

## 잎들깨 품종에 따른 추출물의 항산화 활성 및 생리활성 평가

†김현영 · 이한결\* · 서혜영\*\* · 서우덕\*\*\* · 이미자\*\*\* · 송승엽 · 김정인\*\*\*\* · 최준열\*\*\*

농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 농업연구사, \*전북대학교 자연과학대학 생물학과 박사과정생,  
\*\*농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 연구원, \*\*\*농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 농업연구관,  
\*\*\*\*농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과 농업연구사

### Antioxidant Activities of Korean Perilla Leaves (*Perilla frutescens*) by Various Cultivars

†Hyun Young Kim, HanGyeol Lee\*, Hye Young Seo\*\*, Woo Duck Seo\*\*\*,  
Mi Ja Lee\*\*\*, Seung-Yeob Song, Jung In Kim\*\*\*\* and June-Yeol Choi\*\*\*\*

Associate Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*Doctor's Student, Division of Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

\*\*Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*\*\*Research Officer, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*\*\*\*Associate Researcher, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea

### Abstract

This study aimed to investigate the biological activities, including polyphenolic content, flavonoid content, and antioxidant activities, of various cultivars of Korean perilla leaves. The results indicated that among nine cultivars (Namcheon dlggae, Saedora, Nulbora, Donggel 1, Donggel 2, Soim, Sangyeop, Somirang, and Saebom) of perilla leaves, the total polyphenolic content (gallic acid equivalent mg/g, GAE) was the highest in “Nulbora,” while it was lowest in Namcheon dlggae. Moreover, flavonoid content in the extracts of nine cultivars leaves was in the range of 132.93~268.50 mg catechin equivalent/g sample. The antioxidant effects of the perilla leaves were determined using two different in vitro bioassays measuring DPPH and ABTS radical-scavenging activities. The results revealed that antioxidant activity was also higher in “Nulbora” compared with other cultivars. Xanthin-oxidase-inhibition activity ranged from 65.65% to 80.58%, with “Nulbora” exhibiting the highest activity, although the difference with other cultivars was not significant. “Nulbora” extracts reduced the expression of pro-inflammatory genes and several cytokines, including IL-6 activation induced by LPS in macrophages in the range of 100 - 50 µg/mL. These results suggest that extracts from perilla leaves can be used as bioactive and functional materials that could be important in industrial applications in the future.

Key words: perilla leaves, antioxidant activity, polyphenol, flavonoid, inflammatory, xanthin oxidase

### 서 론

최근 2~3년 사이 다양한 질병과 전염병 등으로 건강과 면역에 대한 사람들의 관심이 높아짐에 따라 건강기능식품 뿐만 아니라 항산화 활성 및 기능이 우수한 농산물에 대한 생각도 함께 증가하고 있다. 또한, 농산물의 경우 같은 작물이라도 품종, 재배 환경, 수확 시기 등에 따라 항산화 활성

및 성분이 충분히 달라질 수 있다.

세포내 활성산소 억제를 위해 항산화에 좋은 다양한 성분 들을 많이 섭취하고 있는 실정이다. 활성산소는 세포막 지질 의 과산화를 촉진하고 NF-κB(nuclear factor kappa B)를 비롯한 다양한 신호전달 체계를 활성화 시킴으로써 염증반응을 촉진한다(Zhang 등 2002; Bak 등 2009; Coulibaly AY 등 2011). 몸속 염증 및 항염 반응은 광범위한 외부 자극에 대한

† Corresponding author: Hyun Young Kim, Associate Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-5334, Fax: +82-63-238-5305, E-mail: hykim84@korea.kr

여 스스로를 보호하기 위한 가장 첫번째 면역 작용 중의 하나이면서도, 그 정도가 과도하거나 장기화되면 관절염, 천식, 만성 장염 및 위염, 건선, 피부염 등의 지속적인 염증질환을 유발하게 된다(Guo 등 2011). 몸속 염증반응에서 대식세포는 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 염증유발물질이나 신호가 세포 내로 유입되면 초기에 대식세포가 빠르게 활성화되어 많은 산화질소와 prostaglandin(PG)E2 및 interleukin(IL)-6, tumor necrosis factor(TNF)- $\alpha$ 와 같은 염증성 interleukin과 부착성 물질 등의 분비를 증가시킴으로써 염증반응을 가속화시킨다(Jung 등 2013). PGE2는 염증 부위에 부종, 혈류의 증가, 통증 등을 유발시키는 주된 물질이며, TNF- $\alpha$ 는 대표적인 염증성 사이토카인으로 염증반응 초기단계에서 IL-1 $\beta$ 와 IL-6를 비롯한 다른 사이토카인들의 생성을 조절하는 작용을 하고, 염증세포를 염증 부위로 불러 모아 통증 등을 촉진시킨다(Koh 등 2010).

잎들깨(*Perilla frutescens*, 깻잎)는 한국인이 즐겨 먹는 채소 중 하나이며, 독특한 향미와 개운한 맛 때문에 육류 섭취 시 함께 곁들여 먹는 것을 즐기며, 깻잎절임, 튀김, 나물, 깻잎김치 및 양념으로도 많이 쓰인다. 들깨잎에서 추출한 기름 성분인 정유는 소스, 과자, 치약 등 향료로도 이용되며 강한 방부력을 가지고 있어 향료로도 이용되고 있다(Guenther E 1974; Hong 등 1986). 한의학에서는 강장, 소화, 충독, 해독, 음종 및 옷의 해독 등에도 사용되고 있으며, 깻잎에 함유되어 있는 식이 섬유소는 당뇨병, 비만예방, 항균 및 항암효과가 있는 것으로 알려져 있다(Mercurio & Behm 1981; Lim 등 1994). 들깨잎의 주요 색소인 anthocyanins, flavones 및 flavone glycosides와 같은 안토시아닌계 색소가 많이 함유되어 있어 일본에서는 식용 착색제로 이용되고 있다. 들깨 (*Perilla frutescens* var. *Japonica* HARA)는 우리나라를 비롯한 동남아시아와 인도 등지에서 재배되고 있는 광대 나무과에 속하는 1년생 초본과 식물로서, 2022년도에 그 생산량이 20,958톤에 달하였으며, 근래에 육류의 소비증가와 더불어 그 소비량이 점점 증가하고 있는 추세이다(Kim & Kim 1999).

