



들깨 유전자원의 지방산 변이 및 rosmarinic acid와 caffeic acid의 함량에 따른 항산화 활성 비교

김다정* · Awraris Derby Assefa* · 정이진* · 전영아** · 이재은* · 이명철* · 이호선* · 이주희* · 성정숙*

*농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터, **농촌진흥청 국제기술협력과

Variation in Fatty Acid Composition, Caffeic and Rosmarinic Acid Content, and Antioxidant Activity of Perilla Accessions

Da Jeong Kim*, Awraris Derby Assefa*, Yi Jin Jeong*, Young Ah Jeon**, Jae Eun Lee*, Myeong Chul Lee*, Ho Sun Lee*, Ju Hee Rhee* and Jung Sook Sung

*National Agrobiodiversity Center, NIAS, RDA, Jeonju 54874, Korea.

**International Technology Cooperation Center, RDA, Jeonju 54875, Korea.

ABSTRACT

Background: The aim of this study was to compare the fatty acid composition, antioxidant activity, and the content of two major phenolic acids, caffeic and rosmarinic acids, of 45 Perilla accessions collected from Russia.

Methods and Results: A total of 45 accessions of the genus Perilla were used in this study. The antioxidant activities of these accessions were analyzed using a spectrophotometer, and their caffeic and rosmarinic acid contents were determined using a reversed-phase ultraperformance liquid chromatography (UPLC) system. The Perilla seed oil was recovered using hexane in a soxhlet extraction method. The fatty acid compositions were analyzed using a Shimadzu QP2010 gas chromatography-mass spectrometry system. The results showed that accessions IT226732 and IT274300 had the highest content of caffeic and rosmarinic acid, respectively. A cluster analysis based on antioxidant assay results and concentration of phenolic acids led to the categorization of Perilla accessions into three major groups. The accessions in Group I were characterized by higher caffeic and rosmarinic acid content and antioxidant activity, compared to the accessions in the other two groups ($p < 0.05$). The total oil content ranged between 28.39 and 46.89%. The compositions of oleic, linoleic, and linolenic acid ranged from 11.83 to 19.55%, 11.92 to 16.71%, and 59.19 to 67.28%, respectively.

Conclusions: The results of this study indicated that accessions IT274300, IT226732, IT274293, IT235818, and IT235820 could be used as a source of functional materials.

Key Words: Perilla, Plant Germplasm, Functional Component, Oil Composition

서 언

들깨 [*Perilla frutescens* var. *japonica* (Hassk.) Hara.]는 우리나라의 대표 유전자원 중 하나로 인도에서 중국, 동아시아에 이르는 지역에 주로 분포하는 꿀풀과 들깨속에 속하는 한해살이 식물이며 최근 미국, 남아프리카, 이집트, 러시아 등지에서도 재배되고 있다. 들깨는 식용 외에도 예로부터 기관

지, 염증 관련 치료제로 쓰이거나 등불 연료로 사용하는 등 다양한 용도로 사용되어져 왔으며 깻잎에서 추출한 정유는 소스, 치약 등의 향료로도 이용되고 강한 방부 효과를 가지고 있어 향 곰팡이 제재로도 사용되고 있다 (Hong *et al.*, 1986).

들깨잎은 상추와 함께 쌈 채소로 많이 활용되는 식재료로 육류와 해산물의 소비가 늘어나고 깻잎의 기능성이 알려지며

†Corresponding author: (Phone) +82-63-238-4931 (E-mail) sjs31@korea.kr

Received 2019 March 25 / 1st Revised 2019 March 28 / 2nd Revised 2019 April 8 / 3rd Revised 2019 April 12 / Accepted 2019 April 12

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

씀용으로 소비가 늘어나고 있으며 이에 따라 잎들깨의 품종 개발을 하여 연중생산이 가능해졌다 (Hyun *et al.*, 2003).

들깨잎에는 β -carotene, caffeic acid, luteolin, quercetin, rosmarinic acid 등의 안토시아닌 계열 색소 및 플라보노이드 성분이 다량 함유되어져 있는 것으로 알려져 있으며 (Yamazaki and Saito, 2006; Asif, 2012), 특히 caffeic acid는 폴리페놀계 화합물로서 발암억제제로 작용하고 산화스트레스 유발 및 아플라톡신의 생산을 억제할 수 있다고 알려져 있다 (Oh and Lee, 2003). Caffeic acid의 이합체인 rosmarinic acid는 체내에서 생성되는 활성산소를 제거하는 역할을 함으로써 인체 노화 및 각종 질병을 예방해주고 항돌연변이작용, 항바이러스작용, 항암활성을 가지고 있다고 알려져 있다 (Cho, 2003; Oh, 2003; Ryu and Kim, 2008).

들깨 종실은 예로부터 기름을 짜거나 가루로 만들어 식용으로 많이 이용되어져 왔으며 최근에는 기능성 식품으로 체내에서 생성하지 못하여 필수로 섭취해야하는 오메가-3 지방산이 많이 포함되어있어 들기름에 대한 주목도가 더욱 높아지고 있다. 들깨 종실에는 α -linolenic acid가 높은 함량으로 포함되어 있는데 이는 체내에서 DHA와 EPA로 변하여 혈중 콜레스테롤을 낮추며, 항암 효과, 뇌의 기능을 촉진하는 효과 등이 알려져 있다.

최근 다양한 질병의 원인으로 알려진 활성산소 (reactive oxygen radical, ROS)는 쌍을 이루지 못한 전자에 의해 높은 반응성을 가지며 이는 산화적 스트레스의 직접적 원인이 된다. 활성산소는 체내 고분자들을 공격하여 세포와 조직에 손상을 일으키며, 돌연변이, 세포독성, 심혈관계 질환, 암, 동맥경화, 신경 전달물질에 영향을 미치는 등 인체 내 치명적인 문제를 주게 된다. 따라서 체내 활성산소를 제거하기 위해 다양한 연구가 진행되고 있을 뿐 아니라 (Jennings and Barnett, 1988; Fridovich, 1989) 천연 항산화제에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다 (Um *et al.*, 2017; Jeong *et al.*, 2018; Seong *et al.*, 2018).

본 연구는 러시아 지역에서 수집한 들깨 자원을 대상으로 종자의 지방 조성분과 들깨잎의 항산화 활성 평가를 하였으며 그 결과에 따라 유용 지방성분 또는 천연 항산화제로 이용 가치가 높은 우수한 들깨 유전자원을 선발하여 기능성 천연물 관련 연구 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 러시아 수집 들깨 [*Perilla frutescens* var. *japonica* (Hassk.) Hara.] 45 자원과 한국 대조품종 3 자원은 농업유전자원센터 보존자원을 이용하였으며 2017년 전라북도 전주 소재 시험포장에서 표준재배법을 적용하여 재배

하여 수확하였다.

Caffeic acid와 rosmarinic acid 성분 분석 및 항산화 활성 실험에 사용된 시료는 건조된 들깨잎 2 g을 고속용매추출장치 ASE-200 (Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 추출하였으며 추출용매는 75% 에탄올, 질소가스 1,200 psi, 70°C 조건으로 하였다. 추출된 시료는 진공농축기 HT-4X (American Laboratory Trading Inc., East Lyme, CT, USA)를 이용하여 40°C 조건에서 농축하여 준비하였다. 조지방 함량 분석에 사용된 시료는 건조된 들깨 종자를 5 g을 분쇄하여 준비하였으며 추출된 조지방을 이용하여 지방산 분석 시료로 이용하였다.

2. 시약

항산화 활성 평가용 시약인 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH), folin-Ciocalteu reagent, potassium ferricyanide [$K_3Fe(CN)_6$], phosphate buffer (NaH_2PO_4 - Na_2HPO_4), trichloroacetic acid (TCA), ferric chloride ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$), sodium acetate (CH_3COONa), HCl, acetic acid, 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) 및 표준품으로 사용한 gallic acid, L-ascorbic acid는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 위의 모든 시약은 analytical grade로 사용하였다.

3. Caffeic acid 와 rosmarinic acid 함량 측정

들깨잎 시료의 caffeic acid와 rosmarinic acid의 함량은 Ultra High Performance Liquid Chromatography (UHPLC, 초고속액체크로마토그래피, Agilent 1290 Infinity II LC, Agilent Technologies Co., Ltd., Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 측정 하였으며 분석 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Conditions of UPLC for identification and determination of caffeic acid and rosmarinic acid.

