

식물성 유지 10종에 대한 주요 Phytosterol 함량 분석

†조상훈 · 이명진* · 김기유* · 박건영 · 강석호 · 엄경숙** · 강효정*** · 박용배* · 윤미혜*
경기도보건환경연구원 식품의약품연구부 보건연구기획팀 보건연구사, *경기도보건환경연구원 보건연구관,
경기도청 행정공무원, *경기도보건환경연구원 식품의약품연구부 보건연구기획팀 공무원연구원

Analysis of Major Phytosterol Contents for 10 Kind of Vegetable Oils

†Sang-Hun Cho, Myung-Jin Lee*, Ki-Yu Kim*, Geon-Yeong Park, Suk-Ho Kang,
Kyoung-Suk Um**, Hyo-Jeong Kang***, Yong-Bae Park* and Mi-Hye Yoon*

Researcher, Dept. of Public Health Research Planning Team, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon 16381, Korea

*Senior Researcher, Dept. of Public Health Research, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon 16381, Korea

**Public Officer, Gyeonggi Provincial Government, Suwon 16444, Korea

***Assistant Researcher, Dept. of Public Health Research Planning Team, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon 16381, Korea

Abstract

Vegetable oils are a rich source of bioactive substances. Phytosterols in those have been known for many years for their properties for reducing blood cholesterol levels, as well as their other beneficial health effects. Phytosterols are triterpenes that are important structural components of plant cell membranes just as cholesterol does in animal cell membranes. The aim of this study was to provide consumers with information about phytosterol contents in vegetable oils in Korea market. The contents of major phytosterols (campesterol, stigmasterol, β -sitosterol) in 50 vegetable oils of 10 kinds (perilla oil, peanut oil, avocado oil, olive oil, pine nut oil, sesame oil, canola oil, coconut oil, grape seed oil, and sunflower oil) were analyzed by gas chromatography with flame ionization detector. The average contents of vegetable oils containing 5 or more samples were in the order of sesame oil (334.43 mg/100 g), perilla oil (262.16 mg/100 g), grape seed oil (183.71 mg/100 g), and olive oil (68.68 mg/100 g). Phytosterol content of sesame oil and perilla oil was high among vegetable oils.

Key words: phytosterol, gas chromatography, flame ionization detector

서 론

식물성유지(vegetable oils)에 함유된 피토스테롤(phytosterol) 성분은 저밀도지단백콜레스테롤(low density lipoprotein cholesterol, LDL-c)과 총콜레스테롤(cholesterol, $C_{27}H_{45}OH$)뿐 아니라 트리글리세라이드(triacylglycerols)까지 낮추는 효과가 있다(Vanhanen H 1994; Gylling & Simoen, 2015). 의학계나 생화학계 등 관련 분야에서는 phytosterol에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다. 대사증후군 환자 108명을 대상으로 2개월 간 실험한 결과 하루에 4g의 피토스테롤을 섭취한 그룹이 대조군에 비해 총콜레스테롤, LDL-c, triacylglycerols가 각각 15.9%

($p=0.02$), 20.3%($p<0.001$), 19.1%($p<0.001$) 낮아졌다(Sialvera 등 2012). Phytosterol과 관련하여 1998년부터 2011년 사이에 발표된 33개의 연구를 메타분석한 결과에 따르면, phytosterol을 첨가한 식품(마가린, 마요네즈, 요구르트, 우유, 치즈, 고기, 곡물, 주스, 초콜릿)을 섭취했을 때 LDL-c가 평균 10% 이상 감소했다(Cusack 등 2013).

식물성유지는 미량의 생리활성물질들을 많이 함유하고 있다. 식물성유지의 구성은 95~98%의 triacylglycerols와 2~5%의 복합물질이다. 복합물질에 포함된 생리활성물질에는 대표적으로 토코페롤(tocopherol), 스쿠알렌(squalene), 각종 phytosterol 류가 있다. Tocopherol은 체내 활성산소로부터 생체

† Corresponding author: Sang-Hun Cho, Researcher, Dept. of Public Health Research Planning Team, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon 16381, Korea. Tel: +82-31-250-2561, Fax: +82-31-250-2588, E-mail: cshvg@gg.go.kr

기관을 보호하는 대표적인 항산화물질이며, squalene은 steroid hormones이나 vitamin D, cholesterol의 전구물질로 상어의 간이나 몇몇 식물성유지에 고농도로 존재한다(Yuan 등 2017).

