

¹³C NMR 분석 및 지방산 분석을 통한 어유의 종류 구분 및 사용 실태에 관한 연구

조은아 · 임성준* · 오태현* · 안현주* · 육수진* · 최진욱** · 차윤환 · †이영상*
승의여자대학교 식품영양과, *서울세관 분석실, **중앙관세분석소

A Study on Classification of Fish Oil Types and Its Usage by ¹³C-NMR Spectra and Fatty Acids Analysis

Eun-Ah Cho, Sung-Jun Lim*, Tae-Heon Oh*, Hyun-Joo Ahn*, Soo-Jin Yuk*, Jin-Uk Choi**,
Yun-Hwan Cha and †Young-Sang Lee*

Dept. of Food and Nutrition, SoongEui Women's College, Seoul 100-751, Korea
*Korea Customs Service, Seoul Main Customs Analysis Office, Seoul 135-010, Korea
**Central Customs Laboratory and Scientific Service, Jinju 660-845, Korea

Abstract

This study estimates the classification criteria which distinguishes the types of omega-3 health functional foods, fish oils and fish oil usages through ¹³C-NMR spectra and fatty acids contents analysis. The major fatty acids of omega-3, eicosapentaenoic acid (EPA, C_{20:5}) and docosahexaenoic acid (DHA, C_{22:6}) are being analyzed. 10 ethyl ester (EE) forms and 10 triglyceride (TG) forms are the most common types of fish oils for 20 omega-3 products. Gas chromatography (GC) analysis generally shows the matching EPA and DHA contents of the products listed on the notation. But EE form contents of EPA and DHA are higher and are more varied than the TG form. Most of the samples of EPA/DHA ratio show different content ratios of indicated on the products when comparing with standards. The ¹³C-NMR analysis of EPA and DHA on sn-1,3 and sn-2 carbonyl peak position with fish oil triglycerides display whether the reconstituted triglycerides (rTG) are being confirmed or not. As a result of the 9 TG form, the 10 TG products showed similar values: EPA sn-1, 3; 13.46~15.66, sn-2; 3.00~4.52, DHA sn-1, 3; 2.43~4.40, sn-2; 3.84~6.36. But one product showed lower contents (EPA: sn-1, 3; 5.88, sn-2; 2.86, DHA sn-1, 3; 2.29, sn-2; 5.95) of EPA, thus it can be considered a different type of oil and only matched six products according to the label. This study is intended to provide basic materials which identify the status for the types and quality of omega-3 fish oil products according to fatty acids profiles and the ¹³C-NMR spectrum confirmed the location specificity of EPA and DHA.

Key words: fish oil, omega-3 fatty acid, eicosapentaenoic acid (EPA, C_{20:5}), docosahexaenoic acid (DHA, C_{22:6}), ¹³C-NMR analysis

서 론

어유 중에 풍부하게 포함된 EPA(*cis*-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid)나 DHA(*cis*-4,7,10,13,15,19-docosahexaenoic acid)와 같은 오메가-3 지방산은 고도불포화지방산(high unsaturated fatty acid,

HUFA)이며, 포유동물의 뇌 및 망막의 인지질 구성에 중요한 지방산이다. EPA와 DHA는 음식 유래의 α -리놀레산(α -linoleic acid, C_{18:2})에서 6,9,12,15-octadecatetraenoic acid가 형성되고, 2 번의 2탄소 단위의 연장과 2회의 카르복실말단측으로의 불포화반응이 쌓여 형성될 수 있다. EPA와 DHA는 식사로 섭취 시

† Corresponding author: Young-Sang Lee, Korea Customs Service, Seoul Main Customs Analysis Office, Seoul 135-010, Korea.
Tel: +82-2-510-1392, Fax: +82-2-2015-7841, E-mail: happylife203@customs.go.kr

혈청 콜레스테롤, 트리아실글리세롤 합성을 저하하며, 막의 인지질에 이입되어 아라키돈산 유래의 prostanoid, 특히 혈전을 형성하는 thromboxane A₂(TxA₂)의 합성을 억제한다(Satoshi 등 2000; Caterina & Svein 2012).