반면, 이러한 다양한 기능성 및 생리활성 효능이 있다고 보고된 쌈채소 중 잎들깨의 최근 개발되고 다량 재배되는 국내 품종에 대한 항산화 활성 및 항염활성 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 잎들깨 국내 개발 9품종에 대한 항산화 활성 및 성분 변화, 항염활성 등을 분석하고자, 각각의 깻잎의 9품종을 발효주정 추출하여 클로로필 함량, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 변화, xanthion oxidase 및 항염활성을 평가하여, 추후 잎들깨를 활용한 천연 항산화 소재의 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 연구 내용 및 방법

### 1. 재료 및 시약

본 연구에 시료인 잎들깨는 경상남도 밀양시 소재의 국립식량과학원 남부작물부 시험용 포장에서 2021년도에 재배된 9품종(남천들깨, 새보라, 늘보라, 동글1호, 동글2호, 소임, 상엽, 소미랑, 새봄)을 실험재료로 사용하였다. 확보한 시료는 품종별로 2~3회 수세하고 24시간 동안 저온(50 $^{\circ}$ C) 열풍건조 후 입도 사이즈가 70 mesh 이하가 되도록 분쇄기(NSG-100 2SS, Hanil, Seoul, Korea)로 분말화하여 추출용 시료로 사용하였다. 사용된 시약인 ABTS(2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)), DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), trolox, Chlorophyll, Folin-Ciocalteu reagent, Gallic acid, potassium persulphate, Sodium carbonate, dimethyl sulfoxide(DMSO), Dulbecco's modified Eagle's medium(DMEM), penicillin-streptomycin 등은 Sigma사(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 그 밖의 추출 및 분석 용매와 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

### 2. 추출물 제조

건조 후 분말화한 잎들깨 시료 9품종의 활성 평가 위한 추출물은 시료 5 g에 50%(v/v) 발효 주정(Kim 등 2019)을 100 mL 첨가한 후 상온에서 진탕 추출기를 이용하여 1시간, 3반복 추출하였다. 추출 후 원심분리 후 상등액을 취하고 감압 농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)를 이용하여 농축 후 추출 수율을 분석하기 위하여 고형분의 무게를 측정하였다. 또한 고형분을 100% DMSO를 이용하여 100 mg/mL의 농도로 재용해 하여 각 분석 항목들을 분석하였다.

### 3. 클로로필 a,b 함량 분석

품종별 건조한 잎들깨의 클로로필 분석은 Caldwell & Britz(2006)의 방법을 응용하였다. 품종별 잎들깨 건조 분말 0.1g 에 80% 아세톤 5 mL를 첨가한 후 1분 동안 가볍게 교반 추출한다. 그 후 원심분리하여 상등액을 0.25  $\mu$ m 필터 후 HPLC를 이용하여 분석하였다. 분석 컬럼은 XTerra RP18 column(3.5  $\mu$ m, 4.6 $\times$ 150 mm, waters, Milford, MA, USA)을 이용하였고, 분석조건은 Table 1과 같다. 각 조건별 샘플은 3반복으로 추출 및 측정 하였으며, Chlorophyll a, b 각각 검량선을 만들어 시료의 함량을 정량하였다.

### 4. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석

9품종 잎들깨 분말의 50% 발효주정 추출물에 대한 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 Woo 등(2015)의 방법을 변형하여 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 샘플 10  $\mu$ L에 2%

**Table 1. Chlorophyll a and b analysis condition in various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*)**

Items	Conditions
HPLC system	Agilent Technologies
Column	XTerra RP18 column (3.5 $\mu$ m, 4.6×150 mm, waters, Milford, MA, USA)
Mobile phase	A : 75% Methanol B : 100% Ethyl acetate
Detector	PDA (430 nm)
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	2 $\mu$ L
Oven temperature	20°C

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 200  $\mu$ L를 첨가 후 5분간 반응 시키고, 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 10  $\mu$ L를 가하였다. 30분 반응 뒤, 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였으며( $r^2=0.99$ ), 시료 건물 g중의 mg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 분말 시료 250  $\mu$ L에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75  $\mu$ L를 가한 후 10분간 반응한 다음, 10% AlCl<sub>3</sub> 6H<sub>2</sub>O을 150  $\mu$ L 첨가한 후 10분간 다시 반응한다. 그 후 1M NaOH을 500  $\mu$ L 첨가한 후 11분간 방치하고 510 nm에서 흡광도를 측정했다. 측정된 흡광도는 catechin hydrate를 이용하여 작성된 검량선( $r^2=0.99$ )을 활용하여 총 플라보노이드 함량을 계산하였다. 폴리페놀 함량과 마찬가지로 시료 건물 g중의 mg catechin equivalents(Catechin eq, dry basis)로 나타내었다.

### 5. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능 측정

국내 육성 잎들깨 품종별 발효주정 추출물의 라디칼 소거능을 측정하기 위하여 각각 ABTS와 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다. 추출물의 ABTS(2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) 라디칼 소거능 측정은 Lee YR(2021)의 방법을 응용하여 분석하였다. 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate을 DW에 용해시키고, 빛을 차단한 상태에서 24시간 이상 방치하여 라디칼을 충분히 형성시킨 다음 734 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 증류수로 희석하여 본 실험에 사용하였다. 발효주정 추출물 5  $\mu$ L에 ABTS 라디칼 희석 시약 300  $\mu$ L를 가한 후 실온에서 1시간 암반응 한 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능 측정은 Blois(1958)의 연구방법에 따라, DPPH 시약을 분석용 에탄올(99%)에 0.2 mM 농도로 제조하여 라디칼 형성을 위하여 2시간 이상 암조건에서 교반하여 사용하

였다. 발효주정 추출물 샘플 50  $\mu$ L에 DPPH 용액 200  $\mu$ L를 가한 후 실온, 암조건에서 30분간 반응시킨 후, 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성 모두 Trolox를 이용하여 표준곡선을 작성한 후 추출물의 항산화력(Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)을 계산하였으며, mg TEAC/g sample로 나타냈다.

### 6. Xanthin oxidase 저해활성 측정

Xanthine oxidase 저해활성은 Stirpe 등(1969)의 방법을 변형하여 측정하였다. Xanthine 2 mM을 0.1M potassium phosphate buffer(pH 7.5)와 혼합한 기질액 1 mL에 xanthine oxidase(Sigma-Aldrich) 0.1 mL와 5 mg/mL 농도 시료를 0.1 mL씩 혼합하여 37°C 조건에서 15분간 반응시켰다. 이후 20%(v/v)의 trichloroacetic acid 1 mL를 가하여 효소반응을 종료시켰으며 292 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소의 저해율은 반응 용액 중 생성된 요산(uric acid)의 백분율로 나타내었다.

$$\text{효소저해율(\%)} =$$

$$(1 - \text{시료처리구의 흡광도/대조구의 흡광도}) \times 100$$

### 7. 세포배양 및 세포독성 평가

마우스 유래 RAW 264.7 세포를 KCLB(Korean Cell Line Bank, Seoul, Korea)로부터 분양받아 100 units/mL penicillin-streptomycin과 10% fetal bovine serum(FBS)이 함유된 Dulbecco's modified Eagle's medium(DMEM)(Gibco, USA) 배지를 사용하여 배양하였다. 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 항온기에서 배양하였으며, 3일에 한 번씩 계대배양을 시행하였으며, 계대 2~10회 내의 세포로 활성측정을 진행하였다. 세포활성 평가 전 유효농도 설정을 위한 세포독성 평가를 진행했다. RAW 264.7 세포은 96-well plate에 1.5×10<sup>5</sup> cells/mL로 각 well에 분주하였고, 70~80% 밀도를 유지하고 있는 배양된 세포에서 배지를 제거하고 각 시료 농도별로 처리하였다.

$$\text{세포생존율(\%)} =$$

$$(\text{시료처리구의 흡광도/대조구의 흡광도}) \times 100$$

### 8. 염증성 사이토카인(IL-6) 생성 억제 효능 평가

RAW 264.7 세포를 DMEM 배지를 이용하여 1.5×10<sup>5</sup> cells/mL로 24 well plate에 seeding하고, 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 항온기에서 24시간 전 배양하였다. 이후 배지를 제거하고 RAW 264.7 세포에 추출물 시료 50  $\mu$ L와 1,000  $\mu$ L의 LPS(Lipopolysaccharide (*E. coli* serotype 0111:B4)는 1  $\mu$ g/mL 농도로 처리된 배지를 동시에 처리하였고 전 배양과 같은 조건에서 배양하였다. 24시

간 후 배양 배지를 이용하여 pro-inflammatory cytokines 생성 합량을 측정하였다. 모든 시료는 정량 전까지  $-20^{\circ}\text{C}$  이하에 보관하였다. IL-6 Pro-inflammatory cytokines 정량은 mouse enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) kit (R&D System Inc.)을 이용하여 정량하였으며 standard에 대한 표준곡선의  $r^2$  값은 0.99 이상이었다.