Instrument	Agilent Technologies 1290 series	
Column	Eclipseplus C18 (1.8 μ m, 2.1 mm \times 50 mm)	
Mobile phase	0.1% formic acid in water (A) : 0.1% formic acid in acetonitrile (B)	
Flow rate	0.4 ml/min	
Injection	2 μ l	
Wavelength	330 nm	
Time (min)	A (%)	B (%)
5	85	15
10	82	18
15	10	90

4. 총 폴리페놀 함량 (Total polyphenol contents, TPC) 측정

총 폴리페놀 함량은 Waterhouse (2002)의 Folin-Ciocalteu 방법을 참고하여 측정하였다. 96 well plate에 1,000 ppm 시료 100 μ l 와 1 N Folin & Ciocalteu phenol 100 μ l 를 반응시킨 후 호일을 덮고 3 분간 실온 보관하였다. 2% Na₂CO₃ 100 μ l 를 넣은 뒤 호일을 덮고 30 분간 실온에서 반응 후 마이크로플레이트리더 (Eon, BIO-TEK, Winooski, VT, USA)를 이용하여 750 nm로 흡광도를 측정하였다. Garlic acid 를 표준물질로 사용하여 측정된 값을 환산하여 비교하였다.

5. DPPH assay

라디칼 제거 활성을 측정할 수 있는 DPPH assay는 Piao 등 (2013)의 방법을 참고하였다. 96 well plate에 sample 100 μ l 150 μ M DPPH 용액 150 μ l 를 섞어 호일로 빛 차단 후 30 분간 실온에 반응시킨 뒤 마이크로플레이트리더 (Epoch, BIO-TEK, Winooski, VT, USA) 를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. Ascorbic acid equivalent 농도로 환산하여 비교하였다.

6. ABTS assay

라디칼 제거 활성을 측정할 수 있는 ABTS assay는 Re 등 (1999)의 방법을 참고하였다. ABTS용액은 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulphate를 섞어 12 시간 이상 빛 차단 후 냉장보관 하여 준비하였다. 96 well plate에 sample 10 μ l 와 준비된 ABTS 용액 190 μ l 를 섞어 호일로 빛 차단 후 30 분간 실온에서 반응시킨 뒤 마이크로플레이트리더 (Epoch, BIO-TEK, Winooski, VT, USA)를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정값은 ascorbic acid equivalent 농도로 환산하여 비교하였다.

7. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay

항산화 활성을 측정할 수 있는 FRAP assay는 Benzie 과 Strain (1996)의 방법을 참고하였다. FRAP용액은 0.1 M acetate buffer (pH 3.6), 10 mM tripydyltriazine (TPTZ)/40 mM HCl, 20 mM ferric chloride solution (FeCl₃·6H₂O)을 10:1:1의 비율로 혼합하여 준비하고 37°C에 보관하였다. 96 well plate에 시료 10 μ l 에 준비한 FRAP용액 300 μ l 를 혼합 후 호일로 빛을 차단하였다. 37°C에서 30 분간 반응시킨 후 마이크로플레이트리더 (Epoch, BIO-TEK, Winooski, VT, USA)를 이용하여 593 nm로 흡광도를 측정하였다. 측정값은 ascorbic acid equivalent 농도로 환산하여 비교하였다.

8. Reducing Power (RP) assay

Yen 과 Chen (1995)의 방법을 참고하여 reducing power

assay를 통해 항산화 활성을 측정하였다. 1.5 ml tube에 시료 60 μ l, 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 150 μ l, 1% K₃Fe(CN)₆ 150 μ l 를 넣은 후 50°C에서 20 분간 반응시켰다. 여기에 10% trichloroacetic acid 150 μ l 를 넣고 13,000 rpm으로 10 분간 원심분리하였다. 96 well plate에 상층액 100 μ l, 3 차 증류수 100 μ l, 0.1% ferric chloride 20 μ l 분주한 후 호일로 빛을 차단하였다. 상온에서 10 분간 반응시킨 후 마이크로플레이트리더 (Epoch, BIO-TEK, Winooski, VT, USA)를 이용하여 700 nm로 흡광도를 측정하였다. 측정값은 ascorbic acid equivalent 농도로 환산하여 비교하였다.

9. 조지방 함량 측정

조지방 함량을 측정하기 위하여 건조 분쇄하여 준비한 종자 시료 1g에 헥산을 용매로 하여 Soxtec™ 2043 (FOSS Tecator AB, Hilleroed, Denmark)을 이용하여 분석하였다.

10. 지방산 조성

추출한 지방 50 μ l를 튜브에 담고 0.5 N NaOH를 가한 후 80°C에서 10 분간 처리한 후, 14% boron trifluoride-methanol 용액을 가하고 헥산과 water 용액을 넣는다. 처리한 용액을 원심분리 하여 상층액을 취한 후 황산나트륨 (Na₂SO₄)에 반응시킨다. 다시 이를 여과시키고 상층액을 취하여 가스 크로마토그래피 (QP2010 Ultra, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 지방산 조성을 분석하였다. Silica capillary 컬럼 [HP-INNOWAX (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA), 30 m × 0.32 mm × 0.25 μ m]을 이용하여, 주입부 온도는 200°C, flame ionization detector는 250°C에서 사용하였고 질소가스 흐름은 0.6 ml·min⁻¹를 유지하였다. 오븐온도는 분당 4°C씩 250°C까지 상승시키고 250°C에서 10 분간 유지하여 각각의 머무름 시간을 확인하고 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타냈다.

11. 통계처리

모든 실험의 결과의 통계분석은 R 프로그램 (www.r-project.org, R i386 3.5.1, Vienna, Austria)를 이용하였으며, $p < 0.05$ 의 조건에서 값의 유의성을 인정하였다.

결 과

1. Caffeic acid와 rosmarinic acid 함량 측정

UHPLC를 통한 분석 결과 3.2 분에 caffeic acid, 11.3 분에 rosmarinic acid가 검출되었다 (Fig. 1).

Caffeic acid는 0.54 - 1.09 mg·g⁻¹의 범위를 보이고 평균 0.78 mg·g⁻¹을 함유하고 있었다. 한국 대조품종인 안유 (0.73 mg·g⁻¹), 다유 (0.37 mg·g⁻¹)가 러시아 수집자원 평균 함량

Table 2. Caffeic, rosmarinic acid contents and antioxidant activities of leaf extracts from 45 perilla accessions.

