Korean J. Food Preserv.
Vol. 16, No. 5. pp. 726-733, October 2009

사단법인 한국식품저장유통학회
THE KOREAN SOCIETY OF FOOD PRESERVATION

종실유(seeds oil)의 위치별 지방산 및 트리아실글리세롤의 조성 연구

문준희 · 황윤익 · 이기택†
충남대학교 식품공학과

Study on the Positional Distribution of Fatty Acids, and Triacylglycerol Separation, of Seed Oils

Jun-Hee Moon, Yun-Ik Hwang and Ki-Teak Lee†
Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

Six types of oil were extracted from pomegranate seed, mung bean, pepper seed, safflower seed, seeds of Cassia tora Linnaeus, and perilla seed. The extracted seed oils were analyzed for total and positional fatty acid composition, triacylglycerol (TAG) level, and tocopherol content. Crude fat levels measured by the Folch method were 21.64% in perilla seed, 13.85% in safflower seed, 9.60% in pepper seed, 8.85% in pomegranate seed, 2.25% in mung bean, and 2.00% in C. tora,respectively (all w/w). Linoleic acid (C18:2) was the most abundant fatty acid at the sn-2 position of triacylglycerols (TAGs), ranging from 15.99-88.3 wt%. The composition of TAGs was analyzed by reverse-phase HPLC, and TAGs of seed oils showed partition numbers of 36-48. The highest content (377.74 mg/100 g) of total tocopherol was found in pomegranate seed whereas the total tocopherol content of mung bean, C. tora, pepper seed, perilla seed, and safflower seed were 141.16, 107.23, 33.88, 30.05, and 29.80 mg/100 g, respectively.

Key words : seed oil, fatty acid composition, positional fatty acid composition, partition number, tocopherol

서 론

식물성 지방은 에너지원으로서 뿐만 아니라 필수 지방산, 지용성 비타민의 공급원이며 식품의 조직감과 포만감, 향 그리고 미각을 향상시키고(1), 각 식물별로 유용한 영양성분들을 포함하고 있기도 하여 새로운 식품의 소재로 이용되기도 한다(2). 특히 많은 종실유에는 불포화 지방산이 다량 함유되어 있고, 이 중 n-6 계열의 linoleic acid(C18:2)는 미생물 또는 화학적 반응에 의하여 이성체인 conjugated linoleic acid(CLA)를 생성하는데 이는 인체에 유용한 기능성 효과를 가진 것으로 알려져 있다(3,4). 또한 n-3 계열의 alpha-linolenic acid(C18:3, n-3)는 특히 들깨유의 대표적인 구성 지방산으로서 인체 내에서 desaturation 및 chain elongation에 의하여 eicosapentaenoic acid(EPA, C20:5, n-3), docosahexaenoic acid(DHA, C22:6, n-3)로 전환되기도 한다고 알려져 있고(5,6), 이들 n-3 계열 지방산등은 망막 및 두뇌 인지질의 구성성분으로 동물 실험의 결과 학습능력을 비롯한 뇌기능 향상에 도움을 준다고 알려져 있다(7). 한편 고추 종실유는 특유의 매운맛을 결정하는 capsaicin이 존재하여 체중감소와 중성지질 저하에 효과가 보고되어 있기도 한다(8). 특히 대부분의 종실유에는 항산화능을 가진 tocopherol류가 존재하여 식품의 가공, 저장 및 유통 중 산화안전성에 기여하는 것으로 알려져 있다(9).

한편, 식용유지의 주요 구성성분인 triacylglycerol(TAG)는 인체의 소장에서 소화효소에 의해 sn-1,3 위치의 지방산들이 가수분해 되어 free fatty acid(FFA)의 형태와 2-monoacylglycerol(MAG)로 변하며. 가수분해 된 FFA와 2-MAG는 소장의 세포들에 의하여 흡수되어 다시 TAG형태로 재합성되어 chylomicrons(CM)을 형성한 후 림프관과 혈관을 통해 신체의 각 세포로 이동하게 된다고 알려져 있다(10,11). 이때 TAG형태로 재합성되는 과정에서 작용하

†Corresponding author. E-mail : ktlee@cnu.ac.kr,
Phone : 82-42-821-6729, Fax : 82-42-822-6729

는 효소인 monoacylglycerol acyltransferase (MGAT)와 diacylglycerol acyltransferase(DGAT)는 특별히 2-MAG를 주로 이용하여 TAG형태로 재합성 하려는 경향을 나타내므로(12), TAG 분자의 sn-2위치의 지방산들이 sn-1,3 위치의 지방산들보다 흡수적, 생리적, 영양적의 효율성이 높아 이에 대한 분석연구도 필요한 실정이다.

따라서 본 실험은 6종류의 종실 석류씨(pomegranate seed), 녹두(mung bean), 고추씨(pepper seed), 홍화(safflower seed), 결명자(*Cassia tora* L.), 들깨(perilla seed)에서 기름을 착유하여 조지방 함량과, 지방산 조성 및 pancreatic lipase를 이용하여 sn-2 위치와 sn-1,3 위치의 지방산을 비교 분석하였으며, tocopherol류의 함량과 추출된 지방을 구성하는 TAG 조성을 reversed-phase HPLC(RP-HPLC)를 이용하여 분석하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용된 시료는 시중에 유통 중인 석류씨(pomegranate seed), 녹두(mung bean), 고추씨(pepper seed), 홍화씨(safflower seed), 결명자(*Cassia tora* L.), 들깨(perilla seed)를 2009년 1월 대전시 재래시장에서 구입하였다. 지방산 분석에 사용된 BF_3-methanol은 Supelco.(Bellefonte, PA USA)의 것을 이용하였으며, 종실유의 sn-2 위치의 지방산 분석하기 위해 사용된 pancreatic lipase(Type Ⅱ, crude)는 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다. Fatty acid methyl ester 표준품은 Nu-Check Prep, Inc.(Elysian, MN, USA)에서 구입하여 사용하였다. α-tocopherol과 ɣ-, δ- tocopherol의 표준시약은 각각 Fluka Chemika-Biochemika(Buchs, Switzerland)와 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)의 것을 사용하였고, 모든 기기분석에는 HPLC grade의 용매를 이용하였다.