건강기능식품으로 식용 어류(연어, 참치, 정어리, 멸치 등)를 원료로 제조한 오메가-3 제품의 경우, EPA와 DHA의 총합은 180 mg/g(18%) 이상, 바닷물범(하프실)유를 원료로 한 경우 120 mg/g(12%) 이상으로 하고 있다. 건강기능식품으로 EPA와 DHA의 일일 섭취량을 FDA에서는 500~2,000 mg의 섭취를 권장하고 있다. 오메가-3 제품에 대한 관심이 높아지면서 EPA와 DHA의 함량을 대폭 높인 고가 원료의 제품은 물론, 에스테르화 공정을 통해 공전의 기준규격을 맞춘 제품들의 출시가 많아지고 있다. EPA와 DHA의 원료로 오메가-3 제품에 가장 많이 사용하는 것으로 알려진 것이 연어유(약 75%)이며, 이외에도 정어리유, 멸치유, 참치유, 물범유 등 다양한 식용 어유가 사용되고 있다. 식용어유를 가열하고 압착하며, 핵산이나 이산화탄소를 이용한 초임계추출법으로 추출하고, 탈검이나 탈산 후 탈색과 탈취 과정을 거쳐 제조되고 있다(Lee 등 2011). 제품으로 만들어진 오메가-3의 지방을 분석해 보면 triglyceride(TG)외에 ethyl ester(EE) 유형을 확인할 수 있다(Cho 등 2012). EE 유형의 어유는 TG를 에탄올과 반응하여 에틸에스테르화한 경우 발생하며, 수입시 어유 유형으로 분류하지 않고 기타 조제식품으로 분류된다. 원료물질 자체가 오염되었거나, 오염원을 가지는 식용 어유에서 오염원을 제거하기 위해 증류공정(distillation process) 중 원유(crude fish oil)를 에탄올과 반응하여 구조적으로 변화시킨 후 감압 하에서 분자 증류(molecular distillation)하여 오염원을 제거하는데, 이 공정의 결과로 EE 유형을 가지는 오메가-3 지방산이 농축된다(Jiankang 등 2010). 따라서 EE 유형의 제품은 EE를 함유하는 원료를 직접 제품화 했거나 오염된 원료로부터 재조합(re-esterified triglyceride, rTG)하여 제품화 했다는 것을 의미하므로, 본 연구팀에서는 FT-IR과 탄소동위원소법으로 수입되는 오메가-3 제품을 대상으로 TG와 EE 유형을 각기 구별하여 대상 제품 38종 중 19종이 EE 유형임을 밝힌 바 있다(Cho 등 2012).

TG 유형 제품에서 에틸에스테르화 반응을 이용한 re-esterified TG(rTG) 제품은 확인되지 않았으나, 지방산 조성 중 EPA와 DHA의 비율이 제품에 표기되어 있는 어유 종류의 일반적인 함량비와 많은 차이를 보이는 것에 착안하여 각 제품에 표기된 어유와 동일한 표준시료의 비교를 통해 제품에 함유된 EPA와 DHA의 함량 및 원료의 적절한 사용 여부를 지방산 분석법과 ¹³C-NMR 구조 분석을 통해 밝혀 보고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 어유는 국내에서 건강기능식품으로 수입되어 판매되고 있는 오메가-3 제품 중 대다수(75%)를 차지하는 연어유의 20종(캐나다산 9종, 미국산 5종, 뉴질랜드 5종, 호주산 1종)이며, ¹³C-NMR 분석에 사용한 표준시료는 수입 연어유 2종과 연어로부터 직접 용제로 추출한 연어유, 수입 정어리유 3종, 건강기능식품으로 판매되는 정어리유 제품 2종, 멸치에서 추출한 멸치유 1종, 건강기능식품으로 판매되는 멸치유 제품 1종, 정제어유로 표시하여 판매되는 제품(어종이 따로 표시되어 있지 않음 6종, 물범유 4종)을 분석 시료로 사용하였다.

2. GC를 이용한 지방산 조성 분석

지방산 성분 분석은 전처리 시료를 가수분해 후 메틸화(methylation) 과정을 거치는 AOAC법 41.1.28(AOAC 1990)을 참고하여 gas chromatography(GC)법에 의해 지방산 조성을 분석하였다. 분석을 위해 GC(7890A, Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였고, 분석 칼럼은 HP-INNOWAX(30 m×0.25 mm×0.25 μm, J&W Scientific, USA)를 사용하였다. 오븐 온도는 60°C에서 시료 주입 후 170°C까지 5°C/min의 속도로 승온하고, 5분간 유지, 다음 185°C까지 2°C/min으로 승온 후 1분간 유지, 220°C까지 2°C/min으로 승온 후 20분간 유지하였다. 시료 주입량은 1 μl, 이동상으로는 헬륨을 2.0 ml/min으로 주입하였다. 주입구 및 검출기의 온도는 250°C이었으며, 검출기는 flame ionization detector(FID)를 사용하였다.

