

인공광 식물공장에서 재배한 방풍나물(*Peucedanum japonicum*)의 항산화 및 항염증 효과

김시현 · 이은별 · 김지수 · 최지혜 · 정운율 · 허정욱¹ · 심창기² · 이성현*

국립농업과학원 농식품자원부, ¹국립농업과학원 농업공학부, ²국립농업과학원 농업환경부

Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of *Peucedanum japonicum* Grown in the Plant Factory with Artificial Lights

Si Hyun Kim, Eun Byeol Lee, Ji Su Kim, Ji Hye Choi, Un Yul Jeong, Heo Jeong Wook¹,
Chang Ki Shim², and Sung Hyen Lee*

Department of Agrifood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

¹Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development of Administration

²Department of Organic Agricultural Division, National Institute of Agricultural Sciences

Abstract

This study investigated the antioxidative and anti-inflammatory activities of *Peucedanum japonicum* (PJ) grown in outfield and the plant factory with artificial lights (BRW; Blue (B) + Red (R) + White (W) LED), BW (B+W LED), Fluorescent (FL), BRFL (B + R LED + FL), and WFL (White LED + FL). It was found that the outfield PJ extract had the highest antioxidant levels (DPPH, ABTS, polyphenol). Among the extracts of PJ grown in the plant factory, the BW PJ extract showed the highest antioxidant activity. In xanthine oxidase inhibitory activity, the IC₅₀ value of the FL PJ extract was 0.75 µg/mL, which was superior to that of the outfield extract (2.35 µg/mL). BW and outfield PJ extracts significantly increased SOD and CAT activities compared to the control without any PJ. The concentrations of TNF-α and IL-6 significantly and dose dependently decreased in PJ treated groups. The results suggest that the antioxidant and anti-inflammatory activities of the PJ grown in the plant factory are good as those of the outfield PJ, and may be a great help in future research on functional activities for the plants grown in the plant factory with artificial lights.

Key words: *Peucedanum japonicum*, artificial light, antioxidant, anti-inflammatory

서 론

체내의 염증은 외부로부터 침입한 병원성 물질과 손상된 세포와 같은 물질에 대한 방어 반응으로(de Cássia da Silveira e Sá et al., 2013), 염증 유발이 지속될 경우 조직 손상을 촉진하여 신경퇴행성질환 같은 만성질환과 암 등이 발병될 수 있는 요인이 된다(Lee et al., 2016). 대식세포(macrophage)는 그람 음성 세균의 세포 외막에 존재하는 물질로 알려진 lipopolysaccharide (LPS) 등의 자극으로 활성화되어 체내의 염증 반응에 관여하는 주요 세포 중 하나로 중요한 기능을 하는 것으로 알려져 있다. 활성화된 대식세포에서 방출되는 사이토카인인 종양괴사인자(tumor

necrosis factor-alpha, TNF-α), interleukin-6 (IL-6)는 염증성 사이토카인으로 급성 면역반응 및 염증 반응을 유도한다(Bae et al., 2018; Lee et al., 2018). 염증 반응으로 인해 산화 스트레스(oxidative stress)가 발생되고 그 부산물로 활성산소종(reactive oxygen species, ROS) 및 nitric oxide (NO) 생성되는데(Jin et al., 2017), 이는 체세포에도 손상을 입힐 수 있는 것으로 보고되었다(Bogdan, 2015). 산화 스트레스는 단백질, 핵산 및 세포막을 손상시킬 수 있는 초과산화물(O₂⁻), 하이드록실 라디칼(HO), 과산화 수소(H₂O₂)와 같은 활성산소종으로 인한 손상을 주어 우리 몸의 불균형을 초래하게 된다(Storz & Imlay, 1999). 이러한 활성 산소를 제거하거나 조절할 수 있는 천연 항산화 물질은 비타민 C, 폴리페놀 등이 있으며, 항산화 효소로는 superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) 등이 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 활성산소의 생성을 억제하기 위한 식품의 생리활성 물질에 관한 연구는 활발히 진행되고 있다 (Youa & Moon, 2016).

*Corresponding author: Sung Hyen Lee, Functional Food Division, Department of Agrifood Resources, RDA, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Korea

Tel: +82-063-238-3681; Fax: +82-63-238-3843

E-mail: lshin@korea.kr

Received November 5, 2021; accepted November 8, 2021

한편 인공광을 이용한 식물공장은 외부와 차단된 시설 내에서 온·습도, 광원 및 이산화탄소 등의 환경요인을 인공으로 제어하여 작물을 계절에 관계없이 재배할 수 있고, 농약 없이 안정적으로 작물을 생산할 수 있어 다양한 원예 작물을 대상으로 하는 연구가 진행되고 있다(Heo et al., 2010; Lee et al., 2015; Lee et al., 2016). 식물공장에서는 연중 안정적으로 작물을 생산하기 위하여 발광다이오드(light-Emitting Diode, LED)나 형광등과 같은 새로운 기술이 고려되고 있다(Kozai & Niu, 2020). 식물공장은 작물 성장에 필요한 광원의 종류에 따라 자연광 및 인공광 시설로 구별되는데, 인공광을 이용한 식물공장은 시설 내의 온도나 습도 같은 재배환경을 시간과 공간의 제약 없이 인위적으로 제어할 수 있어 자연광을 광원으로 하는 온실과 같은 시설에 비해 생육 예측이 용이하다(Cha et al., 2014; Lee et al., 2015). 인공광을 이용한 식물공장에서는 작물의 재배환경을 인위적으로 조절하는 것이 가능하므로, 외부 기후변화와 상관없이 단위면적당 생산량이 노지나 온실에 비해 증가하고 생장이 균일한 작물을 생산할 수 있어 부가가치가 높은 작물 재배에 효과적인 생산시스템으로 주목받고 있다(Lee et al., 2015).

갯방풍 또는 갯기름나물로 불리는 방풍나물(*Peucedanum japonicum*)은 전남 여수 지방과 충남 보령, 태안, 경북 등에서 노지와 하우스 재배로 생산되고 있다(Lee et al., 2015; Choi & Cho, 2018). 방풍나물은 어린잎과 줄기를 산채 또는 나물로 식용되어, 현대인의 바쁜 일상에서 건강한 먹거리를 찾는 사람들에게 새로운 건강기능성 작물로 부상하고 있다(Jung et al., 2014). 또한 뿌리에서 다수의 잎이 발생하는 다년생 약용작물 중 하나로 두통, 현기증 및 전신 통증에 대한 전통 의학으로 사용되었다(Lee et al., 2015). 방풍나물에 관한 선행연구로는 방풍나물 추출물이 난소절제 흰쥐의 혈중 지질 변화에 미치는 영향 (Jeon & Kim, 2016), 식물공장 재배시스템에 따른 방풍나물의 생육, 비타민 C와 아미노산 함량 및 수량에 미치는 영향(Lee et al., 2015), 방풍나물의 수확시기에 따른 부위별 향기성분 비교 분석(Jung et al., 2014) 등이 있다. 하지만 자연광을 이용하는 노지 재배와 인공광형 식물공장 시스템에서 재배한 방풍나물에 대한 기능성 연구가 보고된 바 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 인공광을 이용한 식물공장 내에서 광질이 다른 조건에서 재배한 방풍나물 추출물의 항산화 및 항염증 효과를 분석하고 비교하였다.