조지방 추출 및 함량 분석

시료에서 조지방을 추출하는 방법으로 folch법을 이용하였다. Folch법은 수분의 존재 유무에 영향을 받지 않고 지방을 추출할 수 있는 방법으로 인지질을 포함하여 fat과 oil을 모두 추출할 수 있다. Chloroform과 methanol(2:1, v/v)을 혼합한 용매 30 mL을 믹서로 곱게 갈은 시료 10 g과 함께 진탕 시킨 후, 2시간 동안 sonication 하였다. 다음 여과지(Whatman No.2, Maidstone, England)를 이용하여 불순물을 제거하고, 4 mL의 0.88% NaCl을 첨가 후 원심분리기(2000 rpm, 5 min)를 이용하여 층분리를 하였다. 이 때 아래층을 취하여 sodium sulfate 컬럼을 이용하여 수분과 이물질을 거른 후, 질소가스로 잔존 용매를 제거하여 조지방 함량을 측정하였다.

Pancreatic lipase analysis

각 시료의 triacylglycerol(TAG)지방산의 위치(sn-2, sn-1,3)별 분포를 알아보기 위하여 sn-1,3 위치에 특이적으로 작용하는 pancreatic lipase를 이용하여 가수분해를 실시하였다. 추출한 종실유를 test tube에 각각 7 mg씩 취하고 7 mL의 1 M Tris-HCl buffer(pH 7.6)와 1.75 mL의 0.05% 담즙산염 용액 및 0.7 mL의 2.2% CaCl2용액과 7 mg의 pancreatic lipase를 가하였다. 혼합물을 1분간 vortex 한 후, pancreatic lipase의 최적반응조건을 만들어 주기 위해 37℃에서 3분 가온 후 다시 30초 진탕을 4회 반복 한 다음 diethyl ether 4 mL를 첨가하여 상징액을 취하여 sodium sulfate 컬럼으로 수분 및 불순물을 제거해 주었다. 이를 부피비 전개용매(hexane : diethyl ether : acetic acid=50:50:1)를 이용하여 TLC silica plate(20 × 20 cm, Merck KGaA, Darmstadt, Germany)에 전개시켰다. 전개가 완료된 TLC silica plate로부터 R_f 값이 0.03인 2-monoacylglycerol(MAG) 부위만을 취하여 BF3-methanol을 이용해 methylation한 후 GC에 의하여 지방산 조성 분석을 실시하였다. 또한 sn-1,3 조성 계산은 Fomuso와 Akoh의 계산식을 사용하였다(13).

지방산 조성분석

Gas chromatography(Hewlett-Packard 6890 series, Avondale, PA, USA)로 추출한 지방을 분석하기 위해 methylation을 실시하였다. Methylation 방법으로는 BF_3-methanol을 이용한 방법으로, 시료에서 추출한 종실유를 25 mg 취하여 1.5 mL의 2 N KOH 메탄올 용액을 넣고 1분간 vortex하여 100℃의 항온수조에서 5분간 중탕시킨 후 30~40℃로 냉각하였다. 여기에 BF_3-methanol 을 넣고 다시 100℃의 항온수조에서 2분간 중탕시킨 후 30~40℃로 냉각 후, 2 mL의 iso-octane과 1 mL의 포화 NaCl 용액을 넣고 vortex 한 후 원심분리기(2000 rpm, 5 min)를 사용하여 두 층으로 나눈 뒤, 상층액을 취하여 sodium sulfate 컬럼을 통과시켜 미량의 수분과 불순물을 제거하였다. 이와 같은 전처리 과정을 통하여 얻어진 methyl ester형태의 지방산을 GC에 주입하여 지방산 조성을 분석하였다.

GC의 분석조건으로 column은 SP-2560(100 m × 0.25 mm × 0.2 μm, Bellofonte, PA, USA)을 사용하였다. Injector의 온도는 250℃로 하였고, column의 온도는 150℃에서 5분간 등온한 후 4℃/min으로 220℃까지 올려서 30분간 등온 하였다. Detector는 flame ionized detector (FID)를 사용하였고, 온도는 260℃로 하였다. Carrier gas 는 N_2를 flow rate 1 mL/min으로 하였다. 이러한 분석조건으로 시료 1 μL를 GC에 주입하여 각 시료 당 2회씩 분석하였다.

한편, 지방산의 wt%를 구하기 위하여 다음 계산식을 사용하였으며, 이는 FID전환계수와 지방산 메틸에스테르로부터의 지방산 전환계수는 식약청에서 고시한 방법에 의해 산출하였다.

$$FAi\ (g/100\ g\ 지방산) = \frac{P_i \times f_i}{R_i} \times \frac{100}{\Sigma\ (\ P_j \times f_j\ /\ R_j\ )}$$

- P_i, P_j: 지방산 피크면적
- R_i, R_j: 각 지방산 표준물질에서 구한 FID 전환계수
- f_i, f_j: 각 지방산 메텔에스테르로부터 지방산으로의 전환계수

High performance liquid chromatography를 이용한 TAG 조성 분석

추출한 시료들의 TAG 조성을 알아보기 위하여 reversed-phase HPLC(RP-HPLC, Younglin, Anyang, Korea)를 이용하였다. 분석에 사용된 HPLC는 영린 SP930D 듀얼 펌프와 sedex 75 evaporative light scattering detector(ELSD, seder, Alfortvill, France)가 장착되어 있다. 이동상은 기울기용리로써 용매 A(acetonitrile)와 용매 B(iso propanol : hexane= 2:1, v/v)를 유속 1 mL/min으로 흘려주었다. Column은 Nova-Pak(R) C18 column(4 μm, 150 × 3.9 mm I.d., Waters, Milford, Ireland)이었다.

