 한대 지역으로 위도가 높아져 수온이 낮아질 수록 포화지방산은 감소하고 PUFA, MUFA 등 불포화지방산이 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 변온생물의 일종인 어류가



Table 5. Total lipid content and fatty acid compositions (% of total fatty acids) of one species of LFF and four species of medium-fat fish in 20 species of subtropical fish caught off the coast of Jeju island\*

Fatty acid	LFF	Medium-fat fish (TL, 4-8%)			
	16. Red naped wrasse	17. Red collared emperor	18. Japanese goatfish	19. Three line grunt	20. Coralfish
14:0	12.87±0.05 <sup>m</sup>	3.27±0.07 <sup>hi</sup>	3.15±0.03 <sup>n</sup>	4.13±0.06 <sup>j</sup>	5.79±0.42 <sup>k</sup>
15:0 iso	-	-	-	-	0.29±0.02
15:0 anteiso	-	-	-	-	0.09±0.00
15:0	0.72±0.01	0.49±0.01	0.75±0.01	0.74±0.01	0.66±0.04
16:0 iso	-	0.16±0.00	-	-	-
16:0	18.08±0.03 <sup>cd</sup>	21.41±0.18 <sup>hi</sup>	23.76±0.08 <sup>l</sup>	21.87±0.10 <sup>j</sup>	16.86±0.56 <sup>b</sup>
17:0 iso	0.38±0.01	0.39±0.00	0.38±0.01	0.28±0.01	0.21±0.04
17:0	0.77±0.01	0.67±0.01	0.98±0.01	0.68±0.00	0.49±0.01
18:0 iso	0.25±0.00	0.22±0.01	0.30±0.00	0.21±0.00	0.22±0.03
18:0 DMA <sup>1</sup>	0.16±0.01	-	-	-	0.16±0.01
18:0	5.68±0.02 <sup>f</sup>	6.63±0.02 <sup>i</sup>	5.20±0.01 <sup>d</sup>	4.96±0.01 <sup>c</sup>	3.34±0.03 <sup>a</sup>
20:0	0.29±0.01	0.33±0.00	0.34±0.00	0.32±0.01	0.21±0.01
22:0	-	0.21±0.00	0.24±0.00	0.15±0.01	0.11±0.07
Total SFA	39.19	33.78	35.10	33.35	28.42
14:1n-5	0.22±0.01	-	0.16±0.01	0.13±0.00	0.09±0.01
16:1n-7	3.98±0.01 <sup>e</sup>	6.90±0.12 <sup>l</sup>	7.96±0.00 <sup>n</sup>	6.28±0.03 <sup>k</sup>	7.58±0.12 <sup>m</sup>
16:1n-5	0.27±0.00	-	0.17±0.00	0.34±0.00	0.39±0.06
17:1n-7	0.50±0.01	0.65±0.01	0.68±0.00	0.44±0.01	0.66±0.03
18:1 DMA	-	-	-	-	0.40±0.01
18:1n-11	-	0.18±0.00	-	-	-
18:1n-9	13.23±0.02 <sup>j</sup>	20.94±0.00 <sup>p</sup>	15.87±0.01 <sup>l</sup>	15.48±0.02 <sup>k</sup>	7.49±0.13 <sup>b</sup>
18:1n-7	2.19±0.01 <sup>c</sup>	3.13±0.01 <sup>gh</sup>	3.06±0.33 <sup>j</sup>	2.74±0.00 <sup>e</sup>	1.50±0.01 <sup>a</sup>
18:1n-5	0.19±0.01	-	0.17±0.00	0.47±0.02	0.26±0.02
20:1n-11	0.86±0.00	1.10±0.02	0.74±0.00	0.25±0.00	-
20:1n-9	3.47±0.01 <sup>i</sup>	1.26±0.01 <sup>f</sup>	1.59±0.01 <sup>g</sup>	2.54±0.01 <sup>j</sup>	10.83±0.10 <sup>m</sup>
20:1n-7	0.33±0.02	0.41±0.01	0.32±0.01	0.24±0.01	0.46±0.28
22:1n-11	2.07±0.01 <sup>f</sup>	0.61±0.02 <sup>abc</sup>	0.79±0.01 <sup>cd</sup>	2.57±0.02 <sup>g</sup>	14.29±0.17 <sup>h</sup>
22:1n-9	0.34±0.01	0.33±0.02	0.24±0.00	0.46±0.00	0.21±0.03
22:1n-7	-	0.19±0.01	-	-	-
Total MUFA	27.64	35.71	31.75	31.95	44.14
16:2n-7	0.17±0.00	0.23±0.00	0.23±0.00	0.13±0.01	0.26±0.01
16:2n-4	0.81±0.01	0.61±0.01	0.46±0.03	0.89±0.02	0.55±0.03
18:2n-7	0.18±0.01	0.66±0.05	0.20±0.00	-	-
18:2n-6	1.08±0.01	0.69±0.01	1.19±0.01	1.01±0.04	1.35±0.03
18:2n-4	-	0.17±0.01	-	0.18±0.02	0.16±0.03
18:3n-6	0.23±0.00	0.26±0.01	0.26±0.02	0.19±0.02	0.28±0.05
18:3n-4	0.26±0.00	0.28±0.00	0.23±0.03	0.22±0.03	-
18:3n-3	0.58±0.00	0.27±0.02	0.63±0.07	0.78±0.13	0.10±0.07
18:4n-3	1.24±0.00	0.28±0.01	0.56±0.01	0.80±0.02	3.72±0.07
18:4n-1	-	-	-	-	0.09±0.00
20:2 NMID <sup>2</sup>	-	0.73±0.00	0.24±0.07	0.45±0.42	-