No.	Accession Number	Caffeic acid	Rosmarinic acid	TPC	DPPH	ABTS	FRAP	RP
		mg·g ⁻¹		μg·GAE·mg ⁻¹ DE		μg·ASCE·mg ⁻¹ DE		
1	IT220385	0.65±0.04 ^{cdefgh}	45.58±3.33 ^{bcdefgh}	96.97±2.11 ^{cdefghi}	81.75±0.09 ^{abc}	108.28±2.96 ^{ghijk}	162.73±1.12 ^{efghi}	143.05±1.37 ^{cdefghi}
2	IT220387	0.72±0.04 ^{bcdefgh}	41.07±2.95 ^{cefgh}	88.77±1.34 ⁱ	68.11±0.30 ^c	98.87±2.45 ^{hijk}	114.85±4.88 ^{ij}	103.20±1.37 ^{ij}
3	IT220388	0.78±0.04 ^{abcdefg}	47.98±2.28 ^{bcdefgh}	98.57±0.48 ^{cdefghi}	80.55±0.38 ^{abc}	109.06±5.13 ^{ghijk}	196.20±3.69 ^{cdefghi}	125.64±0.79 ^{fghi}
4	IT220389	0.90±0.01 ^{abcdef}	81.96±1.66 ^{abcd}	113.59±0.24 ^{abcdefghi}	91.33±0.38 ^{abc}	138.07±0.68 ^{bcdefghi}	213.30±2.77 ^{bcdefgh}	155.87±0.79 ^{cdefghi}
5	IT220390	0.77±0.07 ^{abcdefg}	64.29±0.78 ^{abcdefg}	105.53±0.43 ^{cdefghi}	87.97±1.38 ^{abc}	125.92±1.36 ^{defghij}	216.96±8.86 ^{bcdefgh}	138.01±0.79 ^{cefgi}
6	IT220391	0.73±0.03 ^{bcdefg}	73.38±2.51 ^{abcdefg}	115.19±1.45 ^{abcdefghi}	89.23±0.43 ^{abc}	129.45±3.59 ^{cdefghij}	196.20±3.76 ^{cdefghi}	153.58±0.79 ^{cdefghi}
7	IT220392	0.79±0.01 ^{abcdefg}	75.81±1.86 ^{abcdef}	126.60±1.20 ^{abcdef}	93.14±1.22 ^{ab}	149.43±4.90 ^{abcdefg}	287.80±5.30 ^{ab}	192.51±2.38 ^{bcdefg}
8	IT220393	0.83±0.07 ^{abcdefg}	73.70±6.01 ^{abcdefg}	97.32±0.60 ^{cdefghi}	78.24±1.00 ^{abc}	112.59±2.04 ^{ghij}	172.01±4.23 ^{efghi}	137.55±1.37 ^{cefgi}
9	IT220394	0.67±0.02 ^{cdefgh}	50.87±3.57 ^{bcdefg}	100.66±0.99 ^{cdefghi}	80.30±0.66 ^{abc}	116.12±3.53 ^{fghij}	164.69±1.12 ^{efghi}	138.92±1.37 ^{cdefghi}
10	IT220395	0.83±0.02 ^{abcdefg}	58.80±1.04 ^{abcdefg}	119.43±0.52 ^{abcdefghi}	91.69±0.68 ^{abc}	136.50±4.75 ^{bcdefghi}	182.52±2.57 ^{defghi}	155.41±1.37 ^{cdefghi}
11	IT220396	0.98±0.04 ^{ab}	60.91±2.56 ^{abcdefg}	129.24±1.03 ^{abcd}	85.57±0.15 ^{abc}	114.16±1.80 ^{fghij}	175.68±5.69 ^{efghi}	138.01±1.59 ^{cefgi}
12	IT220397	0.68±0.03 ^{cdefgh}	64.82±3.18 ^{abcdefg}	113.87±0.67 ^{abcdefghi}	92.34±0.92 ^{ab}	140.42±0.68 ^{bcdefghi}	203.52±5.20 ^{bcdefghi}	159.53±3.64 ^{bcdefghi}
13	IT220398	0.93±0.08 ^{abcd}	84.74±6.51 ^{ab}	129.59±0.75 ^{abcd}	93.44±0.09 ^{ab}	168.64±1.80 ^{abcd}	261.42±1.84 ^{abcd}	196.18±2.10 ^{bcdef}
14	IT226731	0.82±0.05 ^{abcdefg}	51.57±2.31 ^{bcdefg}	104.35±0.72 ^{cdefghi}	80.35±0.71 ^{abc}	109.85±2.45 ^{ghijk}	158.82±3.46 ^{fghi}	120.14±1.59 ^{hi}
15	IT226732	1.09±0.08 ^a	85.94±5.81 ^{ab}	140.99±2.14 ^{ab}	93.74±0.35 ^{ab}	171.38±2.04 ^{abc}	285.60±9.90 ^{abc}	210.38±2.38 ^{abcd}
16	IT226733	0.74±0.05 ^{bcdefg}	77.52±1.12 ^{abcde}	124.72±1.05 ^{abcdefghi}	93.69±0.52 ^{ab}	149.04±2.35 ^{abcdefg}	225.75±0.42 ^{bcdef}	209.46±2.86 ^{abcd}
17	IT226735	0.58±0.03 ^{fgh}	39.94±2.55 ^{fgh}	91.06±1.48 ^{gj}	76.49±0.86 ^{abc}	105.54±0.00 ^{ghijk}	133.91±3.76 ^{ghij}	116.94±1.37 ⁱ
18	IT226737	0.71±0.06 ^{bcdefgh}	51.50±4.30 ^{bcdefg}	94.19±0.12 ^{efghi}	78.54±0.53 ^{abc}	113.38±0.68 ^{fghij}	176.65±7.63 ^{defghi}	121.06±2.38 ^{gj}
19	IT226738	0.84±0.04 ^{abcdefg}	54.78±2.72 ^{bcdefg}	113.38±0.43 ^{abcdefghi}	85.67±0.43 ^{abc}	120.43±1.80 ^{efghij}	171.53±3.46 ^{efghi}	138.47±0.79 ^{cefgi}
20	IT226739	0.94±0.03 ^{abcd}	55.02±1.35 ^{bcdefg}	115.19±0.36 ^{abcdefghi}	86.02±0.60 ^{abc}	131.01±2.45 ^{bcdefghij}	176.17±1.27 ^{defghi}	134.80±1.37 ^{efghi}
21	IT226742	0.80±0.01 ^{abcdefg}	57.41±0.36 ^{abcdefg}	105.60±0.21 ^{cdefghi}	85.01±0.57 ^{abc}	122.39±2.45 ^{efghij}	175.92±6.40 ^{defghi}	130.22±0.79 ^{efghi}
22	IT226743	0.58±0.03 ^{fgh}	56.49±1.68 ^{abcdefg}	115.26±0.73 ^{abcdefghi}	91.03±0.17 ^{abc}	125.92±0.68 ^{defghij}	242.12±11.79 ^{abcdef}	151.75±2.86 ^{cdefghi}
23	IT226744	0.55±0.03 ^{gh}	54.44±3.54 ^{bcdefg}	115.40±0.55 ^{abcdefghi}	90.38±0.45 ^{abc}	134.54±1.36 ^{bcdefghi}	226.97±6.40 ^{bcdef}	157.24±3.46 ^{bcdefghi}
24	IT226745	0.84±0.08 ^{abcdefg}	74.24±5.70 ^{abcdef}	127.92±0.75 ^{abcdef}	93.84±0.15 ^{ab}	156.10±4.24 ^{abcdef}	236.50±7.19 ^{abcdef}	189.77±1.37 ^{bcdefgh}
25	IT235818	0.59±0.01 ^{efgh}	38.80±0.13 ^{fgh}	108.38±0.99 ^{bcdefghi}	83.31±0.45 ^{abc}	119.65±3.53 ^{efghij}	158.58±2.64 ^{fghi}	123.81±0.00 ^{fji}

Table 2. Continued.

No.	Accession Number	Caffeic acid	Rosmarinic acid	TPC	DPPH	ABTS	FRAP	RP
		mg·g ⁻¹		μg·GAE·mg ⁻¹ DE		μg·ASCE·mg ⁻¹ DE		
26	IT235819	0.66±0.03 ^{cdefgh}	47.25±2.53 ^{bcdefgh}	106.92±0.64 ^{bcdefghi}	86.82±0.35 ^{abc}	123.57±0.68 ^{defghij}	166.88±2.24 ^{efghi}	129.76±0.79 ^{efghi}
27	IT235820	0.81±0.03 ^{abcdefg}	48.24±1.12 ^{bcdefg}	100.10±0.60 ^{cdefghi}	83.06±0.46 ^{abc}	112.98±2.72 ^{ghij}	157.36±1.53 ^{fghi}	122.89±0.79 ^{fgi}
28	IT246851	0.88±0.07 ^{abcdef}	74.67±4.26 ^{abcdef}	125.55±0.84 ^{abcdefg}	88.68±1.35 ^{abc}	139.64±2.35 ^{bcdefghi}	216.71±3.61 ^{bcdefgh}	159.53±1.37 ^{bcdefghi}
29	IT246852	0.82±0.08 ^{abcdefg}	64.60±6.08 ^{abcdefg}	115.89±0.79 ^{abcdefghi}	89.88±0.09 ^{abc}	136.11±2.35 ^{bcdefghi}	198.88±7.22 ^{bcdefghi}	145.79±0.00 ^{cdefghi}
30	IT260616	0.64±0.02 ^{defgh}	55.32±1.67 ^{bcdefg}	107.89±0.42 ^{bcdefghi}	87.47±0.31 ^{abc}	119.26±3.59 ^{efghij}	216.96±4.71 ^{bcdefg}	126.10±0.79 ^{fghi}
31	IT274282	0.86±0.07 ^{abcdefg}	58.06±4.73 ^{abcdefg}	100.45±0.43 ^{cdefghi}	85.42±0.94 ^{abc}	111.81±2.45 ^{ghij}	164.93±5.50 ^{efghi}	149.00±2.10 ^{cdefghi}
32	IT274283	0.77±0.02 ^{abcdefg}	61.46±3.37 ^{abcdefg}	114.78±0.36 ^{bcdefghi}	90.73±0.23 ^{abc}	129.84±2.45 ^{cdefghij}	187.16±1.47 ^{defghi}	165.49±1.59 ^{bcdefghi}
33	IT274284	0.60±0.04 ^{dfigh}	46.31±2.81 ^{bcdefgh}	93.71±1.08 ^{fghi}	76.89±0.23 ^{abc}	104.75±3.78 ^{ghijk}	133.66±5.08 ^{ghij}	121.98±0.79 ^{fgi}
34	IT274285	0.65±0.04 ^{defgh}	59.38±1.33 ^{abcdefg}	113.38±0.12 ^{bcdefghi}	89.08±0.23 ^{abc}	136.11±3.11 ^{bcdefghi}	180.07±7.84 ^{defghi}	156.79±1.37 ^{cdefghi}
35	IT274286	0.89±0.08 ^{abcdef}	51.85±3.54 ^{bcdefg}	117.00±1.19 ^{abcdefghi}	89.83±0.91 ^{abc}	134.54±2.96 ^{bcdefghi}	173.24±1.94 ^{efghi}	148.54±1.37 ^{cdefghi}
36	IT274287	0.97±0.05 ^{abc}	55.48±3.30 ^{bcdefg}	114.78±0.55 ^{abcdefghi}	91.79±0.35 ^{abc}	143.95±0.68 ^{bcdefgh}	203.52±1.12 ^{bcdefghi}	154.95±0.79 ^{cdefghi}
37	IT274288	0.72±0.02 ^{bcdefg}	37.70±0.17 ^{fghi}	94.54±0.36 ^{dfighi}	75.03±0.26 ^{abc}	105.15±1.80 ^{ghijk}	148.08±5.40 ^{fghi}	110.98±0.79 ⁱ
38	IT274290	0.93±0.08 ^{abcd}	40.52±2.10 ^{defgh}	89.67±0.12 ^{hi}	72.68±0.35 ^{bc}	86.33±3.59 ^{jk}	119.98±4.99 ^{hij}	113.73±1.59 ⁱ
39	IT274291	0.62±0.03 ^{dfigh}	47.84±0.62 ^{bcdefgh}	116.72±0.64 ^{abcdefghi}	87.32±0.46 ^{abc}	113.77±1.18 ^{ghij}	178.61±7.12 ^{defghi}	135.26±0.79 ^{defghi}
40	IT274292	0.86±0.00 ^{abcdefg}	55.78±1.58 ^{bcdefg}	106.92±1.47 ^{bcdefghi}	86.02±0.69 ^{abc}	116.51±0.68 ^{fghij}	161.75±4.04 ^{fghi}	129.76±1.59 ^{fghi}
41	IT274293	0.88±0.00 ^{abcdefg}	95.02±2.25 ^a	133.48±0.87 ^{abc}	93.89±0.31 ^a	163.94±4.13 ^{abcde}	242.36±5.92 ^{abcde}	264.88±1.59 ^a
42	IT274296	0.76±0.02 ^{abcdefg}	76.61±3.93 ^{abcdef}	128.75±1.37 ^{abcde}	93.59±0.31 ^{ab}	176.48±3.39 ^{ab}	225.75±3.38 ^{bcdefg}	215.87±1.37 ^{abc}
43	IT274299	0.76±0.03 ^{abcdefg}	82.52±0.62 ^{abc}	132.16±1.34 ^{abc}	93.64±0.23 ^{ab}	160.41±0.68 ^{abcde}	255.06±2.24 ^{abcde}	198.93±1.59 ^{bcde}
44	IT274300	0.92±0.05 ^{abcde}	98.50±2.40 ^a	148.85±1.05 ^a	94.80±0.09 ^a	190.59±3.39 ^a	326.39±5.13 ^a	234.65±1.59 ^{ab}
45	IT274301	0.62±0.05 ^{dfigh}	55.21±3.65 ^{bcdefg}	110.88±1.39 ^{bcdefghi}	90.58±0.38 ^{abc}	116.12±5.13 ^{fghij}	187.65±8.56 ^{cdefghi}	148.54±2.38 ^{cdefghi}
	Mean	0.78±0.04	60.75±2.59	112.54±0.81	86.64±0.48	129.52±2.46	194.70±4.56	152.78±1.44
	Max	1.09±0.08	98.50±2.40	148.85±1.05	94.80±0.09	190.59±3.39	326.39±5.13	264.88±1.59
	Min	0.55±0.03	37.70±0.17	88.77±1.34	68.11±0.30	86.33±3.59	114.85±4.88	103.20±1.37
Anyu	IT229431	0.73±0.01 ^{bcdefg}	30.22±0.25 ^{gh}	88.21±0.43 ⁱ	76.29±0.17 ^{abc}	126.31±0.68 ^{cdefghij}	146.12±5.13 ^{fghi}	115.56±0.00 ^j
Dayu	IT274277	0.37±0.03 ^h	4.47±0.22 ^h	29.32±0.24 ^j	19.26±0.17 ^d	62.82±3.59 ^k	49.15±1.12 ^j	27.16±0.79 ^j
Daeyu	IT276227	0.90±0.06 ^{abcdef}	46.38±2.96 ^{bcdefgh}	107.54±0.12 ^{bcdefghi}	90.08±0.30 ^{abc}	129.45±4.45 ^{cdefghij}	192.29±9.58 ^{cdefghi}	146.25±0.79 ^{cdefghi}