Phytosterol은 트리테르펜(triterpenes)계 물질로 동물의 세포막 구성 물질로 알려진 cholesterol과 구조와 기능이 비슷하다. Phytosterol은 cholesterol과 동일하게 mevalonate 경로를 거쳐 생합성 되는데, cholesterol과 달리 campesterol, stigmasterol, sitosterol과 같은 다양한 형태로 생합성된다. Phytosterol은 alcohol과 28 또는 29개의 탄소원자로 결합된 스테롤 특유의 링 구조를 가진 화합물이다. 지금까지 250여 종의 phytosterol이 식물 중에서 보고되었으나 영양적 또는 기능적 측면에서 유의미하게 함량이 높은 3가지 성분인 campesterol, stigmasterol, β -sitosterol이 주요 연구대상이다(Moreau 등 2002; Kim 등 2003).

Phytosterol 중 sitosterol 및 그 유도체는 cholesterol보다 소수성 친화도가 높아 인체 내 소장 점막에서 cholesterol 흡수를 저해한다고 보고되었다. 이런 기능을 가진 phytosterol은 β -sitosterol과 β -sitostanol(stigmastanol)이 있다. Stanol은 sterol 구조와 동일하나 이중결합이 없어 β -sitostanol은 β -sitosterol보다 cholesterol 저해효과와 용해성이 우수하다. 하지만 함유량이 적어 수소첨가반응을 이용해 β -sitosterol을 β -sitostanol로 전환하는 연구가 시도되었다(In 등 1999).

Phytosterol 성분은 cholesterol 저하효과 뿐 아니라 각종 항암효과 및 치주질환 치료효과 등 각종 생리활성과 함께 부작용이 거의 없는 성분으로 알려져 의약품으로 이용하고자 하는 시도가 있었으나 보편적으로 이용되지는 못했다(In 등 1999). 최근 유럽에서는 phytosterol을 마이크로캡슐화하여 치즈, 우유, 요거트 등에 기능성 첨가제로 사용하고 있다(Food Ingredient First 2017). 국내에서는 phytosterol을 함유한 옥수수불검화물(unsaponifiable standard extracts of *Zea mays* L., ZML)을 수입하여 치주질환 예방 및 치료를 목적으로 하는 건강기능식품 및 의약품을 제조하고 있으나 해당 분야의 연구는 미흡한 실정이다(Kim 등 2018).

본 연구에서는 시중에 유통 중인 식물성유지 10종(들기름, 땅콩유, 아보카도오일, 올리브오일, 잣유, 참기름, 카놀라유, 코코넛오일, 포도씨유, 해바라기유)을 선정하여 함량이 높고 기능성이 확인된 주요 피토스테롤 3종(campesterol, stigmasterol, β -sitosterol)을 조사했다.

재료 및 방법

1. 실험재료

경기도 지역에 있는 대형유통매장 2곳과 인터넷쇼핑물 2곳에서 식물성유지 50건(들기름 7건, 땅콩기름 1건, 아보카

도오일 4건, 올리브오일 12건, 잣유 2건, 참기름 8건, 카놀라오일 3건, 코코넛오일 1건, 포도유 9건, 해바라기유 3건)을 수거하여 실험에 사용했다. 수거기간은 2019년 7월부터 8월까지이고, 인터넷 수거 1회와 현장수거 2회로 실시했다.

2. 시약 및 분석기기

실험에 사용한 표준시약은 campesterol(65%, Sigma-Ildrich, USA), stigmasterol(95%, Sigma-Aldrich, USA), β -sitosterol(95%, Sigma-Aldrich, USA)이다. 내부표준물질로 사용한 시약은 5- α -cholestane(97%, Sigma-Aldrich, USA)이고 시약을 hexane (Burdick & Jackson, Korea)에 녹여 내부표준액(1,000 mg/L)으로 사용했다. 용매는 methanol(Merck, Germany), acetonitrile (Merck, Germany), hexane, petroleum ether(Tedia, USA)를 사용했다. 그 밖에 시약으로 potassium hydroxide(Daejung, Korea)와 sodium sulfate(Sigma-Aldrich, India)를 사용했다.

실험에 사용한 분석장비는 GC(Agilent 6890N, USA)와 FID (Agilent, USA)이고, 분석 컬럼은 HP-5(60 m, 0.25 mm id., 0.25 μ m film thickness, Agilent, USA)이다.