### 9. 통계분석

각 실험 데이터는 3회 이상 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 통계처리는 SPSS (Statistics Package for the Social Science, Ver. 19.0, IBM, Chicago, IL, USA)로 일원 배치 분산 분석 (One way-ANOVA)을 실시하였다. 실험군 간의 유의성 검증은 Duncan의 다중범위검정으로  $p < 0.05$  수준에서 검정하였다. DPPH, ABTS, polyphenol, flavonoid, chlorophyll 등 평가 항목간의 상관관계는 Pearson 상관계수 (Pearson correlation coefficient)로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 품종별 잎들깨 추출 수율 및 클로로필 a, b 함량

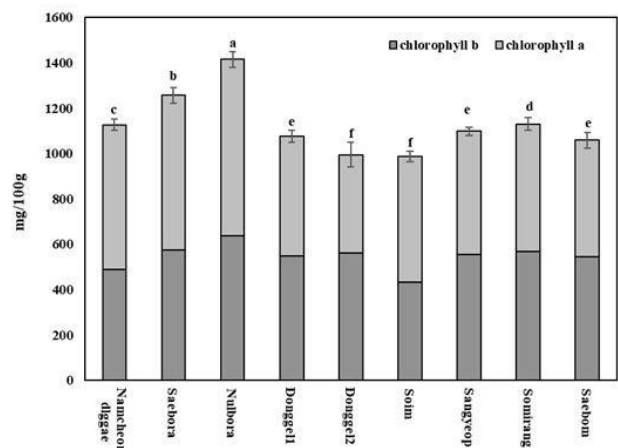
잎들깨의 품종별 50% 발효 주정 추출물의 농축 후 고형물의 무게를 측정하여 추출 수율을 계산한 결과 Table 2에 나타났다. 추출 수율은 최고 18.02%에서 최저 16.17%로 대부분 품종별로 유사한 수율을 나타냈다. ‘남천들깨’가 18.02%로 가장 높은 수율을 나타냈고, ‘동글2호’가 16.17%로 가장 낮은 수율을 나타냈다. 또한 ‘늘보라’, ‘소미랑’ 및 ‘새봄’ 품종이 각각 17.54%, 17.77% 및 17.43%로 나타났다. 품종별 추출 수율은 통계적으로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ).

**Table 2. Extraction yields of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*) by various cultivars**

Perilla laeaves	Yield (Dry sample, %)
Namcheon dlggae	18.02±0.46 <sup>a</sup>
Saebora	16.25±0.127 <sup>b</sup>
Nulbora	17.54±0.74 <sup>a</sup>
Donggel1	16.87±0.12 <sup>b</sup>
Donggel2	16.17±1.56 <sup>b</sup>
Soim	16.67±0.95 <sup>b</sup>
Sangyeop	17.08±2.49 <sup>a</sup>
Somirang	17.77±1.55 <sup>a</sup>
Saebom	17.43±0.41 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Different letters within same column indicate significant different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test.

초록잎 채소의 주색소인 클로로필은 식물세포의 세포질 내 엽록체로 존재하여 탄수화물을 만들어 식물에 영양을 공급하는 물질이다 (Kim 등 2004). 특히, 클로로필은 초록잎 채소의 신선도를 나타내는 지표가 되어 중요한 요소이며, 항균 활성, 간 기능증진 작용, 탈취, 항균 등 다양한 효능으로 알려져 있으며, 건강기능식품 고시형 물질로 첨가물 또는 소재로도 다양하게 활용되고 있다 (Endo 등 1984). 클로로필에 관한 선행 연구로는 클로로필 성분 및 함량에 영향을 주는 요인 (Kim & Rhee 1985; Lee 등 2001), 향 돌연변이 및 향암 (Park KY 1995), 새싹밀의 염 처리시 클로로필 함량 변화 (Yang 등 2022) 등이 있다. 이러한 다양한 효능과 푸른 채소의 영양소 중 큰 부분을 차지하는 클로로필을 분석하였으며 그 결과는 a, b 함량을 모두 합한 값으로 나타냈다 (Fig. 1). 잎들깨 9품종의 클로로필 함량은 986.90 mg/100 g에서부터 최고 1,414.90 mg/100 g까지 범위로 분석되었다 ( $p < 0.05$ ). 그 중 ‘늘보라’ 품종은 1,414.90 mg/100 g으로 9 품종 중 가장 높은 함량을 나타냈으며, ‘새보라’가 1,255.90 mg/100 g으로 두 번째로 높은 함량을 나타냈다. 가장 낮은 함량을 나타낸 품종은 ‘소임’ 품종으로 986.90 mg/100 g으로 분석되었으며, ‘동글2호’ 품종도 993.90 mg/100 g으로 두 품종 모두 1,000 mg/100 g 미만으로 나타났다. 그 외 다른 품종들은 ‘남천들깨’는 1,125.90 mg/100 g, ‘동글1호’는 1,074.90 mg/100 g, ‘상엽’은 1,098.44 mg/100 g, ‘소미랑’은 1,129.90 mg/100 g으로 각각 나타났다. 가장 많은 함량으로 분석된 품종과 가장 낮은 함량으로 분석된 품종 간에는 약 420 mg/100 g 정도의 차이를 나타냈다. 이는 잎들깨의 9품종이 종류별 모양, 색, 크기 등이 매우 상이하기 때



**Fig. 1. Chlorophyll a and b content in various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*).** <sup>1)</sup> Vertical bars represent the stand deviation of the mean (n=3). Different letters above bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

문이라고 판단된다. Kwak & Kim(2009)의 연구에 따르면 부추의 건조 온도 조건별 클로로필 함량을 분석한 결과 건조 온도가 올라갈수록 함량이 감소하는 것으로 나타났으며, 저온 건조 실험군에서 클로로필 함량이 가장 높게 나타났다. 또한, 깻잎을 포함한 유기농 엽경채류의 품질 특성을 살펴본 결과 클로로필 함량과 매우 밀접하다고 알려진 표면색도 측정에서 유기농 재배 깻잎이 다른 작물에 비하여 높은 색도 값을 나타냈다(Chang & Kim 2016).