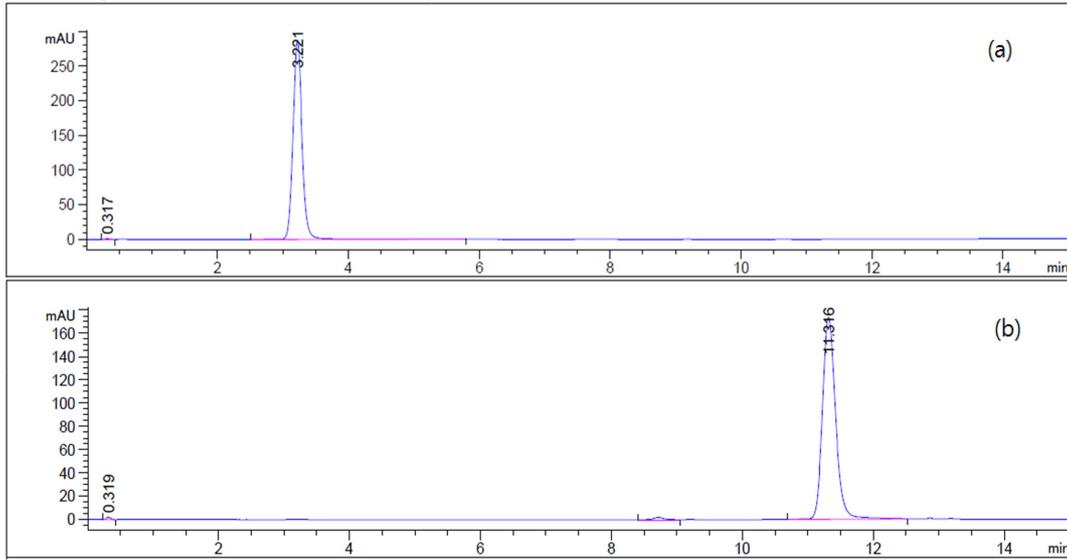


Fig. 1. Peak of caffeic acid was detected at 3.2 min (a) and a peak of rosmarinic acid was found at 11.3 min (b) by UHPLC system.

인 $0.78 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 보다 낮은 함량을 보였으며 가장 높은 caffeic acid를 함유한 자원은 IT226732 ($1.09 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)으로 한국 대조품종 중 가장 높은 함유량을 보인 대유 ($0.90 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)보다 높은 함량을 보였다.

Rosmarinic acid는 $37.70 - 98.50 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 의 넓은 범위를 보였으며 평균 $60.75 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 의 함유량을 보였다. 한국 대조품종인 안유는 $30.22 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 다유는 $4.47 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 로 러시아 수집자원 평균 함량인 $60.75 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 보다 낮은 함량을 보였으며 가장 높은 rosmarinic acid를 함유한 자원은 IT274300 ($98.50 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)으로 한국 대조품종 중 가장 높은 함유량을 보인 대유 ($46.38 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)의 약 2 배 높은 함량을 보였다 (Table 2).

2. 총 폴리페놀 함량 (Total polyphenol contents, TPC) 측정

러시아 수집 들깨 [*Perilla frutescens* var. *japonica* (Hassk.) Hara.] 자원의 총 폴리페놀 함량은 평균 $112.54 \mu\text{g}\cdot\text{gallic acid equivalent (GAE)}\cdot\text{mg}^{-1}$ dried extract (DE)을 보였으며 $88.77 - 148.85 \mu\text{g}\cdot\text{GAE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 범위를 보였다. 한국 대조품종 다유의 경우 $29.32 \mu\text{g}\cdot\text{GAE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 낮은 폴리페놀 함량을 보였으며 대유의 경우 $107.54 \mu\text{g}\cdot\text{GAE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 함량으로 한국 대조품종 중 가장 높은 값을 보였으나 러시아 수집자원 평균보다 낮은 값을 보였다. 안유의 경우 $88.21 \mu\text{g}\cdot\text{GAE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 으로 러시아 수집자원의 가장 낮은 TPC 값을 보인 자원 IT220387 ($88.77 \mu\text{g}\cdot\text{GAE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$)과 비슷한 값을 보였다 (Table 2).

3. 항산화 활성 측정

각 수집자원의 DPPH radical 소거 활성을 측정한 결과, 한국 대조품종 중 가장 높은 값을 보인 대유는 $90.08 \mu\text{g}\cdot\text{ascorbic acid equivalent (ASCE)}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 값을 보였으며 러시아 자원의 평균값은 $86.64 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 로 안유 ($76.29 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), 다유 ($19.26 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$)보다 높은 값을 보였으며, 러시아 수집 자원은 $68.11 - 94.80 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 범위의 값을 보였으며 가장 높은 값을 보인 자원은 IT274300였다 (Table 1).

ABTS의 양이온 소거능을 측정한 결과, 러시아 자원의 평균값은 $129.52 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 값을 보였으며 $86.33 - 190.59 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 넓은 범위를 보였다. 가장 높은 값을 보인 자원은 IT274300이었으며, 한국 대조품종 중 가장 높은 값을 보인 대유는 $129.45 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 로 러시아 자원의 평균값과 비슷한 값을 보였다 (Table 2).