재료 및 방법

시료의 재배 조건 및 생산지

본 연구에서는 LED를 인공광원으로 사용하는 국립농업과학원 농업공학부 식물공장 시스템에서 재배한 방풍나물의 기능성을 평가하였다. 인공광원으로는 LED (SungJae,

Co. Ltd., Sungnam, Korea)와 형광등을 주광원으로 하여 청색(B)+백색(W) 혼합 LED (혼합비율 1:1), 청색(B)+적색(R)+백색(W) 혼합 LED (혼합비율 1:2:1), 형광등(FL, 24W, Phillips, Germany), 청색(B)+적색(R) LED+형광등(FL), 백색(W) LED+형광등(FL) (혼합비율 1:1)으로 5개의 광조사구를 설정하였다. 혼합광질 제어에 사용한 청색 및 적색 LED 최대파장은 450 nm와 660 nm였으며, 백색 LED의 경우 형광등과 유사 파장을 갖는 계열의 LED를 채택하였다. 모든 광조사구에서 광강도는 재배 개시 2주차부터 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 제어하였다. 방풍나물은 실내 온도와 습도가 $22\pm 1^\circ\text{C}$ 및 $60\pm 5\%$ 로 제어된 재배시스템에서 담액식 재배 방식을 채택하고 Yamazaki 배양액을 이용하여 재배하였다. 또한 대조구로는 전라남도 여수 금오도의 방풍나물 작목반에서 노지 재배한 방풍나물을 사용하였다.

방풍나물 추출물의 제조

본 연구에 사용된 시료는 건조 과정을 거친 후 분쇄(FM909T, Hanil, Wonju, Korea)하고 10배수의 50% 발효 주정을 추가하여 상온에서 24시간 동안 2회 교반 추출하였다. 추출이 끝난 시료는 감압농축기(Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 농축 후, 동결건조(IlshinBio-Base, Dongducheon, Korea)하여 분말 형태로 본 실험에 사용하였다. 각 방풍나물 시료 증거 표본은 국립농업과학원 농식품자원부에 보관하였다(NAS-2021-PJ1~6).

DPPH 라디칼 소거능 평가

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거 활성은 Brand-Williams et al. (1995)의 방법을 응용하여 측정하였다. 각 시료와 표준품을 농도별로 plate에 분주한 후 DPPH (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 95.5% 에탄올에 용해하여 제조한 mixture와 시료를 혼합하고 실온의 암소에서 30분간 반응하였다. 흡광도는 microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 517 nm에서 측정하여, 추출물의 DPPH (%) 값과 추출물의 DPPH 값을 50% 감소시키는 IC_{50} (50% Inhibitory concentration) 값으로 표현하였다.

ABTS 라디칼 소거능 평가

2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) 라디칼 소거 활성은 Re et al. (1999)의 방법을 응용하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)와 2.6 mM potassium persulfate (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 1:1 비율로 혼합하고 실온인 암소공간에 24시간 보관하였다. ABTS mixture는 732 nm에서 흡광도 값이 0.70 ± 0.02 이 되도록 증류수(pH 7.4)로 희석하여 사용하였다. 제조한 ABTS와

시료를 1:1 (100 µg:100 µg) 비율이 되도록하여 혼합한 후 실온에서 10분간 반응시킨 다음 microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하여, 추출물의 ABTS (%) 값과 추출물의 ABTS 값을 50% 감소시키는 IC₅₀ (50% Inhibitory concentration) 값으로 표현하였다.

총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis (1912) 방법을 응용하여 측정하였다. 방풍나물 추출물을 각 농도별로 희석한 후 시료와 Folin-Denis' reagent (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 혼합하여 3분 동안 실온에 반응시켰다. 10% Na₂CO₃ (Samchun, Korea) 용액을 혼합하여 암실에서 2시간 반응시키고, 725 nm에서 microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 표준 물질 Galic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 표준 검량선을 구하고 방풍나물 추출물의 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

Xanthine oxidase 저해 활성 평가

방풍나물 추출물에 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.5) 0.6 mL을 넣고 xanthine 2 mM을 녹인 기질액 0.2 mL를 첨가하였다. 그 후 xanthine oxidase (0.2 U/mL) 0.1 mL를 가하여 37°C에서 10분 동안 반응시키고 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시킨 후, microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 방풍나물 추출액에 대한 xanthine oxidase 저해 활성은 흡광도 감소율을 백분율(%)로 나타내었다.

세포 배양

본 연구에 사용된 마우스 대식세포주 RAW 264.7은 한국세포주은행(Korea Cell Line Bank, Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. RAW 264.7 세포는 Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM, GIBCO BRL, Grand Island, NY)에 10% fetal bovine serum (FBS) 및 100 units/mL penicillin과 100 ug/mL streptomycin을 첨가한 세포 배양액을 사용하여 37°C, 5% CO₂ 조건에서 배양하였다.

세포 안전성 및 독성 평가

RAW 264.7 세포를 96 well plate에 1×10⁵ cells/well로 분주하고 24시간 동안 배양한 후, 방풍나물 추출물을 농도별(62.5, 125, 250 µg/mL)로 첨가하고 24시간 동안 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 추출물의 세포 안전성 및 독성 유무는 MTS (Promega Corporation, Fitchburg, WI, USA) 시약 10%를 첨가하고 빛을 차단하여 37°C에 2

시간 반응시킨 후, 490 nm에서 microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하고, 추출물을 처리하지 않은 대조군과 비교하여 평가하였다.

Nitric oxide 생성 평가

RAW 264.7 세포에서 생성되는 NO의 양은 Green et al. (1982)의 방법에 따라 측정하였다. RAW 264.7 세포를 96 well plate에 1×10⁵ cells/well의 농도로 분주한 후 24시간 동안 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 24시간 후 배지를 제거하고 LPS (2 µg/mL) 농도로 처리된 배지에 방풍나물 추출물을 농도별(62.5, 125, 250 µg/mL로 넣고 24시간 동안 배양하였다. 새로운 96 well plate에 griess reagent 100 µL와 배양된 세포 배양 상등액 100 µL을 가하여 상온에서 15분 동안 반응시키고 microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Superoxide dismutase 활성도 측정

Superoxide dismutase (SOD) 활성은 superoxide dismutase colorimetric activity kit (Invitrogen Corporation, Carlsbad, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 대식세포에서 방풍나물 추출물의 SOD 활성도를 평가하기 위해 RAW 264.7 세포를 24 well에 1×10⁴ cells/well로 분주하고 24시간 배양한 후, 방풍나물 추출물을 농도별로 처리하였다. 24시간 배양한 후 상층액을 회수하여 원심분리(1,500 rpm, 10 min, 4°C)하고 SOD 활성도 측정에 사용하였다. 시료 용액 10 µL에 substrate용액 50 µL와 xanthine oxidase용액 25 µL를 가하여 실온에서 20분간 반응시킨 후 microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질 superoxide dismutase standard를 사용하여 표준 검량선을 구하고 정량하였다.