## 2. 품종별 잎들깨의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능

체내 노화가 진행됨과 동시에 다양한 장기에서 세포 손상, 염증유발 및 노화의 원인이 되는 자유라디칼 소거 활성을 분석하기 위하여 국내 육성 잎들깨 품종 9종 각각 50% 발효주정 추출물을 활용하였다. 시료의 특성에 따른 ABTS와 DPPH 라디칼과의 결합 정도가 다를 수 있으므로(Shin 등 2008), 본 연구에서는 두 라디칼 소거 활성을 모두 분석하여 품종별로 비교하였다. 9품종의 잎들깨 발효주정 추출물의 ABTS 라디칼 소거 활성은 Fig. 2에 나타났다. ABTS 라디칼 소거활성은 9품종 중 ‘늘보라’가 1,184.91 mg TEAC/g sample로 9품종 중 가장 높은 활성을 나타냈으며, ‘남천 들깨’는 319.27 mg TEAC/g sample으로 가장 낮은 활성을 나타냈다. ‘늘보라’의 라디칼 소거능은 ‘남천들깨’보다 약 3.7배 높은 활성을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 또한 ‘새보라’, ‘상엽’, ‘소미랑’ 및 ‘새봄’ 등 4 품종이 743.26~792.13 mg TEAC/g sample로 비슷한 활성을 나타냈으며, ‘동글1호’, ‘동글2호’ 및 ‘소임’ 등 3품종이 609.97~681.47 mg TEAC/g sample로 비슷한 활성을 나타냈다.

품종별 잎들깨 50% 발효주정 추출물의 DPPH 라디칼 소

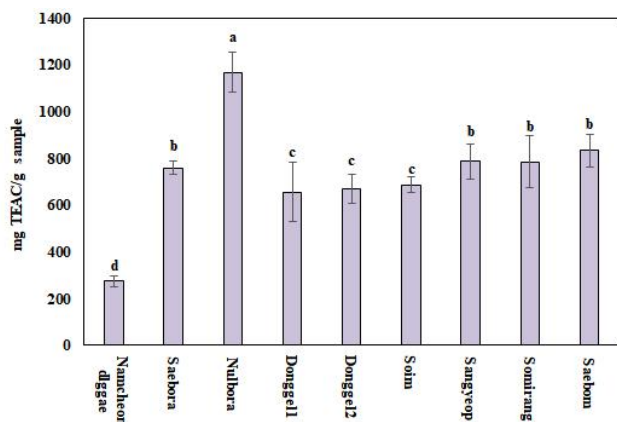


Fig. 2. Contents of ABTS radical scavenging activity of various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*).

<sup>1)</sup> Vertical bars represent the stand deviation of the mean (n=3). Different letters above bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

거능 결과는 Fig. 3에 나타났다. 그 결과 ABTS 라디칼 소거능 결과와 다소 다른 경향을 나타냈다. DPPH 라디칼 소거능이 가장 우수한 품종은 ‘동글1호’이며 449.55 mg TEAC/g sample로 나타났다. 그리고, 새보라, 남천들깨, 소임 순서로 활성이 우수하게 나타났으며, 가장 낮은 활성을 나타낸 품종은 239.78 mg TEAC/g sample로 분석된 ‘상엽’이다. ABTS 라디칼 소거능이 우수했던 ‘늘보라’ 품종은 DPPH 라디칼 소거능은 279.68 mg TEAC/g sample로 9품종 중 중간 정도 활성을 나타냈다. 이처럼 같은 작물이라도 품종별로 라디칼 소거 활성이 차이를 보이는 것은 반응 물질의 종류 및 함량의 차이인 것으로 판단되며, 구체적인 성분에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 국내 개발된 팔 12품종 메탄을 추출물의 항산화 활성을 분석한 연구에서도 각 품종별로 2배~5배 이상 차이나는 것으로 연구되었으며(Woo 등 2010), Han 등(2004)의 연구에서는 들깨잎 품종(4품종) 및 추출용매에 따른 라디칼 소거능을 분석한 결과 본 연구에서 분석된 품종과는 다르지만, ‘남천들깨’ 및 ‘보라’가 200  $\mu\text{g/mL}$  농도에서 80% 이상 라디칼 소거활성을 나타냈다. 또한 온실과 노지에서 재배한 금산 잎들깨의 생리기능성을 평가한 연구(Hyun 등 2003)에서는 노지에서 8월에 수확한 잎들깨의 항산화활성이 가장 높게 나타났다. 같은 작물이라도 품종 및 재배 장소, 수확 시기, 가공조건에 따라 항산화 활성이 다양하게 분석되었다. 추출물의 항산화 효과 및 활성을 평가하는 방법은 여러 가지가 있으며, 그 결과의 경향성은 차이가 있을 수 있다. ABTS는 대부분 안정적인 프리 라디칼(free radical)로 본 연구에서 함께 평가한 DPPH와 함께 항산화 활성 측정에 보편적으로 사용되고 있는 방법이다. 이 두가지 방법은 친수성

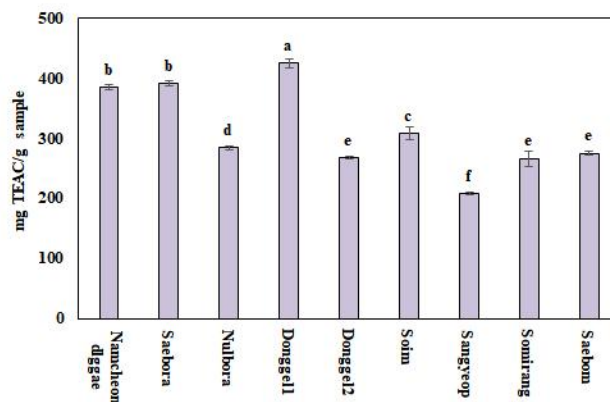


Fig. 3. Contents of DPPH radical scavenging activity of various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*).

<sup>1)</sup> Vertical bars represent the stand deviation of the mean (n=3). Different letters above bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

또는 친유성 물질 모두 측정이 가능하며, 가장 큰 차이점은 DPPH는 음이온 라디칼을, ABTS 라디칼은 양이온 라디칼을 생성하는 차이가 있음에 따라 결국 같은 추출물이라도 활성 정도가 다르게 나타나는 것으로 판단된다(Lee 등 2012). 또한 추출물의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성은 함유하고 있는 폴리페놀 및 플라보노이드 물질에 영향을 받아 항산화 활성을 나타내는 것으로 볼 때(Kang 등 1996), ‘늘보라’가 라디칼 소거활성이 높은 것도, 함유되어 있는 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높기 때문으로 판단된다. 이상의 결과를 바탕으로 볼 때, 국내에서 개발된 잎들개 품종은 대부분 우수한 항산화활성을 가지는 것으로 나타났으며 이는 추후 천연 항산화제 개발에 이용될 수 있을 것이다.

### 3. 품종별 잎들개의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

식물체에 널리 분포된 폴리페놀 및 플라보노이드 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있으며, 이 물질들은 노화의 원인인 자유라디칼을 안정시킬 수 있는 phenolic ring을 가지고 있기 때문에 연구되어져 왔다(Middleton & Kandaswami 1994). 또한 플라보노이드는 주로 안토시아닌, 카테킨 및 플라보논 등으로 구성되어 있으며, 각자 조금씩 다른 구조로 항산화 및 항균 활성 등 다양한 생리활성을 가지고 있다(Middleton & Kandaswami 1994).