3. 식물성유지 중 phytosterol 전처리

Phytosterol 분석방법은 Chen 등(2015)의 전처리방법을 참고했다. 시료 약 1 g을 50 mL flask에 정확히 넣은 후 내부표준물질 0.2 mL와 7.5% KOH/methanol 50 mL를 첨가하고 80°C water bath에서 30분간 가온하는 검화(saponification)과정을 진행했다. Flask는 실온이 될 때까지 냉각하고 냉각된 시료를 분액여두에 옮겼다. 분액여두에 hexane : petroleum ether(1:1, v/v) 50 mL를 첨가하여 혼합했다. 층분리 후 하단층을 버리고 유기용매 층인 상단층을 분리하여 다른 분액여두에 옮겨 담았다. 이 과정을 3회 반복하여 분리한 유기용매 층을 다른 분액여두에 옮겼다. 유기용매 층에 다시 증류수 40 mL를 분주하고 천천히 혼합하여 검화물을 씻어내는 과정을 4회 반복했다. 이 단계에서 너무 세게 혼합하면 층 분리가 약해져서 깨끗한 분리가 어렵다. 깨끗하게 씻어낸 유기용매층을 sodium sulfate가 약 20 g 담긴 glass funnel에 통과시켜 잔여수분을 제거했다. 수분을 제거한 유기용매를 농축 flask에 옮겨 회전농축기로 농축했다. 농축이 완료된 flask에 2% acetonitrile/hexane을 5 mL 넣어 잘 혼합한 후 0.45 μ m 필터로 여과하여 GC로 분석했다.

4. 분석방법

본 실험에서는 3종의 표준시약을 각각 campesterol(6.99 mg/10 mL), stigmasterol(50.80 mg/50 mL), β -sitosterol(35.53 mg/25 mL) 농도가 되도록 2% acetonitrile/hexane에 녹여 표준원액을 만들었다. 표준원액 3종은 분석농도에 맞추어 100

mL flask에 혼합한 후 내부표준물질을 4 mL 첨가하고 2% acetonitrile/hexane으로 표선을 맞추어 혼합표준용액을 만들었다. 혼합표준용액은 단계희석하여 6 point 검량선을 작성했다. 분석장비는 FID를 검출기로 하는 GC를 사용했다. 주입구와 검출기 온도는 각각 250°C 와 300°C로 했고, 이동상은 질소가스를 15.2 mL/min 유속으로 사용했다. 주입량은 2.0 µL 이고, split 10:1로 280°C 정온 조건에서 40분간 유지하여 피토스테롤 3종을 분석했다(Table 1).

5. 실험방법의 validation

분석법의 검증은 의약품 등 분석법의 밸리데이션에 대한 지침(MFDS 2014)을 참고하여 특이성(specificity), 직선성(linearity), 검출한계(detection Limit), 정량한계(quantitation Limit), 정밀성(precision), 정확성(accuracy)을 확인했다.

1) 특이성

특이성은 불순물, 분해물, 배합성분 등의 혼재 상태에서 분석대상물을 선택적으로 정확히 측정할 수 있는 능력이다. 본 실험에서는 두 가지 방법으로 특이성을 확인했다.

(1) GC/FID분석결과 3가지 phytosterol 성분이 적정하게 검출된 포도씨유를 선정했다. 혼합표준용액을 선정된 시료에 첨가하고 3종의 단일표준용액과 비교하여 주성분 피크의 머무름 시간(retention time)이 일치함을 확인했다.

(2) 식물성유의 종류에 따라 GC/ToF-MS를 이용하여 3종의 물질을 확인했고 분석조건은 Table 2와 같다. 분석물의 특이성 확인은 NIST (National Institute of Standards and Technology) library의 유사도를 사용했다. 분석결과 유사도는 분석대상 시료 모두 80% 이상으로 확인했다.

2) 직선성

측정범위 내에서 신호를 분석대상물질의 농도 또는 함량에 대한 함수로 작성한 그래프를 이용하여 직선성을 측정한다. 본 실험에서는 6 point 검량선을 작성하여 회기직선의 정보(y-절편과 기울기)와 상관계수를 검토하여 직선성을 확인

Table 1. Analysis conditions of gas chromatography

Instrument	GC/FID		
Inlet	Split 10:1, 250°C, 2.0 µL injection		
Flow rate	N2 15.2 mL/min		
Column	HP-5 (60 m×0.25 mm, 0.25 µm)		
Oven temperature	Time (min)	Temp. (°C)	Hold (min)
	initial	280	40
Detector	300°C		

Table 2. Analysis conditions of GC/ToF-MS

Instrument	GC/ToF-MS		
Inlet	Splitless, 250°C, 1.0 injection		
Flow rate	He 1.5 mL/min		
Column	Rtx-5MS (30 m×0.25 mm, 0.25 µm)		
Oven temperature	Time (min)	Temp. (°C)	Hold (min)
	initial	70	1.5
	20	180	1
	10	265	1
Detector	5	300	4.5
	Transfer Line Temp. 260°C Ion Source Temp. 220°C		

했다.