Catalase 활성도 측정

Catalase (CAT) 활성은 catalase colorimetric activity kit (Invitrogen Corporation, Carlsbad, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 대식세포에서 방풍나물 추출물의 CAT 활성도를 평가하기 위해 RAW 264.7 세포를 24 well에 1×10⁴ cells/well로 분주하고 24시간 배양한 후, 방풍나물 추출물을 농도별로 처리하였다. 24시간 배양한 후 상층액을 회수하여 원심분리(1,500 rpm, 10 min, 4°C)하고 CAT 활성도 측정에 사용하였다. 시료 용액 25 µL에 hydrogen peroxide reagent 25 µL 가하여 실온에서 30분간 반응시키고, 각각 25 µL의 substrate와 HRP (Horserasdish peroxidase concentrate + Assay buffer) 용액을 혼합하여 15분간 반응시킨 후 microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA,

USA)를 이용하여 560 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질 catalase standard를 사용하여 표준 검량선을 구하고 정량하였다.

Cytokines 분비능 측정

대식세포에서 방풍나물 추출물의 항염증 효과를 평가하기 위해 RAW 264.7 세포를 24 well에 1×10^4 cells/well로 분주하고 24시간 배양한 후, LPS 2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 와 방풍나물 추출물을 농도별로 처리하여 배양하였다. 24시간 배양한 후 상층액을 수거하여 1,500 rpm에서 10분 동안 원심분리하고 사이토카인 함량 분석에 사용하였다. TNF- α 와 interleukin (IL)-6의 함량은 각각의 enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) kits (Abcam, London, UK)를 사용하여 다음과 같이 측정하였다. 각 항체가 부착되어 있는 96 well plate에 상층액 샘플 50 μL 과 antibody cocktail 50 μL 를 넣고 1시간 동안 상온에서 반응시키고, wash buffer를 사용하여 3회 세척하였다. 세척 후 TMB 용액을 넣고 10분간 반응시켰으며 마지막으로 stop solution을 넣어 반응을 정지하고, microplate reader (Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계 분석

모든 데이터는 Mean \pm S.E (n=3)로 나타내었고 통계처리에는 SPSS 프로그램(Statistical Package for the Science ver. 24, IBM Corp, Armonk, NY, USA)을 사용하였다. One-way ANOVA (one-way analysis of variance)와 Duncan의 다중 검정법(Duncan's multiple range test)을 이용하여 사후검정을 실시하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성

방풍나물 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성 측정 결과는 Table 1에 나타내었다. 방풍나물 추출물은 모두 농도의존적으로 활성이 증가하는 경향을 보였다. 대조군으로는 L-ascorbic acid을 사용하였으며, IC₅₀ 값이 3.96 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 나타났다. 모든 방풍나물 중에서 IC₅₀ 값 기준으로 노지(Outfield, 701 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 추출물에서 가장 높은 항산화 활성을 보였다. 인공광 시료 추출물 중 IC₅₀ 값 기준으로 BW, BRFL, FL, BRW, WFL 순으로 높은 항산화능을 나타내었으며, BW 추출물이 850 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 가장 높은 항산화 효과를 보였다.

Table 1. DPPH radical scavenging activity of *Peucedanum japonicum* grown in outfield and the plant factory with artificial lights (%)

Sample	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mL}$)						IC ₅₀ ¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
	50	100	250	500	1000	2000	
Outfield	11.3 \pm 0.48 ^{NS2)}	16.1 \pm 1.18 ^a	21.2 \pm 0.28 ^a	36.2 \pm 0.27 ^a	59.8 \pm 0.73 ^a	80.4 \pm 1.30 ^a	701
BW	7.9 \pm 0.20	12.0 \pm 0.34 ^b	16.0 \pm 0.45 ^b	29.1 \pm 0.25 ^b	53.4 \pm 0.33 ^b	80.7 \pm 0.69 ^a	850
BRW	10.5 \pm 2.72	8.4 \pm 2.14 ^b	8.4 \pm 2.07 ^d	15.5 \pm 1.23 ^c	30.4 \pm 0.28 ^c	52.3 \pm 0.89 ^c	1,999
FL	10.6 \pm 1.35	10.4 \pm 1.75 ^b	10.8 \pm 1.35 ^{cd}	17.7 \pm 1.13 ^{de}	32.7 \pm 0.78 ^d	54.8 \pm 1.04 ^c	1,881
BRFL	6.7 \pm 1.30	10.3 \pm 0.73 ^b	12.8 \pm 0.41 ^{bc}	22.5 \pm 0.35 ^c	38.5 \pm 0.66 ^c	63.1 \pm 1.71 ^b	1,381
WFL	7.9 \pm 0.85	9.8 \pm 0.77 ^b	11.8 \pm 0.46 ^c	18.7 \pm 0.63 ^d	31.9 \pm 0.41 ^{de}	52.1 \pm 1.30 ^c	2,054
Ascorbic acid	-	-	-	-	-	-	3.96

¹⁾The concentration required for 50% reduction of DPPH radical.

²⁾Values are mean \pm SE (n=3).

^{a-e} Means with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

^{NS}Not significantly different among groups

Table 2. ABTS radical scavenging activity of *Peucedanum japonicum* grown in outfield and the plant factory with artificial lights (%)

Sample	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mL}$)						IC ₅₀ ¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
	50	100	250	500	1000	2000	
Outfield	17.0 \pm 0.8 ^{a2)}	26.6 \pm 0.1 ^a	42.2 \pm 0.2 ^a	67.1 \pm 0.0 ^a	97.3 \pm 0.0 ^a	100.1 \pm 0.0 ^a	267
BW	13.1 \pm 0.1 ^c	19.8 \pm 0.3 ^c	31.4 \pm 0.2 ^c	50.2 \pm 0.3 ^c	78.5 \pm 0.1 ^b	99.9 \pm 0.0 ^a	412
BRW	13.3 \pm 0.2 ^c	19.3 \pm 0.3 ^{cd}	28.0 \pm 0.2 ^c	45.5 \pm 0.1 ^d	70.7 \pm 0.1 ^c	96.3 \pm 0.0 ^c	480
FL	15.5 \pm 0.4 ^b	21.5 \pm 0.5 ^b	33.6 \pm 0.5 ^b	53.0 \pm 0.6 ^b	78.9 \pm 0.3 ^b	99.2 \pm 0.0 ^b	382
BRFL	13.0 \pm 0.4 ^c	18.7 \pm 0.2 ^{de}	29.3 \pm 0.1 ^d	45.1 \pm 0.1 ^d	69.9 \pm 0.3 ^d	95.9 \pm 0.2 ^{cd}	482
WFL	12.6 \pm 0.1 ^c	18.0 \pm 0.1 ^c	28.5 \pm 0.1 ^{de}	44.9 \pm 0.1 ^d	70.6 \pm 0.2 ^c	95.6 \pm 0.0 ^d	487

¹⁾The concentration required for 50% reduction of ABTS radical.