Table 5. Continued

Fatty acid	LFF		Medium-fat fish (TL, 4-8%)		
	16. Red naped wrasse	17. Red collared emperor	18. Japanese goatfish	19. Three line grunt	20. Coralfish
20:2n-6	0.46±0.01	0.36±0.01	0.38±0.05	0.26±0.08	0.19 ±0.00
20:3n-6	-	0.17±0.02	-	-	-
20:4n-6	3.17±0.01	3.37±0.02	2.07±0.00	1.15±0.00	0.41 ±0.03
20:3n-3	0.19±0.00	-	0.16±0.00	-	0.18 ±0.08
20:4n-3	0.41±0.01	0.39±0.04	0.30±0.01	1.00±0.01	0.69 ±0.01
20:5n-3	5.40±0.02 <sup>i</sup>	4.85±0.02 <sup>gh</sup>	5.68±0.06 <sup>i</sup>	4.93±0.02 <sup>h</sup>	7.19 ±0.13 <sup>n</sup>
22:2 NMID	0.42±0.00	0.41±0.01	0.29±0.01	-	-
22:3n-6	0.25±0.00	0.22±0.00	0.18±0.01	0.24±0.00	-
22:4n-6	1.14±0.03 <sup>f</sup>	1.85±0.04 <sup>i</sup>	1.04±0.02 <sup>de</sup>	0.33±0.00 <sup>b</sup>	-
22:5n-6	0.58±0.00	0.49±0.00	0.63±0.01	0.61±0.00	0.23 ±0.01
22:5n-3	1.93±0.01 <sup>c</sup>	3.79±0.03 <sup>k</sup>	2.34±0.09 <sup>e</sup>	3.25±0.04 <sup>j</sup>	0.61 ±0.01 <sup>a</sup>
22:6n-3	14.68±0.11 <sup>h</sup>	10.41±0.20 <sup>e</sup>	16.08±0.15 <sup>i</sup>	18.19±0.26 <sup>j</sup>	11.43 ±0.38 <sup>f</sup>
Total PUFA	33.17	30.51	33.15	34.63	27.44
TL (%)	3.45±0.01 <sup>i</sup>	5.42±0.04 <sup>i</sup>	6.41±0.05 <sup>k</sup>	7.38±0.26 <sup>l</sup>	8.26±0.14 <sup>m</sup>
n-6	6.91	7.41	5.74	3.80	2.46
n-3	24.43	20.01	25.75	28.95	23.91

<sup>1</sup>DMA, dimethyl acetal. <sup>2</sup>NMID, nonmethylene-interrupted diene. SFA, saturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid. \*Results represent means ± SD; superscripts denote significant differences (P<0.05) between all fish species (20 species).