3) 검출한계(LOD), 정량한계(LOQ)

검출한계는 검체 중에 존재하는 분석대상물질의 검출 가능한 최소량을 말하며, 반드시 정량이 가능할 필요는 없다. 정량한계는 적절한 정밀성과 정확성을 가진 정량값으로 표현할 수 있는 분석대상물질의 최소량을 말한다. 본 실험에서는 검량선을 3회 작성하여 반응의 표준편차와 검량선의 기울기에 근거하여 측정했다. 산출 방법은 국제의약품규제조화위원회(International conference on harmonization of technical requirements for registration of pharmaceuticals for human use, ICH)에서 제시한 방법을 사용했다(ICH 2005).

$$\text{검출한계}=3.3 \times \delta / S$$

$$\text{검량한계}=10 \times \delta / S$$

위 식에서 δ 는 y-절편의 평균 표준편차이며 S는 검량선의 평균 기울기를 말한다. 이때 y축은 분석물의 농도(mg/mL)다.

4) 정밀성

정밀성은 하나의 균질화된 분석시료를 반복해서 분석할 때 재현성 정도를 평가한다. 본 실험에서는 분석대상물질을 3회 반복 측정하여 측정값의 평균과 표준편차를 구하여 상대표준편차(% RSD)를 확인했다.

5) 정확성

정확성의 평가는 회수율 측정을 통해 평가했다. 적합한 시료를 선정하여 알고 있는 농도의 표준액을 주입하고 같은 농도의 표준액과 비교하여 측정했다.

$$\text{회수율}(\%) = (C_F - C_U) \times 100 / C_A$$

이 때 C_f 는 시료에 표준액이 주입된 농도, C_U 는 시료에 표준액이 주입되지 않은 상태의 농도, C_A 는 표준액 농도를 말한다.

결과 및 고찰

1. 실험방법의 validation

본 연구에 사용된 분석법의 validation 자료는 Table 3, Table 4와 같다.

1) 직선성

표준시약 3종을 각각 campesterol과 stigmasterol은 0.003 mg/mL~0.09 mg/mL, β -sitosterol은 0.03 mg/mL~0.8 mg/mL 농도범위로 희석하여 혼합표준용액으로 사용했다. GC/FID로 3회 반복 분석하여 6 point 검량선을 작성했다. 피크면적을 Y축으로 표준용액의 농도를 X축으로 하였고 상관관계식과 R^2 값은 Table 3과 같다. 검량선의 R^2 값은 직선성의 척도로 사용했고 campesterol과 β -sitosterol은 0.999 이상, stigmasterol은 0.998 이상으로 나왔다.

2) 검출한계(LOD), 정량한계(LOQ)

혼합표준용액을 이용하여 검량선을 3번 작성하여 검량선의 기울기 평균과 Y절편의 표준편차를 구하여 5.3의 계산식으로 검출한계(LOD)와 정량한계(LOQ)를 각각 구했다. 실험 결과는 Table 3과 같다. LOD는 0.0016 mg/mL~0.0115 mg/mL 수준에서 LOQ는 0.0042 mg/mL~0.0348 mg/mL 수준으로 나타났다.

3) 정밀성과 정확성

정밀성과 정확성 자료는 Table 4와 같다. 정밀성은 3회 반복 측정하여 피크면적의 상대표준편차(% RSD)로 확인했다. 정확성은 시료 중 포도씨유 1종을 선정하여 대조군과 동일한 농도의 혼합표준용액을 주입하여 회수율(% recovery)로 확인했다. 분석결과 RSD는 0.3%~2.6%로 나타났다. 실제로 50건의 시료를 분석결과 개발된 분석법으로 최종 측정되는 농도수준은 0.01%~0.1%로 AOAC 가이드라인 기준(AOAC

Table 3. Linear correlation coefficients, limits of detection, and quantification of phytosterols analyzed by GC-FID