3. ¹³C-NMR에 의한 구조 분석

¹³C-NMR 분석은 Varian UNITY INOVA 500 spectrometer(Varian technologies, USA)를 사용하여 500 MHz에서 측정하였다. 각 어유는 26°C에서 5 mm NMR tube를 사용하여 약 100 mg을 chloroform-D(CDCl₃ + 0.05% v/v TMS(tetramethylsilane))에 용해하여 분석시료로 사용하였다. TMS를 기준물질로 사용하여 얻은 정량 ¹³C-NMR 스펙트럼은 128K data point, spectral width 220 ppm, acquisition time 2s, relaxation delay time 20s 및 804 scans을 사용하여 얻었다. 표준시료의 ¹³C-NMR 스펙트럼의 면적비를 기준으로 샘플 20종의 분석 스펙트럼을 비교하였다.

결과 및 고찰

1. GC 기기 분석 결과

오메가-3 건강기능식품을 제조하기 위해 추출된 다양한 어유(연어유, 정어리유, 멸치유, 물범유 등)로부터 캡슐화 등 가공 전의 oil 상태를 제조원료로부터 직접 수입하여 표준시

료로 하였으며, 그 중 일부는 원재료 상태의 연어와 멸치를 그대로 수입한 후, 생산 공장의 공정법과 동일한 방법으로 연구실에서 직접 추출하여 표준시료로 하였다. 분석 대상 샘플로는 수입 전 각 나라에서 캡슐로 가공되었거나 한국에서 oil로 수입되어 가공된 오메가-3 건강기능식품 제품 20종을 분석 대상으로 정하였다. 우리나라에서 오메가-3 제품으로 판매되고 있는 어유의 어종은 연어유가 대략 75%로 대다수를 차지하고 있으므로 20종의 제품은 모두 연어유 제품을 분석 대상으로 하여 지방산의 함량 및 구조를 표준시료의 것과 비교하여 살펴보고자 하였다.

표준시료의 GC 크로마토그램 분석 결과, 검출된 지방산의 대부분은 C_{16:0}, C_{18:1}, C_{20:5}(EPA), C_{22:6}(DHA) 등이며, 이 중 EPA와 DHA가 가장 많은 함량을 차지하였다. 따라서 본 연구에서는 어유에 존재하는 지방산 중 EPA와 DHA의 함량만을 비교하여 분석하기로 하였다. 표준시료로 사용한 연어유, 정어리유, 멸치유, 및 정제어유(Fig. 1A) 및 20종 샘플의 EPA와 DHA 함량(Fig. 1B)을 분석하여 비교하였다. 오메가-3 어유의

주요 유형은 ethyl ester(EE)와 triglyceride(TG)이며, 원료물질의 오염 또는 부적합한 가공 중 차이가 발생한다. Cho 등(2012)의 연구에서 연어유 제품의 구조적 유형을 FT-IR 스펙트럼 분석을 통해 TG와 EE유형으로 나눈 바 있다. 이를 바탕으로 20개 샘플을 TG 그룹 10종과 EE 그룹 10종으로 먼저 나눈 후, 각 그룹 샘플의 EPA와 DHA 함량 및 EPA/DHA 함량비를 GC/FID 분석으로 얻은 크로마토그램의 면적비율로 구하여 표시하였다(Fig. 1B). EPA/DHA 함량비는 따로 표시하여 TG 유형과 EE 유형 제품 샘플과 표준시료 간에 구별이 쉽도록 하였다(Fig. 1(a), (b)). TG 유형 제품과 EE 유형의 EPA 및 DHA 함량 분석 결과, 제품 표기 사항에 표시된 내용과 거의 일치하였다. 그러나 EE 유형의 제품 중에서는 TG 제품과 EPA와 DHA 함량이 유사한 제품이 있었으며, 함량의 변동 폭이 TG 유형 제품보다는 더 큰 편이었다. 함량의 특징을 자세히 살펴보면, TG 유형의 EPA 함량이 DHA 함량보다 높았다(EPA: 10.1~19.7%, DHA: 11.4~12.5%). TG 유형 10 종류 중 1개 제품(좌측에서부터 6번째)을 제외하고는 대부분

