KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 45(6), 579-585, 2012

Original Article
Kor J Fish Aquat Sci 45(6),579-585,2012

# 남극이빨고기(*Dissostichus mawsoni*)의 지방산조성

임치원* · 조현수[1] · 연인자[2] · 석규진[2] · 최석관[2] · 윤나영 · 심길보

국립수산과학원 식품안전과, [1]국립수산과학원 서해 수산연구소, [2]국립수산과학원 자원관리과

# Fatty Acid Composition of Antarctic Toothfish *Dissostichus mawsoni*

Chi-Won Lim*, Hyun-Su Jo[1], InJa Yeon[2], KyuJin Seok[2], Seok-Gwan Choi[2], Na-Young Yoon and Kil-Bo Shim

*Food & Safety Reasearch Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan, 619-902, Korea*
*[1]West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea*
*[2]Fisheries Resources Management Division, Busan, 619-902, Korea*

The proximate compositions and fatty acid profiles of Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* that was caught in the southern Ross Sea (J, L) of the Antarctic Ocean were studied. The lipid contents of samples from J and L were 18.2 and 21.1%, respectively. The protein and ash contents were similar for samples J and L. The prominent fatty acids in the total lipids of the fish muscle were 18:1n-9, 16:1n-7, 16:0, 14:0, 18:1n-7, 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA), and 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA). In addition, the total fatty acids of bycatch products in the toothfish stomachs (*Pleuragramma antarcticum*, *Gerlachea australis*, *Pasiphaea sp*., *Trematomus eulepidotus*, *Chionodraco hamatus*, *Chionodraco myersi*, and *Neopagetopsis ionah*) were determined. The prominent fatty acids in those species were 18:1n-9, 16:0, 14:0, DHA, EPA, and 18:1n-7.

Key words: Antarctic toothfish, Bycatch products, *Dissostichus mawsoni*, Fatty acid

## 서 론

남극이빨고기는 파타고니아 이빨고기(비막치어)와 마찬가지로 농어목(Order Perciformes) 남극암치과(Family Nototheniidae)에 속하는 심해저층의 냉수에 서식하는 종으로 남빙양의 로스해의 45°S-78°S, 180°W-180°E 범위에 주로 분포하는 것으로 알려진 어종이다(Kim et al., 2008). 길이는 최대 2 m, 중량은 80 kg이상까지 달하며, 서식수심은 최대 2,200 m까지 분포하고 수명은 30년 이상 사는 것으로 알려져 있다(www.fishbase.org/summary/dissostichus-mawsoni.html).

남극이빨고기는 남빙양 로스해에서 풍도의 시계열 변동을 구명하기 위한 예비자원조사를 실시하였는데 이러한 조사를 통해서 우리나라는 남극해양생물 보존협약(Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, CCAMLR)에 따라 이 해역에 분포하는 수산자원을 과학적으로 조사하고 관리하여 남빙양에서의 우리나라 조업 기득권을 유지하고자 하는데 있다.

한편, 남극이빨고기는 비막치어의 남획으로 인한 자원감소와 어획규제등으로 금후에는 대체수산자원으로 될 가능성이 높아 이들에 대한 식품학적 조성에 대한 연구가 필요 할 것으로 판단되지만, 현재까지 국내에서는 이들의 식품학적 성분에 대한 조사연구는 전혀 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 남극에서 시험조업된 이빨고기를 대상으로 일반성분과 지방산에 대해서 분석하여 식품학적 정보를 제공하고자 하였고, 또한 이빨고기가 포식한 어류 7종을 위장내에서 분리하여 지방산조성을 분석함으로써 이러한 먹이원이 지방산의 먹이사슬과의 연관성에 대해서도 비교검토하고자 하였다.

**Article history;**
**Received** 24 September 2012; **Revised** 29 October 2012; **Accepted** 21 November 2012
***Corresponding author:** Tel: +82. 51. 720. 2670 Fax: +82. 51. 720. 2619
E-mail address: cwlim@nfrdi.go.kr
Kor J Fish Aquat Sci 45(6) 579-585, December 2012
http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0579
pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815
ⓒ The Korean Society of Fishereis and Aquatic Science. All rights reserved