FRAP 평가 결과, 한국 대조품종 안유, 다유, 대유의 값은 $146.12, 49.15, 129.45 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 로 러시아 자원의 평균값인 $194.70 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 보다 낮은 값을 보였다. 러시아 수집 자원 중 가장 높은 값을 보인 자원은 IT274300였으며 $114.85 - 326.39 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 넓은 분포를 보였다 (Table 1).

각 자원의 환원력 측정을 위해 RP assay를 진행한 결과 한국 대조품종 대유의 값은 $145.25 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$, 안유는 $115.56 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$, 다유는 $7.16 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 값을 보였다. 러시아 자원의 평균값은 $152.78 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 을 보였으며 $103.20 - 264.88 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 의 분포를 보였

Table 3. Total oil and fatty acid contents of seed extracts from 45 perilla accessions.

No.	Accession No.	Total oil (%)	Palmitic acid (%)	Stearic acid (%)	Oleic acid (%)	Linoleic acid (%)	Linolenic acid (%)
1	IT220385	35.55±0.08 ^{abcd}	6.86±0.01 ^{abcde}	1.97±0.03 ^{abc}	16.29±0.21 ^{abcde}	13.00±0.33 ^b	61.88±0.62 ^{abc}
2	IT220387	39.94±0.35 ^{abcd}	6.16±0.00 ^{abcdef}	1.84±0.01 ^{abc}	14.68±0.10 ^{bcde}	12.54±0.12 ^b	64.77±0.44 ^{abc}
3	IT220388	37.95±0.67 ^{abcd}	6.25±0.01 ^{abcdef}	1.58±0.01 ^{abc}	14.09±0.09 ^{bcde}	11.92±0.08 ^b	66.16±0.21 ^{ab}
4	IT220389	46.89±0.47 ^a	5.57±0.02 ^f	1.76±0.02 ^{abc}	12.91±0.11 ^{bde}	13.56±0.11 ^{ab}	66.21±0.17 ^{ab}
5	IT220390	39.39±0.71 ^{abcd}	6.16±0.01 ^{abcdef}	1.34±0.01 ^{bc}	16.83±0.45 ^{abc}	14.78±0.45 ^{ab}	60.90±0.27 ^{abc}
6	IT220391	28.39±0.35 ^d	7.09±0.01 ^a	2.24±0.01 ^a	19.55±0.23 ^a	11.93±0.78 ^b	59.19±0.58 ^c
7	IT220392	35.80±0.18 ^{abcd}	6.56±0.03 ^{abcdef}	1.16±0.02 ^c	13.62±0.55 ^{bcde}	13.45±0.55 ^{ab}	65.21±0.74 ^{abc}
8	IT220393	38.15±0.00 ^{abcd}	6.61±0.02 ^{abcdef}	1.44±0.00 ^{abc}	13.70±0.42 ^{bcde}	13.00±0.41 ^b	65.26±0.41 ^{abc}
9	IT220394	35.34±0.39 ^{abcd}	6.83±0.01 ^{abcde}	1.62±0.01 ^{abc}	14.57±0.25 ^{bcde}	12.83±0.21 ^b	64.16±0.84 ^{abc}
10	IT220395	40.45±0.17 ^{abcd}	6.09±0.03 ^{abcdef}	1.41±0.02 ^{bc}	15.21±0.10 ^{bcde}	12.14±0.23 ^b	65.15±0.54 ^{abc}
11	IT220396	30.32±0.47 ^{cd}	6.97±0.04 ^{ab}	2.15±0.01 ^a	16.23±0.11 ^{abcde}	12.96±0.34 ^b	61.69±0.63 ^{abc}
12	IT220397	32.28±0.44 ^{bcd}	6.63±0.04 ^{abcdef}	1.89±0.00 ^{abc}	16.62±0.47 ^{abcd}	13.58±0.36 ^{ab}	61.27±0.12 ^{abc}
13	IT220398	35.52±0.08 ^{abcd}	6.90±0.02 ^{abcd}	2.06±0.00 ^{ab}	17.10±0.20 ^{ab}	14.20±0.58 ^{ab}	59.74±0.86 ^{bc}
14	IT226731	38.92±0.51 ^{abcd}	6.05±0.03 ^{abcdef}	2.27±0.01 ^a	13.88±0.44 ^{bcde}	13.40±0.75 ^{ab}	64.40±0.61 ^{abc}
15	IT226732	45.76±0.13 ^a	5.74±0.01 ^{cdef}	1.82±0.00 ^{abc}	14.31±0.23 ^{abcde}	12.63±0.52 ^b	65.50±0.54 ^{abc}
16	IT226733	41.18±0.80 ^{abcd}	6.30±0.00 ^{abcdef}	1.31±0.01 ^{bc}	12.87±0.31 ^{bde}	14.15±0.53 ^{ab}	65.36±0.71 ^{abc}
17	IT226735	37.52±0.22 ^{abcd}	6.52±0.00 ^{abcdef}	1.65±0.01 ^{abc}	14.78±0.26 ^{bcde}	12.38±0.12 ^b	64.66±0.62 ^{abc}
18	IT226737	35.89±0.88 ^{abcd}	6.27±0.04 ^{abcdef}	1.48±0.02 ^{abc}	13.95±0.15 ^{bcde}	13.02±0.12 ^b	65.28±0.43 ^{abc}
19	IT226738	38.23±0.11 ^{abcd}	6.22±0.04 ^{abcdef}	1.35±0.02 ^{bc}	12.29±0.13 ^{bde}	14.11±0.47 ^{ab}	66.03±0.35 ^{ab}
20	IT226739	40.27±0.02 ^{abcd}	6.11±0.02 ^{abcdef}	1.35±0.01 ^{bc}	13.04±0.58 ^{bcde}	12.74±0.85 ^b	66.75±0.62 ^a
21	IT226742	46.21±0.36 ^a	6.33±0.03 ^{abcdef}	1.46±0.01 ^{abc}	13.73±0.69 ^{bcde}	14.41±0.52 ^{ab}	64.07±0.64 ^{abc}
22	IT226743	43.18±0.24 ^{abc}	6.46±0.02 ^{abcdef}	1.51±0.02 ^{abc}	13.47±0.74 ^{bcde}	14.89±0.23 ^{ab}	63.68±0.15 ^{abc}
23	IT226744	43.23±0.28 ^{abc}	6.20±0.01 ^{abcdef}	1.68±0.02 ^{abc}	13.92±0.54 ^{bcde}	15.00±0.33 ^{ab}	63.20±0.71 ^{abc}
24	IT226745	43.74±1.29 ^{ab}	5.94±0.02 ^{abcdef}	1.48±0.01 ^{abc}	14.63±0.85 ^{bcde}	12.81±0.42 ^b	65.14±0.58 ^{abc}
25	IT235818	40.94±0.17 ^{abcd}	6.21±0.04 ^{abcdef}	1.40±0.01 ^{bc}	12.28±0.71 ^{de}	12.83±0.63 ^b	67.28±0.41 ^a

다 (Table 2).

4. 조지방 함량 및 지방산 조성

조지방 함량은 평균 38.76%를 보였으며 가장 낮은 값은 28.39% (IT220391), 가장 높은 값은 46.89% (IT220389)으로 확인되었다. 다음으로 높은 값을 보이는 자원은 46.21% (IT226742), 45.76% (IT226732)의 값으로 뒤를 이었다 (Table 3).

들깨 종자의 지방산 구성은 포화 지방산보다 불포화 지방산의 함량이 높게 함유되어 있으며, 지방산 조성 중 가장 높은 함량을 보인 linolenic acid는 평균 64.18%의 값을 보였으며 59.19 - 67.28%의 범위를 보였다. 그 다음으로 높은 함량을 가

진 oleic acid와 linoleic acid가 각각 14.24%, 13.58%로 구성되어있고 11.83 - 19.55%, 11.92 - 16.71%의 범위를 보였다. 상대적으로 낮은 함량을 가진 palmitic acid, stearic acid는 6.37%, 1.62%의 평균값을 보였으며 5.57 - 7.09%, 1.16 - 2.27%의 범위를 보였다 (Table 3).

고 찰

Rosmarinic acid와 caffeic acid는 항염, 항산화 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 (Villalva *et al.*, 2018; Choi *et al.*, 2018), 꿀풀과 29 종의 rosmarinic acid 함량을 비교한 연구결과에 따르면 스피아민트 (*Mentha spicata* L.)의 함량이

들깨 유전자원의 지방산 변이 및 항산화 활성 비교

Table 3. Continued.

