

우리나라 시판 식물성 기름의 항산화 활성 및 리그난 함량

— 연구노트 —

이진서¹ · 김윤정¹ · 김현웅² · 김영화^{1,3}

¹경성대학교 식품생명공학과 BB21plus 프로젝트 팀

²국립식량과학원 식생활영양과

³경성대학교 식품생명과학연구소

Antioxidant Activity and Lignan Content of Commercial Vegetable Oils in Korea

Jinseo Lee¹, Yoonjeong Kim¹, Heon-Woong Kim², and Younghwa Kim^{1,3}

¹Department of Food Science and Biotechnology, BB21plus project team and

³Food and Life Science Research Institute, Kyung Sung University

²Food and Nutrition Division, National Institute of Crop Science

ABSTRACT Vegetable oils are important dietary sources of energy, essential fatty acids, and fat-soluble vitamins. They also contain various bioactive compounds such as tocopherols, phytosterols, and lignans. Lignans, a class of phenolic compounds, have been reported to exert antioxidant, anti-inflammatory, and cardioprotective activities, and have thus gained attention for their health-promoting potential. However, information on the lignan composition and antioxidant properties of vegetable oils commercially available in Korea is still limited. This study aimed to evaluate the lignan content and antioxidant activity of 12 vegetable oils marketed in Korea. Lignans were quantified using liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) under the negative ion mode with multiple reaction monitoring, targeting six compounds: secoisolariciresinol, matairesinol, lariciresinol, pinioresinol, syringaresinol, and medioresinol. Antioxidant activity was assessed by measuring the total polyphenol content, radical scavenging capacity, and reducing power. Results showed that safflower seed oil contained the highest lignan content, mainly medioresinol and matairesinol, whereas lignans were not detected in canola, rice bran, or soybean oils. Olive oil exhibited the highest total polyphenol content and the strongest antioxidant activity, including both radical scavenging capacity and reducing power. Correlation analysis revealed a strong positive association between reducing power and total polyphenol content, and significant correlations were also observed between total polyphenol content and radical scavenging capacity. In contrast, lignan content showed no clear relationship with antioxidant activity. These findings provide baseline data on the functional properties of vegetable oils and may contribute to their nutritional and industrial applications.

Keywords: lignan, vegetable oil, antioxidant, LC-MS/MS, correlation

서 론

유지는 3대 영양소 중 하나로써, 우리 몸에 열량 및 필수 지방산, 지용성 비타민 등을 공급하는 중요한 영양 성분이다 (Shin, 2017). 유지는 동물성과 식물성 유지로 분류할 수 있으며, 동물성 유지는 많은 포화지방산을 함유하고 있어 혈압을 높이고 신진대사를 떨어뜨려 각종 질병의 원인이 된다고 알려져 있다(Choi, 2020). 반면, 식물성 유지에 함유된 다중불포화지방산은 n-6 계열의 리놀레산과 n-3 계열인 알

파-리놀렌산이 있으며, 생선에 함유된 eicosapentaenoic acid 및 docosahexaenoic acid 등과 마찬가지로 혈중 콜레스테롤 저하에 효과가 있는 것으로 보고되어 있다(Jung과 Paik, 1993). 식물성 유지는 약 95~98%의 중성지방(triacylglycerol)과 2~5%의 복합 물질로 이루어져 있으며, 복합 물질에 포함된 대표적 생리활성 물질로는 tocopherol, squalene, 각종 phytosterol 등이 있다(Cho 등, 2021). 2023년 한국농촌경제연구원에 따르면, 전 세계 식물성 식용유 생산량은 2010년 1억 6,364만 톤에서 2022년 2억 3,224만 톤

Received 5 August 2025; Revised 29 August 2025; Accepted 5 September 2025

Corresponding author: Younghwa Kim, Department of Food Science and Biotechnology, BB21plus project team, Kyung Sung University, 309, Suyeong-ro, Nam-gu, Busan 48434, Korea, E-mail: younghwakim@ks.ac.kr

© 2025 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으로 약 41.9% 증가하였으며, 같은 해 기준 주요 생산 유종은 팜유, 대두유, 카놀라유, 해바라기유 순으로 나타났다. 또한 우리나라의 식용유 생산량은 2013년 65만 879톤에서 2022년 76만 9,820톤으로 증가하였으며, 식용유 유형별 생산액과 매출액은 모두 대두유가 가장 높은 것으로 보고되었다(Kim 등, 2023). 우리나라 국민영양통계에 따르면 2020년 콩기름의 1일 평균 소비량은 3.14 g이었으며, 올리브유와 미강유는 각각 0.43 g과 0.01 g이었다(KHIDI, 2020). 2023년에는 콩기름의 소비량이 3.86 g으로 0.72 g 증가하였고, 올리브유와 미강유도 각각 0.56 g과 0.02 g으로 증가하여 약 30% 및 100%의 증가율을 보였다(KHIDI, 2023). 이러한 결과는 다양한 식용 기름이 우리나라 국민의 식단에서 점차 주요한 식품으로 자리 잡고 있음을 알 수 있다.