²⁾Values are mean \pm SE (n=3).

^{a-e} Means with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

방풍나물 추출물의 ABTS 라디칼 소거 활성 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. ABTS 라디칼 소거 활성의 IC₅₀는 노지 추출물에서 267 µg/mL으로 가장 높은 활성을 보였다. 인공광에서 재배된 방풍나물의 추출물은 낮은 농도에서 비슷한 경향을 나타내었지만, 500 µg/mL 농도일 때는 FL와 BW 시료가 노지 추출물 다음으로 높은 항산화 값을 나타내었고, 1,000 µg/mL 농도일 때는 BW 및 노지 추출물이 가장 높은 활성을 보였고 두 군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). IC₅₀ 값 기준으로, 노지 추출물 다음으로 FL (382 µg/mL) 및 BW (412 µg/mL) 추출물이 높은 라디칼 소거 활성을 보였다. 결과적으로 DPPH와 ABTS에서 노지 추출물이 높은 항산화 활성을 보였지만, 인공광 추출물 또한 고농도에서 우수한 항산화 활성이 있는 것으로 나타났다. 선행연구(Jin et al., 2014)에서 방풍나물의 비타민 C 함량은 노지 재배시 하우스 재배보다 더 높았는데, 비타민 C의 함량은 품종, 재배방식, 재배장소, 생육시기, 인공광원 등에 차이가 있다고 보고되었다(Jin et al., 2014, Lee et al., 2015; Lee et al., 2016). Lee et al. (2016)의 연구에 의하면 비타민 C의 함량이 BRW 시료가 높은 것으로 나타났다. 본 실험에서는 BRW와 BW 조건에서 재배된 방풍나물을 비교한 결과 BW 조건에서 더 높은 항산화능을 나타내었다. 광요구도와 항산화는 서

로 연관되어 있으며, 방풍나물은 노지에서 재배한 시료가 항산화능이 높았으므로 방풍나물은 노지에서 재배할 때 광요구도가 알맞은 것으로 나타났다. 또한 인공광에서 BW 조건으로 재배한 시료가 노지에서 재배할 때의 광요구도와 제일 유사한 것으로 시사된다.

총 폴리페놀 함량

방풍나물에서 분석한 총 폴리페놀 함량은 Table 3에 나타내었다. 방풍나물의 총 폴리페놀은 추출물 62.5 µg/mL 기준으로 노지에서 재배한 추출물에 18.2 µg GAE/g로 가장 많았고, 인공광 중에서는 WFL에서 재배된 방풍나물의 추출물에서 높은 함량(11.1 µg GAE/g)을 보였다. 그러나 추출물 최고 농도(2,000 µg/mL)에서도 인공광 재배 방풍나물의 총 폴리페놀 함량은 노지 재배산에 미치지 못하였다. Jin (2014)에 의하면 수확시기보다는 재배 조건에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었는데, 빛의 양과 밀접한 관계가 있으며 빛의 양이 증가되면 총 폴리페놀 함량도 증가하는 것으로 나타났다(Jang et al., 2005). 총 폴리페놀 함량은 자연산 바위솔에서 인공적으로 재배된 바위솔보다 많은 것으로 조사되었는데(Eun et al., 2006), 본 연구에서도 노지에서 재배된 방풍나물이 인공광에서 재배된 방풍나물보다 총 폴리페놀 함량이 많은 것으로 나타났다. 따라서

Table 3. Content of total polyphenols in *Peucedanum japonicum* grown in outfield and the plant factory with artificial lights (µg GAE¹⁾/g)

Sample	Concentration (µg/mL)					
	62.5	125	250	500	1000	2000
Outfield	18.2±0.1 ^{a2)}	27.6±0.2 ^a	47.3±0.5 ^a	86.6±1.6 ^a	162.1±1.4 ^a	305.8±2.8 ^a
BW	7.7±0.0 ^c	14.9±0.2 ^c	25.4±0.2 ^c	44.4±0.3 ^c	80.6±1.2 ^{cd}	174.7±0.7 ^c
BRW	9.3±0.1 ^c	16.1±0.4 ^c	24.7±0.4 ^c	43.5±0.8 ^c	77.3±0.5 ^d	156.4±2.2 ^d
FL	8.0±0.2 ^c	18.1±0.6 ^b	29.3±0.4 ^b	54.0±1.6 ^b	93.3±3.5 ^b	226.4±4.4 ^b
BRFL	5.7±0.1 ^d	11.5±0.1 ^d	22.8±0.2 ^d	43.1±0.7 ^c	79.9±0.6 ^{cd}	165.3±0.2 ^c
WFL	11.1±1.19 ^b	15.6±0.1 ^c	25.7±0.3 ^c	44.3±0.2 ^c	84.6±0.2 ^c	174.2±2.4 ^c

¹⁾Gallic acid equivalent.

²⁾Values are mean±SE (n=3).

^{a-c}Means with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

Table 4. Xanthine oxidase inhibitory effects of *Peucedanum japonicum* grown in outfield and the plant factory with artificial lights (%)

Sample	Concentration (µg/mL)						IC ₅₀ ¹⁾ (µg/mL)
	1	5	10	25	50	100	
Outfield	50.3±1.3 ^{a2)}	53.0±0.6 ^b	54.0±0.3 ^{bc}	62.0±0.6 ^a	73.2±0.4 ^a	88.8±0.6 ^a	2.35
BW	51.5±0.7 ^a	51.7±0.5 ^b	54.7±0.8 ^b	61.1±0.1 ^a	67.7±0.4 ^b	80.0±0.2 ^b	2.03
BRW	50.3±0.9 ^a	51.3±0.4 ^b	51.7±0.5 ^{cd}	57.8±0.9 ^b	61.1±0.6 ^{cd}	70.0±0.7 ^c	2.37
FL	55.6±2.8 ^a	56.8±0.4 ^a	59.2±0.7 ^a	64.4±0.5 ^a	64.9±3.9 ^{bc}	81.0±1.0 ^b	0.75
BRFL	55.4±9.1 ^a	47.3±1.2 ^c	49.4±1.2 ^d	56.7±2.0 ^b	57.9±1.4 ^d	69.2±0.5 ^c	1.77
WFL	54.9±2.0 ^a	53.7±1.0 ^b	57.3±1.1 ^a	62.0±0.5 ^a	66.6±0.6 ^{bc}	78.4±1.3 ^b	1.05

¹⁾The concentration required for 50% reduction of Xanthine oxidase.