점성유지적응(homeoviscous adaptation)을 하기 때문으로 보인다. 즉 어류가 수온이 낮은 환경에서 서식하기 위해서는 어류 고유의 세포막 유동성을 유지해야 하므로 자신의 세포막에 융점이 낮은 PUFA의 비율을 증가시키는 것으로 알려져 있다 (Farkas, 1979; Gladyshev et al., 2011).

한편 본 연구에서 시험된 저지방어류에서 PUFA 조성비가 높은 것은 n-3 PUFA인 DHA와 EPA, 그리고 n-6 PUFA인 20:4n-6의 조성비가 기여한 때문으로 보인다. 즉 이들 저지방어류에서 DHA 조성비는 평균 20.4%로 중간지방어류(평균 14.0%) 및 소지방어류(평균 10.9%)에 비하여 높은 조성비를 나타내었다. 특히 저지방어류에 속하는 새다래(40.0%), 열쌍둥가리(34.5%), 노랑벤자리(27.3%), 긴꼬리벵에돔(26.5%), 속감펍(22.2%) 등 5종의 어종에서는 DHA를 20% 이상 함유하였으며, 이는 20종의 모든 어종 중에서도 가장 높은 수준에 해당되었다(P<0.05). 이와 같이 TL 함량이 적은 어류가 PUFA 조성비가 높은 이유는 PUFA 조성비가 높은 인지질(막지질)이 PUFA 조성비가 낮은 triglyceride (축적지질)에 비하여 상대적으로 많기 때문으로 생각된다(Fogerty et al., 1986). 또한 저지방어류에서 EPA의 조성비는 평균 4.98%로서, 소지방어류(평균 6.21%)와 중간지방어류(평균 5.63%)에 비하여 외견상 약간 낮은 경향을 나타내었으나 큰 차이는 없었다. 그리고 저지방어류에서 20:4n-6 조성비는 평균 5.79%로서, 소지방어류(평균 4.07%)와는 큰 차이가 없었으나 중간지방어류(평균 1.75%)에 비해서

는 높은 경향을 나타내었다. 특히 20:4n-6의 조성비가 저지방어류 중 가시복(14.1%), 거북복(8.45%), 육동가리돔(7.49%), 청줄돔(6.51%), 호박돔(6.30%) 등에서 다른 모든 어종에 비하여 유의하게 높은 수준을 나타내었다(P<0.05). 이들 어류에서 20:4n-6의 조성비가 높은 현상은 이들 어류의 먹이와 관련성이 있는 것으로 생각된다. 즉 이들 어류는 연안의 암초지대에 서식하는 어류로서 암초에 부착하고 있는 해조류를 먹이의 일부로 취하기 때문으로 보인다(Kim et al., 2005). 이 결과는 Jeong et al., (1998b)이 보고한 72종 어류 중 연안 암초어류에 속하는 쥐치(8.85%), 말쥐치(7.45%), 용치놀래기(5.62%) 등에서도 20:4n-6의 조성비가 비교적 높았는데, 쥐치와 말쥐치는 실제 해조류를 먹이의 일부로 취하는 것으로 알려져 있다(NIFS, 1994; Chyung, 1991). 또한 오끼나와 해역의 아열대성어류 중 해조류 식성의 관독가시치(*Siganus canaliculatus*)에서도 20:4n-6 조성비가 특히 높은 것이 확인되었다(Saito et al., 1999). 한편 이러한 현상은 어류가 아닌 해조식성의 전복이나 소라와 같은 복족류의 지방산조성에서도 먹이인 해조류의 지방산조성과 잘 일치하는 것으로 알려져 있다. 실제로 전복이나 소라의 지방산조성의 특징은 20:4n-6와 EPA 또는 22:5n-3의 조성비는 비교적 높고, DHA 조성비는 매우 낮았는데(Jeong et al., 1998c), 이러한 특징이 이들 복족류의 주요 먹이인 다시마나 미역 등 갈조류의 지방산조성에서도 잘 나타난다(Jeong et al., 1993; Dawczynski et al., 2007).