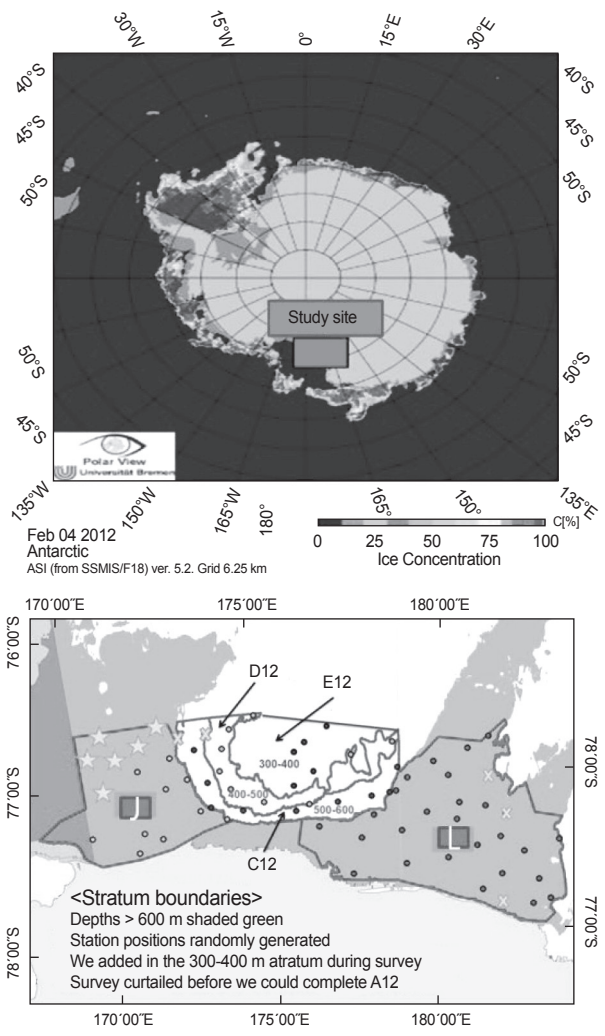


Fig. 1. Map of the study site and sampling position at the southern Ross Sea of the Antarctic Ocean.

## 재료 및 방법

### 시 료

남극이빨고기는 2012년 2월4일부터2월22일까지 뉴질랜드 NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research) 연구소 조업선을 이용하여 남극해 로스해 (88.1J와 88.1L 해구)를 J와 L로 구분하여 연승어획한 것으로서 조사해역도는 Fig. 1에 나타내었다. 어획수심은 400-800 m였으며, 평균어체크기는 80-120 cm 범위이고 평균중량은 11 kg정도였다. 본 실험에 사용된 시료는 어체가 비교적 큰 어종이어서 채취부위의 차이에 따른 오차를 최소화하기 위하여 어체중 아가미와 가까운 부위의 근육시료를 일정량씩 채취하였으며, 또한 크기에 따른 성분조성변화를 조사하기 위하여 시험구를 구별하여 분석하였는데 크기가 79 cm 이하는 (Ⅰ), 80-99 cm범위는 (Ⅱ), 100-119 cm 범위는 (Ⅲ), 120 cm이상은 (Ⅳ)로 4개의 구간으로 나누었고, 각 구간별로는 6개체 이상의 시료를 사용하여 각각 실험을 행하였다. 아울러 남극이빨고기의 위내용물에서 먹이원으로 섭취한 동정가능한 주요생물 7종을 분류하여 이들에 대한 지방산조성도 분석하였다.

Table 1. Proximate composition of Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* (wt %)

| Sample | Moisture | Protein | Lipid | Ash |
|---|---|---|---|---|
| L[1] | 66.8±0.9[a] | 18.3±0.9[a] | 18.2±0.6[a] | 0.7±0.1[a] |
| J | 62.3±0.8[b] | 18.8±0.9[a] | 21.1±1.7[a] | 0.7±0.1[a] |

[1]It means survey area of 88.1J (J) and 88.1L (L) at the southern Ross Sea of the Antarctic Ocean.
[a-b]means with the different letters at the fishing position are significantly different ($P$<0.05).

### 일반성분 분석

수분은 상압가열건조법, 단백질함량은 Semimicro Kjeldahl 법, 회분은 건식회화법으로 측정하였으며, 조지방함량은 Soxhlet법으로 측정하였다.

### 지방산 분석

TL의 지방산 methyl ester는 14% $BF_3$-Methanol 용액을 이용하여 조제하였다. TL의 지방산조성은 Omegawax 320 fused silica capillary (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. 시료주입구(injector) 및 FI (Flame ionization) 검출기온도는 250℃로 하였으며, 컬럼오븐온도는 180℃에서 8분간 유지한 후 3℃/min으로 230℃까지 승온시킨 다음 15분간 유지하였다. Carrier gas는 He (1.0 kg/cm$^2$)을 사용하고 split rate는 1:50으로 하였다. 분석된 지방산은 시료의 경우와 동일한 조건에서 분석한 표준품(Sigma Chemical Co., St Louis, USA)의 머무름시간과 비교하여 동정하고, 표준품이 없는 지방산의 경우는 문헌상(Ackman, 1986; Moon et al., 2005)의 ECL (equivalent chain length)과 비교하여 동정하였다. 내부표준품으로서는 methyl tricosanoate (99%; Aldrich Chem. Co., Milwaukee, USA)를 사용하였다(AOCS, 1998; Moon et al., 2011).