²⁾Values are mean±SE (n=3).

^{a-d}Means with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

총 폴리페놀과 같은 기능성분의 증진을 위해서는 노지 조건을 좀 더 반영한 인공광 환경이 고려되어야 할 것이다.

Xanthine oxidase 저해 활성

Xanthine oxidase (XO) 저해 활성을 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다. 방풍나물의 XO 저해활성은 방풍나물 추출물의 농도 의존적으로 증가하는 경향을 나타내었고, 인공광 FL 추출물의 경우 IC₅₀ 값이 0.75 µg/mL로 노지 추출물(2.35 µg/mL)보다 우수한 효과를 보였다. 25 µg/mL 농도에서 노지 추출물과 인공광 중 FL, WFL 및 BW 조건에서 재배된 추출물은 실험군에서 가장 많은 활성을 보이면서 유의한 차이를 보이지 않았으나, 10 µg/mL 농도에서는 오히려 FL과 WFL 추출물에서 노지 추출물(54.0 µg/mL) 보다 우수한 XO 저해 활성을 나타내었다. Xanthine oxidase는 purine 대사에 관여하는 효소로 hypoxanthine을 xanthine으로 전환시키고, 산소를 전자수용체로 이용해 uric acid를 형성한다. 이 효소는 염증 및 심한 통증을 동반하는 통풍과 신장에 침착되어 신장질환을 유발하는 것으로 알려져 있으며(Storch & Ferber, 1988), xanthine oxidase의 저해는 활성산소의 생성을 억제하므로 항산화, 항노화 및 항암 등 생물학적으로 중요하다. 본 연구에서 XO 저해 활성에서 노지 재배와 인공광 재배 방풍나물을 비교하였을 때 IC₅₀ 값으로는 인공광에서 재배된 시료가 높은 저해 활성을 보였다. 따라서 인공광 시설에서 재배한 방풍나물도 xanthine oxidase 저해 효과가 우수한 점을 고려할 때, 특성 맞춤형 항산화 소재로서 활용 가능할 것이다.

세포 안전성

RAW 264.7 세포의 안전성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 MTS assay를 수행하였다. 그 결과, 모든 시료가 대조군과 비교할 때, 250 µg/mL 농도범위까지 세포생존율

이 100% 이상으로 나타났으며 세포에 독성 및 안전성에 영향을 미치지 않은 것으로 확인되었다(Fig. 1). 노지 (Outfield) 추출물은 250 µg/mL 농도에서 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았으나 62.5 µg/mL에서는 대조군보다 높은 세포생존율을 나타내었다. BW 환경에서 재배된 방풍나물 추출물은 방풍나물을 처리하지 않은 대조군과 비교하여 유의적으로 차이를 보이지 않았다. 따라서, 본 실험에서는 세포 안전성에 영향을 주지 않는 농도 범위를 250 µg/mL 까지로 설정하였고, 방풍나물 추출물의 기능성을 항염증 항목 중심으로 평가하였다.

Nitric oxide (NO) 생성 억제 활성

활성산소 중 하나이며 염증 유발에 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 nitric oxide (NO) 생성에 방풍나물 추출물이 미치는 영향을 확인하였다. 노지 및 BW 조건에서 재배된 방풍나물 추출물은 250 µg/mL 농도에서 LPS 단독 처리군 대비 각각 10.1%와 5.6% 수준에서 NO 생성을 억제하였으며, 노지 추출물이 BW 추출물보다 높은 NO 생성 억제 활성이 있는 것으로 나타났다(Fig. 2).

Superoxide dismutase (SOD) 유사활성 측정

방풍나물 추출물의 SOD 활성도를 측정된 결과(Fig. 3), 노지와 BW 조건에서 재배된 방풍나물의 추출물을 처리하지 않은 대조군에 비해 유의적인 superoxide radical 생성 억제 활성을 보였다. 노지와 BW 조건에서 재배된 방풍나물 추출물은 62.5 µg/mL 농도에서 각 1.74 U/mL와 1.50 U/mL 값으로 대조군보다 높은 SOD 활성을 나타내었다. 또한 최고 농도(250 µg/mL)에서는 노지와 BW 추출물 각 6.16 U/mL와 2.00 U/mL 값으로 높은 활성을 나타내었다. SOD는 superoxide radical을 과산화수소와 정상 상태의 산소로 환원시켜줌으로써 노화 억제 등의 항산화 역할을 하

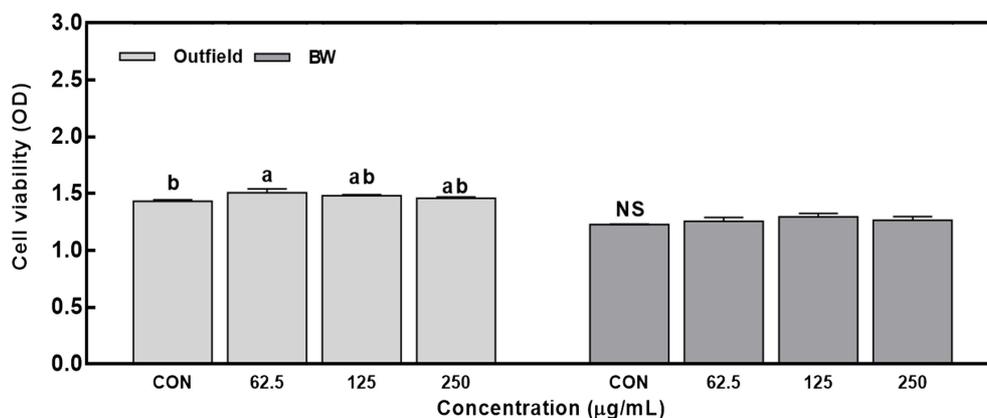


Fig. 1. Effect of *Peucedanum japonicum* (PJ) grown in outfield and the plant factory with BW on RAW 264.7 cell viability. The data was analyzed by one-way ANOVA using SPSS software and each bar presents the mean±SE (n=3). ^{a,b}Mean values with different letters are significantly different ($p<0.05$) among groups by Duncan's multiple range test. ^{NS}Not significantly different among groups. CON; media treated group without PJ extract, Outfield; *Peucedanum japonicum* grown in outfield (62.5, 125, 250 µg/mL), BW; *Peucedanum japonicum* grown in plant factory with BW (62.5, 125, 250 µg/mL).