Standards	Linearity		LOD (mg/mL)	LOQ (mg/mL)
	Linear equation	R^2		
Campesterol	$y=1689.7x - 2.6718$	0.999	0.0016	0.0048
Stigmasterol	$y=1297.3x - 3.8986$	0.998	0.0014	0.0042
β -Sitosterol	$y=933.31x - 10.119$	0.999	0.0115	0.0348

Table 4. Accuracy (recovery) and Precision (repeatability) for the determination of phytosterol in vegetable oils

Compounds	Recovery (%)	Repeatability (% RSD)
Campesterol	108.95	0.3
Stigmasterol	112.03	0.8
β -Sitosterol	91.39	2.6

2016)과 비교하면 최종분석물의 농도수준이 1%, 0.1%, 0.01% 일 때 RSD 기준은 각각 2.7%, 3.7%, 5.3%로 각 항목의 측정 결과는 기준 이하로 적합했다.

2. 시료 분석결과

경기도지역에서 2019년 7월에서 8월 사이 수거한 식물성유지 10종에 대한 함량분석 결과는 Table 5와 같다. Phytosterol 함량은 campesterol, stigmasterol, β -sitosterol 각각의 함량으로 표시하였고, 총 phytosterol 함량은 3성분의 합으로 나타냈다.

들기름(perilla oil)은 국내산 5건과 중국산 2건을 분석했다. Campesterol 함량은 10.61 mg/100 g~14.48 mg/100 g이었고 stigmasterol은 4.68 mg/100 g~6.73 mg/100 g, β -sitosterol은 218.28 mg/100 g~273.21 mg/100 g 수준으로 나타났다. 총 phytosterol 함량은 234.14 mg/100 g~294.65 mg/100 g으로 평균 262.16 mg/100 g이었다. In 등(1999)의 연구에서도 들기름의 phytosterol 함량은 β -sitosterol, campesterol, stigmasterol 순으로 나타나 본 연구와 유사한 경향성을 보였다. 들기름 중 총 phytosterol 함량이 가장 높은 제품은 국내산 제품으로 294.65 mg/100 g이다.

땅콩유(peanut oil)는 중국산 제품을 1건 수거했다. 국내 유통제품이 적어 시료수거가 어려웠으나 다른 식물성유지의 분석결과와 비교하고자 참고로 분석했다. 총 phytosterol 함량은 131.30 mg/100 g이고 campesterol은 17.15 mg/100 g, stigmasterol은 23.08 mg/100 g, β -sitosterol은 91.08 mg/100 g로 나타났다. 땅콩은 42.19 g/100 g의 조지방을 함유하며, 폴리페놀, 플라보노이드, 레스베라스테롤 함량이 높아 다양한 생리활성을 가지고 있다(Lee YR 2019).

아보카도 오일(avocado oil)은 멕시코산 3건과 뉴질랜드산 1건을 분석했다. 아보카도 오일의 stigmasterol 함량은 매우 낮게 나타났으나 β -sitosterol 평균함량이 174.48 mg/100 g로 높아 총 phytosterol의 평균함량은 205.35 mg/100 g으로 높았다. 총 phytosterol 함량이 가장 높은 제품은 멕시코산 제품으로 함량은 306.91 mg/100 g이다.

올리브유(olive oil)는 최근 건강에 가장 이로운 식물성 오일로 소개되어 국내 유통 중인 제품들의 종류가 다양했다. 올리브유는 올리브 나무의 원산지인 지중해 주변 지역에서 가장 많이 사용하는 식물성유지다. 본 연구에서는 스페인산