식물성 기름에 함유된 리그난은 식물성 에스트로겐으로도 불리는 페놀성 화합물로, 에스트로겐 유사 작용을 비롯하여 항산화, 항염증, 심혈관 질환 예방, 항암 효과 등 다양한 생리활성 기능이 보고되어 있어 최근 건강 기능성 측면에서 주목을 받고 있다(Singh 등, 2024). 리그난은 일반적으로 두 개의 phenylpropanoid 단위로 구성되어 있으며, 유리 형태로 존재하거나 다양한 탄수화물에 당을 결합한 배당체 형태로 존재한다(Willfor 등, 2006). 시킴산 경로(shikimate pathway)에서 유래한 이들 리그난은 식물체 내에서 병원균 방어 및 자외선 보호 기능을 수행하는 2차 대사산물로도 알려져 있다(Berenshtein 등, 2024). 리그난은 주로 아마, 대두, 유채, 참깨와 같은 유지 종자에 다량 함유된 것으로 보고되며, 밀, 귀리, 호밀, 보리 등의 전곡류와 콩류에서도 미량 발견되는 것으로 알려져 있다. 이들 식품군에서 일반적으로 검출되는 리그난은 secoisolariciresinol(Seco), matairesinol(Mat), lariciresinol(Lar), pinorexinol(Pin), medioresinol(Med), syringaresinol(Syr) 등으로 보고되어 있다(Durazzo 등, 2019). 특히 참깨에는 위의 리그난 외에도 sesamol, sesamin, sesamolin 등이 풍부한 것으로 보고되었으나(Kim 등, 2025b), 그 외 종자류 식품 및 식물성 기름의 리그난 정보는 여전히 제한적인 실정이다. 따라서 본 연구에서는 liquid chromatography-tandem mass spectrometry(LC-MS/MS)를 이용하여 국내에서 시판 중인 식물성 기름 12종에 함유된 리그난 함량을 알아보고자 하였으며, 아울러 이들의 항산화 활성을 평가함으로써 국내에서 소비 중인 식용유의 기능성 정보를 제공할 수 있는 기초 자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

본 연구에 사용된 시판 식물성 기름 12종은 2024년 2월부터 9월 사이에 제조된 제품으로, 2024년 12월에 온라인 상점에서 기름 종류별 판매량이 높은 제품을 구입하였다. 시료는 상온의 암소에서 보관한 후 분석에 사용하였다. 제품

표기에 따르면 올리브유와 홍화씨유는 엑스트라 버진 등급이었으며, 대마씨유, 땅콩유, 호두유는 냉압착 방식으로 제조된 제품이었고, 그 외 제품은 제조 방법이 표시되어 있지 않았다. 리그난 표준품 6종 중 4종(Lar, Mat, Pin, Seco)은 Sigma-Aldrich에서 구입하였으며, 나머지 2종(Syr, Med)은 ChemFaces의 제품을 구입하여 사용하였다. 항산화력 측정에 사용한 gallic acid는 Santa Cruz Biotechnology Inc.에서 구입하였고, Folin-Ciocalteu's reagents, 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS)는 Sigma-Aldrich에서 구입 후 실험에 사용하였다. LC-MS/MS 이동상인 acetonitrile은 Thermo Fisher Scientific에서 구입하여 사용하였으며, 추출 용액 제조에 사용되는 메탄올은 Honeywell Burdick & Jackson에서 구매하여 사용하였다. 이밖에 사용된 용매 및 시약은 high-performance liquid chromatography 등급 및 특급 시약을 사용하였다.

리그난 추출법

식물성 기름의 리그난을 추출하기 위해 시료 약 0.1 g을 2 mL microtube에 취해 1.5 mL의 100% 메탄올을 가한 후 1분간 vortexing 하였다. 이후 초음파 추출기(SD-350H, Sungdong Ultrasonic Co.)를 이용하여 30분간 상온에서 추출 후 -4°C에서 1시간 방랭하였다. 층 분리가 일어나면 메탄올층만 분리하여 22,250×g, 4°C 조건에서 10분간 원심분리를 진행하였으며, 0.2 µm nylon syringe filter를 이용하여 여과하였다. 그 후, 100% 메탄올을 이용해 추출물을 10배 희석하였으며 insert vial에 옮겨 담아 LC-MS/MS 분석에 이용하였다. 추출물의 정량은 외부 표준 검량선을 이용하여 각 성분의 피크 면적을 검량선에 대입하여 함량을 산출하였으며, 검량선은 Fig. 1에 나타내었다. 또한 분석품질관리(quality control, QC)를 위해 시중에서 판매되는 붉은 흑임자 분말 스틱(Natural Hill Inc.)을 QC 시료로 사용하였다.

리그난 LC-MS/MS 분석 조건

리그난 6종의 동시 분석을 위하여 LC-MS/MS(Shimadzu Nexera X3 system, Shimadzu LCMS-8050 triple quadrupole mass spectrometry)를 사용하였다. 분석용 컬럼은 Agilent Poroshell C18 컬럼(1.9 µm, 2.1×50 mm)을 사용하였으며, 컬럼 오븐의 온도는 30°C를 유지하였다. 이동상 A는 증류수, 이동상 B는 acetonitrile을 이용하여 기울기 용리법으로 분석하였다. 분석에 사용된 MS/MS의 분석 파라미터는 Table 1에 나타내었다.