Table 6. The SFA, MUFA and PUFA compositions (% of total fatty acids) in all fish (20 species), lean fish (10 species), low-fat fish (6 species) and medium-fat fish (4 species)\*

Category	SFA	MUFA	PUFA
All fish	34.3±3.23 <sup>b</sup>	27.8±7.01 <sup>a</sup>	37.9±7.71 <sup>b</sup>
Lean fish	33.7±2.55 <sup>b</sup>	23.3±5.55 <sup>a</sup>	43.1±7.20 <sup>c</sup>
Low-fat fish	36.3±3.90 <sup>b</sup>	29.9±3.51 <sup>a</sup>	33.8±4.41 <sup>ab</sup>
Medium-fat fish	32.7±2.92 <sup>a</sup>	35.9±5.80 <sup>a</sup>	31.4±3.16 <sup>a</sup>

SFA, saturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid. \*Results represent means±SD; superscripts denote significant differences (P<0.05) between all fish species (20 species).

그리고 저지방어류와 달리 소지방어류의 경우에는 외견상 SFA 조성비가 PUFA에 비하여 더 높았는데 이는 14:0의 조성비가 다소 높았기 때문이다. 즉 소지방어류 중에서 주요 SFA인 14:0 조성비는 평균 6.23%로 저지방어류(평균 2.40%)와 중간지방어류(평균 4.13%)보다 다소 높았다. 그러나 또 하나의 주요 SFA인 16:0의 조성비는 소지방어류(평균 21.1%)와 저지방어류(평균 20.2%), 그리고 중간지방어류(평균 21.0%) 사이에 거의 차이가 없었다.

또한 중간지방어류에서는 MUFA의 조성비가 외견상 약간 높았는데, 이는 20:1n-9 및 22:1n-11 등의 조성비가 다른 어류들에 비하여 비교적 높았기 때문으로 보인다. 즉 20:1n-9의 조성비가 중간지방어류에서 평균 4.04%를 나타낸 반면, 저지방어류 및 소지방어류에서는 각각 평균 1.36% 및 1.87%를 나타내었다. 그리고 22:1n-11의 조성비는 중간지방어류에서 평균 4.54%를 나타낸 반면 저지방어류 및 소지방어류에서는 각각 평균 0.75% 및 0.88%를 나타내었다. 특히 중간지방어류 중에서도 자리돔은 20:1n-9 및 22:1n-11을 각각 10.8% 및 14.3%나 함유하였으며, 이는 중간지방어류는 물론 20종의 모든 어종 중에서도 유의하게 가장 높은 수준을 각각 나타내었다(P<0.05). 자리돔의 경우처럼 20:1n-9 및 22:1n-11 조성비가 특히 높은 어류로서는 북태평양산 열빙어(15.5% 및 14.36%)와 청어(5.20% 및 6.37%) (Huynh and Kitts, 2009), 그리고 대서양산 열빙어(12.4% 및 15.3%)(Budge et al., 2002)와 대서양산 청어(16.3% 및 24.4%)(Copeman and Parrish, 2004) 등이 있다. 이들 2종의 MUFA 조성비가 높은 이유는 청어와 열빙어의 주요 먹이인 copepod (요각류) 때문으로 알려져 있다(Graeve et al., 1994; Budge et al., 2002). 즉 요각류의 주요 지질성분인 wax esters 중 20:1 및 22:1 fatty alcohol이 어류의 체내에서 산화되어 20:1n-9 및 22:1n-11 지방산으로 전환된 때문으로 보고되어 있다(Tocher, 2003). 자리돔의 주요 먹이는 동물성 플랑크톤으로 알려져 있고(Kim et al., 2005), 실제 서귀포산 자리돔의 위 내용물 중에는 동물성 플랑크톤인 요각류가 전체의 99.3%를 차지하였다는 보고도 있다(Ko and Jeon, 1983). 따라서 본 연구에서 자리돔이 높은 수준의 20:1n-9와 22:1n-11를 함