품종별 잎들개 주정 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 분석하여 품종별로 함량 변화를 알아보고자 본 연구를 진행하였다. Fig. 4는 잎들개 9품종의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과이다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid의 검량선 활용한 mg GAE/g sample로 표현했다. 9개의 잎들개 품종 중 가장 높은 함량을 나타낸 품종은 ‘늘보라’로 819.67 mg

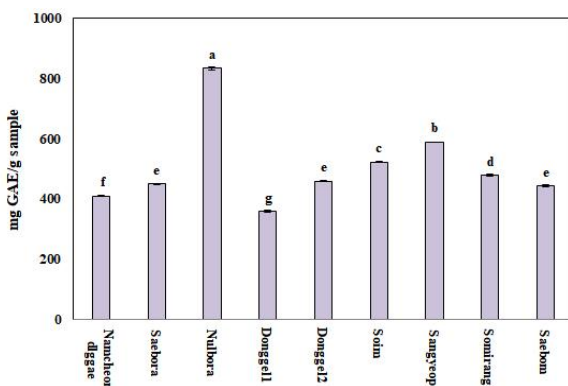


Fig. 4. Total polyphenol content in various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*). <sup>1)</sup> Vertical bars represent the stand deviation of the mean (n=3). Different letters above bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

GAE/g sample로 나타났다. 품종별로 살펴보면 ‘동글1호’가 가장 낮은 함량을 나타냈으며(371.22 mg GAE/g sample) ‘동글1호’ < ‘남천들개’ < ‘동글2호’ ≤ ‘새봄’ ≤ ‘새보라’ < ‘소미랑’ < ‘소미’ < ‘상엽’ 순으로( $p < 0.05$ ) 총 폴리페놀 함량이 분석됐으며, ‘상엽’ 품종은 579.10 mg GAE/g sample로 ‘늘보라’ 다음으로 높은 함량을 나타냈다. 총 플라보노이드 함량 분석 결과는 Fig. 5로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 catechin의 검량선을 활용한 mg Catechin eq/g sample로 표현했다. 분석 결과 총 플라보노이드 함량 경향은 총 폴리페놀 함량 경향과 매우 유사한 경향을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 총 폴리페놀 함량과 마찬가지로 ‘늘보라’ 품종에서 261.55 mg Catechin eq/g sample로 가장 높은 함량을 나타냈으며 가장 낮은 함량으로 분석된 ‘동글1호’(134.82 mg Catechin eq/g sample) 품종보다 약 2배 정도 높은 함량을 나타냈다. ‘늘보라’ 품종 다음으로 함량이 높은 품종은 ‘상엽’ 품종으로 237.48 mg Catechin eq/g sample로 나타났으며, ‘동글2호’, ‘소임’, ‘소미랑’, ‘새봄’ 등 4품종이 약 180 mg Catechin eq/g sample로 유사한 함량으로 나타났으며, ‘남천들개’, ‘새보라’, ‘동글1호’ 등 3품종이 약 140 mg Catechin eq/g sample로 서로 유사한 함량으로 나타났다( $p < 0.05$ ). Kim Y(2012)의 연구에서 들깨잎 수확시기별 생리활성 물질을 분석한 결과 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 각각 800.04 mg/mL 및 163.56 mg/mL로 본 연구에서 분석한 품종 및 분석 방법은 다르지만 유사한 결과로 분석되었다. 또한 품종별 들깨잎 열수추출물의 항산화력을 비교한 연구에서는 ‘보라’와 ‘늘보라’가 각각 69.4 g GAE/kg sample 및 58.8 g GAE/kg sample이고, 플라보노이드 함량도 각각 390 g

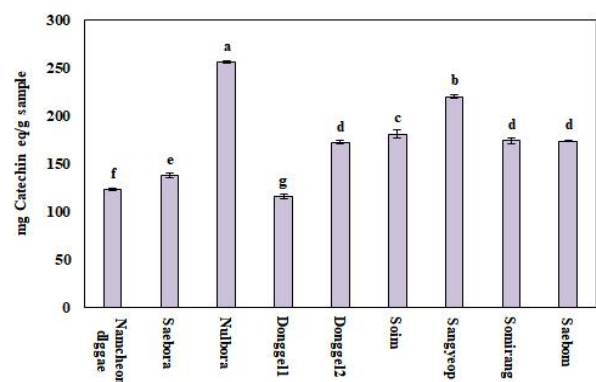


Fig. 5. Total flavonoid content of various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*). Total flavonoid content of various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*). <sup>1)</sup> Vertical bars represent the stand deviation of the mean (n=3). Different letters above bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .



quercetin eq/kg sample 및 640 g quercetin eq/kg sample로 보고 되어(Lee 등 2009), 본 연구보다 다소 낮은 수준이었으나 이는 사용된 샘플의 재배 환경, 수확시기, 전처리 및 추출조건 등에 다소 차이가 있기 때문인 것으로 생각된다. 반면, 들깨 잎과 참깨잎의 추출물의 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 비교 분석한 연구에서도 참깨잎보다 들깨잎의 함량이 조금 낮게 나타났지만, 각각 400 mg 및 130 mg 으로 잎들깨의 함량은 유사하게 보고되고 있다(Kwak 등 2013). 한편 들깨잎에서는 rosmarinic acid, caffeic acid, apigenin과 luteolin과 같은 플라본 등의 폴리페놀 성분이 분리·정제·동정 연구가 진행된 바 있고(Meng 등 2008), 폴리페놀 외에도 perillyl alcohol, perillaldehyde, perillic acid 등과 같은 성분이 분리·동정 되어 보고되었다(Duelund 등 2012). 또한 잎들깨 포함 물질 중 폴리페놀 성분이 항산화성 및 암세포 독성을 일으키는 들깨잎 함유 활성 물질로 보고된 바 있다(Izumi 등 2012). 선행연구 및 본 연구결과를 토대로 볼 때 국내에서 개발된 잎들깨 품종은 우수한 항산화활성을 가지는 것으로 나타났으며, 앞으로 매우 뛰어난 천연 항산화제 개발에 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

각 라디칼 소거능(DPPH 및 ABTS), 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 클로로필 함량 사이의 상관관계를 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 총 폴리페놀 함량과 ABTS 라디칼 소거능(0.960,  $p<0.01$ ), 총 플라보노이드 함량(0.925,  $p<0.05$ ) 사이에 높은 상관성을 나타냈고, 총 플라보노이드 함량과 ABTS 라디칼 소거능(0.879,  $p<0.10$ )간에도 상관성을 나타냈다. 반면 클로로필 총 함량과 라디칼 소거능 및 폴리페놀 함량과는 각각 0.349, 0.562 및 0.672 등 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 본 연구 결과, 라디칼 소거능 및 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀 함량이 미치는 영향이 큰 것으로 판단되며, 본 결과는 폴리페놀의 페놀릭 '-OH'가 자유 라디칼에 공여함으로써 라디칼 반응을 억제 시킴으로써 나타난 결과라고 생각된다. 또한 깻잎 추출물은 DPPH 라디칼 소거능과 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과의 상관관계는 낮은 것으

로 분석됐다. 이는 깻잎 추출물 내 DPPH 라디칼 소거능이 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 외에 다른 성분들의 영향을 더 많이 받는 것으로 사료된다. 또한, 클로로필 함량도 모든 항산화활성 및 성분 분석 데이터와 낮은 상관관계를 나타낸 것으로 보아 클로로필 함량이 항산화활성에 유의적인 영향은 없는 것으로 생각된다.