표준용액 조제

6종의 리그난 표준품(Lar, Mat, Pin, Seco, Syr, Med)을 메탄올에 용해하고 혼합해 1 µg/mL의 농도로 제조하여 표준원액으로 사용하였다. 제조된 표준원액을 1.5625, 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200 ng/mL의 농도가 되도록 메탄

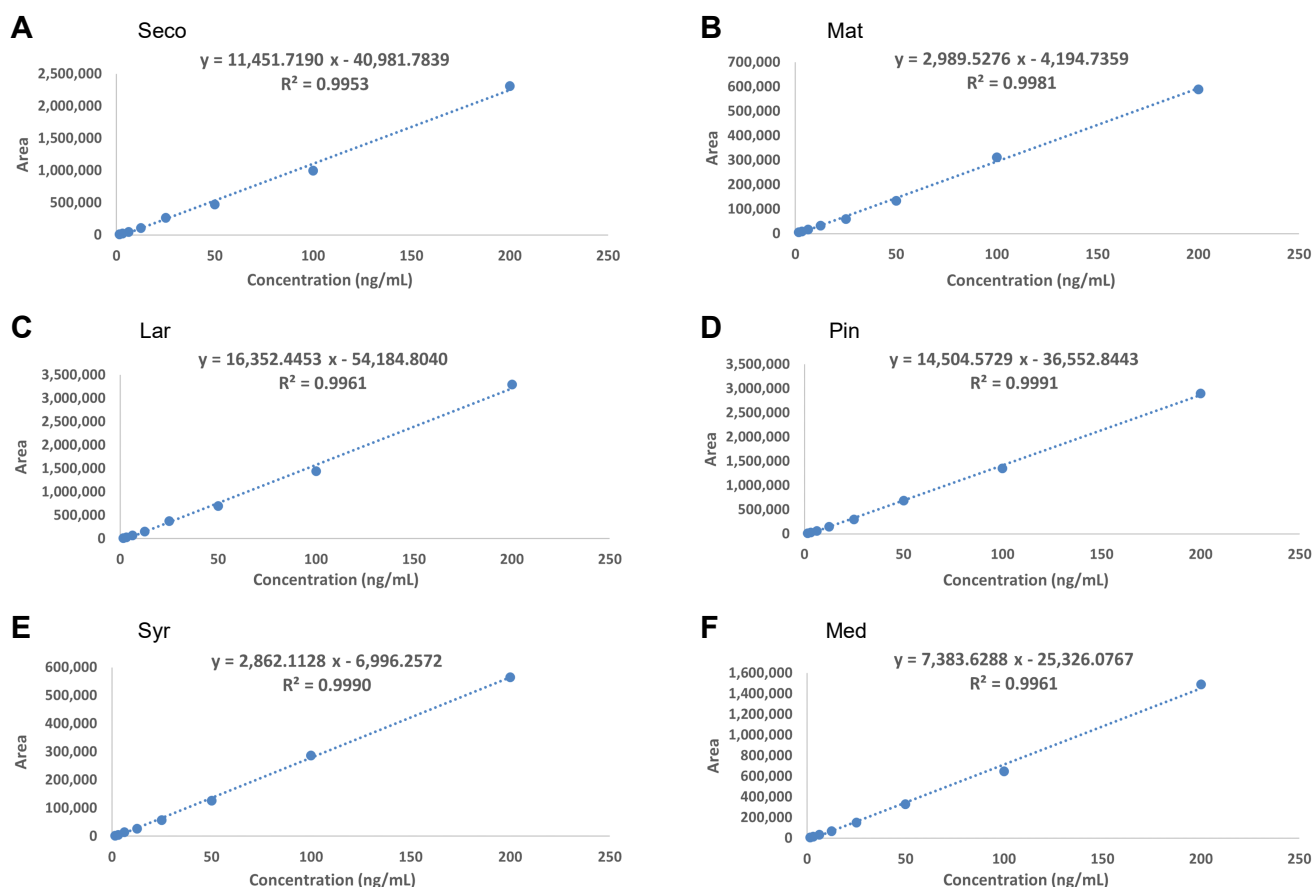


Fig. 1. Calibration curves of lignan standards (A: secoisolariciresinol, B: matairesinol, C: lariciresinol, D: pinoresinol, E: syringaresinol, F: medioresinol).

올로 단계적으로 희석하여 표준곡선 작성에 사용하였다.

메탄올 추출물 제조

시료 약 10 g을 50 mL conical tube에 취해 10 mL의 100% 메탄올을 가한 후 3분간 vortexing 하였다. 이후 추출물을 회전속도 $2,862 \times g$ 조건하에 10분간 원심분리하여 분리된 메탄올층을 회수하였다. 회수된 메탄올층은 질소 농축한 뒤 2 mL의 메탄올로 재용해하여 항산화 활성 측정에 사용하였으며, 모든 시료는 동일한 조건과 최종 부피로 조제하여 비교 분석하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

식물성 기름 12종의 총 폴리페놀 함량은 Folin과 Denis (1912)의 방법을 변형하여 실험에 이용하였다. 1.5 mL microtube에 식물성 기름 시료 추출물 25 μ L와 2% Na_2CO_3 500 μ L를 혼합한 다음 50% Folin-Ciocalteu's 시약 50 μ L를 가한 후 vortexing 하였다. 이후, 상온의 암소에서 5분간 반응시킨 다음 96-well plate에 각 시료를 200 μ L씩 옮겨 담아 ELISA reader(Thermo Scientific Ltd.)를 이용하여 750 nm에서 측정하였다. 시료의 총 폴리페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 하여 계산하여 식물성 기름 1 mL당 mg

gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

ABTS 라디칼 소거능 및 환원력 측정

시료의 ABTS 라디칼 소거능 측정은 Re 등(1999)의 실험 방법을 변형하여 실험에 이용하였다. ABTS 7.4 mM의 용액에 potassium persulfate 2.6 mM을 같은 비율로 혼합하여 상온의 암소에서 12시간 동안 반응시켜 라디칼을 형성시켰다. 라디칼이 형성된 ABTS 용액은 735 nm의 파장에서 흡광도 값이 1.000 ± 0.1 이 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 500 μ L는 1.5 mL microtube에 시료 추출물 25 μ L와 혼합해 vortexing 하여 30분간 암소에 방치하였다. 이후, 200 μ L씩 96-well plate에 옮겨 ELISA reader를 통해 735 nm에서 흡광도를 측정하였고, 결괏값은 '(1 - 시료의 흡광도/대조군의 흡광도) $\times 100$ '의 수식을 이용하여 산출하였다.