유하는 것은 열빙어나 청어의 경우처럼 요각류를 주로 섭취하는 식성 때문으로 생각된다. 한편 통영산 자리돔의 지방산조성(Jeong et al., 1998b)은 제주도산 자리돔의 경우와 달리 20:1n-9 및 22:1n-11이 거의 검출되지 않았다. 이러한 차이는 분석시료 처리방법에서의 차이도 있겠으나, 서식처 환경 중 먹이의 영향이 큰 때문으로 생각된다(Kayama et al., 1963; Jeong et al., 1998b,c). 따라서 어류 지질성분에서 n-3 PUFA를 포함한 다양한 지방산이 존재하는 것은 해양생물의 먹이연쇄 과정, 즉 식물성 플랑크톤으로부터 동물성 플랑크톤, 소형어, 대형어 등 고차 영양단계에 이르기까지 이들 지방산이 계속 축적된 결과로 생각된다(Kayama et al., 1963).

한편 본 연구에서 시험된 제주도산 아열대성 어류 20종의 DHA, EPA 등 n-3 PUFA의 조성비는 평균 27.0±8.68%를 나타내었다. 이 결과는 통영산 72종 어류 중 19종의 표층층회유어(29.9±7.71%) 및 14종의 연안암초어(26.2±7.19%)의 경우와 유사하였다(Jeong et al., 1998b). 또한 본 연구에서 n-3 PUFA 조성비는 남부 필리핀 해역에서 어획된 열대성 어류(Metilio and Aspiras-Eye, 2014)의 n-3 PUFA 조성비(9.73-17.1%, 평균 13.2%)에 비해서 약 14%나 크게 높았다. 하지만 북서태평양산 냉수성 어류(Huynh and Kitts, 2009)의 n-3 PUFA 조성비(33.8-44.9%, 평균 38.2%)에 비해서는 제주도산이 약 10%나 낮은 결과를 나타내었다. 따라서 이들 결과는 상기에서 언급한 바와 같이 고위도 지역의 해역에서 서식하는 어류일수록 지방산의 불포화도가 높아진다는 사실과 잘 일치한다(Huynh and Kitts, 2009; Saito et al., 1999).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 본 연구에서 시험된 제주도산 아열대성 어류 20종은 TL 함량 및 지방산조성에서 이전에 보고된 한국산 어류의 경우와 거의 차이가 없었으며, 특히 기존의 연안암초어(Jeong et al., 1998a,b)의 경우와 유사한 것으로 보아 TL 및 n-3 PUFA의 급원으로서 충분히 이용 가능할 것으로 생각된다.

## 사 사

이 연구는 2016년도 경상대학교 학술진흥지원사업 연구비에 의하여 수행되었음.

## References

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, U.K. and U.S.A., 137-206.

Ackman RG. 1989. Nutritional composition of fats in seafoods. Prog Food Nutr Sci 13, 161-289.