#### 4. 품종별 잎들깨 추출물의 xanthin oxidase inhibition 활성

통풍은 생합성에 의한 purine의 과다생성을 일으키는 여러 가지 대사 이상을 기반으로 요산의 과다 생성이 원인이 된다. Xanthine oxidase는 우리 몸 안에 퓨린 대사에 관여하는 효소로서 대사산물인 xanthin 또는 hypoxanthine으로부터 urate를 형성하며, 이 물질이 혈장 내에서 증가되고 축적되면 골절 등에서 통증을 동반하여 통풍을 일으키게 된다(Storch & Ferber 1988). 또한, galloyl 기를 포함하고 있는 플라보노이드 화합물이 xanthine oxidase 저해효과가 우수하며, 효소 경쟁적으로 저해한다는 사실이 보고되고 있다(Hatano 등 1991). 이러한 통풍의 원인인 요산을 생성하는 xanthine oxidase 저해활성을 평가하여 추출물의 항산화활성을 비교하고자 하였다. 잎들깨 9품종의 Xanthin oxidase 저해 활성을 평가하기 위하여 50% 발효주정 추출물로 활성을 평가 하였으며, 그 결과는 Table 4에 나타냈다. 효소 저해 활성은 추출물을 농축하여 5 mg/mL로 재용해 하여 활성 평가에 사용하였다. 그 결과 저해 활성이 최고 82.47%에서 최소 69.04%로 분석됐다. 전반적으로 품종 간 활성은 통계적 유의성( $p<0.05$ )은 나타났으나, 활성 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 활성이 가장 우수한 품종은 '새봄'으로 82.50% xanthin oxidase 저해활성이 나타났으며, 그와 매우 유사하게 소미랑 품종도 82.47%로 나타났다. '동글2호'(69.04%) 및 '늘보라'(70.19%)는 9품종 중 가장 낮은 활성을 나타냈다. 또한 '남천들깨'는 80.24%, '새보라'는 78.19%, '소미'는 77.30%, '상엽'은 75.91%, '동글1호'는 75.23%로 각각 xanthin oxidase 저해 활성을 나타냈다. Han 등 (2004)의 연구에 따르면 200 ppm에서 유기용매로 추출한 '보라'가

**Table 3. Correlation coefficients among total polyphenolics, ABTS radical scavenging activity, DPPH radical scavenging activity, total flavonoid, and total chlorophyll of the extracts from the Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*)**

	Polyphenol	ABTS	DPPH	Flavonoid	Chlorophyll
Polyphenol	1.000	-	-	-	-
ABTS	0.960***	1.000	-	-	-
DPPH	0.172	0.134	1.000	-	-
Flavonoid	0.925***	0.879*	0.371	1.000	-
Chlorophyll	0.672	0.562	0.349	0.647	1.000

\* $p<0.1$ , \*\*\* $p<0.01$ .

**Table 4. Xanthin oxidase inhibity activition of various cultivars of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*) (sample concentration: 5 mg/mL)**

Perilla lacaves	Xanthin oxidase inhibition activation (%)
Namcheon dlggae	80.24±2.16 <sup>ab1)</sup>
Saebora	78.19±3.47 <sup>b</sup>
Nulbora	70.19±5.29 <sup>d</sup>
Donggel1	75.23±0.67 <sup>c</sup>
Donggel2	69.04±1.98 <sup>d</sup>
Soim	77.30±5.37 <sup>b</sup>
Sangyeop	75.91±2.61 <sup>c</sup>
Somirang	82.47±1.99 <sup>a</sup>
Saebom	82.50±2.73 <sup>a</sup>

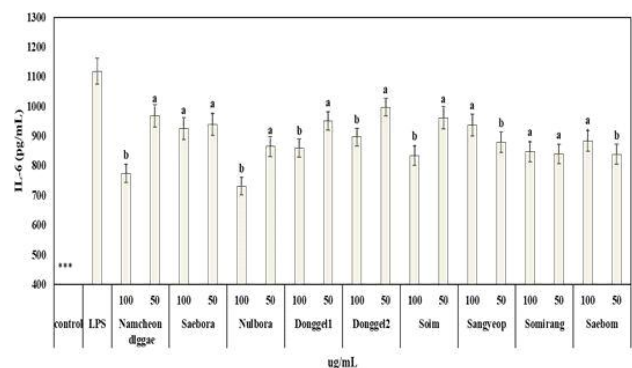
1) Vertical bars represent the stand deviation of the mean (n=3). Different letters above bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

46.7%로 가장 높았으며, 열수 추출물은 25% 정도로 나타났다. 한국산 검정콩의 경우 250 ppm에서 65% 이상 높은 저해 활성을 나타냈으며(Son 등 2001), 인삼 추출물에서도 저 농도에서 80% 이상 높은 저해 활성이 나타났는데(Choi 등 2002) 본 연구에서는 다소 높은 농도에서 활성이 나타났다. 본 연구와 상이하게 나타난 것은 잎들깨, 검정콩, 인삼 등 작물의 종류별로 다르며, 또한 추출방법 등이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

### 5. 품종별 잎들깨 추출물의 항염활성 평가

염증성 사이토카인은 대표적으로 IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$  등이 존재하며, 이들은 활성화된 대식세포에서 주로 생산된다. 또한 이들은 내피세포와 백혈구에 작용하여 초기 염증반응을 자극하고 조절한다. 이들 사이토카인의 발생은 염증을 더욱 악화시키고, 치료에 방해가 되므로 다양한 염증치료에 있어서 이들의 과발현을 막는 것은 매우 중요한 목표가 된다(Masters 등 2009; Park 등 2014). 특히, Interleukin-6(IL-6)는 TNF- $\alpha$ (tumor necrosis factor- $\alpha$ )와 함께 모두 사이토카인(cytokine)이며, 이는 세포가 다른 세포에게 신호전달을 하기 위해 방출하는 단백질 중 하나이다. IL-6는 T림프구나 대식세포 등 다양한 세포에서 분비되어 면역반응을 촉진하기도 하며, 대부분의 경우 감염, 외상 및 염증으로 이어지는 조직손상에 따른 염증반응도 촉진하게 된다. IL-6의 과잉 생산은 염증성 질환 뿐만 아니라 여러 가지 면역이상증, 림프계종양의 발증과도 깊은 관련이 있다(Papayianni A 1996)고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 염증반응에서 중요한 인자인 IL-6의 발현 정도를 평가하였다.