환원력 측정은 Oyaizu(1986)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료 100 μ L에 100 μ L의 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide를 가하여 50°C의 water bath에서 20분간 반응 후 10% trichloroacetic acid 100 μ L를 첨가하였다. 이후 $9,889 \times g$ 에서 원심분리하여 상등액 200 μ L에 distilled water 200 μ L

Table 1. LC-MS/MS analytical conditions for the analysis of six lignan contents

Instrument		Shimadzu Nexera X3 system Shimadzu LCMS-8050 Triple quadrupole mass spectrometry					
HPLC	Column	Agilent Poroshell C18 column (1.9 μm, 2.1×50 mm)					
	Column oven temperature	30°C					
	Injection volume	3 μL					
	Flow rate	0.3 mL/min					
	Mobile phase	A: Distilled water, B: Acetonitrile					
	Gradient table	Time (min)	A (%)		B (%)		
		0	95		5		
		4.5	50		50		
		6.5	50		50		
		6.51	95		5		
9	95		5				
MS/MS	Ionization polarity	Negative					
	Nebulizer gas flow	3 L/min					
	Heating, drying gas flow	10 L/min					
	Desolvation line temperature	100°C					
	Heat block temperature	400°C					
	Interface temperature	350°C					
	MS/MS parameters						
	Analyte	Precursor ion (m/z)	Quantifier ion (m/z)	CE ¹⁾	Quantifier ion (m/z)	CE	RT ²⁾ (min)
	Seco	360.892	165.15	26.0	121.10	36.0	3.204
	Mat	356.892	83.05	25.0	122.05	35.0	4.033
Lar	359.100	329.15	12.0	160.00	34.0	3.315	
Pin	357.000	151.15	20.0	135.90	32.0	3.766	
Syr	416.956	181.15	21.0	166.10	35.0	3.647	
Med	386.973	99.0	23.0	193	24.0	4.026	

¹⁾CE, collision energy. ²⁾RT, retention time.

Seco, secoisolariciresinol; Mat, matairesinol; Lar, lariciresinol; Pin, pinoresinol; Syr, syringaresinol; Med, medioresinol.

와 0.1% ferric chloride 40 μ L를 넣고 vortexing 하여 ELISA reader로 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

본 연구의 식물성 기름의 항산화 활성 및 리그난 함량은 평균±표준편차의 값으로 표기하였으며, 분석한 결과의 통계분석은 SAS ver. 9.4(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc.) 프로그램을 이용하여 실시하였다. 각 시료 간 함량에 대한 통계적인 유의성 검증은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 수준($P<0.05$)에서 유의성을 검정하였다. 또한 항산화 활성과 총 리그난 함량 간의 상관관계는 SPSS 통계 프로그램(Statistical Package for the Social Science, ver. 12.0, SPSS Inc.)을 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

식물성 식용 기름의 리그난 함량

국내 유통 중인 식물성 식용 기름의 리그난 함량을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 식용 기름의 종류에 따라 리그난의 총 함량은 뚜렷한 차이를 보였으며, 홍화씨유가

7,728.877 μ g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈다. 홍화씨유에서는 6종의 모든 리그난이 검출되었으며 그 중 Med가 4,613.386 μ g/100 g으로 가장 높은 수준으로 나타났다. 다음으로는 Mat가 2,981.934 μ g/100 g의 함량을 나타내었고, Seco는 본 연구에서 알아본 식물성 기름 중 홍화씨유에서만 검출되었다. Cho 등(2004)은 홍화씨유가 알파-리놀렌산이 풍부한 대표적인 식용유로, 홍화씨로부터 리그난, 세로토닌 유도체 및 다양한 폴리페놀 성분이 분리되며, 이러한 성분들이 강한 항산화 활성을 나타낼 수 있을 것이라고 보고하였다. 따라서 이러한 생리활성 물질의 존재가 홍화씨유에서의 높은 리그난 함량에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 반면, 카놀라유, 옥수수유, 대마씨유, 현미유, 대두유 등에서는 리그난이 검출되지 않았다. Kim 등(2025a)은 들기름 15종의 리그난 함량을 분석한 결과, 15.281~1,336.688 μ g/100 g의 수준으로 나타났다고 보고하였으며, Kim 등(2025b)은 참기름 13종의 총 리그난 함량이 11.0730~1,799.060 μ g/100 g의 수준으로 나타났다고 보고하였다. 일반적으로 시중에 판매되는 식용 기름은 정제 과정을 거친 후 판매되는 경우가 많은 것으로 알려져 있다. 식용유의 정제는 주로 탈검, 중화, 표백, 탈취의 네 단계로 이루어지며, 이 과정에서 토코페롤, 피토스테롤, 폴리페놀, 코엔자임 등의 유용한 미