AOCS (American Oil Chemists' Society). 1998. AOCS official method Ce 1b-89. In: Official Methods and Recommended Practice of the AOCS (5th Ed). Firestone D, ed. AOCS,

- Champaign, U.S.A.
- Arai T, Amalina R and Bachok Z. 2015. Fatty acid composition indicating diverse habitat use in coral reef fishes in the Malaysian South China Sea. *Biolog Res* 48:13. <https://doi.org/10.1186/s40659-015-0004-0>.
- Belkin IM. 2009. Rapid warming of large marine ecosystems. *Prog Oceanogr* 81, 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.04.011>.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37, 911-917.
- Bradberry JC and Hilleman DE. 2013. Overview of omega-3 fatty acid therapies. *Pharm Ther* 38, 681-691.
- Breslow JL. 2006. n-3 Fatty acids and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 83, 1477S-1482S.
- Budge SM, Iverson SJ, Bowen WD and Ackman RG. 2002. Among- and within-species variability in fatty acid signatures of marine fish and invertebrates on the Scotian Shelf, Georges Bank, and Southern Gulf of St. Lawrence. *Can J Fish Aquat Sci* 59, 886-898. <https://doi.org/10.1139/F02-062>.
- Chyung MG. 1991. The Fishes of KOREA. Iljisa, Seoul, Korea, 593-594.
- Copeman LA and Parrish CC. 2004. Lipids classes, fatty acids, and sterols in seafood from Gilbert Bay, southern Labrador. *J Agric Food Chem* 52, 4872-4881. <https://doi.org/10.1021/j034820h>.
- Dawczynski C, Schubert R and Jahreis G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem* 103, 891-899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041>.
- Dhaneesh KV, Noushad KM and Kumar TTA. 2012. Nutritional evaluation of commercially important fish species of Lakshadweep Archipelago, India. *PLOS ONE* 7(9), e45439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045439>.
- Farkas T. 1979. Adaptation of fatty acid compositions to temperature- a study on planktonic crustaceans. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol* 64, 71-76.
- Fogerty AC, Evans AJ, Ford GL and Kennett BH. 1986. Distribution of w6 and w3 fatty acids in lipid classes in Australian fish. *Nutr Rep Int* 33, 777-786.
- Gladyshev MI, Semenchenko VP, Dubovskaya OP, Fefilova EB, Makhutova ON, Buseva ZF, Sushchik NN, Razlutskiy VI, Lepskaya EV, Baturina MA, Kalachova GS and Kononova ON. 2011. Effect of temperature on contents of essential highly unsaturated fatty acid in freshwater zooplankton. *Limnologica* 41, 339-347. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2011.03.001>.
- Graeve M, Hagen W and Kattner G. 1994. Herbivorous or omnivorous? On the significance of lipid compositions as trophic markers in Antarctic copepods. *Deep Sea Res Part 1, Oceanogr Res Pap* 41, 915-924. [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(94\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0967-0637(94)90083-3).
- Hibbeln JR, Davis JM, Steer C, Emmett P, Roger I, Williams C and Golding J. 2007. Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): an observational cohort study. *Lancet* 369, 578-585.
- Hirayama T. 1990. Life-style and mortality: A large-scale census-based cohort study in Japan. *Contrib Epidemiol Biostat* 6, 1-133.
- Huynh MD and Kitts DD. 2009. Evaluating nutritional quality of Pacific fish species from fatty acid signatures. *Food Chem* 114, 912-918. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.038>.
- Jang SM, Kim SS, Choi YC and Kim SG. 2006. A study of correlations between air-temperature of Jeju and SST around Jeju island. *J Korean Soc Mar EnvironEng* 9, 55-62.
- Jeong BY, Cho DM, Moon SK and Pyeun JH. 1993. Quality factors and functional components in the edible seaweeds-1. Distribution of n-3 fatty acids in 10 species of seaweeds by their habitats. *J Korean Soc Food Nutr* 22, 621-628.
- Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998a. Proximate composition, cholesterol and  $\alpha$ -tocopherol content in 72 species of Korean fish. *J Korean Fish Soc* 32, 192-197.
- Jeong BY, Choi BD, Moon SK and Lee JS. 1998b. Fatty acid composition of 72 species of Korean fish. *J Fish Sci Tech* 1, 129-146.
- Jeong BY, Choi BD, Moon SK, Lee JS and Jeong WG. 1998c. Fatty acid composition of 35 species of marine invertebrates. *J Fish Sci Tech* 1, 232-241.
- Jeong HD, Hwang JD, Jung KK, Heo S, Sung KT, Go WJ, Yang JY and Kim SW. 2003. Long term trend of change in water temperature and salinity in coastal waters around Korean peninsula. *J Kor Soc Mar Envir Saf* 9, 59-64.
- 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, 1494S-1498S.
- KAST (The Korean Academy of Science and Technology). 1998. Scientific and Technological Terminology. Academya. Seoul, Korea, 810.
- Kayama M, Tsuchiya Y and Mead F. 1963. A model experiment of aquatic food chain with special significance in fatty acid conversion. *Nippon Suisan Gakkaishi* 29, 452-458.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YG, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fish. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Korea, 1-615.
- Kinsella JE. 1988. Food lipids and fatty acids-importance in food quality, nutrition, and health. *Food Technol* 42, 124-145.
- Ko JC, Kim BY, Kim MJ, Park SE, Kim JB and Cho HK. 2015. A seasonal characteristic of marine environment and fish assemblage in the coastal waters Jeju island, Korea from 2012 to 2013. *JFMSE* 27, 319-344. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2015.27.2.319>.