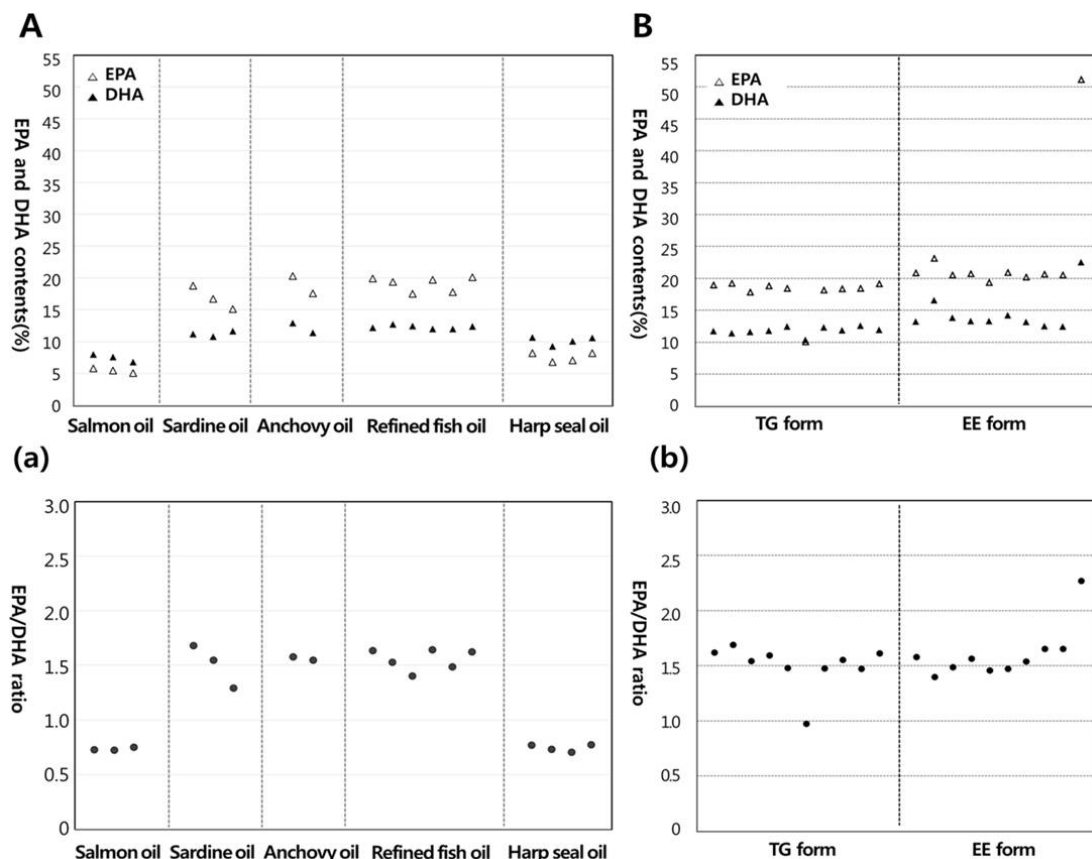


Fig. 1. EPA (Δ), DHA (\blacktriangle), and EPA/DHA (\bullet) contents (%) were analyzed as fatty acid methyl esters by gas chromatography (GC) with a flame ionization detector (FID). A: standard fish oils, B: 20 different products of fish oil samples. In particular a large version of EPA/DHA contents (a, and b) that readers can view to more detail: (a) EPA/DHA contents of standard fish oils, (b) EPA/DHA contents of 20 different products of fish oil samples

EPA 함량이 18~19%의 범위 내에 존재했으며, DHA의 함량 또한 1개 제품을 제외하고는 11~13%의 범위 내에 있어서 EPA/DHA의 비가 평균 1.57 정도였다. 한 제품의 EPA 함량은 10.1%, DHA 함량은 10.5%로 서로 비슷한 값을 가지며, EPA/DHA 비가 0.96으로 다른 9개 제품과는 차이가 있었다. 이로써 10개 TG 유형 제품 중 EPA/DHA 비가 1.57 정도인 제품과 EPA/DHA 비가 1이하인 두 그룹 제품으로 확인되었다.