### 통계처리

평가분석을 위해 처리된 시료에 대해서 최소 3반복 이상으로 지방산 분석을 실시하였으며, 시료로부터 얻어진 실험결과들의 유의성을 검정하기 위하여 분산분석을 실시한 후 $P$<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 이때 사용

Table 2. Fatty acid composition of muscle of Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* (wt %)

| Name | J[1] | | | | L | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I[2] | II | III | IV | I | II | III | IV |
| C14:0 | 9.4 ± 2.1$^{aA}$ | 8.6 ± 0.9$^{aA}$ | 8.1 ± 0.8$^{aA}$ | 8.0 ± 0.4$^{aA}$ | 9.1 ± 1.0$^{aA}$ | 9.9 ± 1.7$^{aA}$ | 9.2 ± 0.5$^{aB}$ | 9.0 ± 0.5$^{aB}$ |
| C15:0 I | 0.3 ± 0.3 | 0.3 ± 0.0 | 0.3 ± 0.0 | 0.4 ± 0.2 | 0.3 ± 0.1 | 0.3 ± 0.0 | 0.3 ± 0.0 | 0.4 ± 0.0 |
| C15:0 | | 0.1 ± 0.1 | 0.2 ± 0.2 | 0.3 ± 0.0 | 0.3 ± 0.0 | 0.2 ± 0.2 | 0.4 ± 0.0 | 0.4 ± 0.0 |
| C16:0 | 12.1 ± 1.0$^{aA}$ | 11.2 ± 0.4$^{bA}$ | 11.1 ± 0.6$^{bA}$ | 10.2 ± 0.5$^{cA}$ | 11.9 ± 1.5$^{aA}$ | 11.7 ± 1.4$^{bA}$ | 10.8 ± 0.5$^{bA}$ | 10.8 ± 0.6$^{cB}$ |
| C17:0 | 0.1 | 0.3 ± 0.2 | . | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | | | |
| C18:0 DMA | 0.1 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 | 0.3 ± 0.0 | 0.3 ± 0.0 | 0.2 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 | 0.23 ± 0.2 |
| C18:0 | 1.8 ± 0.2 | 1.6 ± 0.2 | 1.9 ± 0.2 | 1.6 ± 0.2 | 1.4 ± 0.8 | 1.6 ± 0.1 | 1.6 ± 0.1 | 1.7 ± 0.1 |
| **∑Saturates** | **23.8 ± 2.2** | **22.3 ± 0.7** | **21.8 ± 1.2** | **20.9 ± 0.8** | **23.3 ± 2.5** | **23.9 ± 2.6** | **22.5 ± 0.6** | **22.5 ± 0.8** |
| C14:1 | 0.3 ± 0.3 | | 0.3 ± 0.2 | 0.3 ± 0.0 | 0.4 ± 0.1 | 0.3 ± 0.2 | 0.4 ± 0.0 | 0.4 ± 0.0 |
| C16:1n9 | 0.4 ± 0.5 | 0.2 ± 0.2 | 0.4 ± 0.3 | 0.3 ± 0.2 | 0.4 ± 0.2 | 0.4 ± 0.4 | 0.3 ± 0.3 | 0.1 ± 0.2 |
| C16:1n7 | 12.9 ± 1.3$^{aA}$ | 13.0 ± 0.9$^{bA}$ | 13.1 ± 0.8$^{aA}$ | 12.6 ± 0.5$^{aA}$ | 12.0 ± 1.0$^{aA}$ | 13.5 ± 1.7$^{bB}$ | 13.2 ± 0.4$^{aA}$ | 12.8 ± 0.6$^{aA}$ |
| C16:1n5 | 0.1 ± 0.1 | 0.7 ± 0.1 | 0.2 ± 0.2 | 0.3 ± 0.1 | 0.3 ± 0.0 | 0.2 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 |
| C17:1 | 0.1 ± 0.2 | 0.3 ± 0.2 | 0.3 ± 0.2 | 0.4 ± 0.0 | 0.5 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 | 0.3 ± 0.2 | 0.4 ± 0.1 |
| C18:1n9c/1n9t | 29.7 ± 2.0$^{aA}$ | 30.7 ± 1.3$^{abA}$ | 31.7 ± 2.2$^{aA}$ | 31.7 ± 0.9$^{aA}$ | 31.0 ± 3.5$^{aA}$ | 30.4 ± 1.3$^{abA}$ | 31.4 ± 0.4$^{aA}$ | 32.1 ± 0.6$^{aA}$ |
| C18:1n7 | 7.6 ± 0.3$^{aA}$ | 7.6 ± 0.4$^{aA}$ | 6.8 ± 0.8$^{aA}$ | 7.1 ± 0.4$^{aA}$ | 7.6 ± 0.2$^{aA}$ | 7.4 ± 0.2$^{aA}$ | 7.3 ± 0.1$^{aA}$ | 7.3 ± 0.1$^{aA}$ |
| C18:1n5 | 0.3 ± 0.2 | 0.4 ± 0.2 | 0.4 ± 0.4 | 0.5 ± 0.0 | 0.4 ± 0.1 | 0.4 ± 0.4 | 0.5 ± 0.0 | 0.5 ± 0.0 |