추출한 종실유 10 mg을 취한 후 chloroform 20 mL에 녹여서 PTFE syringe filter(0.5 μm, Advantec, Tokyo, Japan)를 이용하여 여과 후 20 μL를 주입하여 분석을 하였다. 분석이 시작되면 용매 A와 B를 부피비 80:20 비율로 흘리기 시작하여 45분까지 54:46 으로 변화시킨 뒤 15분간 유지시켰다. 그 후 용매 A와 용매 B의 부피비를 54:46 에서 65분까지 80:20 으로 변화시킨 뒤 70분까지 유지함으로써 분석을 마쳤다.

TAG의 조성은 retention time(RT)와 partition number(PN) 사이의 관계식을 통하여 분석하였다. Partition number(PN) = total number of carbons(CN) - 2 × total number of double bonds(ND)로 계산하였다(14).

Tocopherol 함량 분석

추출한 종실유의 α-, γ-, δ- tocopherol을 HPLC(ELSD, Sedere, Alfortvill, France)를 이용하여 정량 분석하였다. Test tube에 1 g의 종실유와 산화 방지를 위해 5 mL의 6% pyrogallol 에탄올 용액과, 1.25 mL의 60% KOH 용액을 가하여 균질화 시킨 후, 산화를 방지하기 위해 충분한 질소 충전 후 밀봉하여 shaking water bath에서 70℃, 30분간 반응시켰다. 냉각기를 이용하여 신속하게 냉각한 후에 5 mL의 2% NaCl 용액을 가하고 vortex한 후, 2.5 mL의 hexane : ethyl acetate=85:15(0.05% BHT함유)용액을 넣고 3회 반복 추출하여 질소 충전하였다. 이에 5 mL의 hexane을 넣고 PTFE syringe filter(0.5 μm, Advantec, Tokyo, Japan)를 이용하여 여과 시킨 후 20 μL를 주입하여 분석하였다. UV detector(UV 730D, Younglin Acme, Korea)의 파장은 295 nm로 설정하였고, column은 LiChrosorb DIOL(5 μL × 3 × 100 nm, Varian, USA)을 사용하였으며, hexane : acetic acid=1000:1(v/v)비율의 이동상을 1 mL/min의 유속으로 30분간 분석하였다. 또한 α-, γ-, δ- tocopherol 표준물질 분석을 통해 시료의 tocopherol 정량 분석이 이루어졌다.

통계분석

실험별 결과는 Statistical Analysis System S/W package (SAS Institute Inc., Cary NC, USA)를 이용하여 95%신뢰구간에서 Duncan's multiple range test(DMRT)로 각 분별 유의성을 검증하였다.(15)

결과 및 고찰

조지방 함량 및 GC를 이용한 지방산 조성 분석

시료의 조지방 함량을 측정한 결과(Table 1) 들깨가 가장 높은 21.64%로 나타났으며, 홍화씨 13.85%, 고추씨 9.60%, 석류씨 8.85%, 녹두 2.25%, 결명자 2.00%로 나타내었다. 각 시료마다 추출한 종실유의 총 지방산 조성과 sn-2, sn-1,3 위치의 지방산 조성을 알아보기 위하여 methylation을 실시한 후 GC 분석을 통하여 알아보았다(Table 2, Table 3). 분석된 6종의 종실유는 불포화지방산이 92.05 wt%~68.10 wt%를 차지하여 포화지방산보다 높은 비중을 차지하고 있었으며, oleic acid(C18:1)와 linoleic acid(C18:2), alpha-linolenic acid(C18:3, n-3)가 주요성분이었다.

Table 1. Crude fat contents of the seed samples

(%)

Sample name	Pomegranate seed	Mung bean	Pepper seed	Safflower seed	*Cassia tora* L.	Perilla seed
Crude fat	8.85±1.76	2.25±0.07	9.60±0.14	13.85±2.89	2.00±0.00	21.64±1.93

녹두로부터 추출된 종실유를 구성하고 있는 주요지방산은 불포화지방산인 linoleic acid(C18:2)가 가장 높은 46.17 wt%이었으며 다음으로 포화지방산 palmitic acid(C16:0) 26.59 wt%로 나타났고, 이는 Kim(16) 등이 발표한 논문에서 비슷한 조성을 가졌다. 고추씨로부터 추출된 종실유의 경우는 linoleic acid(C18:2)가 74.61 wt%로 아주 높았으며, 다음으로 palmitic acid(C16:0), oleic acid(C18:1)의 순서로 각각 14.41 wt%, 7.80 wt%로 나타났다. 이는 Ahn(17) 등이 발표한 논문에서도 유사한 조성을 보였다. 또한 분석된 시료들 중 유일에서도 0.07 wt%의 트랜스지방산이 관찰되었다. 한편, 홍화씨로부터 추출된 종실유의 지방산 조성은 linoleic acid(C18:2)이 81.57 wt%로써 시료들 중 가장 높은 linoleic acid함량을 나타냈었으며 높은 불포화지방산을 함유하고 있었고, 이는 Choi(18) 등이 보고한 결과와 유사하였다. 결명자로부터 추출된 종실유는 46.89 wt%의 linoleic acid(C18:2), 26.36 wt%의 oleic acid(C18:1) 그리고 18.01