Table 2. Lignan contents in methanol extracts of edible oils

Sample	µg/100 g oil					
	Seco	Mat	Lar	Pin	Syr	Med
Avocado oil	ND ¹⁾	ND	ND	21.967±1.087 ^c	26.009±2.969 ^b	13.022±0.062 ^d
Canola oil	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Corn oil	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grape seed oil	ND	ND	ND	14.534±0.373 ^c	ND	ND
Hemp seed oil	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Olive oil	ND	ND	24.514±0.873 ^b	238.631±22.985 ^a	250.287±21.736 ^a	ND
Peanut oil	ND	167.249±5.148 ^b	23.926±0.420 ^b	14.492±0.217 ^c	16.123±0.410 ^b	391.806±13.509 ^b
Rice bran oil	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Safflower seed oil	13.156±1.459	2,981.934±158.500 ^a	53.527±2.999 ^a	49.206±0.015 ^b	17.667±1.395 ^b	4,613.386±44.197 ^a
Soybean oil	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sunflower seed oil	ND	ND	ND	13.958±0.146 ^c	ND	ND
Walnut oil	ND	136.906±3.689 ^b	26.973±0.723 ^b	25.075±1.100 ^c	ND	257.536±21.335 ^c
Total lignan						60.998±4.118 ^c

¹⁾ND, not detected; Seco, secoisolariciresinol; Mat, matairesinol; Lar, lariciresinol; Pin, pinoresinol; Syr, syringaresinol; Med, medioresinol.

All values are expressed as the mean±SD of duplicate determinations. Means with different letters (a-d) in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

량 성분이 제거되거나 분해되는 것으로 알려져 있다(Fine 등, 2016). Rathod 등(2025)의 연구에 따르면, 냉압착 오일은 정제 과정을 거치지 않아 필수 지방산, 카로티노이드, 토코페롤, 페놀, 피토스테롤 등의 생리활성 성분의 보존이 유지될 수 있으며, 열에 의한 화합물의 분해를 최소화할 수 있다고 한다. 이와 유사하게, Benbouriche 등(2022)은 정제 콩기름에 냉압착 기름을 혼합한 결과 열처리 후에도 페놀 화합물의 함량과 항산화 활성이 보존되고 산화 안정성 또한 연장되는 경향을 보고하였다. Tardugno 등(2022)의 연구에 따르면 아보카도 오일은 총 3.87 mg/kg 수준의 리그난을 함유하며, 주요 성분은 Mat(0.87 mg/kg)와 Pin(0.77 mg/kg)으로 보고되었다. 또한, 아보카도 과육 자체에서도 리그난이 검출된 바 있어, 정제 과정뿐만 아니라 원료의 종류, 품질 및 재배 환경 조건에 따라서도 리그난 함량이 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구의 일부 기름에서 리그난이 검출되지 않은 것은 원재료 자체의 낮은 함량과 제조, 정제 과정이 복합적으로 작용한 결과일 것으로 예측된다.

식물성 식용 기름의 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성

본 연구에서는 우리나라에서 시판 중인 식물성 식용 기름 12종에 함유된 폴리페놀 함량과 ABTS 및 환원력을 측정하였다(Table 3). 분석 결과, 식용 기름 12종의 총 폴리페놀 함량은 0.063~0.343 mg GAE/mL의 범위로 나타났으며, 그 중 올리브유가 0.343 mg GAE/mL로, 유의적으로 가장 높은 함량을 보였다($P<0.05$). 반면, 가장 낮은 함량을 보인 시료는 현미유(0.063 mg GAE/mL)로 확인되었다. 포도씨유(0.146 mg GAE/mL)와 대마씨유(0.147 mg GAE/mL), 홍화씨유(0.140 mg GAE/mL) 간에는 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. 본 실험에 사용된 올리브유는 엑스트라 버진

Table 3. Total polyphenols contents and antioxidant capacity in methanol extracts of edible oils

Sample	Total polyphenols (mg GAE ¹⁾ /mL oil)	ABTS radical scavenging capacity (%)
Avocado oil	0.122±0.026 ^{cd}	10.017±1.017 ^f
Canola oil	0.089±0.022 ^{de}	13.124±1.728 ^f
Corn oil	0.171±0.023 ^b	32.461±2.194 ^c
Grape seed oil	0.146±0.005 ^{bc}	19.162±1.632 ^e
Hemp seed oil	0.147±0.036 ^{bc}	20.279±1.280 ^e
Olive oil	0.343±0.036 ^a	88.517±1.489 ^a
Peanut oil	0.135±0.011 ^{bc}	25.620±1.874 ^d
Rice bran oil	0.063±0.008 ^e	29.529±2.022 ^{cd}
Safflower seed oil	0.140±0.019 ^{bc}	53.892±1.515 ^b
Soybean oil	0.083±0.018 ^{de}	25.969±6.247 ^{cd}
Sunflower seed oil	0.091±0.012 ^{de}	13.438±1.309 ^f
Walnut oil	0.096±0.017 ^{de}	20.803±2.822 ^c

¹⁾GAE, gallic acid equivalent.

All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations.