| C20:1n9 | 4.1 ± 0.5 | 3.9 ± 1.6 | 5.2 ± 0.6 | 5.0 ± 0.2 | 4.1 ± 1.1 | 3.4 ± 1.8 | 4.8 ± 0.3 | 4.9 ± 0.2 |
| C20:1n7 | 0.4 ± 0.2 | 0.5 ± 0.2 | 0.5 ± 0.2 | 0.6 ± 0.1 | 0.6 ± 0.1 | 0.9 ± 1.3 | 0.6 ± 0.1 | 0.6 ± 0.1 |
| C22:1n11 | 1.4 ± 0.4 | 1.8 ± 0.2 | 2.1 ± 0.4 | 2.2 ± 0.2 | 1.8 ± 0.9 | 2.1 ± 1.5 | 2.0 ± 0.2 | 2.1 ± 0.1 |
| C22:1n9 | 1.1 ± 0.2 | 1.3 ± 0.1 | 1.5 ± 0.4 | 1.5 ± 0.1 | 1.4 ± 0.6 | 1.1 ± 0.2 | 1.3 ± 0.1 | 1.4 ± 0.1 |
| **∑Monoenes** | **58.3 ± 2.7** | **60.4 ± 2.2** | **62.5 ± 1.7** | **62.5 ± 1.3** | **60.5 ± 5.9** | **60.3 ± 1.5** | **62.3 ± 0.6** | **62.8 ± 1.1** |
| C16:2n7 | | | | | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 1.9 ± 0.0 |
| C16:2n4 | 0.5 ± 0.3 | | 0.8 ± 0.1 | 0.5 ± 0.1 | 0.6 ± 0.4 | 0.5 ± 0.3 | 0.8 ± 0.1 | |
| C18:2n6c/2n6t | 2.0 ± 0.1 | 1.9 ± 0.1 | 2.1 ± 0.1 | 2.0 ± 0.1 | 1.8 ± 0.0 | 1.9 ± 0.1 | 2.0 ± 0.1 | 0.0 ± 0.1 |
| C18:3n6 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | | 0.1 ± 0.1 | 0.0 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.5 ± 0.0 |
| C18:3n3 | 0.5 ± 0.3 | 0.6 ± 0.2 | 0.5 ± 0.1 | 0.5 ± 0.0 | 0.5 ± 0.1 | 0.5 ± 0.2 | 0.5 ± 0.0 | 0.1 ± 0.2 |
| C18:4n3 | 1.3 ± 0.1 | 1.6 ± 1.2 | 1.1 ± 0.3 | 1.0 ± 0.1 | 1.1 ± 0.3 | 1.2 ± 0.1 | 1.1 ± 0.1 | 0.7 ± 0.3 |
| C20:2n6 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 |
| C20:3n3 | 0.2 ± 0.3 | 0.2 ± 0.3 | 0.2 ± 0.3 | | | | | |
| C20:4n6 | 0.3 ± 0.3 | 0.2 ± 0.3 | 0.3 ± 0.4 | 0.5 ± 0.0 | 0.5 ± 0.1 | 0.5 ± 0.2 | 0.6 ± 0.1 | 0.6 ± 0.1 |
| C20:4n3 | 0.2 ± 0.3 | 0.2 ± 0.2 | 0.1 ± 0.2 | 0.3 ± 0.1 | 0.2 ± 0.1 | 0.2 ± 0.1 | 0.1 ± 0.2 | 0.3 ± 0.3 |
| EPA (C20:5n3) | 6.8 ± 0.9$^{aA}$ | 6.1 ± 0.5$^{abA}$ | 5.6 ± 1.3$^{bA}$ | 5.4 ± 0.1$^{bA}$ | 5.4 ± 1.8$^{aA}$ | 4.7 ± 2.1$^{abA}$ | 5.3 ± 0.4$^{bA}$ | 4.8 ± 0.4$^{bB}$ |
| C22:4n6 | 0.2 ± 0.6 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.2 ± 0.4 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 |
| DPA (C22:5n3) | 0.1 ± 0.2 | 0.3 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 | 0.4 ± 0.2 | 0.3 ± 0.0 | 1.4 ± 3.0 | 0.2 ± 0.2 | 0.2 ± 0.2 |
| DHA (C22:6n3) | 5.9 ± 1.3$^{aA}$ | 5.0 ± 0.5$^{aA}$ | 5.0 ± 1.0$^{aA}$ | 4.4 ± 0.5$^{aA}$ | 4.7 ± 1.2$^{aA}$ | 3.5 ± 1.7$^{abB}$ | 4.3 ± 0.3$^{abA}$ | 4.4 ± 0.6$^{bA}$ |
| **∑Polyenes** | **18.0 ± 2.6** | **16.4 ± 2.2** | **15.9 ± 2.6** | **15.2 ± 1.1** | **15.5 ± 3.5** | **14.6 ± 2.4** | **15.3 ± 0.5** | **13.7 ± 0.5** |

[1]It means survey area of 88.1J(J) and 88.1L(L) at the southern Ross Sea of the Antarctic Ocean.