Table 2. Fatty acid compositions of the extracted seed oils

Fatty acid (wt%)	Pomegranate seed			Mung bean			Pepper seed		
	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3
16:0	3.10±0.02^{f}	3.21±0.00^{b}	3.04±0.03^{f}	26.59±0.03^{a}	4.98±0.73^{a}	36.85±0.36^{a}	14.41±0.04^{c}	1.00±0.01^{cd}	21.12±0.05^{c}
16:1	0.06±0.00^{c}	-	0.09±0.00^{b}	0.24±0.00^{b}	-	0.36±0.00^{a}	0.31±0.00^{a}	0.25±0.01^{a}	0.35±0.01^{a}
17:0	0.06±0.00^{b}	-	0.09±0.00^{b}	-	-	-	0.10±0.00^{a}	-	0.15±0.00^{a}
18:0	1.68±0.02^{e}	0.51±0.00^{b}	2.27±0.02^{f}	4.31±0.06^{b}	1.48±0.30^{a}	5.64±0.05^{b}	1.75±0.01^{d}	0.12±0.16^{b}	2.57±0.06^{d}
18:1	4.42±0.08^{e}	7.66±0.01^{c}	2.80±0.13^{e}	3.25±0.01^{f}	12.70±4.31^{b}	0.02±0.03^{f}	7.80±0.09^{d}	12.95±0.08^{b}	5.22±0.09^{d}
18:2	5.52±0.06^{f}	15.99±0.01^{e}	0.29±0.10^{f}	46.17±0.10^{d}	59.73±2.30^{d}	38.81±0.47^{c}	74.61±0.10^{b}	85.39±0.24^{b}	69.23±0.27^{b}
18:3(n3)	0.1±0.02^{e}	-	0.14±0.02^{e}	18.14±0.07^{b}	21.11±0.97^{b}	16.42±0.04^{b}	0.65±0.00^{d}	0.30±0.01^{d}	0.82±0.00^{d}
20:0	0.43±0.00^{c}	-	0.65±0.01^{c}	1.00±0.01^{b}	-	1.47±0.05^{b}	0.16±0.23^{de}	-	0.24±0.34d^{e}
20:1	0.77±0.01^{a}	-	1.16±0.01^{a}	0.29±0.00^{b}	-	0.43±0.02^{b}	0.13±0.00^{d}	-	0.19±0.00^{d}
Unknown	83.87±0.18^{a}	72.63±0.02^{a}	89.48±0.27^{a}		-	-	-	-	-
18:1 Trans	-[4]	-	-	-	-	-	0.01±0.02^{a}	-	0.02±0.02^{a}
18:2 Trans	-	-	-	-	-	-	0.06±0.00^{a}	-	0.10±0.00^{a}
Total tFA[1]	-	-	-	-	-	-	0.07±0.02^{a}	-	0.11±0.02^{a}
Total USFA[2]	94.73±0.10^{a}	96.28±0.00^{d}	93.96±0.01^{a}	68.10±0.04^{f}	93.54±1.03^{e}	56.03±0.46^{e}	83.50±0.19^{d}	98.89±0.17^{bc}	75.92±0.37^{c}
Total SFA[3]	5.27±0.10^{f}	3.72±0.00^{b}	6.04±0.01^{e}	31.90±0.04^{a}	6.46±1.03^{a}	43.97±0.46^{a}	16.43±0.19^{c}	1.11±0.17^{cd}	24.08±0.35^{c}

$^{a-f}$Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)
[1]Total trans fatty acid.
[2]Total unsaturated fatty acid.
[3]Total saturated fatty acid.
[4]Not detected.

Table 3. Fatty acid compositions of the extracted seed oils

Fatty acid (wt%)	Safflower seed			*Cassia tora* L.			Perilla seed		
	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3
16:0	5.95±0.01^{e}	0.62±0.01^{de}	8.61±0.10^{e}	18.01±0.06^{b}	1.63±0.12^{c}	26.20±0.03^{b}	6.34±0.02^{d}	-	9.51±0.02^{d}
16:1	-[4]	-	-	-	-	-	-	-	-
17:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18:0	1.95±0.00^{c}	0.21±0.01^{bc}	2.83±0.01^{c}	5.29 ±0.02^{a}	0.51±0.01^{b}	7.69±0.03^{a}	1.61±0.00^{f}	-	2.42±0.00^{b}
18:1	9.91±0.06^{c}	10.88±0.23^{bc}	9.43±0.03^{b}	26.36±0.08^{a}	25.65±0.77^{a}	26.72±0.51^{a}	14.86±0.05^{b}	27.87±0.68^{a}	8.36±0.27^{c}
18:2	81.57±0.03^{a}	88.30±0.26^{a}	78.21±0.08^{a}	46.89±0.02^{c}	70.32±1.04^{c}	35.18±0.48^{d}	13.03±0.01^{e}	16.37±0.11^{c}	11.35±0.03^{e}
18:3(n3)	0.12±0.00^{d}	-	0.18±0.00^{e}	1.87 ±0.02^{c}	1.90±0.13^{c}	1.85±0.04^{c}	64.16±0.02^{a}	55.76±0.58^{c}	68.35±.0.26^{a}
20:0	0.33±0.03^{cd}	-	0.49±0.04^{cd}	1.57 ±0.00^{a}	-	2.36±0.00^{a}	-	-	-
20:1	0.17±0.01^{c}	-	0.25±0.02^{c}	-	-	-	-	-	-
18:1 Trans	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18:2 Trans	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total tFA[1]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total USFA[2]	91.77±0.01^{c}	99.17±0.03^{ab}	88.07±0.03^{b}	75.12±0.09^{e}	97.86±0.13^{c}	63.75±0.06^{d}	92.05±0.01^{b}	100±0.00^{a}	88.07±0.02^{b}
Total SFA[3]	8.23±0.01^{d}	0.83±0.03^{be}	11.93±0.03^{d}	24.88±0.09^{b}	2.14±0.13^{e}	36.25±0.06^{b}	7.95±0.01^{e}	-	11.93±0.02^{d}