No.	Accession No.	Total oil (%)	Palmitic acid (%)	Stearic acid (%)	Oleic acid (%)	Linoleic acid (%)	Linolenic acid (%)
26	IT235819	38.53±0.51 ^{abcd}	6.37±0.03 ^{abcdef}	1.52±0.02 ^{abc}	13.21±0.85 ^{bcde}	13.31±0.85 ^b	65.60±0.16 ^{abc}
27	IT235820	41.43±0.08 ^{abcd}	5.86±0.01 ^{bcdef}	1.45±0.02 ^{abc}	11.83±0.47 ^e	13.69±0.23 ^{ab}	67.17±0.74 ^a
28	IT246851	34.94±0.20 ^{abcd}	6.75±0.02 ^{abcdef}	1.35±0.04 ^{bc}	14.06±0.58 ^{bcde}	13.60±0.41 ^{ab}	64.25±0.56 ^{abc}
29	IT246852	33.62±0.42 ^{abcd}	6.26±0.02 ^{abcdef}	1.74±0.01 ^{abc}	14.85±0.57 ^{bcde}	14.52±0.10 ^{ab}	62.63±0.67 ^{abc}
30	IT260616	38.11±1.08 ^{abcd}	6.30±0.01 ^{abcdef}	1.68±0.01 ^{abc}	12.70±0.51 ^{bde}	13.17±0.45 ^b	66.15±0.63 ^{ab}
31	IT274282	39.48±0.56 ^{abcd}	6.33±0.01 ^{abcdef}	1.76±0.05 ^{abc}	14.07±0.16 ^{bcde}	12.78±0.85 ^b	65.06±0.18 ^{abc}
32	IT274283	36.90±0.25 ^{abcd}	6.62±0.04 ^{abcdef}	1.85±0.04 ^{abc}	14.12±0.24 ^{bcde}	14.39±0.68 ^{ab}	63.02±0.27 ^{abc}
33	IT274284	38.70±0.55 ^{abcd}	6.39±0.02 ^{abcdef}	1.59±0.04 ^{abc}	12.79±0.10 ^{bde}	12.79±0.65 ^b	66.44±0.45 ^a
34	IT274285	38.71±0.19 ^{abcd}	6.46±0.02 ^{abcdef}	1.31±0.00 ^{bc}	13.31±0.22 ^{bcde}	15.12±0.58 ^{ab}	63.81±0.28 ^{abc}
35	IT274286	44.78±0.64 ^{ab}	5.73±0.04 ^{def}	1.63±0.02 ^{abc}	13.01±0.21 ^{bcde}	16.71±0.52 ^a	62.92±0.27 ^{abc}
36	IT274287	38.87±0.55 ^{abcd}	6.26±0.01 ^{abcdef}	1.82±0.02 ^{abc}	14.19±0.07 ^{bcde}	15.32±0.07 ^{ab}	62.41±0.85 ^{abc}
37	IT274288	36.43±0.97 ^{abcd}	6.43±0.02 ^{abcdef}	1.71±0.01 ^{abc}	13.31±0.84 ^{bcde}	14.35±0.42 ^{ab}	64.20±0.64 ^{abc}
38	IT274290	36.74±0.46 ^{abcd}	6.47±0.02 ^{abcdef}	1.47±0.01 ^{abc}	14.45±0.57 ^{bcde}	12.96±0.75 ^b	64.65±0.47 ^{abc}
39	IT274291	39.18±0.51 ^{abcd}	6.63±0.01 ^{abcdef}	1.48±0.02 ^{abc}	14.79±0.27 ^{bcde}	12.87±0.54 ^b	64.24±0.55 ^{abc}
40	IT274292	42.83±0.36 ^{abc}	6.29±0.01 ^{abcdef}	1.62±0.04 ^{abc}	14.06±0.12 ^{bcde}	14.63±0.41 ^{ab}	63.40±0.32 ^{abc}
41	IT274293	38.47±0.14 ^{abcd}	6.83±0.02 ^{abcde}	1.55±0.03 ^{abc}	14.65±0.17 ^{bcde}	14.98±0.56 ^{ab}	61.99±0.47 ^{abc}
42	IT274296	40.12±0.17 ^{abcd}	6.12±0.05 ^{abcdef}	1.88±0.01 ^{abc}	15.14±0.25 ^{bcde}	15.24±0.74 ^{ab}	61.62±0.25 ^{abc}
43	IT274299	37.17±0.15 ^{abcd}	6.92±0.04 ^{abc}	1.29±0.01 ^{bc}	14.02±0.74 ^{bcde}	13.35±0.15 ^b	64.42±0.61 ^{abc}
44	IT274300	40.04±0.53 ^{abcd}	6.58±0.05 ^{abcdef}	1.36±0.02 ^{bc}	14.52±0.45 ^{bcde}	12.62±0.14 ^b	64.92±0.81 ^{abc}
45	IT274301	37.98±0.15 ^{abcd}	6.14±0.06 ^{abcdef}	1.77±0.02 ^{abc}	13.25±0.87 ^{bcde}	12.47±0.56 ^b	66.37±0.21 ^{ab}
Mean		38.76±0.40	6.37±0.02	1.62±0.02	14.24±0.38	13.58±0.44	64.18±0.50
Max		46.89±0.47	7.09±0.01	2.27±0.01	19.55±0.23	16.71±0.52	67.28±0.41
Min		28.39±0.35	5.57±0.02	1.16±0.02	11.83±0.47	11.92±0.08	59.19±0.58
Anyu	IT229431	45.56±0.36 ^a	5.81±0.02 ^{bcdef}	1.81±0.10 ^{abc}	17.61±0.12 ^{ab}	13.97±0.01 ^{ab}	60.80±0.01 ^{abc}
Dayu	IT274277	47.71±0.44 ^a	6.11±0.05 ^{abcdef}	2.58±0.06 ^a	17.01±0.43 ^{ab}	14.98±0.01 ^{ab}	59.32±0.01 ^c
Daeyu	IT276227	35.66±0.24 ^{abcd}	6.15±0.01 ^{abcdef}	2.18±0.04 ^a	15.34±0.45 ^{bcde}	16.59±0.01 ^a	59.74±0.01 ^{bc}

*Values are expressed means ± SD (standard deviation).

58.5 mg·g⁻¹ 으로 가장 높은 값을 가지고 있는 것으로 보고되었다 (Shekarchi *et al.*, 2012). 본 연구결과 들깨잎의 한국품종 중 가장 높은 함량을 가진 대유는 46.38 mg·g⁻¹ 이었으며, 러시아 수집자원 중 가장 높은 함량을 가진 자원은 98.5 mg·g⁻¹ (IT274300)으로 대유의 약 2 배 높은 함량을 보였다 (Table 2).

품종별 들깨잎 열수추출물의 caffeic acid와 rosmarinic acid의 함량을 비교한 연구에 따르면 생물 100 g 기준으로 품종 보라들깨의 caffeic acid의 함량은 0.87 mg, 동글 2 호의 rosmarinic acid의 함량은 121 mg 으로 보고되었으며 (Lee *et al.*, 2009), 본 연구 결과를 생물 100 g 기준 함량으로 환산하

였을 때 caffeic acid 함량이 높은 러시아 수집 자원의 IT274287 자원은 4.89 mg 으로 보라들깨의 약 6 배, rosmarinic acid 함량이 높은 IT274293 자원은 494.59 mg으로 동글 2 호의 약 4 배 높은 값을 보였다.

체내 활성산소로 인하여 염증, 암 관련 다양한 질병이 꾸준히 증가하고 있으며 이에 따라 세포손상을 초래하는 free radical 제거를 위해 마름, 지유, 비타민나무, 잇꽃 등 다양한 천연 추출물을 이용한 항산화제 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Han *et al.*, 2016; Jo *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2018; Sung *et al.*, 2018).

Table 4. Eigenvector and eigenvalues generated by principal component analysis of perilla 45 accessions.

Characters	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Caffeic acid	0.196	0.942	-0.169	0.039	0.000
Rosmarinic acid	0.399	0.108	0.499	0.076	-0.580
TPC ¹⁾	0.409	-0.005	-0.332	-0.093	0.426
DPPH ²⁾	0.381	-0.241	-0.658	-0.129	-0.543
ABTS ³⁾	0.414	-0.078	0.045	-0.155	0.390
FRAP ⁴⁾	0.396	-0.167	0.092	0.817	0.156
RP ⁵⁾	0.402	-0.090	0.410	-0.525	0.101
Standard deviation	2.320	0.938	0.536	0.418	0.356
Proportion of variance	0.769	0.126	0.041	0.025	0.018
Cumulative proportion	0.769	0.895	0.936	0.960	0.979

¹⁾Total polyphenol content (TPC, $\mu\text{g}\cdot\text{GAE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), ²⁾1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH, $\mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), ³⁾2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS, $\mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), ⁴⁾Ferric reducing antioxidant power (FRAP, $\mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), ⁵⁾Reducing Power (RP, $\mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$).

본 연구 결과에 따르면, IT274300는 총폴리페놀 함량 ($148.85 \mu\text{g}\cdot\text{GAE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), DPPH ($94.80 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), ABTS ($190.59 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$), FRAP ($326.39 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$)에서 가장 높은 값을 보였고, IT274293는 RP ($264.88 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$)에서 가장 높은 값을 보였다.