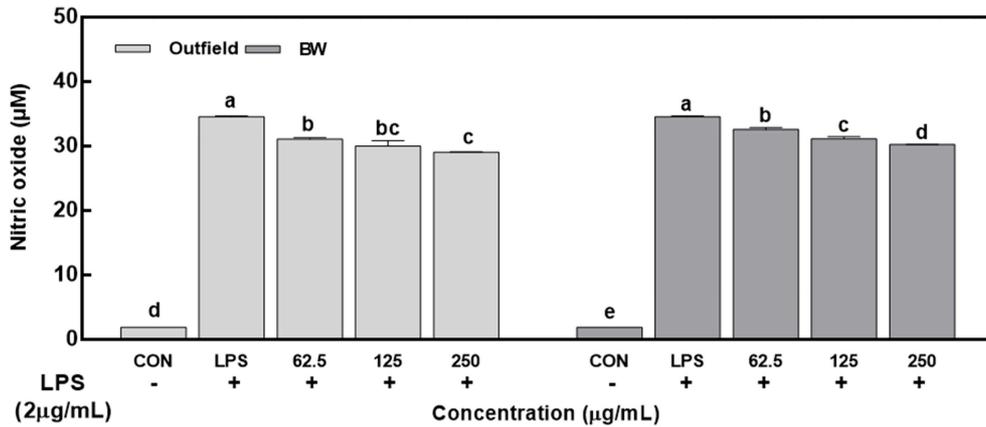


Fig. 2. Inhibitory effects of *Peucedanum japonicum* (PJ) grown in outfield and the plant factory with BW on nitric oxide production in RAW 264.7 cells. The data was analyzed by one-way ANOVA using SPSS software and each bar presents the mean±SE (n=3). ^{a-c}Mean values with different letters are significantly different ($p<0.05$) among groups by Duncan's multiple range test. CON; media treated group without PJ extract, LPS; LPS only (2 µg/mL), Outfield; *Peucedanum japonicum* grown in outfield (62.5, 125, 250 µg/mL), BW; *Peucedanum japonicum* grown in plant factory with BW (62.5, 125, 250 µg/mL).

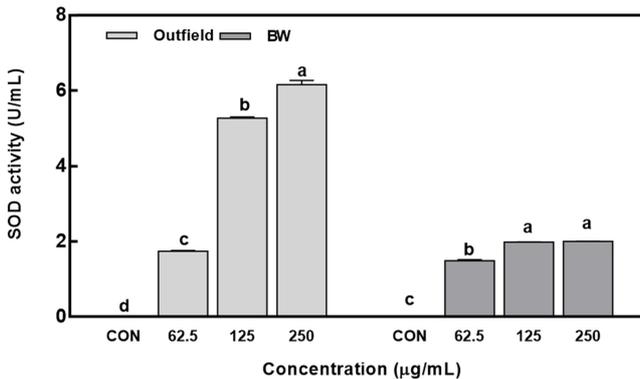


Fig. 3. Superoxide dismutase-like activity of *Peucedanum japonicum* (PJ) grown in outfield and the plant factory with BW. The data shows that the extracts reduce superoxide radical, is analyzed by one-way ANOVA using SPSS software, and each bar presents the mean±SE (n=3). ^{a-d}Mean values with different letters are significantly different ($p<0.05$) among groups by Duncan's multiple range test. CON; media treated group without PJ extract, Outfield; *Peucedanum japonicum* grown in outfield (62.5, 125, 250 µg/mL), BW; *Peucedanum japonicum* grown in plant factory with BW (62.5, 125, 250 µg/mL).

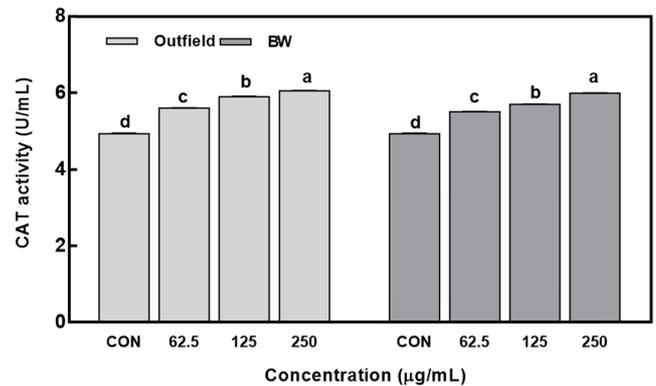


Fig. 4. CAT (catalase) activity of *Peucedanum japonicum* (PJ) grown in outfield and the plant factory with BW. The data shows that the extracts reduce H₂O₂, is analyzed by one-way ANOVA using SPSS software, and each bar presents the mean±SE (n=3). ^{a-d}Mean values with different letters are significantly different ($p<0.05$) among groups by Duncan's multiple range test. CON media treated group without PJ extract, Outfield; *Peucedanum japonicum* grown in outfield (62.5, 125, 250 µg/mL), BW; *Peucedanum japonicum* grown in plant factory with BW (62.5, 125, 250 µg/mL).

는데, 상업적으로는 관절염이나 류머티즘 등과 같은 각종 퇴행성 질병 치료를 위한 항염증제나 피부 노화방지를 위한 화장품의 첨가제로도 이용되고 있다(Gupta et al., 1993). 노지 및 인공광 시설에서 재배된 방풍나물의 추출물은 농도 의존적으로 SOD 활성을 보였고, 같은 농도에서 노지 재배된 방풍나물 추출물의 SOD 활성이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 노지에서 재배된 방풍나물(Outfield)뿐 아니라 인공광에서 재배된 방풍나물도 식품 및 체내에서 활성산소종 제거에 도움을 줄 수 있을 것이다.

Catalase 활성에 미치는 영향

Catalase (CAT) 활성에 대한 효과는 Fig. 4에 나타내었

다. CAT는 생체내의 유해 산소들을 처리하여 세포를 보호하는 항산화계 효소로 ascorbate peroxidase (APX)와 함께 H₂O₂를 분해 소거하는 대표적인 효소이다(Ryu & Kwon, 2008). 본 실험에서 노지 및 인공광으로 재배된 방풍나물 추출물은 농도 의존적으로 catalase 활성을 보였고, 노지 및 BW 추출물은 62.5 µg/mL 농도에서 각 5.6 U/mL와 5.5 U/mL 값으로 대조군보다 높은 활성을 나타내었고 최고농도(250 µg/mL)에서는 각 6.05 U/mL와 5.99 U/mL 값으로 높은 활성을 보였다. 결과적으로 모든 농도에서 노지 추출물이 상대적으로 높은 catalase 활성을 나타냈다. SOD는 세포 내 호흡 작용의 부산물로서 superoxide anion을 과산화수소로 전환시키며(Fridovich, 1989), 이렇게 생성된