20종의 연어유로 표기된 오메가-3제품 중 EE 유형 10종의 제품은 TG 유형과 비교해 변량 범위가 컸다. EPA 함량은 19.4% 부터 51.1%로 함량 범위 폭이 대단히 넓었으며, DHA 함량은 12.4% 부터 25.7%로 다양한 함량 범위를 가지고 있어서 EPA/DHA의 비의 평균은 1.56 정도였다. EE 유형의 오메가-3 제품은 대부분이 EPA와 DHA의 총 함량 30~50%로 이러한 특징은 어유를 ethyl ester한 후에 분자증류를 통해서 그 함량을 조절할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

TG 유형과 EE 유형으로 나누어 본 20종의 연어유 표기 제품을 분석하여 본 결과, 다른 어유로부터의 제조 또는 혼합일 가능성을 생각해 볼 수 있어서 표준시료로서 연어유, 멸치유, 정어리유, 정제어유, 물범유를 구입하거나 직접 정제하여 같은 방법으로 GC 기기 분석을 통해 지방산 조성을 분석하였다. 표준시료의 연어유 지방산 조성은 EPA 함량이 5% 내외 DHA 함량이 7% 내외로 확인되었으며, EPA/DHA의 비가 약 0.73 내외로 연어유 표기제품 20종의 EPA/DHA의 비와 차이가 있었다. 연어유 지방산 중 EPA와 DHA 함량보다 높은 것으로 보고되었으나(Lee 등 2010; Derya 등 2010), 20종의 연어유 표기 제품 중 TG 유형 대부분의 제품과 EE 유형의 일부 제품은 EPA가 DHA보다 높은 함량을 가지는 것으로 보아, 표준시료로 사용한 연어유의 지방산 조성과는 차이를 보이고 있다. 이는 화학적으로 변성하여 지방산의 조성을 변화시킨 것이거나, 연어유가 아닌 멸치유 또는 정어리유 등과 오히려 유사한 조성을 가지는 것으로 판단할 수 있다(Murat 등 2003).

2. ^{13}C -NMR 분석 결과

어류 지방산은 주로 지방산이 글리세롤 분자에 세 개 다른 입체특이성 위치인 sn-1, sn-2 또는 sn-3에 에스테르 결합한 트리아실글리세롤(triacylglycerols)로 구성되어 있다. 트리아실글리세롤에서 지방산의 입체특이성 분포는 천연 지방의 다른 종류에 따라서 그 특성과 독특한 분포를 가진다. 입체특이성 분포는 sn-1, sn-2 또는 sn-3에서 지방산의 조성을, 위치특이성 분포는 sn-1,3과 sn-2의 조성을 알 수 있다(Chamila 등 2012; Gunstone FD 1991). ^{13}C -nuclear magnetic resonance(NMR)의 분석은 글리세롤과 지방산이 결합한 트리아실글리세롤의 구조에 있어 어유의 종류에 따라 지방산이 붙는 위치가 차이가 있는지 알아보하고자 한다.

먼저 가공하지 않은 표준시료인 연어유, 정어리유, 멸치유의 ^{13}C -NMR의 분석 결과, 500 MHz에서 4시간 측정하여 이들의 Spectra를 얻었다(Fig. 2). Spectrum의 EPA, DHA의 sn-1,3과 sn-2의 피크의 확인은 발표된 논문과 비교한 결과와 동일한 데이터를 얻었다(Navaede 등 2003; Erick 등 2010). 이들의 반 정량(semi-quantitative analysis) 결과, 연어유, 정어리유, 멸치유의 유사한 것은 이들 어유의 EPA는 sn-1,3의 위치에 있는 것 sn-2에 위치에 결합된 것에 비해 높게 확인되어 EPA는 주로 sn-1,3에 위치해 있는 것으로 확인되며, DHA는 sn-2의 위치에 있는 것 sn-1,3에 위치에 결합된 것에 비해 높게 확인되어 DHA는 주로 sn-2에 위치해 있는 것으로 확인되었다(Table 1). 이와 관련하여 발표된 논문과 동일한 결과임을 알 수 있었다(Inger 등 2009; Ackman RG 1992; Jiankang 등 2010). 연어유의 sn-1,3에 위치한 EPA의 함량은 평균 3.7%이며, 정어리유 11.91%, 멸치유 14.78%로 연어유의 sn-1,3에 위치한 EPA의 함량은 낮은 것으로 확인되었고, 또한 연어유는 sn-1,3에 위치한 DHA의 함량은 평균 1.4%이며, 정어리유 3.94%, 멸