$^{a-f}$Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)
[1]Total trans fatty acid.
[2]Total unsaturated fatty acid.
[3]Total saturated fatty acid.
[4]Not detected.

wt%의 palmitic acid(C16:0)가 주요지방산으로 측정되었다. 반면, 들깨로부터 추출된 종실유의 지방산 조성은 n-3지방산인 alpha-linolenic acid(C18:3, n-3)가 64.17 wt%로 높은 함량을 보였으며, oleic acid와 linoleic acid가 각각 14.86 wt%, 13.03 wt%이었고, 이는 Kwon(19) 등이 연구한 논문과 유의성을 나타내었다. 특히, 석류씨로부터 추출된 종실유의 지방산 조성의 경우, 33 fatty acid methyl ester로 구성된 GC reference standards에 의하여 확인 되지 않는 피크의 지방산 조성이 83.87 wt%로 높게 나타났는데, 이는 Tanaka 등이 발표한 논문에 의하여 cis(c)9, trans(t)11,c13-18:3인 conjugated linolenic acid(CLnA)로 추정된다(20).

한편, triacylglycerol(TAG)의 위치에 따른 지방산 조성의 분포를 알아보았다. 녹두로부터 추출된 종실유의 sn-2 위치의 지방산조성은 linoleic acid(C18:2)가 59.73 wt%로 가장 높게 나타났으며 다음으로 alpha-linolenic acid(C18:3, n-3) 21.11 wt%, oleic acid(C18:1) 12.70 wt%의 순서를 차지하였다. 이때의 sn-1,3 위치의 지방산 조성은 linoleic acid(C18:2)와 palmitic acid(C16:0)가 각각 38.81 wt%와 36.85 wt%로 비슷한 분포를 나타냈다. 고추씨로부터 추출된 종실유의 sn-2 위치 지방산 조성은 불포화지방산인 linoleic acid (C18:2) 85.39 wt%, oleic acid(C18:1) 12.95 wt%로 차지하였으며, sn-1,3 위치는 linoleic acid(C18:2) 69.23 wt%, palmitic acid(C16:0) 21.12 wt%로 나타났다. 특히 트랜스지방산은 sn-1,3 위치에서만 0.11 wt%로 관찰되었다. 홍화씨로부터 추출된 종실유의 sn-2 위치 지방산 조성은 linoleic acid (C18:2)가 88.30 wt%로 높은 비중을 나타내었고, sn-1,3 위치의 지방산 조성은 linoleic acid(C18:2) 78.21 wt%, oleic acid(C18:1) 9.43 wt%, palmitic acid(C16:0) 8.61 wt%의 순서로 나타났다. 결명자로부터 추출된 종실유의 sn-2 위치 지방산 조성은 70.32 wt%의 linoleic acid(C18:2)와, 25.65 wt%의 oleic acid(C18:1)가 주요 지방산으로 측정되었으며, sn-1,3 위치는 linoleic acid(C18:2), oleic acid(C18:1), palmitic acid(C16:0)의 순서로 35.18 wt%, 26.72 wt%, 26.20 wt%로 나타났다. 따라서 녹두와 고추씨, 그리고 홍화씨로부터 추출된 종실유들의 sn-2 위치 지방산조성은 linoleic acid(C18:2)의 함량이 높았던 것에 반해서, 들깨로부터 추출된 종실유의 sn-2 위치 지방산 조성은 alpha-linolenic acid(C18:3, n-3)가 55.76 wt%로 높게 나타났다. 한편, 석류씨로부터 추출된 종실유의 sn-2 위치의 지방산 조성은 CLnA으로 추정되는 지방산이 72.63 wt%로 측정되었다.

GC를 이용하여 분석한 지방산 조성의 결과 값들은 TAG, sn-2 및 sn-1,3 위치의 지방산의 종류에 따라 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$).

HPLC에 의한 지질분석

추출한 종실유들의 TAG 조성을 알아보기 위하여 reversed-phase(RP)-HPLC로 분석한 결과를 Fig. 1과 Fig. 2, 그리고 Table 4에 나타내었다. 대부분의 종실유는 이중결합을 1개 이상 가진 불포화지방산에 의하여 partition number(PN)의 분포가 36~48을 나타내었다.

각각의 PN 조성을 알아보면, 석류씨로부터 추출한 종실유는 PN=36는 측정한 시료들 중에 가장 높은 89.63 area%로 측정되었고 다음으로 PN=40은 6.56 area%, PN=38은 2.22 area%, PN=42은 1.66 area%로 나타났다. 이는 석류씨로부터 추출한 종실유의 지방산 조성에서 conjugated linolenic acid(CLnA)의 함량이 높아 이들이 속한 PN=36의 그룹이 높게 나타난 것으로 생각된다. 또한 녹두로부터 추출된 종실유는 PN=44, 31.75 area%; PN=46, 23.57 area%; PN=42, 20.97 area%; PN=48, 9.07 area%; PN=40, 8.27 area%; PN =36, 5.40 area%;, PN=38, 0.99 area%로 넓은 분포를 나타내었으며, 이는 분석된 다른 시료들 보다 포화지방산인 palmitic acid(C16:0)의 함량이 높고, 녹두 종실유를 구성하는 TAG에 넓게 분포 되어 있어 나타난 것으로 생각된다. 고추씨로부터 추출된 종실유는 PN=42, 46.86 area%와 PN=44, 44.55 area%; PN=46, 8.60 area%로 나타났으며, 이는 고추씨의 지방산 조성에서 linoleic acid(C18:2)와 palmitic acid(C16:0)의 함량이 높아서 이들이 속한 PN 그룹이 높게 나타난 것으로 사료된다. 한편 홍화씨로부터 추출된 종실유는 PN=42는 76.30 area%로 측정한 시료들 중 가장 높은 조성을 보였으며 PN=44, 21.08 area%; PN=46, 2.63