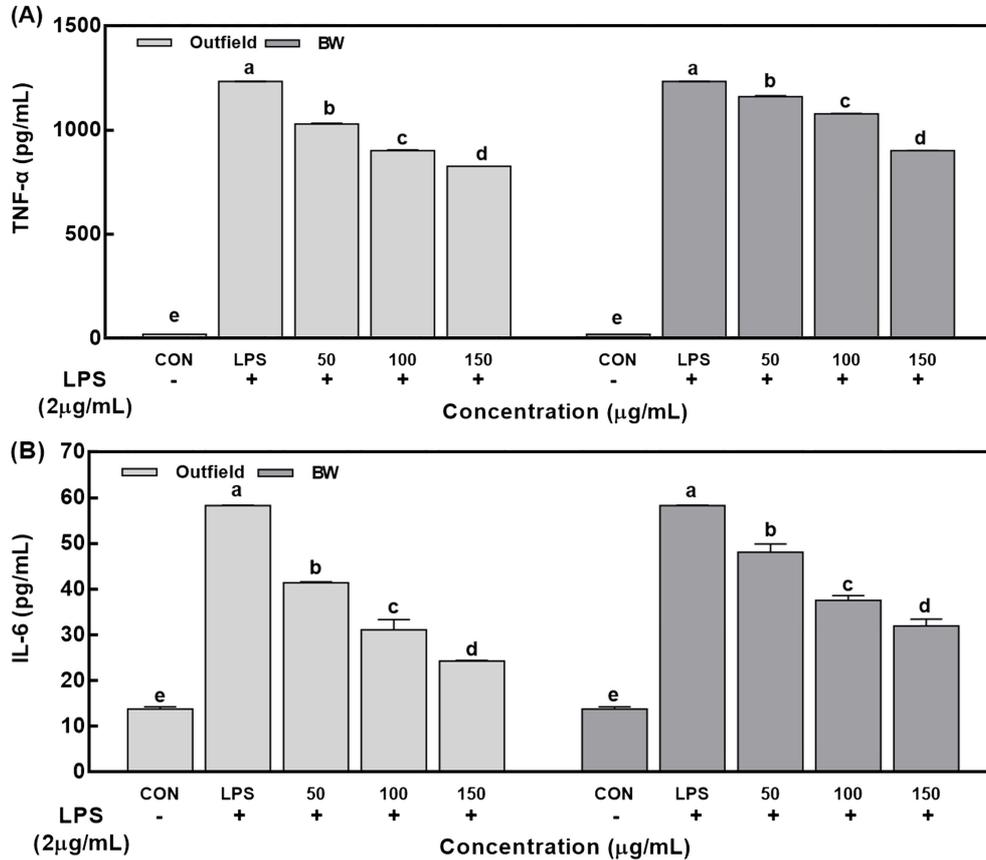


Fig. 5. Effects of *Peucedanum japonicum* (PJ) grown in outfield and the plant factory with BW on the productions of TNF- α (A) and IL-6 (B) in RAW 264.7 cells. The data is analyzed by one-way ANOVA using SPSS software and each bar presents the mean \pm SE (n=3). ^{a-c} Mean values with different letters are significantly different ($p < 0.05$) among groups by Duncan's multiple range test. CON; media treated group without PJ extract, Outfield; *Peucedanum japonicum* grown in outfield (62.5, 125, 250 μ g/mL), BW; *Peucedanum japonicum* grown in plant factory with BW (62.5, 125, 250 μ g/mL).

H₂O₂는 CAT와 peroxidase에 의해 물이 되고 독성을 잃어 버리게 된다(Yu et al., 2005). 따라서 인공광 재배된 방풍나물의 catalase 활성도 우수한 것으로 나타나 앞으로 노화의 예방 및 억제 측면에서 유용한 소재가 될 수 있을 것이다.

Cytokines (TNF- α , IL-6) 생성 억제 활성

대식세포는 외부 자극에 의해 활성화되어 스스로 TNF- α 와 IL-6 등의 다양한 염증 사이토카인을 분비하고 면역계의 다양한 세포를 활성화하며, 미생물 감염시 발현량이 증가한다. 따라서 대식세포는 사이토카인 생성을 유도하여 미생물에 대한 숙주의 항상성을 유지하는 데 중요한 방어 역할을 한다(Agarwal et al., 1988; Noel et al., 1999). LPS를 처리한 대조군은 유의적으로 높은 TNF- α 를 생성하였고, 방풍나물 추출물 처리에 의해서 생성 분비되는 TNF- α 함량이 유의적으로 감소하였다. 150 μ g/mL 노지 추출물을 처리한 경우 음성대조군에 비해 33.0% 감소하였고, BW 추출물을 처리한 경우 26.9% 감소하였다(Fig. 5A). IL-6는 감염과 조직 손상에 따른 면역 초기 반응에서 생성되는 주

요 매개 물질로 TNF- α 등에 의해 유전자 발현이 자극되어 염증 반응을 조절한다(Tanaka et al., 2016). 또한 B세포 자극 인자로 면역글로블린의 합성을 증진하며, 다른 사이토카인과 함께 상승작용을 나타낸다(Cha et al., 2010). 방풍나물 추출물을 처리 시 농도 의존적으로 이들 사이토카인의 함량을 감소시키는 경향을 보여주었고, 음성대조군에서 증가된 IL-6 함량을 유의적으로 감소시켰다. 150 μ g/mL 노지 추출물을 처리한 경우 음성대조군에 비해 58.3% 감소하였고, BW 추출물을 처리한 경우 45.2% 감소하였다(Fig. 5B). 이는 방풍나물 추출물이 염증 자극에 의해 분비된 TNF- α 와 IL-6를 억제시키고 이들 사이카인들의 상호작용으로 T세포와 B세포를 자극하여 체내 염증 조절에 도움을 주는 것으로 보인다.