Table 5. Phytosterol contents of vegetable oil in Korea market analyzed GC-FID

Vegetable Oil	Origin	Phytosterols (mg/100 g sample)			
		Campesterol Mean±S.E. (min~max)	Stigmasterol Mean±S.E. (min~max)	β-Sitosterol Mean±S.E. (min~max)	Total phytosterol Mean±S.E. (min~max)
Perilla oil (n=7)	China (n=2)	13.05±1.45	6.06±0.81	243.05±21.44	262.16±23.50
	Korea (n=5)	(10.61~14.48)	(4.68~6.73)	(218.28~273.21)	(234.14~294.65)
Peanut oil (n=1)	China (n=1)	17.15	23.08	91.08	131.30
Avocado oil (n=4)	Mexico (n=3)	29.38±42.06	6.00	174.48±40.99	205.35±74.65
	New Zealand (n=1)	(6.01~92.30)	(ND~6.00)	(124.39~214.60)	(130.41~306.91)
Olive oil (n=12)	Greece (n=1)	ND ³⁾	ND	68.68±18.42	68.68±18.42
	Italy (n=6)			(44.11~92.75)	(44.11~92.75)
	Spain (n=4)				
	Europe ¹⁾ (n=1)				
Pine nut oil (n=2)	Korea (n=2)	(9.55~9.57)	(ND~8.25)	(111.49~127.46)	(121.04~145.28)
Sesame oil (n=8)	Asia ²⁾ (n=4)	47.66±5.77	21.71±5.51	265.06±53.15	334.43±63.42
	India (n=1)	(37.45~55.24)	(11.72~30.07)	(156.58~324.66)	(205.75~409.97)
	Korea (n=3)				
Canola oil (n=3)	Canada (n=2)	94.69±26.90	ND	218.77±70.27	313.46±97.10
	Spain (n=1)	(77.12~125.65)		(177.71~299.91)	(255.82~425.56)
Coconut oil (n=1)	Pillippines (n=1)	ND	ND	14.36	14.36
Grape seed oil (n=9)	France (n=1)	13.92±6.11	14.69±4.35	155.10±46.73	183.71±57.01
	Italy (n=5)	(6.18~23.68)	(8.73~20.60)	(84.46~214.29)	(99.37~257.72)
	Spain (n=3)				
Sunflower oil (n=3)	Italy (n=2)	5.65±0.99	8.78±2.36	87.90±16.48	102.33±19.81
	Spain (n=1)	(4.57~6.51)	(6.09~10.52)	(69.01~99.33)	(79.67~116.36)

¹⁾ Europe: Greece, Italy, Spain.

²⁾ Asia: China, India, Myanmar, Parkistan, Vietnam and Ethiopia (Africa).

³⁾ ND: None detected.

4건, 이탈리아산 6건, 그리스산 1건, 그리고 그리스, 이탈리아, 스페인산을 혼합하여 만든 제품 1건을 수거하여 검사했다. 총 phytosterol 함량이 가장 높은 제품은 이탈리아산 올리브유 제품으로 92.75 mg/100 g으로 나타났다. 올리브유는 3종류의 phytosterol 중 β-sitosterol이 44.11 mg/100 g~92.75 mg/100 g 수준으로 분석되었고 나머지 2성분은 불검출 수준으로 특징적인 분포특성을 보였다. In 등(1999)의 연구에서도 stigmasterol은 검출되지 않았고, campesterol은 1.1 mg/100 g으로 극히 미량 분석됐다. 반면 β-sitosterol은 28.8 mg/100 g으로 나타나 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

잣유(pine nut oil)는 경기도 가평산과 강원도 홍천산 각각 1건씩 수거해 분석했다. 분석결과 각각의 총 phytosterol 함량은 121.04 mg/100 g과 145.28 mg/100 g으로 나타났으며 대부분이 β-sitosterol이었다. 산림청의 2019년 임업통계연보(KFS

2019)에 따르면 국내 잣 생산량은 1,164,585 kg으로 가평과 홍천지역에서 생산되는 양(1,136,945 kg)이 전국 잣 생산량의 97% 이상을 차지한다.

참기름(sesame oil)은 국내산 3건, 인도산 1건, 혼합원료를 사용한 제품 4건을 분석했다. Phytosterol의 분석결과는 campesterol 37.45 mg/100 g~55.24 mg/100 g이었고 stigmasterol은 11.72 mg/100 g~30.07 mg/100 g, β-sitosterol은 156.58 mg/100 g~324.66 mg/100 g이다. 다른 종류의 식물성유지들과 비교했을 때 campesterol과 stigmasterol 함량뿐 아니라 β-sitosterol 함량도 높게 나타났다. In 등(1999)의 연구와 유사한 함량분포를 나타냈다.

캐나다산 카놀라유(canola oil)의 경우, 50건의 식물성유지 중 가장 높게 나타났다. 카놀라유는 실험대상 식물성유지류 중 campesterol 함량이 가장 높았다.

코코넛오일(coconut oil)은 필리핀산 1건이었고, 올리브유와 같이 β -sitosterol만 14.36 mg/100 g으로 나타나 phytosterol 함량이 전체 실험대상 중 가장 낮은 수준으로 나타났다.