[2]Ⅰ : below 79 cm, Ⅱ : 80-99 cm, Ⅲ : 100-119 cm, Ⅳ : above 120 cm in size.

$^{a\text{-}c \text{ and } A\text{-}B}$means with the different letters at the size and fishing position are significantly different ($P$<0.05).

Table 3. Fatty acid composition of bycatch products in Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* (wt %)

| Name | *P. antarcticum* | *G. australis* | *P.* sp | *T. eulepidotus* | *C. hamatus* | *S. myersi* | *N. ionah* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C14:0 | 12.5±0.9 | 17.9±1.6 | 3.4±0.0 | 5.4 | 6.6±3.1 | 10.2±4.8 | 3.6±1.5 |
| C16:0 | 17.6±2.4 | 14.3±0.1 | 12.6±0.0 | 16.2 | 16.4±3.7 | 15.8±1.3 | 17.5±4.3 |
| C18:0 I | 0.2±0.3 | | 1.1±0.0 | | | | |
| C18:0 | 1.4±0.4 | | 1.8±0.0 | 3.0 | 1.9±0.6 | 2.5±1.2 | 2.4±0.5 |
| **∑SFA** | **31.5±2.9** | **32.2±1.5** | **18.9±0.0** | **24.6** | **24.9±1.2** | **28.5±0.1** | **23.5±3.4** |
| C16:1n7 | 12.0±1.1 | 9.1±0.8 | 11.5±0.0 | 7.7 | 6.8±3.6 | 7.6±3.8 | 3.0±0.6 |
| C16:1n5 | 0.2±0.3 | | | | | | 0.4±0.0 |
| C17:1 | 0.2±0.3 | | 1.0±0.0 | | | | |
| C18:1n9c/1n9t | 23.5±4.6 | 26.7±0.2 | 14.1±0.0 | 20.2 | 19.5±6.4 | 17.7±6.7 | 12.8±5.4 |
| C18:1n7 | 5.5±0.5 | 8.4±0.3 | 9.6±0.0 | 7.5 | 6.8±1.1 | 5.7±1.2 | 6.3±0.4 |
| C18:1n5 | 0.3±0.5 | | 1.2±0.0 | | | | |
| C20:1n11 | | | 1.6±0.0 | 2.7 | | | |
| C20:1n9 | 3.6±2.3 | | 1.6±0.0 | | | 2.1±0.8 | 3.7±1.6 |
| C20:1n7 | 0.3±0.5 | | 1.2±0.0 | | | | |
| C22:1n11 | | | | 0.9 | | 1.4±0.7 | 1.4±1.1 |
| C22:1n9 | 1.4±2.0 | | | | | 1.0±0.1 | 0.9±0.7 |
| **∑MUFA** | **32.6±12.5** | **35.1±2.2** | **29.3±0.0** | **31.3** | **26.3±13.2** | **27.9±10.2** | **25.1±9.5** |
| C16:2n7 | | | 1.0±0.0 | | | | |
| C16:2n4 | 0.7±0.2 | | 1.2±0.0 | 0.8 | | | |
| C18:2n6c/2n6t | 1.7±0.2 | 1.6±0.2 | 1.3±0.0 | 1.9 | 2.0±0.4 | 2.7±0.7 | 3.2±0.6 |
| C18:3n3 | 0.2±0.4 | | | | | 1.0±0.3 | 0.4±0.0 |
| C18:4n3 | 1.1±0.4 | | | 0.8 | 0.8±0.2 | 1.3±0.0 | 0.5±0.0 |
| C20:2n6 | | | 1.3±0.0 | | | | |
| C20:3n6 | | | 1.4±0.0 | | | | |
| C20:4n6 | 0.7±0.5 | | 2.7±0.0 | 2.8 | 1.4±0.3 | 1.4±0.8 | 2.5±0.4 |
| EPA (C20:5n3) | 8.5±6.0 | 10.5±0.1 | 14.8±0.0 | 15.6 | 13.5±5.1 | 10.0±2.1 | 20.2±2.7 |
| C22:5n6 | | | | | | | 0.4±0.0 |
| DPA (C22:5n3) | | | 1.3±0.0 | | | | 0.4±0.0 |
| DHA (C22:6n3) | 6.6±2.7 | 8.4±0.5 | 12.4±0.0 | 14.6 | 18.1±7.3 | 12.2±2.0 | 21.1±3.2 |
| **∑PUFA** | **19.3±9.6** | **20.5±0.1** | **37.4±0.0** | **36.5** | **35.8±12.0** | **28.6±10.3** | **48.7±6.1** |