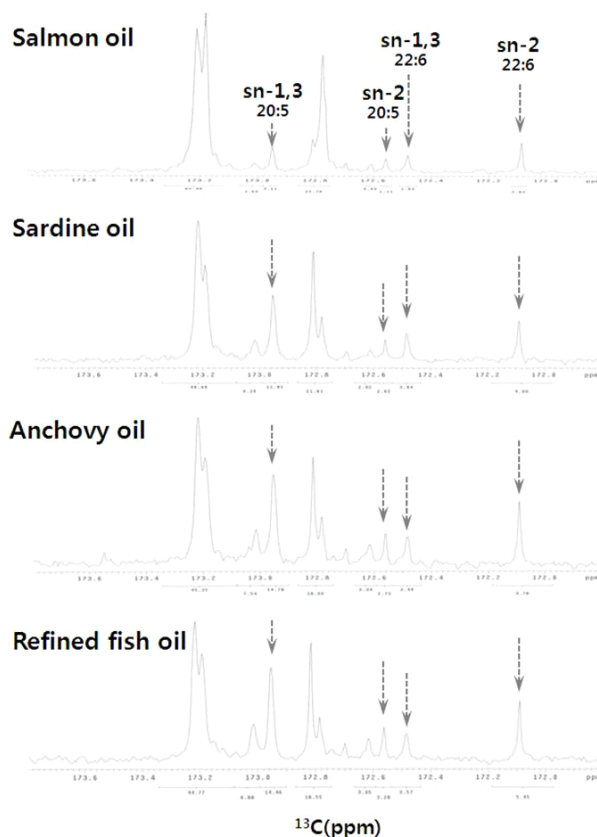


Fig. 2. Carbonyl region of 500-MHz ^{13}C -NMR spectrum for salmon oil, sardine oil, anchovy oil, and refined fish oil. The arrows indicates sn-1,3 and sn-2 position of EPA ($\text{C}_{20:5}^{\Delta 5}$) and DHA ($\text{C}_{22:6}^{\Delta 4}$), respectively

Table 1. The regio-isomeric distribution of EPA (C_{20:5}^{A5}) and DHA(C_{22:6}^{A4}) in standard oil and sample oil was calculated from the area under the sn-1,3 and sn-2 peaks

A: EPA(sn-1,3/sn-2) and DHA(sn-2/sn-1,3) of standard fish oils		
Standard oils	EPA(C _{20:5}) sn-1,3/sn-2	DHA(C _{22:6}) sn-2/sn-1,3
	2.32	1.4
Salmon oil	2.83	1.85
	2.88	1.52
Sardine oil	4.94	1.02
	4.01	1.97
Anchovy oil	5.42	1.36
Refined fish oil	4.41	1.52
	4.97	1.51
B: 10 different products of TG form fish oil samples		
Sample No.	EPA(C _{20:5}) sn-1,3/sn-2	DHA(C _{22:6}) sn-2/sn-1,3
1	3.67	1.18
2	5.22	1.6
3	3.23	1.6
4	4.95	1.12
5	3.08	1.95
6	2.06	2.6
7	3.05	1.33
8	4.42	1.57
9	3.53	1.34
10	4.0	2.07

치유 3.49%로 연어유의 sn-1,3에 위치한 DHA의 함량은 낮은 것으로 확인되었다. 연어유와 정어리유, 멸치유 간에는 차이점을 확실하게 알 수 있었으나, 정어리와 멸치유 간에는 확인하기 곤란하였다.