포도씨유(grape seed oil)는 이탈리아산 5건, 프랑스산 1건, 스페인산 3건을 분석했다. 스페인산 2건의 함량이 다른 제품에 비해 높게 나타났다. 포도씨유는 campesterol 6.18 mg/100 g~23.68 mg/100 g, stigmaterol 8.73 mg/100 g~20.60 mg/100 g, β -sitosterol은 84.46 mg/100 g~214.29 mg/100 g으로 나타났다. 총 phytosterol 함량이 가장 높은 제품은 스페인산 포도씨유 제품으로 257.72 mg/100 g이었다. Choi 등(2005)의 연구결과 포도씨유 중 phytosterol 함량은 campesterol 20.42 mg/100 g이었고 stigmaterol은 15.16 mg/100 g, β -sitosterol은 116.03 mg/100 g으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

해바라기유(sunflower oil)는 campesterol 함량은 4.57 mg/100 g~6.51 mg/100 g이었고 stigmaterol은 6.09 mg/100 g~10.52 mg/100 g, β -sitosterol은 69.01 mg/100 g~99.33 mg/100 g 수준으로 나타났고 총 phytosterol 함량은 79.67 mg/100 g~116.36 mg/100 g로 평균 102.33 mg/100 g이었다.

식물성유지의 phytosterol 함량분포는 β -sitosterol이 가장 높았고 campesterol, stigmaterol 순으로 나타났다. 유지의 종류에 따라 특징적으로 불검출 성분이 있었다. 올리브유와 코코넛 오일에서는 campesterol과 stigmaterol이 불검출이었고 stigmaterol 성분이 불검출 수준으로 나타난 경우는 10종의 유지 중 5종류로 많은 유지류 중에서 stigmaterol 성분이 검출되지 않았다. Fig. 1은 식물성유지의 종류에 따른 총 phytosterol 평균함량을 막대그래프로 나타낸 것이다. 총 phytosterol 함량이 가장 높은 순서로 나열하면 참기름, 카놀라유, 들기름, 아보카도오일, 포도씨유, 잣유, 땅콩유, 해바라기유, 올리브유, 코코넛오일 순이다. 시료 중 땅콩유, 잣유, 코코넛오일 등 수요가 적은 제품들은 시중에서 구매가 어려웠다. 이런 시료들은 단순비교가 어려워 참고로 추가했다. 분석시료의 개수가 5개 이상으로 분석결과와 신뢰도가 높은 시료들을 비교한 결과는 참기름(334.43 mg/100 g), 들기름(262.16 mg/100 g), 포도씨유(183.71 mg/100 g), 올리브유(68.68 mg/100 g) 순으로 나타났다. 분석결과 참기름과 들기름이 올리브유나 포도씨유보다 phytosterol 함량이 높았다. 참기름과 들기름은 우리나라 전통음식에 주로 사용되는 식물성유지로 국민영양통계(KHIDI 2017)에 따르면 식물성유지의 1일 평균 섭취량은 참기름 1.57 g, 들기름 0.32 g으로 올리브유 0.22 g, 포도씨유 0.08 g보다 많은 것으로 보고됐다.

요약 및 결론

경기도지역에서 유통되고 있는 10종의 식물성유지 50건을

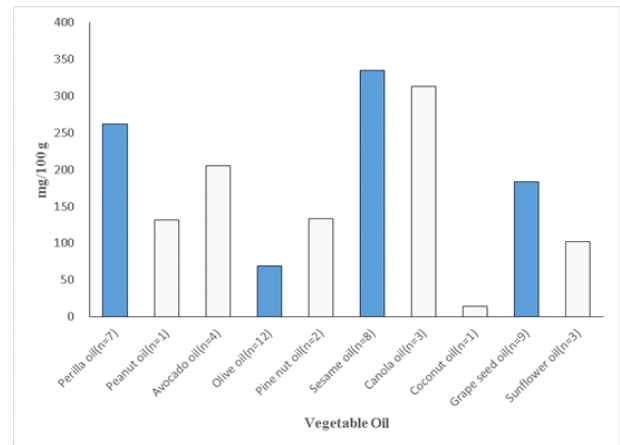


Fig. 1. Phytosterol average contents of vegetable oils in Korea market. The blue bars on the graph indicates that there are more than five samples ($n > 5$).