주성분 분석 결과 제 1, 제 2 주성분으로 전체 변이의 89.5%를 해석 가능하며 제 1 주성분만으로도 76.9%를 해석할 수 있었고 ABTS 값과 총 폴리페놀 함량의 기여도가 높았다 (Table 4).

ABTS는 RP와 0.906*, 총 폴리페놀 함량과 0.902* 의 높은 양의 상관관계를 보였으며 rosmarinic acid와 항산화 활성 평가 값들과의 상관관계는 모두 0.7이 넘는 높은 양의 상관관계를 보였다 ($p < 0.05$) (Table 5).

Rosmarinic acid의 성분이 높게 함유된 자원 (IT274300)은 RP를 제외한 나머지 항산화 활성 평가 값에서도 가장 높게 나타난 것을 확인 할 수 있었다. RP에서는 IT274293 자원이 $264.88 \mu\text{g}\cdot\text{ASCE}\cdot\text{mg}^{-1}\text{DE}$ 로 가장 높게 나타났다. 러시아 수집 들깨잎의 caffeic acid와 rosmarinic acid 함량 측정값과 항산화 활성 평가 값의 군집분석 결과 3 개의 그룹으로 나뉘어 졌으며 그룹 I 은 높은 caffeic acid ($0.86 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), rosmarinic acid ($83.43 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) 성분, 높은 항산화 활성 값을 보이며 총 9

Table 5. Pearson correlation coefficients between antioxidant activities and major phenolic phytochemicals.

Characters	Caffeic acid	Rosmarinic acid	TPC ¹⁾	DPPH ²⁾	ABTS ³⁾	FRAP ⁴⁾	RP ⁵⁾
Caffeic acid	1.000*	0.481*	0.433*	0.237	0.371*	0.286	0.334*
Rosmarinic acid		1.000*	0.818*	0.731*	0.859*	0.837*	0.882*
TPC			1.000*	0.862*	0.902*	0.850*	0.852*
DPPH				1.000*	0.837*	0.805*	0.776
ABTS					1.000*	0.874*	0.906*
FRAP						1.000*	0.822*
RP							1.000*

¹⁾Total polyphenol content (TPC), ²⁾1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH), ³⁾2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), ⁴⁾Ferric reducing antioxidant power (FRAP), ⁵⁾Reducing Power (RP). Pearson correlation coefficients was conducted using average values of each variable (n = 45) by R statistical analysis. *Correlation is significant $p \leq 0.05$.

Table 6. Average values of each groups based on antioxidant activities and major phenolic phytochemicals.

Name	Caffeic acid	Rosmarinic acid	TPC ¹⁾	DPPH ²⁾	ABTS ³⁾	FRAP ⁴⁾	RP ⁵⁾
Group I (n = 9)	0.86 ^a	83.43 ^a	132.56 ^a	93.75 ^a	165.11 ^a	260.74 ^a	212.51 ^a
Group II (n = 18)	0.77 ^{ab}	60.88 ^b	115.53 ^b	89.50 ^b	130.30 ^b	198.68 ^b	149.18 ^b
Group III (n = 18)	0.75 ^b	49.28 ^c	99.53 ^c	80.24 ^c	110.96 ^c	157.70 ^c	126.51 ^c

¹⁾Total polyphenol content (TPC), ²⁾1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH), ³⁾2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), ⁴⁾Ferric reducing antioxidant power (FRAP), ⁵⁾Reducing Power (RP). *Same letter between rows are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($p < 0.05$).

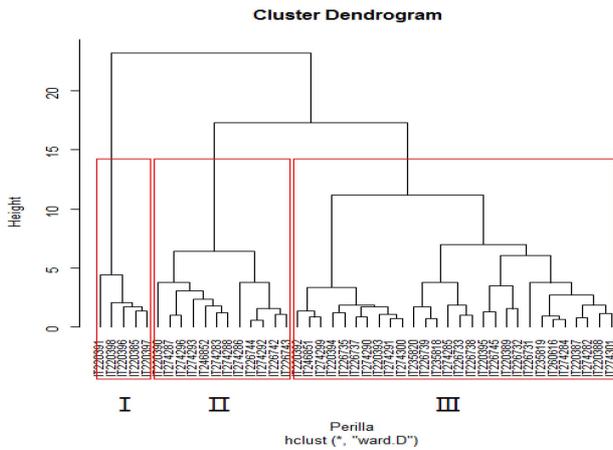


Fig. 2. Hierarchical clustering analysis of antioxidant activities in perilla 45 accessions. Cluster analysis is one of the methods for analyzing unsupervised learning, and is an analysis that classifies entities based on the similarity of information. Hierarchical cluster analysis used R statistics to standardize variables, measured the similarity of entities, and connected close entities.

개의 자원이 포함되어 있다. 다음으로는 그룹 II (18 자원), 그룹 III (18 자원) 순으로 높은 성분, 항산화 활성 값을 보였다 (Table 6, Fig. 2).

상대 항산화능 지수 결과, 한국 대조품종 대유는 0.06으로 22 순위, 안유는 -0.76으로 42 순위, 다유는 -3.78로 48 순위를 보였으며 러시아 수집자원 중 상위 3 자원 IT274300, IT226732, IT274293은 2.12, 1.56, 1.52로 한국 대조품종과 비교하여 높은 상대 항산화능 지수를 보였다 (Fig. 3). 위의 상위 3 자원은 rosmarinic acid 함량도 높은 자원이었다.

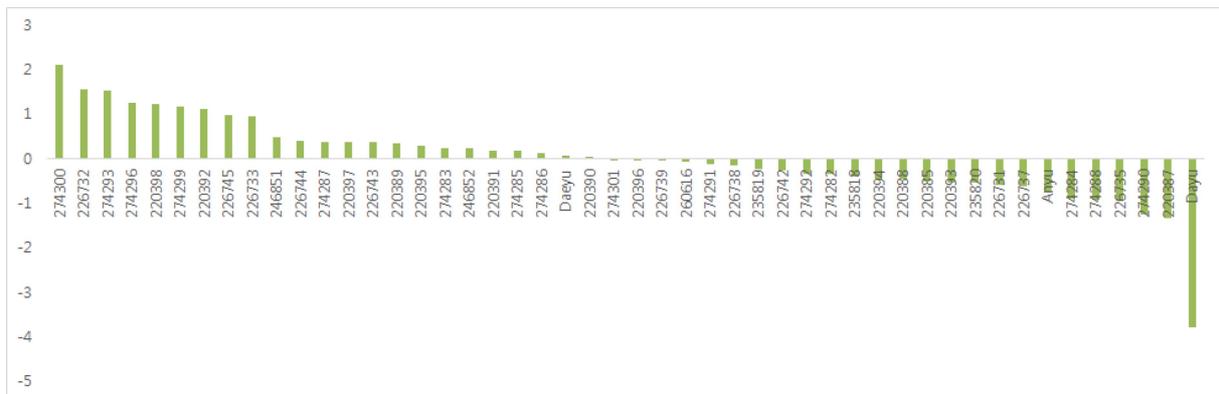


Fig. 3. Relative antioxidant capacity index (RACI) of perilla 48 accessions. Relative antioxidant capacity index (RACI) is a relative index, and the antioxidant capacities obtained by other chemical methods can be compared. The antioxidant value obtained with each chemical method was converted to a standard score and the data compared. The standard score is thus calculated as follows; $(x-\mu)/\sigma$ where x is the measured data, μ is the mean, and σ is the standard deviation.

Table 7. Eigenvector and eigenvalues generated by Principal Component Analysis of fatty acid composition.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Total oil	0.452	-0.330	0.211	-0.463	-0.654
Palmitic acid	-0.431	0.254	-0.511	0.121	-0.676
Stearic acid	-0.348	-0.185	0.710	0.505	-0.275
Oleic acid	-0.509	-0.051	0.171	-0.622	0.169
Linoleic acid	0.057	-0.769	-0.392	0.285	0.098
Linolenic acid	0.476	0.445	0.084	0.219	-0.023
Standard deviation	1.757	1.173	0.951	0.652	0.455
Proportion of variance	0.515	0.229	0.151	0.071	0.035
Cumulative proportion	0.515	0.744	0.895	0.966	1.000

조지방 함량은 한국 대조품종인 다유 (47.71%)가 가장 높은 값을 보였으며 러시아 자원 중 가장 높은 함량을 가진 자원은 46.89% (IT220389)로 한국 대조품종인 안유 (45.56%), 대유 (35.66%)보다 높은 값을 보였다.

최근 연구에 따르면, alpha linolenic acid의 효과로 신경세포 사멸을 보호하거나 심근 세포 내에서 세포 자멸 스트레스 반응을 완화시키는 효과가 보고되었으며 (Lee *et al.*, 2018; Ganguly *et al.*, 2018), 금번 러시아 수집 들깨 지방산 성분 중 linolenic acid가 평균 64.18%로 높은 함량을 보였다. 러시아 자원의 평균 함량이 3 개의 한국 대조품종 자원 안유 (60.80%), 다유 (59.32%), 대유 (59.74%)의 함량보다 높게 나타났다으며 그 중 가장 높은 함량을 보인 자원은 67.28%

Table 8. Pearson correlation coefficients for oil composition of perilla.