한 모든 통계분석은 Statistic Analysis System (SAS Institute Ind, NC, USA) 통계 프로그램을 이용하여 처리하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 조성

남극이빨고기의 일반성분조성을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 남극이빨고기의 일반성분조성은 수분이 62.3-66.8%, 단백질이 18.3-18.8%, 지방이 18.2-21.1%, 회분이 0.7%이었다. 어획지역에 따른 성분함량 차이를 비교한 결과, 단백질과 회분은 어획지역(J 및 L)과 상관없이 거의 비슷한 함량을 나타내었으나 수분의 경우 L이 66.8%로 J의 62.3%보다 비교적 높은 함량을 나타낸 반면, 지방은 반대로 L이 18.2%로 J의 21.1%보다 낮은 함량을 나타내어 서식해역에 따라 다소 차이를 나타내었다. 어패류의 일반적인 경향인 수분과 지방 함량에는 역상관관계가 뚜렷하였으며(Jeong et al., 1999), 이빨고기와 유사한 종류인 비막치어(파타고니아 이빨고기 또는 메로)의 식품성분조성을 분석한 결과와 비교하면 수분과 지방 함량은 거의 비슷한 함량을 나타내었다(Moon et al., 2011). 한편, 일반성분에 대해서 유의차 검정을 실시한 결과($P<0.05$), 수분에 대해서는 유의차가 인정되었으나 지방, 단백질 및 회분에 대해서 유의차는 나타나지 않았다.

Table 4. Fatty acids and fatty acid ratios used as biomarkers for different food sources. Biomakers (expressed as ratios) indicate the relative importance of one food source over another

| Fatty acid | Main sources | Other important sources | Ratio | Maker for : |
|---|---|---|---|---|
| C16:1(n-7) | Diatoms | Bacteria | C16:1(n-7)/C16:0>1.6<br>∑C16/∑C18>2<br>C20:5(n-3)/C22:6(n-3)>1 | Diatoms |
| Iso C17:0; antesiso 17:0 | Bacteria | | C22:6(n-3)<br>C20:5(n3)/C22:6(n-3)<1 | Dinoflagellates |
| C18:1(n-7) | Bacteria | | ∑C15 + ∑C17<br>C18:1(n-7)<br>C18:1(n-7)/C18:1(n-9) | Bacteria |
| C18:2(n-6) | Z. marina | Algae, fungi, protozoa | C18:2(n-6) + C18:3(n-3) | Seagrass |
| | | | C20:1 + C22:1 | Zooplankton |
| C18:3(n-3) | Z. marina | Fungi, algae | C18:1(n-9) | Brown algae |
| C18:4(n-3) | | Dinoflagellates, cryptomoads | C20:5(n-3)/<br>C20:4(n-6)>10 | Red algae |
| C20:4(n-3) | | Fungi, protozoa, algae | C18:2(n-6)+C18:3(n-3)/<br>C20+C22 PUFAs | Z. marina |
| C20:5(n-3) | Diatoms<br>Pneophylum lejolistii | Algae | | |
| C22:6(n-3) | Zooplankton | Protozoa, dinoflagellates, cryptomonads | | |

Moon et al (2011)은 일반적으로 적색육어류는 지질을 근육에 주로 축적하고, 백색육 어류는 내장, 특히 간에 지질을 축적한다는 하였는데 이에 반해 이빨고기의 경우 육색은 백색육인데도 근육에 많은 지질을 함유한 것은 서식지가 심해의 저수온 환경이므로 생존적응하기 위하여 근육에도 지질을 다량 함유하였으며, Collins et al (2010)은 비막치어는 근육에도 비중이 가벼운 지질을 축적함으로서 가벼운 골격성분과 함께 중성부력을 유지한다고 하였다.