마우스 유래 Raw 264.7 대식세포를 이용하여 잎들깨 9품종의 항염 활성을 평가하기 위하여 'IL-6' 함량을 분석한 결과는 Fig. 6에 나타났다. 50% 발효주정 9품종 잎들깨 추출물을 이용하여 효능을 검정하였다. 각 추출물은 100  $\mu$ g/mL 및 50  $\mu$ g/mL의 농도로 처리를 한 결과 농도의존적으로 IL-6 함량이 감소하는 품종이 있었다. 염증 유도 물질인 LPS를 처리한 시험군에서는 IL-6 함량이 1,173.46 pg/mL로 분석되었으나, 잎들깨 추출물을 처리하였을 경우 전반적으로 감소하는 경향으로 나타났다. 특히 '늘보라'의 경우 100  $\mu$ g/mL를 처리한 결과 IL-6 함량이 769.53 pg/mL로 약 40% 이상 감소하는 것으로 나타났으며, 저농도인 50  $\mu$ g/mL를 처리하였을 때도 827.49 pg/mL로 LPS 단독 처리군보다 다소 낮게 분석되면서 항염활성이 우수한 것으로 나타났다. '남천들깨' 및 '소임' 품종도 100  $\mu$ g/mL 농도를 처리 시 각각 774.51 pg/mL 및 829.47 pg/mL로 '늘보라' 품종 다음으로 높은 항염활성을 나타냈다. Ryu & Kim(2008) 연구에서는 잎들깨를 포함한 다섯 가지 식물 혼합추출물의 면역활성 효과를 연구한 결과 *in vitro* 및 *in vivo*에서 모두 대조군에 비하여 관련 세포 증식이 증가하는 것으로 나타났다고 보고하고 있다. 남천들깨 추출물을 이용한 대식세포 내 항염증 효과를 살펴본 결과 LPS로 유발된 염증반응에 대한 NO 생성을 억제시키고 염증발현과 관련된 단백질 발현을 조절함으로써 항염증 효과가 있다고 보고했다(Wu TT 2011). 같은 업체류인 삼채 초추출물 및 유기용매 분획물의 항염활성 평가 결과 물 추출물 외에 모든 유기용매 분획물에서 IL-6의 억제효과가 나타났으며(Lee 등



**Fig. 6. Effect of EtOH extract from Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*) on IL-6 production in LPS-treated RAW 264.7 macrophages.** Each bar represents the mean±SD. IL-6 concentrations in cultured medium were measured. Means with the same letter above the bars within each sample are not significantly different at  $p < 0.05$  by ANOVA and Duncan's multiple range test. \*\*\*Significantly different from LPS+ control at  $p < 0.001$ .



2017), 건조 상추 에탄올 추출물에서도 유의적으로 NO 및 IL-6 등 인자가 감소하는 것으로 나타났다(Lee 등 2019). 잎들깨 뿐만 아니라 삼채 및 상추 등 다양한 엽채류에서 항염 활성이 유사하게 나타났으며, 추후 *in vivo* 및 작용기작 연구를 심층적으로 진행할 필요가 있다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 국내 주요 육성 잎들깨 9품종의 클로로필, 폴리페놀 및 플라보노이드 등 항산화 물질 및 항염 활성 등을 평가하여 품종 간 차이점에 관해 연구하였다. 그 결과 품종간에 항산화 성분 활성 및 항염 활성이 큰 차이가 나는 것으로 나타났다. 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 ‘늘보라’가 함량이 각각 819.67 mg GAE/g sample 및 261.55 mg Catechin eq/g sample로 가장 높았으며, 그 다음으로 ‘상엽’, ‘소임’, ‘소미랑’ 품종 순으로 높은 함량을 나타냈다. 클로로필 함량 (a+b)은 ‘늘보라’ 품종이 가장 높게 나타났으며 ‘소임’ 품종이 가장 낮은 함량을 나타냈다. 항산화 활성 분석을 위한 각각의 라디칼 소거능에서는 ABTS 라디칼 소거능은 ‘늘보라’가 1,184.91 mg TEAC/g sample, DPPH 라디칼 소거능은 ‘동글1호’가 449.55 mg TEAC/g sample로 가장 높은 라디칼 소거능을 나타냈다. Xanthin oxidase inhibition 활성의 경우 9품종간 차이가 유의적으로 크게 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). 항염활성 평가를 위하여 마우스 유래 대식세포인 RAW 264.7 cell을 이용하여 대표적인 항염 작용기작 사이토카인 IL-6를 분석한 결과 IL-6의 경우 LPS만 처리한 세포군보다 ‘늘보라’ 주정 추출물을 100 µg/mL 농도로 동시 처리하였을 때 약 50% 이상 감소하는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 살펴보면, 잎들깨, 즉 깻잎의 항산화 성분 및 활성 뿐만 아니라 항염활성도 우수한 국내 육성 품종은 ‘늘보라’인 것으로 나타났으며, 본 연구결과를 바탕으로 엽채류로만 활용되고 섭취해오던 잎들깨를 이용하여 다양한 건강기능식품 소재에 도움을 줄 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구결과는 농촌진흥청 연구사업(PJ016088032022) 및 농촌진흥청 학·연협동연구과정 지원사업에 의해 이루어진 것입니다.

## References

Bak MJ, Jeong JH, Kang HS, Jin KS, Ok S, Jeong WS. 2009. *Cedrela sinensis* leaves suppress oxidative stress and

- expressions of iNOS and COX-2 via MAPK signaling pathways in RAW 264.7 cells. *J Food Sci Nutr* 14:269-276
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Caldwell CR, Britz SJ. 2006. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *J Food Compos and Anal* 19:637-644
- Chang MS, Kim GH. 2016. Quality characteristics and antioxidant activities of the organic leaf and stem vegetables. *J East Asian Soc Diet Life* 26:201-206
- Choi HJ, Zhang YB, An BJ, Choi C. 2002. Identification of biologically active compounds from *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J Food Sci Technol* 34:493-497
- Coulibaly AY, Kiendrebeogo M, Kehoe PG, Sombie PAED, Lamien CE, Millogo JF, Nacoulma OG. 2011. Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Scoparia dulcis* L. *J Med Food* 14:1576-1582
- Duelund L, Amiot A, Fillon A, Mouritsen OG. 2012. Influence of the active compounds of *Perilla frutescens* leaves on lipid membranes. *J Nat Prod* 75:160-166
- Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1984. Prooxidant activities of chlorophylls and their decomposition products on the photooxidation of methyl linoleate. *J Am Oil Chem Soc* 61: 781-784
- Guenther E. 1974. The Essential Oils. 2nd ed. Krieger
- Guo D, Xu L, Cao X, Guo Y, Ye Y, Chan CO, Mok DKW, Yu Z, Chen S. 2011. Anti-inflammatory activities and mechanisms of action of the petroleum ether fraction of *Rosa multiflora* Thunb. hips. *J Ethnopharmacol* 138:717-722
- Han HS, Park JH, Choi HJ, Son JH, Kim YH, Kim S, Choi C. 2004. Biochemical analysis and physiological activity of perilla leaves. *Korean J Food Cult* 19:94-105
- Hatano T, Yasuhara T, Yoshihara R, Ikegami Y, Matsuda M, Yazaki K, Agata I, Nishibe S, Noro T, Yoshizaki M, Okuda T. 1991. Inhibitory effects of galloylated flavonoids on xanthine oxidase. *Planta Med* 57:83-84
- Hong YP, Kim SY, Choi WY. 1986. Postharvest changes in quality and biochemical components of perilla leaves. *Korean J Food Sci Technol* 18:255-258
- Hyun KW, Kim JH, Song KJ, Lee JB, Jang JH, Kim YS, Lee JS. 2003. Physiological functionality in Geumsan perilla leaves from greenhouse and field cultivation. *Korean J Food Sci Technol* 35:975-979