Table 4. Peaks classified by partition number (PN) in the extracted seed oils

Partition number(PN) (Area%)	Pomegranate seed	Mung bean	Pepper seed	Safflower seed	*Cassia tora* L.	Perilla seed
PN=36	89.63±0.36	5.40±0.18	-	-	-	43.18±0.66
PN=38	2.22±0.13	0.99±0.10	-	-	-	12.78±0.86
PN=40	6.56±0.15	8.27±0.21	-	-	-	34.31±0.21
PN=42	1.66±0.08	20.97±0.53	46.86±1.89	76.30±0.96	7.10±0.95	2.82±0.24
PN=44	-[1)]	31.75±1.05	44.55±0.47	21.08±0.08	35.35±0.79	6.92±0.66
PN=46	-	23.57±1.15	8.60±1.41	2.63±1.04	41.69±2.18	-
PN=48	-	9.07±2.60	-	-	14.86±0.44	-

[1)]Not detected.

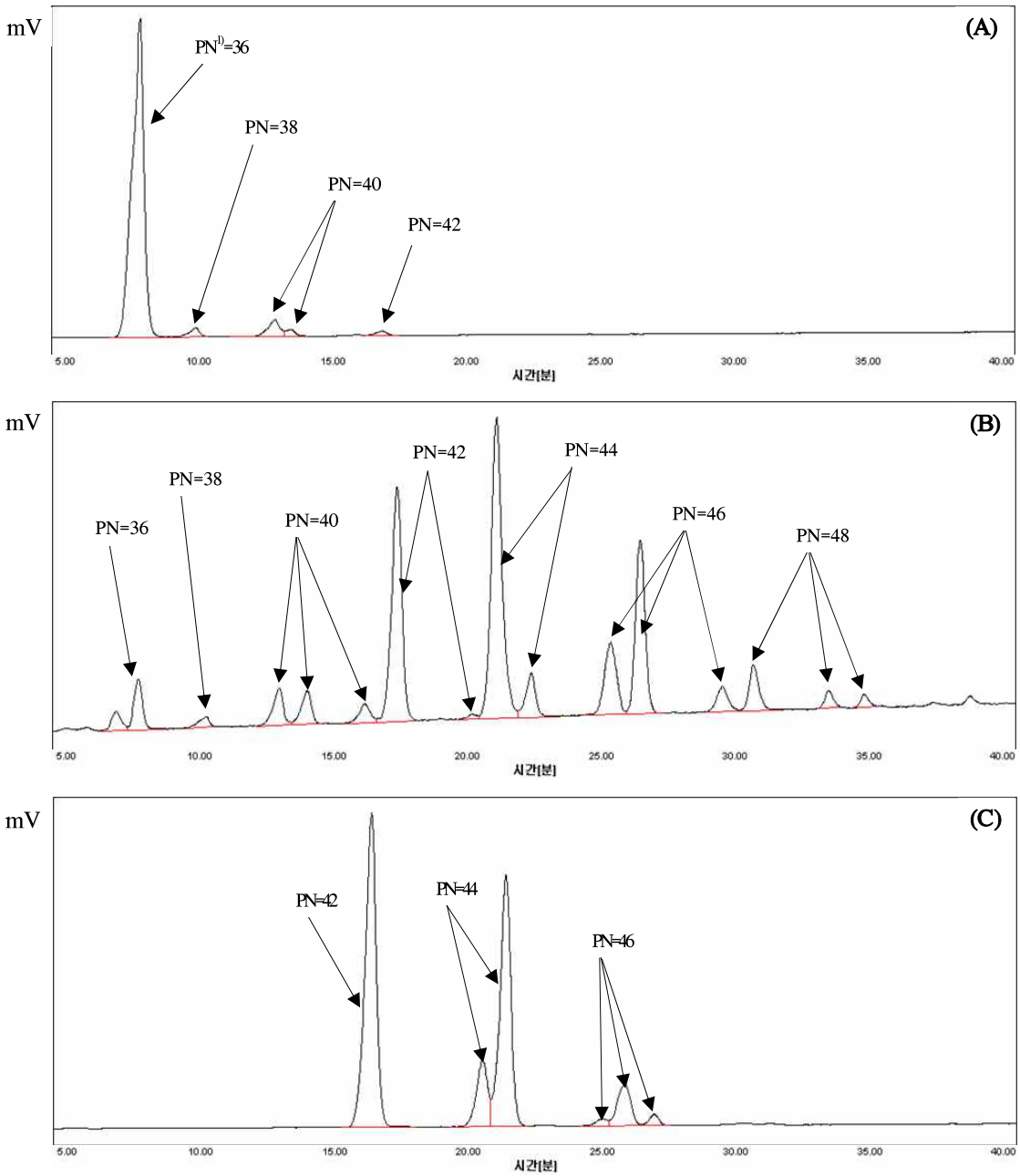

Fig. 1. Chromatograms from the reversed-phase HPLC separation of pomegranate seed(A), mung bean(B), pepper seed(C).

[1)]Partition number(PN) = total number of carbons(CN) - 2 × total number of double bonds(ND).

area% 분포를 보였다. 또한 결명자로부터 추출된 종실유는 PN=46, 41.69 area%와 PN=44, 35.35 area%; PN=48, 14.86 area%; PN=42, 7.10 area%를 나타냈었다. 들깨로부터 추출된 종실유에서는 PN=36이 43.18 area%, PN=40, 34.31 area%; PN=38, 12.78 area%; PN=46, 6.92 area%; PN=42, 2.82 area%로 측정되었으며, 지방산 조성에서 높은 linolenic acid(C18:3)의 함량이 주로 PN=36 그룹을 형성하여 높은 분포를 보인 것으로 생각된다.