## 지방산 조성

남극이빨고기의 총지방산조성을 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 실험결과 총 29-33종의 지방산이 동정되었으며, 남극이빨고기 시료 J와 L에서 포화지방산은 총 지방산 중 20.9-23.8%, 22.5-23.9%를 차지하였고, 주요지방산으로는 J는 16:0 (11.1-12.1%), 14:0 (8.0-9.4%)이고, L은 16:0 (10.8-11.9%), 14:0 (9.0-9.9%) 이었다. 모노엔산 조성비는 J와 L이 58.3-62.5%, 60.5-62.8%이고, 18:1n-9 (29.7-31.7%, 30.4-32.1%), 16:1n-7 (12.9-13.1%, 12.0-13.5%), 18:1n-7 (6.8-7.6%, 7.3-7.6%) 등이 주요지방산이었으며, 그 중에서도 18:1n-9의 조성비가 특히 높았다. 그리고 폴리엔산 조성비는J가 15.2-18.0%, L이 13.7-15.5%로서 EPA (5.4-6.8%, 4.7-5.4%), DHA (4.4-5.9%, 3.5-4.7%) 등이 주요지방산이었다. 포화, 모노엔산 및 폴리엔산의 함량과 주요지방산조성에서의 결과를 살펴본 결과 해역별(J, L) 및 크기별(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ)에 따른 함량과 조성비의 차이는 뚜렷하게 구별할 수 없었다. 한편, Moon et al (2011)은 비막치어 근육의 지방산은 39종이 동정되었으며, 주요 지방산으로16:0, 18:0, 14:0 등의 포화산, 18:1n-9, 20:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7, 22:1n-11, 22:1n-9 등의 모노엔산, 그리고 DHA, EPA 등의 폴리엔산으로 구성되었다고 보고하였는데 본 연구결과와 비교해 볼 때 18:1n-9의 조성비가 높다는 점을 제외하고는 동정된 지방산의 수와 아울러 조성비의 순서와 함량에서 상당한 차이를 나타내었는데, 비막치어에서는 20:0, 22:1n-7, 24:1n-11, 18:2n-4, 20:3n-6, 21:5n-3이 검출되었으나 본 연구결과에서는 검출되지 않았는데, 이러한 지방산조성에서의 차이는 어류의 서식환경 등의 차이때문이라고 하였고, 또한 이빨고기가 포식한 부수어획종의 지방산을 분석한 결과(Table 3)와 비교해 볼 때 이들 어종에서도 이러한 지방산이 거의 검출되지 않는 것으로 보아 남극이빨고기의 먹이생물의 차이에 따라 기인한 것이 아닌가 추정된다.

한편, Table 2에서 보는 바와 같이 주요지방산에 대해서 유의차 검정을 실시한 결과($P$<0.05), 크기별로 볼 때 16:0, 16:1n-7 및 EPA에 대해서는 유의차가 인정되었으며, 어획장소별로는 14:0, 16:0, 16:1n-7, EPA 및 DHA에 대해서 유의차가 인정되나 그 외에 주요지방산에 대해서는 뚜렷한 유의차를 보이지 않았다.

또한 이빨고기의 위장내에서 먹이원으로 포식된 7종의 부수

어종에 대한 지방산조성을 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 실험결과 적게는8종, 많게는 총21종의 지방산이 동정되었다. *P. antarcticum*의 포화지방산은 31.5%였고, 주요지방산으로는 16:0, 14:0이며, 모노엔산은 32.6%이고, 18:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7등이 주요지방산으로 특히 18:1n-9의 조성비가 높았다. 그리고 폴리엔산 조성비는 19.3%로서 EPA, DHA 등이 주요지방산이었으며, 총 21종의 지방산이 검출되었다. 반면, *G. australis*는 부수어획종에서 가장 적은 9개만의 지방산이 동정되었고 가장 높은 조성비를 나타낸 것은 18:1n-9, 14:0, 16:0, EPA, DHA 및 18:1n-7의 순이였다. *P.* sp.의 포화지방산은 18.9%이고, 주요지방산으로는 16:0, 14:0이며, 모노엔산은 29.3%이고, 18:1n-9, 18:1n-7등이 주요지방산이었다. 폴리엔산 조성비는 37.4%로 EPA, DHA 등이 주요지방산이었다. *T. eulepidotus*의 포화지방산은 24.6%였고, 주요지방산으로는 16:0, 14:0였으며, 모노엔산은 31.3%이고 18:1n-9, 18:1n-7, 20:1n-11 등이 주요지방산으로 특히 18:1n-9의 조성비가 높았다. 그리고 폴리엔산 조성비는 36.5%로서 EPA, DHA 및 20:4n-6이었다. *C. hamatus*의 포화지방산은 24.9%였고, 주요지방산으로 16:0, 14:0, 18:0이였으며, 모노엔산은 26.3%이고, 18:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7등이 주요지방산이었다. 그리고 폴리엔산 조성비는 35.8%로 DHA, EPA, 18:2n-6 등이 주요지방산이었다. *S. myersi*의 포화지방산은 28.5%이고, 주요지방산으로는 16:0, 14:0, 18:0 등이었으며, 모노엔산은 27.9%로 18:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9 등이 주요지방산이었다. 폴리엔산 조성비는 28.6%로 DHA, EPA, 18:2n-6, 20:4n-6이었다. *N. ionah*의 포화지방산은 23.5%였고 주요지방산은 16:0, 14:0, 18:0이었으며, 모노엔산은 25.1%이고 18:1n-9, 18:1n-7, 20:1n-7, 16:1n-7 등이 주요지방산이었다. 그리고 폴리엔산 조성비는 48.7%이며 주요지방산으로는 DHA, EPA로 각각 21.1%, 20.2%로 특히 높았고 그 외에는 18:2n-6, 20:4n-6의 순이었다. 전체적으로 볼 때 부수어획종의 EPA와 DHA 함량(8.5-20.2%, 6.6-21.1%)이 이빨고기의 EPA와 DHA의 평균함량(5.1-6.0%, 4.2-5.1%)에 비해서 월등히 높아 이들의 이용가능성도 높다고 할 수 있고, 남극이빨고기는 장래의 잠재적인 식량원으로 될 가능성이 높아 이빨고기에 다량으로 들어있는 에테르지질 성분, 영양학적 성분조사뿐만 아니라 이들이 섭취하는 먹이어종에 대한 추가적인 연구를 함으로서 식품학적인 가치를 평가해야 할 필요가 있다고 판단된다.