트리아실글리세롤(triacylglycerol)의 구조에서 위치특이성이 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 시중에 유통되고 있는 어유 유래의 오메가-3 건강기능식품 중 TG유형 제품 대해서 ¹³C-NMR의 분석결과를 보면 Table 1(B)에서 보는 바와 같이 EPA는 sn-1,3 위치에, DHA는 sn-2 위치에 주로 위치에 있어 표준시료로 사용한 Table 1(A)의 연어유, 정어리유, 멸치유의 위치특이성과 유사한 형태를 가지는 것으로 보인다. 그러나 TG 유형 10개 제품 중 9개 제품의 sn-1,3과 sn-2의 위치를 EPA와 DHA 각각에서 분석한 결과, EPA의 sn-1,3; 13.46~15.66, sn-2; 3.00~4.52, DHA의 sn-1,3; 2.43~4.40, sn-2; 3.84~6.36으로 연어유 표준시료와는 다른 패턴을 보였으며, 정어리유, 멸치유 및 정제 어유류 표준시료의 위치특이성과 유사한 패턴을

보이는 것을 확인할 수 있었다. TG 시료 중 1개 제품은 다른 9개 제품에 비해서 EPA가 sn-1,3; 5.88, sn-2; 2.86, DHA가 sn-1,3; 2.29, sn-2; 5.95로 sn-1,3에 위치한 EPA의 함량이 현저히 낮았고, 연어유의 표준시료 결과와 유사한 패턴으로 나타났다. 제품들의 위치 특이성을 볼 때 이는 재조합(reconstitution) 어유라고 보기는 어려웠다. Reconstituted TG는 지방산과 글리세롤을 재조합할 때 EPA의 경우 sn-2에, DHA 경우는 sn-1,3 위치에 지방산이 주로 재위치한다고 보고된 바 있다(Erick 등 2010). 10개 TG 유형 제품의 위치특이성으로는 sn-2 위치에는 주로 DHA가 sn-1,3 위치에는 주로 EPA를 확인할 수 있는 것으로 보아 reconstituted TG는 아닌 것으로 판단된다. 오메가-3 제품에 표기는 모두 연어유였으나, 실제 분석결과 1개 제품만이 연어유로 판단되며, 나머지는 기타 어종의 어유일 가능성을 배제할 수 없다. 물론 연어의 원산지별, 양식 등의 여러 요인에 따라 지방산 조성과 EPA와 DHA의 sn-1,3과 sn-2의 위치특이성은 차이가 있을 수 있다. 그러나 위의 이런 결과로 볼 때 앞으로 다양한 연어유의 표준시료를 확보하여 지방산 조성과 EPA와 DHA의 sn-1,3과 sn-2의 위치특이성을 데이터화 한다면 오메가-3 건강기능식품 제조에 사용되는 어유의 종류에 대한 판별 여부와 지방산의 특성 상 가공 중에 발생하는 reconstitution의 가능성 여부 판단에 도움이 될 것이며, 원료뿐 아니라 각 공정의 적합성 여부를 보다 면밀히 확인하여 바람직한 오메가-3 제품을 생산해야 할 것으로 사료된다.

요약 및 결론

어류에서 추출한 오메가-3 건강기능식품을 대상으로 ¹³C-NMR 분석 및 지방산 분석 등을 통해 어유의 종류를 구분할 수 있는 분류 기준을 마련하고, 실제 사용된 어유의 종류를 확인하고자 하였다. 오메가-3 식품으로 판매되고 있는 20개 어유 제품을 대상으로 ecosapentaenoic acid(EPA, C_{20:5})와 docosahexaenoic acid(DHA, C_{22:6})의 지방산 함량을 분석한 결과, 10개의 ethyl ester(EE) 유형 제품과 10개의 triglyceride(TG) 유형 제품으로 나눌 수 있었고, TG 유형 제품의 EPA는 약 18~19%이며, DHA는 11~13% 범위였다. EE 유형 제품의 EPA는 19.4~51.1%, DHA 12.4~25.7%로 전체적인 함량이 TG 제품보다는 높았고, 다양한 변량 폭을 확인하였다. EPA/DHA 함량비를 표준시료의 어유와 비교한 결과, 대부분의 샘플에서 제품에 표기된 어종과는 다른 어종의 함량비를 보였다. 이는 가공 중 지방산 조성을 변형했거나 표기된 어종과는 다른 어유를 사용한 것일 수 있으므로, EPA와 DHA의 sn-1,3과 sn-2 위치 카르보닐 피크를 ¹³C 핵자기 공명 분석하여 어유 중 트리아실글리세리드의 재조합 여부를 확인하였다. 10개 TG 유형 제품 중에서 9개 제품은