	Total oil	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid
Total oil	1.000	-0.747*	-0.327*	0.555*	0.284	0.438*
Palmitic acid		1.000	0.135	0.526*	-0.162	-0.503*
Stearic acid			1.000	0.526*	-0.061	-0.522*
Oleic acid				1.000	-0.167	-0.825*
Linoleic acid					1.000	-0.392*
Linolenic acid						1.000

Pearson correlation coefficients was conducted using average values of each variable (n = 45) by R statistical analysis. *Correlation is significant $p \leq 0.05$.

Table 9. Average values of each groups based on fatty acid composition.

	Total oil	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid
Group I (n = 5)	32.41 ^b	6.89 ^a	2.06 ^a	17.16 ^a	13.14 ^b	60.75 ^c
Group II (n = 12)	40.34 ^a	6.31 ^b	1.65 ^b	14.27 ^b	14.94 ^a	62.84 ^b
Group III (n = 28)	39.21 ^a	6.31 ^b	1.53 ^b	13.71 ^b	13.08 ^b	65.37 ^a

*Same letter between rows are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($p < 0.05$).

(IT235818) 그 다음 높은 함량을 보인 자원은 67.17% (IT235820) 값을 보였다.

다른 조지방 성분인 oleic acid와 linoleic acid의 경우, 평균 함량값은 한국 대조품종에 비하여 높게 나타나지 않았으나 IT220391과 IT274286은 각각 19.55%, 16.71%로 한국 대조 품종보다 높은 함량을 보였다 (Table 3).

조지방 함량과 지방산 조성의 주성분 분석 결과 제 1, 제 2 주성분으로 전체 변이의 74.4%를 해석 가능하며 이를 설명하는데 oleic acid와 linolenic acid의 기여도가 높았다 (Table 7). linolenic acid와 oleic acid는 -0.825로 강한 음의 상관관계를 보였으며 palmitic acid와 조지방 성분 또한 -0.747의 높은 음의 상관관계를 보였다 ($p < 0.05$) (Table 8). 군집분석 결과 3 개의 그룹으로 나뉘어졌으며, 그룹 III (28 자원)은 linolenic acid 성분이 65.37%로 다른 그룹에 비하여 높게 나타났다 (Table 9).

본 연구 결과, 러시아 수집 자원 중 한국 대조품종 안유, 다유, 대유와 비교하여 rosmarinic acid 함량이 높고 항산화 활성이 높게 나타난 IT274300, IT226732, IT274293과 linolenic

acid 함량이 높은 IT235818, IT235820자원은 기능성 들깨 연구의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 항산화성분 고함량 유용자원을 선발 활용함으로써 기능성 성분 확보에 투자되는 비용절감과 시장활성화가 기대된다. 향후, 국가보존 들깨 자원에 대한 대량평가를 수행하여 보다 양질의 들깨 자원을 선발하여 관련연구자들에게 정보와 자원을 공유할 수 있도록 연구를 지속할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술연구개발사업(과제번호: PJ01249301)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Asif M. (2012). Phytochemical study of polyphenols in *Perilla Frutescens* as an antioxidant. *Avicenna Journal of Phytomedicine*. 2:169-178.
- Benzie IFF and Strain JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239:70-76.
- Cho MS. (2003). A study of intakes of vegetables in Korea. *Korean Journal Food Culture*. 18:601-612.
- Choi HG, Tran PT, Lee JH, Min BS and Kim JA. (2018). Anti-inflammatory activity of caffeic acid derivatives isolated from the roots of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *Archives of Pharmacal Research*. 41:64-70.
- Fridovich I. (1989). Superoxide dismutase an adaption to paramagnetic gas. *Journal of Biological Chemistry*. 264:7761-7764.
- Ganguly R, Hasanally D, Stamenkovic A, Maddaford TG, Chaudhary R, Pierce GN and Ravandi A. (2018). Alpha linolenic acid decreases apoptosis and oxidized phospholipids in cardiomyocytes during ischemia/reperfusion. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 437:163-175.
- Han HM, Kwon YS and Kim MJ. (2016). Antioxidant and antiproliferative activity of extracts from water chestnut(*Trapa japonica* Flerow). *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 24:14-20.
- Hong YP, Kim SY and Choi WY. (1986). Postharvest changes in quality and biochemical components of perilla leaves. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 18:255-258.
- Hyun KW, Kim JH, Song KJ, Lee JB, Jang JH, Kim YS and Lee JS. (2003). Physiological functionality in geumsan perilla leaves from greenhouse and field cultivation. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 35:975-979.
- Jennings PE and Barnett AH. (1988). New approaches to the pathogenesis and treatment of diabetic microangiopathy. *Diabetic Medicine*. 5:111-117.
- Jeong HS, Jeong JT, Lee JH, Park CG, Choi JH, Jang GY, Kim JW, Chang JK, Kim DH and Lee SE. (2018). Comparison of anti-oxidative and anti-inflammatory effect of

- Attractylodes* interspecific hybrid cultivar roots. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:391-400.
- Jo JH, Bae EY, Lee TK, Kim MH, Lee SW, Kim BS and Lim CH.** (2016). Antioxidative activities of *Sanguisorba officinalis* L. in diabetic rats. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:152-158.
- Lee AY, Choi JM, Lee MH, Lee JM, Lee S and Cho EJ.** (2018). Protective effects of perilla oil and alpha linolenic acid on SH-SY5Y neuronal cell death induced by hydrogen peroxide. Nutrition Research and Practice. 12:93-100.
- Lee HS, Lee HA, Hong CO, Yang SY, Hong SY, Park SY, Lee HJ and Lee KW.** (2009). Quantification of caffeic acid and rosmarinic acid and antioxidant activities of hot-water extracts from leaves of *Perilla frutescens*. Korean Journal of Food Science and Technology. 41:302-306.
- Oh SI and Lee MS.** (2003). Screening for antioxidative and antimutagenic capacities in 7 common vegetables taken by Korean. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 32:1344-1350.
- Park JH, Lee CO, Yoo JH, An NTL, Yoo NH and Kim MJ.** (2018). Antioxidative and inhibitory activities of extract and juice powder from *Hippophae rhamnoides* L. against nitric oxide and elastase production. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:119-126.
- Piao XM, Jang EK, Chung JW, Lee GA, Lee HS, Sung JS, Jeon YA, Lee JR, Kim YG and Lee SY.** (2013). Variation in antioxidant activity and polyphenol content in tomato stems and leaves. Plant Breeding and Biotechnology. 1:366-373.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M and Rice-Evans C.** (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine. 26:1231-1237.
- Ryu HS and Kim HS.** (2008). Studies on the effects of water extract from mixture of pine needles, *Sedum sarmentosum* bunge, hijikiaorme, buckwheat, and perilla leaves on the immune function activation. Korean Journal of Food and Nutrition. 21:269-274.
- Seong ES, Kim SK, Lee JW, Choi SH, Yoo JH, Lim JD, Na JK and Yu CY.** (2018). Antioxidant and antibacterial activities of the byproducts of *Abies holophylla* extract. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:134-140.
- Shekarchi M, Hajimehdipoor H, Saeidnia S, Gohari AR and Hamedani MP.** (2012). Comparative study of rosmarinic acid content in some plants of Labiatae family. Pharmacognosy Magazine. 8:37-41.
- Sung JS, Jeong YJ, Kim DJ, Assefa AD, Jeon YA, Hur OS, Ro NY, Ko HC, Ok HC, Rhee JH, Lee MC and Baek HJ.** (2018). Oil compositions and antioxidant properties of safflower germplasm collected from east asia. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:32-41.
- Um JN, Min JW, Joo KS and Kang HC.** (2017). Antioxidant, anti-wrinkle activity and whitening effect of fermented mixture extracts of *Angelica gigas*, *Paeonia lactiflora*, *Rehmannia chinensis* and *Cnidium officinale*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 25:152-159.
- Villalva M, Jaime L, Aguado E, Nieto JA, Reglero G and Santoyo S.** (2018). Anti-inflammatory and antioxidant activities from the basolateral fraction of caco-2 cells exposed to a rosmarinic acid enriched extract. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 66:1167-1174.
- Waterhouse AL.** (2002). Determination of total phenolics. In current protocols in food analytical chemistry. 11.1.1-11.1.7. John Wiley and Sons. New York. NY, USA. p.1-4.
- Yamazaki M and Saito K.** (2006). Isolation and characterization of anthocyanin 5-O-glucosyltransferase in *Perilla frutescens* var. *Crispa* by differential display. Differential Display Methods and Protocols. 317:255-266.
- Yen GC and Chen HY.** (1995). Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 43:27-32.