한편, 지방산은 생명체의 에너지원으로나 생존과 성장에 있어서 필수적인 성분이고, 또한 지방산은 생체내에서 만들어지기도 하나 생태계의 1차 생산자에서 유래되어 최종포식자가 섭취하여 연쇄먹이사슬을 통해서 얻어진다(Hazel et al., 1991; Parrish, 1998; Parrish et al., 2000; Sargent et al., 1987). Table 4에서 나타난 결과와 같이 해조류, 플랑크톤이나 박테리아에서만 일부 지방산이 생산되기 때문에 biomaker로서 유용하게 활용되는데(Alfaro et al., 2006; Kharlamenko et al., 2001), 본 연구에서는 이빨고기의 위내용물에서 섭취한 어획물을 분석한 결과, 부수어획종들은 주로 갈조류(18:1n-9), 동물성 플랑크톤(20:1), 규조(20:5n-3), 와편모조(22:6n-3) 등을 먹이원으로 하였고, 이렇게 섭취된 어류를 주로 이빨고기들이 먹이원으로 하는 것을 추정할 수 있었으며, 보다 더 정확한 결과를 얻기 위해서는 남극이빨고기의 서식해역의 플랑크톤, 규조류 및 와편모조등에 대한 지방산분석과 안정동위원소($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) 등에 의한 추가적인 연구결과를 추진중에 있다.

## 사 사

이 연구는 국립수산과학원(RP-2012-FS-033 )의 지원에 의해 운영되었습니다.

## 참고문헌

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

Alfaro AC, Thomas F, Sergent L and Duxbury M. 2006. Identification of tropic interactions within and estuarine food web (northern New Zealand) using fatty acid biomarkers and stable isotopes. Estuarine, Coastal and Shelf Science 70, 271-286.

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

Collins MA, Brickle P, Brown J and Belchier M. 2010. The Patagonian toothfish: biology, ecology and fishery. Advances in Marine Biology 58, 227-300.

Hazel JR, Williams EE, Livermore R, Mozingo N. 1991. Thermal adaptation in biological menbrances: functional significance of changes in phospholipid molecular species composition. Lipids 26, 277-282.

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.

Kharlamenko VI, kiyashko SI, Imbs AB and Vyshkvartzev DI. 2001. Identification of food sources of invertebrates from the seagrass *Zostera marina* community using carbon and sulfur stable isotope ratio and fatty acid analyses. Mar Ecol Prog Ser 220, 103-117.

Kim DN and Kim YS. 2008. Distribution of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) by bottom longliner in the southeastern Atlantic Ocean. Kor J Fish Aquat Sci 44, 304-311.

Lee DS, Yoon HD, Kim YK, Yoon NY, Moon SK, Kim IS and Jeong BY. 2011. Proximate and fatty acid compositions of 14 species of coastal and offshore fishes in Korea. Kor J Fish Aquat Sci 44, 569-576.

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

Moon SK, Kim IS, Hong SN and Jeong BY. 2011. Food components of the muscle and liver of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 451-455.

Moon SK, Kim IS, Ko YS, Park JH, Kim GJ and Jeong BY. 2011. Food components of striped jewfish *Stereolepis doederleini*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 550-553.

Parrish C. 1998. Lipid biogeochemistry of plankton, setting matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. I. Lipid classes. Organic Geochemistry 29, 1531-1545.

Parrish CC, Abrajano TA, Budge SM, Helleur RJ, Hudson ED, Pulchan K, Ramos C. 2000. Lipid and phenolic biomarkers in marine ecosystems: analysis and applications. In: Wangersky, P. (Ed.), The Handbook of Environmental Chemistry, Part D, Marine Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg, Germany, 193-233.

Sargent JR, Parkes RJ, Mueller-Harvey I, Henderson RJ. 1987. Lipid biomarkers in marine ecology. In: Sleigh, M. (Ed.), Microbes in the Sea. Ellis Horwood, Chidhester, UK,119-138.