Means with different letters (a-f) in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

등급의 기름으로 일반 식용 기름에 비해 월등히 높은 폴리페놀 함량을 지니고 있으며, 이는 다른 식물성 기름들과의 항산화 활성 차이를 설명하는 핵심적인 요인으로 판단된다. 올리브유에는 oleuropein, hydroxytyrosol, tyrosol과 같은 페놀 화합물이 함유되어 있으며, 이 중 hydroxytyrosol의 함량이 가장 높은 것으로 알려져 있다. 뿐만 아니라, hydroxytyrosol은 강력한 항산화제로 보고되어 있으며, 저밀도 콜레스테롤(LDL-cholesterol) 산화를 억제하고 심혈관계를 보호하는 데 효과적인 성분으로 보고되어 있다(Frumu-zachi 등, 2024). 식용기름 12종의 ABTS 라디칼 소거능 분석 결과는 총 폴리페놀 함량과 유사한 경향을 보였다. 올리브유는 88.517%의 소거능을 나타냈으며 모든 시료 중 가장 높은 항산화 활성을 보였다. 그다음으로는 홍화씨유(53.892%)로 나타났다. 반면, 아보카도유(10.017%)와 카놀라유(13.124%), 해바라기씨유(13.438%)는 가장 낮은 소거능을 보여 항산화 활성 측면에서 다른 시료들과 큰 차이를 나타냈다. 이러한 결과는 각 기름에 함유된 항산화 화합물의 종류와 농도 차이에 기인하는 것으로 판단된다. ABTS 분석법은 라디칼에 대한 소거능을 평가하는 방식으로, catechol 구조를 가진 hydroxytyrosol 등과 같은 항산화 물질에 대해 높은 반응성을 보이는 것으로 알려져 있다(Paie-Ribeiro 등, 2024). Tuberoso 등(2007)은 올리브유가 다양한 페놀성 화합물을 풍부하게 함유한 반면, 해바라기유, 유채유, 대두유, 포도씨유, 호박씨유 등 그 외 종자유에서는 이들 화합물의 함량이 낮다고 보고하였다.

환원력은 ABTS 라디칼 소거능과는 다르게 항산화 물질이 Fe^{3+} 을 Fe^{2+} 로 환원시키는 전자 전달 반응에 기반하여, 시료의 환원성을 정량적으로 평가하는 방법이다. 이 반응에서 생성된 Fe^{2+} 을 자유 상태의 Fe^{3+} 과 반응하여 Perl's Prussian blue라는 청색 화합물을 형성하며, 이는 700 nm 파장에서 강한 흡광도를 나타낸다. 따라서 흡광도 수치가 높을수록 시료의 환원력이 우수하다고 해석할 수 있다(Gulcin과 Alwasel, 2025). 식물성 식용 기름 12종의 환원력은 Fig. 2에 나타내었으며, 올리브유가 약 1.1 이상의 흡광도로 가장 높은 환원력을 보였고, 홍화씨유가 그 뒤를 이었다. 반면, 아보카도유, 포도씨유, 현미유, 대두유, 해바라기씨유 등은 약 0.2 이하의 낮은 흡광도를 보이며 낮은 환원력을 나타내었다. Muzolf-Panek과 Stuper-Szablewska(2021) 연구에서는 허브 및 향신료 추출물에서 총 폴리페놀 함량과 라디칼 소거능 및 환원력과 같은 항산화 활성 지표 간에 매우 높은

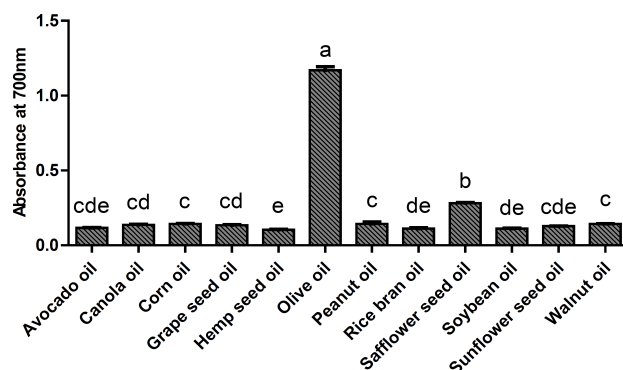


Fig. 2. Reducing power in methanol extracts of edible oils. Different letters above the bars indicate significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

상관관계가 있다고 보고하였다. 특히 환원력 및 ABTS 라디칼 소거능과 총 폴리페놀 간의 상관계수는 0.98로 매우 높았으며, 본 연구에서도 올리브유의 높은 총 폴리페놀 함량은 환원력에 영향을 끼친 것으로 판단된다. 본 연구에서는 우리나라에서 소비되는 식용 기름의 항산화 활성을 평가하였으며, 물리적 압착 방식으로 제조된 엑스트라버진 올리브유가 가장 우수한 항산화 활성을 나타내는 것으로 확인되었다.

식물성 기름의 기능 성분과 항산화 활성의 상관관계 분석

분석에 사용한 12종의 식물성 식용 기름 시료들의 총 리그난 및 총 폴리페놀 함량, ABTS 라디칼 소거능, 환원력 간의 상관관계는 Table 4에 나타내었다. 상관관계 분석 결과, 환원력과 총 폴리페놀 함량 간의 상관계수가 0.905로 가장 높게 나타났으며, 이는 두 항산화 활성 지표 간에 강한 양의 상관관계가 존재함을 의미한다. 또한, 환원력과 ABTS 라디칼 소거능 간의 상관계수는 0.901, ABTS 라디칼 소거능과 총 폴리페놀 함량 간의 상관계수도 0.825로 모두 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다($P < 0.01$). 이러한 결과는 폴리페놀의 구조적 특성과 항산화 작용 기작 간의 밀접한 연관성 때문으로 생각된다. 폴리페놀은 방향족 고리에 다수의 수산기를 포함하고 있으며, 이는 자유 라디칼과 반응하여 전자 또는 수소 이온을 제공함으로써 라디칼을 비활성화시키고, 공명 구조를 통해 전하를 분산시켜 페녹실 라디칼이라는 비교적 안정한 구조로 전환된다(Perron과 Brumaghim, 2009). ABTS 라디칼 소거능과 환원력은 전자 전달 기반의 항산화 활성 측정법으로, 이러한 폴리페놀의 전자 공