EPA의 sn-1,3; 13.46~15.66, sn-2; 3.00~4.52, DHA의 sn-1,3; 2.43~4.40, sn-2; 3.84~6.36으로 유사한 값을 보였으나, 표준시료와 비교하면 제품에 표기된 어종과는 일치하지 않았다. 1개 제품은 EPA가 sn-1,3; 5.88, sn-2; 2.86, DHA가 sn-1,3; 2.29, sn-2; 5.95로 제품에 표기된 어종과 같은 종류인 것으로 판단된다. TG 유형 제품의 위치특이성 결과로는 reconstituted TG이기 보다는 제품에 표기된 어종과 다른 어유를 사용한 제품이거나 다른 어종의 어유를 일부 혼합하여 제조한 것으로 생각된다. 본 연구는 어유의 지방산 분석 및 ^{13}C -NMR 분석을 통해 EPA와 DHA의 위치특이성을 확인함으로써 오메가-3 제품의 지방산 품질 및 표기된 어종을 확인하는 자료로 활용될 것으로 기대한다.

References

- Ackman RG. 1992. The absorption of fish oils and concentrates. *Chem Mater Sci* 27:858-862
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis (9.098-9.100). Association of Official Analytical Communities p.158
- Caterina S, Svein AM. 2012. Trans isomers of EPA and DHA in omega-3 products on the European market. *Lipids* 47:659-667
- Chamila J, Naohiro G, Shun W. 2012. Regiospecific analysis of shark liver triacylglycerols. *J Am Oil Chem Soc* 89:1873-1884
- Cho EA, Lee YS, Cha YH. 2012. A study of salmon oil type analysis by FT-IR and carbon isotopes ratio. *Kor J Food Nutr* 25:968-974
- Derya K, Mia F, Sandra G, Xuebing X. 2010. Upgrading of farmed salmon oil through lipase-catalyzed hydrolysis. *Open Biotechnol J* 4:47-55
- Erick RS, Paul FM, Alfred JR, Ian WB, Jhon AW, Jaroslav AK. 2010. ^{13}C -NMR regioisomeric analysis of EPA and DHA in fish oil derived triacylglycerol concentrates. *J Am Oil Chem Soc* 87:1425-1433
- Gunstone FD. 1991. High resolution NMR studies of fish oil. *Chem Phys Lipids* 59:83-89
- Inger BS, David EA, Marit A. 2009. Differentiation of fish oils according to species by ^{13}C -NMR regiospecific analysis of triacylglycerols. *J Am Oil Chem Soc* 86:401-407
- Jiankang W, Erick RS, Jaroslav K, Fereidoon S. 2010. Effect of Chemical randomization on positional distribution and stability of omega-3 oil triacylglycerol. *J Agric Food Chem* 58:8842-8847
- Lee SJ, Ha WH, Choi HJ, Cho SY. 2010. Molecular species composition of phosphatidylcholine isolated from chum salmon meat oil. *Fish Aqua Sci* 13:206-209
- Lee SM, Yun JH, Chun BS. 2011. Fatty acid composition and oxidative properties of anchovy oil extracted by supercritical carbon dioxide. *Clean Tech* 17:266-272
- Murat K, Semra K, Sinem A, Ozge O, Timurhan C, Esin S, Semsettin C. 2003. Comparison of ω -3 fatty acids by GC-MS in frequently consumed fish and fish oil preparations on the turkish market. *FABAD J Pharm Sci* 28:201-205
- Navaede S, Julia S, Christopher JLS, Harold T, Richard AI, Martin G. 2003. Multicomponent analysis of encapsulated marine oil supplements using high-resolution ^1H and ^{13}C NMR techniques. *J lipid Research* 44:2406-2427
- Satoshi A, Tatsunori M, Kazuyuki K, Takashi S. 2000. Involvement of lipoxigenase pathway in docosapentaenoic acid-induced inhibition of platelet aggregation. *Biol Pharm Bull* 23:1293-1297
- Trondheim 2009. Use of NMR spectroscopy in combination with pattern recognition techniques for elucidation of origin and adulteration of foodstuffs. Norwegian University. Norwegian University of Science and Technology (NTNU)

접 수 : 2013년 5월 6일
 최종수정 : 2013년 7월 27일
 채 택 : 2013년 8월 5일