Tocopherol 함량 분석

추출한 시료의 tocopherol 함량을 살펴보면 (Table 5) 석류씨가 α-, γ-tocopherol 각각 58.26 와 319.48 mg/100 g으로 나타나 이 외의 시료들에 비해 높은 함량을 보였다. 녹두에서는 γ-tocopherol이 137.34 mg/100 g으로 α-tocopherol 3.82 mg/100 g에 비하여 높게 나타났으며, 고추씨는 γ-tocopherol이 24.76 mg/100 g으로 α-tocopherol 9.12 mg/100 g보다 약 3배가량 높게 나타났다. 홍화씨는 α-tocopherol만이 29.80 mg/100 g으로 나타났으며, 결명자는 α-tocopherol이 79.85

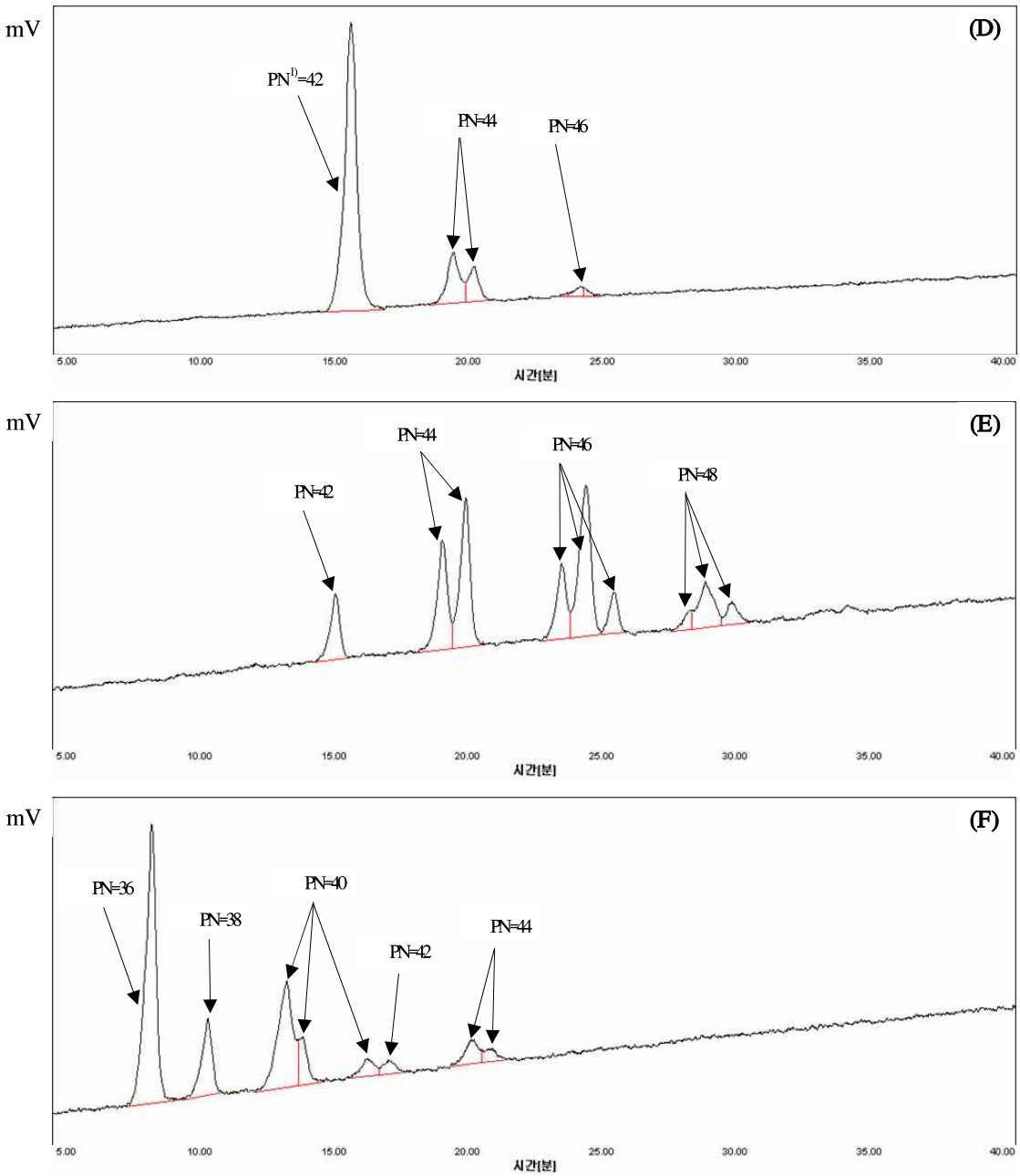

Fig. 2. Chromatograms from the reversed-phase HPLC separation of safflower seed(D), *Cassia tora* L.(E), perilla seed(F).

[1)]Partition number(PN) = total number of carbons(CN) - 2 × total number of double bonds(ND).

Table 5. Tocopherol contents in the extracted seed oils

Sample name	Tocopherol (mg/100 g)			
	α-Tocopherol	γ-Tocopherol	δ-Tocopherol	Total
Pomegranate seed	58.26	319.48	-[1)]	377.74
Mung bean	3.82	137.34	-	141.16
Pepper seed	9.12	24.76	-	33.88
Safflower seed	29.80	-	-	29.80
Cassia tora L.	79.85	27.37	-	107.23
Perilla seed	1.84	28.21	-	30.05

[1)]Not detected.

mg/100 g, γ-tocopherol이 28.21 mg/100 g으로 관찰되었다. 또한 들깨는 γ-tocopherol이 28.21 mg/100 g으로 α-tocopherol 1.84 mg/100 g보다 약 15배정도 높게 나타났다.