- Ko YB and Jeon DS. 1983. Fisheries biology for fishing improvement and optimum catch of a damselfish, *Chromis notatus* (Pisces, Pomacentridae) in Seogwipo, Jeju island-2. Food and feeding habits. Bull Mar Resour Res Inst Jeju Nat Univ 7, 15-21.
- Metillo EB and Aspiras-Eya AA. 2014. Fatty acids in six small pelagic fish species and their crustacean prey from the Mindanao Sea, Southern Philippines. Trop Life Sci Res 25, 105-115.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2017a. The list of food material. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/foodMaterial/foodMaterialDB.do> on Oct 27, 2017.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2017b. Information of drugs. Retrieved from <https://ezdrug.mfds.go.kr/#!CCBAA03F020> on Oct 27, 2017.
- Min HS and Kim CH. 2006. Interannual variability and long-term trend of coastal sea surface temperature in Korea. Ocean Polar Res 28, 415-423.
- 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.
- Moon SK, Lee SJ, Sung NJ, Kim IS and Jeong BY. 2014. Effects of eco-friendly squid *Todarodes pacificus* liver and patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* muscle oils on serum lipids and adipose tissues of rats. Korean J Fish Aquat Sci 47, 745-750. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.0745>.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 1994. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea. Yemoonsa, Busan, Korea, 235-236.
- Özogul W, Özogul F and Alagoz S. 2007. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. Food Chem 1003, 217-223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.009>.
- Saito H, Yamashiro R, Alasalvar C and Konno T. 1999. Influence of diet on fatty acids of three subtropical fish, subfamily Caesioninae (*Caesio diagramma* and *C. tile*) and family Siganidae (*Siganus canaliculatus*). Lipids 34, 1073-1082.
- Seong KT, Hwang JD, Han IS, Go WJ, Suh YS and Lee JY. 2010. Characteristic for long-term trends of temperature in the Korean waters. J Kor Soc Mar Envir Saf 16, 353-360.
- Stowasser G, Pond AW and Collins MA. 2012. Fatty acid trophic markers elucidate resource partitioning within the demersal fish community of South Georgia and Shag Rocks (Southern Ocean). Mar Biol 15, 2299-2310. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-2015-5>.
- Suh YS, Hwang JD, Pang IC, Han IS, Jo JD and Lee NK. 2011. Long-term variations of sea surface temperature in inshore and offshore waters of Jeju island. Kor J Nat Conserv 5, 135-140.
- Tocher DF. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Rev Fish Sci 11, 107-184. <http://dx.doi.org/10.1080/713610925>.
- Yazawa K and Kageyama H. 1991. Physiological activity of docosahexaenoic acid. Yukagaku 40, 974-978.