수거하여 주요 phytosterol 3개 성분(campesterol, stigmaterol, β -sitosterol)의 함량을 분석한 결과, 총 phytosterol 함량은 참기름(334.43 mg/100 g), 들기름(262.16 mg/100 g), 포도씨유(183.71 mg/100 g), 올리브유(68.68 mg/100 g) 순으로 높게 나타나, 우리나라 전통음식에 주로 사용되는 참기름과 들기름에 phytosterol성분이 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 조사대상 식물성유지의 phytosterol 함량 분포는 땅콩유와 포도씨유, 해바라기씨유를 제외하고는 β -sitosterol이 가장 높았고 campesterol, stigmaterol 순으로 나타났다. 캐나다산 카놀라유는 총 phytosterol 함량이 425.56 mg/100 g으로 50건의 시료 중 가장 높게 나타났다. 올리브유와 코코넛오일은 β -sitosterol만 분석되었고 나머지 2성분(campesterol, stigmaterol)은 불검출 수준의 극미량으로 나타나 특징적인 분포를 보였다.

References

- AOAC International. 2016. Appendix F: Guidelines for standard method performance requirements. In Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th ed. p.9. Association of Official Analytical Chemists International
- Chen YZ, Kao SY, Jian HC, Yu YM, Li JY, Wang WH, Tsai CW. 2015. Determination of cholesterol and four phytosterols in foods without derivatization by gas chromatography-tandem mass spectrometry. *J Food Drug Anal* 23:636-644
- Choi SW, Chung US, Lee KT. 2005. Preparation of high quality grape seed oil by solvent extraction and chemical refining process. *Korean J Food Preserv* 12:600-607

- Cusack LK, Fernandez ML, Volek JS. 2013. The food matrix and sterol characteristics affect the plasma cholesterol lowering of phytosterol/phytostanol. *Adv Nutr* 4:633-643
- Food Ingredients First. 2017. Vitasterol[®] S-80 WDP: Functional ingredient to reduce cholesterol. Available from <https://www.foodingredientsfirst.com/technical-papers/vitasterol-s-80-wdp-functional-ingredient-to-reduce-cholesterol.html> [cited 20 November 2019]
- Gylling H, Simonen P. 2015. Phytosterols, phytostanols, and lipoprotein metabolism. *Nutrients* 7:7965-7977
- In MJ, Kim DC, Chae HJ, Kim MH, Im BS, Kim EY. 1999. Analysis of sterols and its hydrogenation to stanols in vegetable oils for the development of a cholesterol absorption-lowering nutraceutical. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 980-983
- International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use [ICH]. 2005. ICH harmonised tripartite guideline: Validation of analytical procedures: Text and methodology Q2(R1). Available from <https://database.ich.org/sites/default/files/Q2%28R1%29%20Guideline.pdf> [cited 20 November 2019]
- Kim SL, Park KY, Lee YH, Ryu YH. 2003. Biological activities of phytosterols and their variation in crops. *Korean J Crop Sci* 48:24-30
- Kim SL, Kim MJ, Jung GH, Lee YY, Son BY, Kim JT, Lee JS, Bae HH, Go YS, Kim SG, Baek SB. 2018. Identification and quantification of phytosterols in maize kernel and cob. *Korean J Crop Sci* 63:131-139
- Korea Forest Service [KSF]. 2019. Production of forest products. In Statistical Yearbook of Forestry. pp.286-305. Korea Forest Service
- Korea Health Industry Development Institute [KHIDI]. 2017. Korea nutrition statistics: Food intake. Available from <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result2?menuId=MENU01653&year=2017&loginState=T> [cited 20 November 2019]
- Lee YR. 2019. Antioxidant activity of peanut flours with germination and roasting. *Korean J Food Nutr* 32:155-159
- Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2014. The Korea Pharmacopoeia. 11th ed. pp.2431-2436. Ministry of Food and Drug Safety
- Moreau RA, Whitaker BD, Hicks KB. 2002. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: Structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. *Prog Lipid Res* 41:457-500
- Sialvera TE, Pounis GD, Koutelidakis AE, Richter DJ, Yfanti G, Kapsokefalou M, Goumas G, Chiotinis N, Diamantopoulos E, Zampelas A. 2012. Phytosterols supplementation decreases plasma small and dense LDL levels in metabolic syndrome patients on a westernized type diet. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 22:843-848
- Yuan C, Xie Y, Jin R, Ren L, Zhou L, Zhu M, Ju Y. 2017. Simultaneous analysis of tocopherols, phytosterols, and squalene in vegetable oils by high-performance liquid chromatography. *Food Anal Method* 10:3716-3722
- Vanhanen H. 1994. Cholesterol malabsorption caused by sitostanol ester feeding and neomycin in pravastatin-treated hypercholesterolaemic patients. *Eur J Clin Pharmacol* 47:169-176

Received 17 March, 2021

Revised 05 April, 2021

Accepted 13 April, 2021