Table 4. Correlationship of ABTS, reducing power, total polyphenols, and total lignan contents of edible oils

	ABTS radical scavenging capacity	Reducing power	Total polyphenols	Total lignan contents
ABTS radical scavenging capacity	1			
Reducing power	0.901**	1		
Total polyphenols	0.825**	0.905**	1	
Total lignan contents	0.399	0.105	0.069	1

** P values less than 0.01 are summarized with two asterisks.

여 특성을 반영하는 지표라 할 수 있다(Dudonne 등, 2009). 따라서 폴리페놀의 전자 공여능이 ABTS 라디칼 소거능 및 환원력 지표와 높은 상관성을 보인 것으로 판단된다. 반면, 총 리그난 함량은 ABTS 라디칼 소거능, 환원력, 총 폴리페놀 함량과 각각 0.399, 0.105, 0.069의 상관계수를 보여 모두 양의 상관관계를 나타냈으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 본 연구에서 리그난 함량과 항산화 활성 간의 상관관계가 낮게 나타난 것은, 올리브유의 항산화 활성이 리그난보다는 다양한 폴리페놀 성분에 의해 더 크게 좌우되기 때문으로 판단된다. Bayram 등(2012)은 55종의 엑스트라버진 올리브유를 분석한 결과, 총 환원력이 ferric reducing antioxidant power 및 trolox equivalent antioxidant capacity와 각각 0.94, 0.95의 매우 강한 상관성을 보였으며, 특히 hydroxytyrosol이 항산화 활성에 주요하게 기여하는 성분임을 보고하였다. 이러한 결과는 식물성 기름, 특히 올리브유와 같이 폴리페놀 함량이 풍부한 기름에서는 리그난보다는 다른 폴리페놀 성분이 항산화 활성에 더 큰 영향을 줄 수 있음을 시사한다. Eklund 등(2005)의 연구에 따르면, guaiacyl 치환 구조를 가진 리그난은 전자 공여 능력과 공명 안정화 효과가 낮아, catechol 구조를 가진 리그난에 비해 라디칼 소거 활성이 현저히 떨어지는 것으로 보고되어 있다. 이러한 결과는 리그난의 총함량이 높더라도 방향족 고리에 존재하는 수산기의 수와 위치, 그리고 구조적 다양성에 따라 항산화 활성이 크게 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 리그난 함량과 항산화 활성 지표 간의 낮은 상관관계는 구성 리그난들의 구조적 특성과 항산화 기작에 의한 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 식물성 기름 12종의 항산화 활성과 리그난 및 총 폴리페놀의 상관관계를 분석하였으며, 라디칼 소거능과 환원력은 리그난 함량보다는 총 폴리페놀 함량과 높은 상관관계를 나타내었다.

요 약

본 연구에서는 우리나라에서 시판되고 있는 식물성 기름 12종을 대상으로 리그난 함량과 항산화 활성을 평가하였다. 시료 중 홍화씨유는 총 리그난 함량이 7,728.877 µg/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 이 중 Med와 Mat이 주요 성분으로 확인되었다. 반면, 카놀라유, 대두유, 현미유 등 일부 기름에서는 리그난이 검출되지 않았다. 총 폴리페놀 함량은 0.063~0.343 mg GAE/mL의 범위를 보였으며, 엑스트라버진 올리브유가 가장 높은 값을 나타냈다. ABTS 라디칼 소거능 또한 올리브유(88.517%)에서 가장 높았고, 홍화씨유(53.892%), 옥수수유(32.461%)가 뒤를 이었다. 환원력 측정 결과에서도 올리브유가 가장 높은 흡광도를 보여 가장 우수한 환원력을 나타내었다. 상관관계 분석 결과, 환원력과 총 폴리페놀 함량 간의 상관계수가 0.905로 가장 높았으며, ABTS 라디칼 소거능과 환원력, 총 폴리페놀 함량은 각각 0.901, 0.825로 유의한 양의 상관관계를 보였다. 반면, 총