- Izumi Y, Matsumura A, Wakita S, Akagi K, Fukuda H, Kume T, Irie K, Takada-Takatori Y, Sugimoto H, Hashimoto T, Akaike A. 2012. Isolation, identification, and biological evaluation of Nrf2-ARE activator from the leaves of green perilla (*Perilla frutescens* var. *crispa* f. *viridis*). *Free Radic Biol Med* 53:669-679
- Jung SH, Kim SJ, Jun BG, Lee KT, Hong SP, Oh MS, Jang DS, Choi JH. 2013.  $\alpha$ -Cyperone, isolated from the rhizomes of *Cyperus rotundus*, inhibits LPS-induced COX-2 expression and PGE<sub>2</sub> production through the negative regulation of NF- $\kappa$ B signalling in RAW 264.7 cells. *J Ethnopharmacol* 147:208-214
- Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28:232-239
- Kim DS, Kozukue N, Kim MH. 2004. Changes of chlorophyll and carotene contents of pumpkins with cooking method. *J East Asian Soc Diet Life* 14:618-624
- Kim HY, Seo HY, Seo WD, Lee MJ, Ham H. 2019. Evaluation of biological activities of wheat sprouts with different extraction solvents. *Korean J Food Nutr* 32:636-642
- Kim JH, Kim MK. 1999. Effect of dried leaf powders and ethanol extracts of *Perilla frutescens*, *Artemisia princeps* var. *orientalis* and *Aster scaber* on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutr* 32:540-551
- Kim SY, Rhee HS. 1985. The changes of chlorophylls in blanched and fermented Chinese cabbage. *Korean J Soc Food Sci* 1:27-32
- Kim Y. 2012. GABA content and antioxidant activity in chubu perilla leaves by harvest periods. Master's Thesis, Joongbu Univ. Geumsan. Korea
- Koh YJ, Cha DS, Ko JS, Park HJ, Choi HD. 2010. Anti-inflammatory effect of *Taraxacum officinale* leaves on lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW 264.7 cells. *J Med Food* 13:870-878
- Kwak Y, Ki S, Noh EK, Shin HN, Han Y, Lee Y, Ju J. 2013. Comparison of antioxidant and anti-proliferative activities of perilla (*Perilla frutescens* Britton) and sesame (*Seasamum indicum* L.) leaf extracts. *Korean J Food Cookery Sci* 29:241-248
- Kwak YJ, Kim JS. 2009. Changes of chlorophyll and SOD-like activities of Chinese chives dehydrated at different heat treatments. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:879-884
- Lee EJ, Seo YM, Kim YH, Chung C, Sung HJ, Sohn HY, Park JY, Kim JS. 2019. Anti-inflammatory activities of ethanol extracts of dried lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J Life Sci* 29:325-331
- Lee HS, Lee HA, Hong CO, Yang SY, Hong SY, Park SY, Lee HJ, Lee KW. 2009. Quantification of caffeic acid and rosmarinic acid and antioxidant activities of hot-water extracts from leaves of *Perilla frutescens*. *Korean J Food Sci Technol* 41:302-306
- Lee SM, You YH, Kim KM, Park JJ, Jeong CS, Jhon DY, Jun WJ. 2012. Antioxidant activities of native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:327-332
- Lee SH, Choe EO, Lee HG, Park KH. 2001. Factors affecting the components of chlorophyll pigment in spinach during storage. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 44:73-80
- Lee YB, Ham YM, Yoon SA, Oh DJ, Song SM, Hong IC, Lee ST, Hyun HB, Kim CS, Yoon WJ. 2017. Antioxidant and anti-inflammatory activities of crude extract and solvent fractions of *Allium hookeri*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:18-25
- Lee YR. 2021. Biological activities of extracts from leaf of *Angelica gigas* Nakai. *Korean J Food Nutr* 34:181-186
- Lim SU, Seo YH, Lee YG, Baek NI. 1994. Isolation of volatile allelochemicals from leaves of *Perilla frutescens* and *Artemisia asiatica*. *Agic Chem Biotechnol* 37:115-123
- Masters SL, Simon A, Aksentjevich I, Kastner DL. 2009. *Horror autoinflammaticus*: The molecular pathophysiology of autoinflammatory disease. *Annu Rev Immunol* 27:621-668
- Meng L, Lozano YF, Gaydou EM, Li B. 2008. Antioxidant activities of polyphenols extracted from *Perilla frutescens* varieties. *Molecules* 14:133-140
- Mercurio KC, Behm PA. 1981. Effects of fiber type and level on mineral excretion, transit time, and intestinal histology. *J Food Sci* 46:1462-1477
- Middleton E Jr, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol Chicago* 48:115-119
- Papayianni A. 1996. Cytokines, growth factors, and other inflammatory mediators in glomerulonephritis. *Ren Fail* 18:725-740
- Park KY. 1995. The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of kimchi. *J Korean Soc Food Nutr* 24:169-182
- Park SG, Jegal KH, Jung JY, Back YD, Byun SH, Kim YW, Cho IJ, Park SM, Kim SC. 2014. Leonuri fructus

- ameliorates acute inflammation via the inhibition of NF- $\kappa$ B-mediated nitric oxide and pro-inflammatory cytokine production. *Korean J Oriental Pathol* 28:178-185
- Ryu HS, Kim HS. 2008. Studies on the effects of water extract from mixture of pine needles, *Sedum sarmentosum* Bunge, hijkiaorme, buckwheat and perilla leaves on the immune function activation. *Korean J Food Nutr* 21:269-274
- Shin JH, Lee SJ, Seo JK, Cheon EW, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of hot-water extract from Yuza (*Citrus junos* Sieb ex tanaka) peel. *J Life Sci* 18:1745-1751
- Son JH, Choung MG, Choi HJ, Jang UB, Son GM, Byun MW, Choi C. 2001. Physiological effect of Korean black soybean pigment. *Korean J Food Sci Technol* 33:764-768
- Stirpe F, Della Corte E, Lorenzoni, E. 1969. The regulation of rat liver xanthine oxidase: Conversion *in vitro* of the enzyme activity from dehydrogenase (type D) to oxidase (type O). *J Biol Chem* 244:3855-3863
- Storch J, Ferber E. 1988. Detergent-amplified chemiluminescence of lucigenin for determination of superoxide anion production by NADPH oxidase and xanthine oxidase. *Anal Biochem* 169:262-267
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Seo MC, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong HS, Lee J. 2010. Antioxidant components and antioxidant activities of methanolic extract from Adzuki beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*). *Korean J Food Sci Technol* 42:693-698
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:687-694
- Wu TT. 2011. Protective activity of *Perilla frutescens* and rosmarinic acid from inflammation and neuronal cell through alleviating oxidative stress. Master's Thesis, Pusan National Univ. Busan. Korea
- Yang JY, Lee H, Seo WD, Lee MJ, Song SY, Choi JY, Kim HY. 2022. The effects of sodium chloride and the cultivation method on antioxidant compounds and activities in wheat (*Triticum aestivum*) sprouts. *Korean J Food Nutr* 35:213-222
- Zhang R, Brennan ML, Shen Z, MacPherson JC, Schmitt D, Molenda CE, Hazen SL. 2002. Myeloperoxidase functions as a major enzymatic catalyst for initiation of lipid peroxidation at sites of inflammation. *J Biol Chem* 277:46116-46122

---

Received 17 October, 2022

Revised 24 October, 2022

Accepted 14 November, 2022