요 약

본 연구에서는 인공광 시설에서 광원을 달리하여 생산된 방풍나물의 항산화 및 항염 효과를 평가하였고 노지 재배된 방풍나물과 그 생리활성을 비교하였다. DPPH 및

ABTS 라디칼 소거 활성 및 총 폴리페놀은 노지에서 재배된 방풍나물이 인공광 시설에서 재배된 방풍나물보다 높은 항산화 활성을 나타내었고, 인공광에서 재배된 방풍나물 중에서는 BW 광원으로 재배된 방풍나물이 농도 의존적으로 높은 항산화 효과를 보였다. XO 저해 활성은 BW 재배된 방풍나물이 노지 재배 방풍나물보다 우수한 효과를 나타내었다. SOD와 CAT 결과는 BW 및 노지 재배된 방풍나물 모두 무처리 대조군에 비해 농도 의존적인 활성을 보였다. BW 및 노지 재배된 방풍나물은 방풍나물을 처리하지 않은 무처리 대조군에 비해 TNF- α 와 IL-6 사이토카인을 농도 의존적으로 유의하게 감소시켰다. 따라서 인공광 재배된 방풍나물은 대체적으로 노지보다 낮을 수 있지만 항산화 및 항염 효과를 보였고, 앞으로 인공광에서 재배된 작물의 다양한 기능성 소재로서의 연구에 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(PJ01580203)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- Agarwal S, Drysdale BE, Shin HS. 1988. Tumor necrosis factor-mediated cytotoxicity involved ADP-ribosylation. *J. Immunol.* 140: 4187-4192.
- Bae Sk, Cho Sh, Ahn TK, Kim JI, Kim BH, Lim JH. 2018. Modulatory effects of herbal medicines extracts on cytokine release in immune response of RAW 264.7 and TK-1. *Korean J. Intern. Med.* 39: 1244-1255.
- Bogdan C. 2015. Nitric oxide synthase in innate and adaptive immunity: An update. *Trends Immunol.* 36: 161-178.
- Brand WW, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Sci. Technol.* 28: 25-30.
- Cha JH, Kim YS, Lee EM. 2010. Effects of *Prunellae Spica* water extract on immune response in macrophage cells. *J. Orient Obstet. Gynecol.* 23: 91-100.
- Cha MK, Kim JS, Shin JH, Son JE, Cho YY. 2014. Practical design of an artificial light-used plant factory for common ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.). *J. Bio-Env. Con.* 23: 371-375.
- Choi YH, Cho SS. 2018. Quality characteristics of *Sulgidduk* with different amount of dried *Peucedanum japonicum* powder. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 24: 67-75.
- de Cássia da Silveira e Sá R, Andrade LN, de Sousa DP. 2013. A review on anti-inflammatory activity of monoterpenes. *Molecules.* 18: 1227-54.
- Eun AY, Lee SJ, Lee SG, Kang JH, Shin SC. 2006. Total phenol contents and antioxidant activity in *Orostachys japonicus* A. berger grown under various cultivation conditions. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 14: 234-238.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-249.
- Fridovich I. 1989. Superoxide dismutases. An adaptation to a paramagnetic gas. *J. Biol. Chem.* 264: 7761-7764.
- Green LC, Wagner DA, Glogowski J, Skipper PL, Wishnok JS, Tannenbaum SR. 1982. Analysis of nitrate, nitrite, and [15N] nitrate in biological fluids. *Anal. Biochem.* 126: 131-138.
- Gupta AS, Webb RP, Holaday AS, Allen RD. 1993. Overexpression of superoxide dismutase protects plants from oxidative stress. *Plant Physiol.* 103: 1067-1073.
- Heo, J.W., Y.B. Lee, Y.S. Chang, J.T. Lee, and D.B. Lee. 2010a. Effects of light quality and lighting type using an LED chamber system on *Chrysanthemum* growth and development cultured *In Vitro*. *Korean J. Environ. Agric.* 29: 374-380.
- Jang SH, Kang DM, Kang JH, Park JC, Lee SG, Shin SC. 2005. Changes in flavonol glycoside contents of *Orostachys Japonicus* a. berger according to cultivation conditions. *Korean J. Med. Crop Sci.* 13: 250-254.
- Jeon MJ, Kim MK. 2016. Effect of *Ledebouriella seseloides* extracts on lipid parameters in ovariectomized rats. *J. Life Sci.* 26: 83-90.
- Jin JH, Kwon HO, Ha Y, Heo SH, Lee J. 2017. Anti-inflammatory and anti-oxidative effect of *Pinus koraiensis* cone shell extracts. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* 46: 1053-1060.
- Jin YX, Cho YS, Choi Y. 2014. Nutritional quality of *Peucedanum japonicum* Thunb. Leaves in relation to ripening time, growing condition and blanching. *Korean J. Food Preserv.* 21: 784-789.
- Jung BM, Shin TS, Heo YR. 2014. Comparison of volatile compounds identified in different parts of *Peucedanum japonicum* Thunberg by harvest time. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1871-1880.
- Kozai T, Niu G. 2020. Role of the plant factory with artificial lighting (PFAL) in urban area. *Plant Factory.* 237-269.
- Lee GJ, Heo JW, Jung CR, Kim HH, Yoon JB, Kim DE, Nam SY. 2015. Effects of plant factory cultural systems on growth, vitamin C and amino acid contents, and yield in hydroponically grown *Peucedanum japonicum*. *J. Bio-Env. Con.* 24: 281-286.
- Lee GJ, Heo JW, H.H. Kim, Jung CR, Kim DE, Nam SY. 2016. Effects of artificial light sources on growth and yield of *Peucedanum japonicum* hydroponically grown in plant factory. *J. Bio-Env. Con.* 25: 16-23.
- Lee SG, Lee JH, Chung MS, Kang H. 2016. Antioxidants and antineuroinflammatory effect of ethanol extracts from *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich. *J. Naturop.* 5: 33-37.
- Lee SH, Jin KS, Son YR, Kwon HJ, Kim BW. 2018. Antioxidative and anti-inflammatory activities of *Desmodium heterocarpon* extract in RAW 264.7 cells. *J. Life Sci.* 28: 216-222.
- Noel GC, Whitney AW, Jian C, Annalisa B, Scott WR, Lorise CG. 1999. Inflammatory cytokines IL-1 α , IL-1 β , IL-6, and TNF- α impart neuroprotection to an excitotoxin through distinct pathways. *J. Immunol.* 163: 3963-3968
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26: 1231-1237.
- Ryu TS, Kwon ST. 2008. Cell viability and antioxidant enzyme activity in the cell of ginseng treated with soil extracts. *Korean J. Plant Res.* 21: 324-328.

- 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.
- Storz G, Imlay JA. 1999. Oxidative stress. *Curr. Opin. Microbiol.* 2: 188-194.
- Tanaka T, Narazaki M, Kishimoto T. 2016. Immunotherapeutic implications of IL-6 blockade for cytokine storm. *Immunotherapy.* 8: 959-970.
- Youa SH, Moon JS. 2016. A study on anti-oxidative, anti-inflammatory, and melanin inhibitory effects of *Chrysanthemum Sibiricum* extract. *Korean Oil Chemists Soc.* 33: 762-770.
- Yu HH, Kim YH, Jung SY, Shin MK, Park RK, So HS, Jeong BH, You YO. 2005. Effect of the ethanol extract from steamed roots of *Rehmannia glutinosa* on the antioxidant enzyme activities in HEI-OCI auditory cells. *Korean J. Oriental Physiol. Pathol.* 19: 1557-1562.

Author Information

김시현: 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부
 이은별: 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부
 김지수: 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부
 최지혜: 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부
 정운율: 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부
 허정욱: 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부
 심창기: 농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부
 이성현: 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부