요 약

본 연구에서는 6종류의 종실에서 기름을 착유하여 조지방 함량(crude fat content) 측정 및 총 지방산 조성과 위치별

지방산 조성을 비교 분석 하였으며, triacylglycerol(TAG)의 조성과 tocopherol 함량을 분석하였다. Folch법을 이용하여 분석된 조지방 함량은 들깨 21.64%, 홍화씨 13.85%, 고추씨 9.60%, 석류씨 8.85%, 녹두 2.25%, 결명자 2.00%로 나타났다. 추출된 종실유의 지방산 분석결과 불포화 지방산인 linoleic acid(C18:2)가 81.57 wt%~46.17 wt%로 가장 높은 비중을 차지하였으며, sn-2 위치의 지방산 조성에서도 linoleic acid의 함량이 88.30 wt%~15.99 wt%로 높은 함량을 나타내었다. Triacylglycerol(TAG)의 조성은 reversed-phase HPLC를 이용하여 분석하였으며 partition number(PN)=36~48의 분포를 보였다. Total tocopherol의 함량은 석류씨에서 가장 높은 377.74 mg /100 g으로 나타났으며 이 외에 각각 녹두(141.16 mg/100 g), 결명자(107.23 mg/100 g), 고추씨(33.88 mg/100 g), 들깨(30.05 mg/100 g), 홍화씨(29.80 mg/100 g) 순으로 측정되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Gurr, M.I., Harwood, J.L. and Frayn, K.N. (2002) Lipid Biochemistry. 5th ed. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK., p.127-169
2. Son S.M. and Park J.K. (2004) Study on the classification of health food circulated in the market. J. Korea Diet. Assoc., 10, 58-64
3. Ha, Y.L., and Pariza, M.W. (1991) Naturally-occurring novel anticarcinogens : conjugated dienoic derivatives of linoleic acid(CLA). J. Korean Soc. Food Nutr., 20, 401-407
4. Hur, S.J., Lee, J.I., Ha, Y.L., Park, G.B and Joo, S.T. (2002) Biological activities of conjugated linoleic acid(CLA) and animal products. J. Korea Anim. Sci. Technol., 44, 427-442
5. Dyerberg, J., Bang, H.O., Stoffersen, E., Moncada, S. and Vane, J.R. (1978) Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis? Lancet, 15, 117-126
6. Hirai, A., Hamazaki, T., Terano, T., Nishikawa, T., Tamura, Y., Kumagai, A. and Jajiki, J. (1980) Eicosapentaenoic acid platelet function in Japanese. Lancet, 22, 1132-1135
7. Neuringer, M. and Connor, W.E. (1986) N-3 fatty acids in the brain and retina : evidence for their essentiality. Nurt. Rev., 44, 285-294
8. Kawada T., Hagihara K.I. and Iwai K. (1986) Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. J. Nutr., 116, 1272-1278
9. Lee, I.B., Choi, K.J., Yu, K.K. and Chang, K.W. (1992) Tocopherols and fatty acids in plant seeds form Korea. J. Korean Agric. Chem. Soc., 35, 1-5
10. Taguchi, H., Watanabe, H., Onizawa, K., Nagano, T., Gotoh, N., Yasukawa, T., Tsushima, R., Shimasaki, H. and Itakura, H., (2000) Double-blind controlled study on the effects of dietary diacylglycerol on postprandial serum and shylomicron triacylglycerol responses in healthy humans. J. Am. Coll. Nutr., 19, 789-796
11. White, D.A., Benet, A.J., Billett, M.A. and Salter, A.M. (1998) The assembly of triacylglycerol-rich lipoproteins : an assential role for the microsomal triacylglycerol transfer protein. Br. J. Nutr., 80, 219-220
12. Konda, H., Hase, T. and Tokimitsu, I. (2003) Digestion and assimilation features of dietary DAG in the rat small intestine. Lipids, 38, 25-30
13. Lee, K.T. and Akoh, C.C. (1998) Structure lipids : synthesis and applications. Food Rev. Int., 14, 17-34
14. Lee, K.T. and Foglia, T.A. (2001) Fractionation of menhaden oil and partially hydrogenated menhaden oil : characterization of triacylglycerol fractions. J. Am. Oil Chem. Soc., 78, 297-303
15. SAS (2000) SAS Users Guide. Statistical Analysis systems Institute. Cary, NC, USA.
16. Lee, S.C., Lim, T.G., Kim, D.C., Song, D.S. and Kim, Y.G. (1997) Varietal differences of major chemical components and fatty acid composition in mungbean. Korean J. Crop. Sci., 42, 1-6
17. Kim, B.J. and Ahn, M.S. (1998) The physico-chemical properties of korean red pepper seed oil by species and dried methods. Korean J. Food Cookery Sci., 14, 375-400
18. Kim, E.O., Lee, K.T. and Choi, S.W. (2008) Chemical comparison of germinated- and ungerminated-safflower (Carthamus tinctorius) seeds. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 37, 1162-1167
19. Kim, C.K., Oh, H.W. and Kwon, Y.J. (1999) Effect of the mixing extraction of perilla seed and peanut on physicochemical characteristics and oxidative stability of perilla oil. J. Korean Soc. Food Sci. Nurt., 28, 1212-1219
20. Kohno, T., Suzuki, R., Yasui, Y., Hosokawa, M., Miyashita, K. and Tanaka, T. (2004) Pomegranate seed oil rich in conjugated linolenic acid suppresses chemically induced colon carcinogenesis in rats. Cancer Sci., 96, 481-486

(접수 2009년 5월 11일, 채택 2009년 9월 25일)