리그난 함량은 항산화 활성 지표들과 유의적인 상관관계를 나타내지 않았다. 본 연구에서는 우리나라에서 시판 중인 식물성 기름의 항산화 활성 및 리그난 함량을 알아보았으며, 식용 기름의 건강상 이점에 대한 과학적 근거 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 연구에서는 국내에서 시판되는 식물성 기름 12종을 대상으로 리그난 함량과 항산화 활성을 평가하여, 다양한 종류의 식물성 기름의 기능성 정보를 비교할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 본 연구에서 분석한 시료 중 일부는 제품 표기 정보가 제한적이므로, 등급 또는 착유 방식에 따른 특성을 정확히 평가하기에는 한계가 있다. 따라서 향후 다양한 제품군과 제조 방법을 포함한 시료를 확보하여 연구하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2022-RD009982)에 의하여 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bayram B, Esatbeyoglu T, Schulze N, et al. Comprehensive analysis of polyphenols in 55 extra virgin olive oils by HPLC-ECD and their correlation with antioxidant activities. *Plant Foods Hum Nutr.* 2012. 67:326-336.
- Benbouriche A, Haddadi-Guemghar H, Bachir-Bey M, et al. Improvement of thermo-resistance and quality of soybean oil by blending with cold-pressed oils using simplex lattice mixture design. *OCL.* 2022. 29:33. <https://doi.org/10.1051/ocl/2022025>
- Berenshtein L, Okun Z, Shpigelman A. Stability and bioaccessibility of lignans in food products. *ACS Omega.* 2024. 9:2022-2031.
- Cho SH, Lee HR, Kim TH, et al. Effects of defatted safflower seed extract and phenolic compounds in diet on plasma and liver lipid in ovariectomized rats fed high-cholesterol diets. *J Nutr Sci Vitaminol.* 2004. 50:32-37.
- Cho SH, Lee MJ, Kim KY, et al. Analysis of major phytosterol contents for 10 kind of vegetable oils. *Korean J Food Nutr.* 2021. 34:217-223.
- Choi M. Animal fats and vegetable oils, now eat them wisely. *Magazine of the SAREK.* 2020. 49(5):94-95.
- Dudonné S, Vitrac X, Coutière P, et al. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *J Agric Food Chem.* 2009. 57:1768-1774.
- Durazzo A, Lucarini M, Souto EB, et al. Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytother Res.* 2019. 33:2221-2243.
- Eklund PC, Långvik OK, Wärmå JP, et al. Chemical studies on antioxidant mechanisms and free radical scavenging properties of lignans. *Org Biomol Chem.* 2005. 3:3336-3347.
- Fine F, Brochet C, Gaud M, et al. Micronutrients in vegetable oils: The impact of crushing and refining processes on vitamins and antioxidants in sunflower, rapeseed, and soybean oils. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2016. 118:680-697.
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic com-

- pounds as color reagents. *J Biol Chem.* 1912. 12:239-243.
- Frumuzachi O, Gavrilas LI, Vodnar DC, et al. Systemic health effects of oleuropein and hydroxytyrosol supplementation: A systematic review of randomized controlled trials. *Antioxidants.* 2024. 13:1040. <https://doi.org/10.3390/antiox13091040>
- Gulcin İ, Alwasel SH. Fe^{3+} reducing power as the most common assay for understanding the biological functions of antioxidants. *Processes.* 2025. 13:1296. <https://doi.org/10.3390/pr13051296>
- Jung EK, Paik HY. Fatty acid contents in foods of major fat sources in Korean diet. *Korean J Nutr.* 1993. 26:254-267.
- KHIDI. 2020 Distribution of intake by food group. 2020 [cited 2025 Jul 10]. Korea Health Industry Development Institute. Available from: <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result10?menuId=MENU01663&gubun=allcity&year=2020&category=&schText=%EC%9C%A0%EC%A7%80%EB%A5%98>
- KHIDI. 2023 Distribution of intake by food group. 2023 [cited 2025 Jul 10]. Korea Health Industry Development Institute. Available from: <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result10?menuId=MENU01663&gubun=allcity&year=2023&category=&schText=%EC%9C%A0%EC%A7%80%EB%A5%98>
- Kim G, Kim Y, Lee J, et al. Antioxidant activity and lignan levels in commercial perilla oil in Korea. *Food Sci Preserv.* 2025a. 32:415-422.
- Kim J, Kim Y, Park M, et al. Lignan content and antioxidant activity of commercial sesame oils in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2025b. 54:42-49.
- Kim JJ, Kim SH, Jeong DH, et al. Global food supply chain analysis and challenges: Edible oil. 2023 [cited 2025 Jul 10]. Korea Rural Economic Institute. Available from: <https://library.krei.re.kr/pyxis-api/1/digital-files/f2274667-ca89-4a1d-9dcd-f94e991599eb>
- Muzolf-Panek M, Stuper-Szablewska K. Comprehensive study on the antioxidant capacity and phenolic profiles of black seed and other spices and herbs: Effect of solvent and time of extraction. *Food Measure.* 2021. 15:4561-4574.
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr.* 1986. 44:307-315.
- Paié-Ribeiro J, Baptista F, Gomes MJ, et al. Exploring the variability in phenolic compounds and antioxidant capacity in olive oil by-products: A path to sustainable valorization. *Antioxidants.* 2024. 13:1470. <https://doi.org/10.3390/antiox13121470>
- Perron NR, Brumaghim JL. A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochem Biophys.* 2009. 53:75-100.
- Rathod ML, Angadi BM, Bhavi IG. A review on optimization of process parameters of cold pressed oil extraction for high output and for enhanced quality and retained nutrients. *Food and Humanity.* 2025. 5:100698. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100698>
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med.* 1999. 26:1231-1237.
- Shin HS. History of edible oils and fats industry in Korea. *Food Sci Ind.* 2017. 50(4):65-81.
- Singh R, Iqbal N, Umar S, et al. Lignan enhancement: An updated review on the significance of lignan and its improved production in crop plants. *Phyton-International Journal of Experimental Botany.* 2024. 93:3237-3271.
- Tardugno R, Cicero N, Costa R, et al. Exploring lignans, a class of health promoting compounds, in a variety of edible oils from Brazil. *Foods.* 2022. 11:1386. <https://doi.org/10.3390/foods11101386>
- Tuberoso CIG, Kowalczyk A, Sarritzu E, et al. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chem.* 2007. 103:1494-1501.
- Willför SM, Smeds AI, Holmbom BR. Chromatographic analysis of lignans. *J Chromatogr A.* 2006. 1112:64-77.