JPAF Journal of Practical Agriculture and Fisheries Research
J. Pract. Agric. Fish. Res.
pISSN 2234-1129, eISSN 3022-8255
https://doi.org.10.23097/JPAF:2024.26(2).5
ORIGINAL ARTICLE

염분 스트레스가 고들빼기의 항산화 및 항염증 활성에 미치는 영향

The Effects of Salinity Stress on the Antioxidant and Anti-inflammatory Activities of *Crepidiastrum sonchifolium*

백하영[1]
Ha Young Baek
강원대학교
바이오기능성소재학과

송영근[2]
Yeong Geun Song
전북대학교
임학과

김경준[3]
Kyungjun Kim
국립한국농수산대학교
작물산림학부

김형주[3]
Hyungjoo Kim
국립한국농수산대학교
작물산림학부

이경철[3]
Kyeong Cheol Lee
국립한국농수산대학교
작물산림학부

채철주[4*]
Cheol-Joo Chae
국립한국농수산대학교
교양학부

구현정[3*]
Hyun Jung Koo
국립한국농수산대학교
작물산림학부

[1] Department of Herbal Medicine Resource, Kangwon National University, Samcheok 25949, Korea
[2] Department of Forestry, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea
[3] Department of Crops and Forestry, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea
[4] Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of salinity stress on the antioxidant and anti-inflammatory activities of *Crepidiastrum sonchifolium*. The plant was treated with NaCl at concentrations of 0, 50, 100, and 200mM for 6 weeks. After treatment, the whole plant was collected, and 70% ethanol extracts were prepared. The DPPH radical scavenging activity was highest in the order of NaCl treatment concentrations of 0, 100, and 50mM, while the 200mM treatment group showed the lowest radical scavenging. The total phenol and total flavonoid contents showed very similar results to the antioxidant activity depending on the NaCl concentration, confirming that the phenolic compounds of the plant can contribute to the antioxidant capacity against salinity stress. In addition, the investigation of the effect of NaCl-treated *C. sonchifolium* extract on the inhibition of NO production in the LPS-stimulated mouse macrophage cell line (Raw 264.7) revealed that NO production significantly decreased in the 1,000㎍/mL treatment group across all NaCl concentration groups. But, the high concentration (1,000㎍/mL) treatment of the 100mM and 200mM NaCl treatment groups was found to have a negative effect on cell survival. These results suggest that radical scavenging activity is highest in healthy plants and that they produce antioxidants to respond to NaCl salinity stress up to 100mM. However, a high NaCl concentration of 200mM has a negative effect on the physiological activity of the plants. Compared with the results of the previously reported growth index, it is thought that the growth and physiological activity of plants can be positively affected in an NaCl treatment environment of 50mM or less.

Keywords: *Crepidiastrum sonchifolium*, Salinity stress, Antioxidative activity, Phenolic compound, Nitric oxide production

Received Jun. 15. 2024
Revised
Accept Jun. 18. 2024

*Correspondence
Cheol-Joo Chae
cjchae@korea.kr
Hyun Jung Koo
hjungkoo@korea.kr

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

서 론

전 세계적으로 농업 환경에서의 높은 염도는 작물의 성장과 바이오매스 생산의 감소 등 중요한 문제로 대두되고 있다. 토양 환경의 NaCl 농도가 높아지면 식물의 삼투압 스트레스를 유발하고 활성 산소종(ROS) 생성, 단백질 합성, 세포 대사, 광합성 및 수분의 억제를 포함한 독성 효과를 유발한다고 알려져 있다(Hasanuzzaman et al., 2021). 식물은 이러한 염분 스트레스에 저항하기 위한 기작으로 2차 대사산물을 합성하여 축적한다. 식물의 2차 대사산물은 식물의 성장, 발달, 번식에 직접적으로 관여하는 1차 대사산물과는 다르게 스트레스 요인에 대한 방어 역할을 하는 유기화합물이다. 이러한 식물의 스트레스 요인은 초식동물, 병원체 등의 생물학적 스트레스(biotic stress)와 가뭄, 극한 기온, 염분, 자외선 등의 비생물학적 스트레스(abiotic stress) 요인으로 나뉜다. 이 중, 식물이 비생물학적 스트레스 요소인 환경 스트레스에 노출되면 스트레스 반응 메커니즘의 일환으로 2차 대사산물의 생성이 증가하게 되는데(Muthusamy and Lee, 2024), 이러한 스트레스 하에서 산화적 손상을 완화하기 위해 페놀성 화합물의 합성을 증가시키며, 이들은 항산화 특성을 가진 2차 대사산물로 작용한다고 알려져 있다(Genga et al., 2011; Chan et al., 2013). 식물에서 발견되는 2차 대사산물은 매우 다양한 형태로 그 중 페놀 화합물(phenolic compounds)은 플라보노이드(flavonoid), 페놀산(phenolic acid), 탄닌(tannin) 등을 포함한다. 여러 연구들에서 식물의 페놀성 화합물의 다양한 생물학적 활성에 대해 보고되어 왔으며, 특히, 항암제, 항알레르기제, 항염증제, 항산화제, 항균제, 심장 보호제 및 진통 효능 등 페놀성 화합물의 약리학적 이점이 알려지면서 활성 페놀성 화합물의 작용 메커니즘, 생체 내 효과, 생체 이용률 및 생물학적 효능에 대해서는 여전히 연구가 요구되고 있다(Zhang and Tsao, 2016; Yousefian et al., 2019; Zhang et al., 2022).

고들빼기(*Crepidiastrum sonchifolium*)는 국화과에 속하는 한해 또는 두해살이 식물로 전통적으로 약용 및 식용으로 이용되어 왔으며, 최근 고들빼기 식물의 간염증 억제 및 항염증에 대한 효능이 알려지며 약용식물로서의 가치가 재조명되었다(Bae et al., 1997; Lee et al., 2020). 고들빼기는 전종창, 진정, 건위, 익심, 해열, 조혈, 간염을 치료하는 전통적인 약물로 쓰였으며, 특히 전초에 항암성분을 함유하고 있다고 알려져 있다. 고들빼기의 이화학적 성분으로 무기질 및 폴리페놀 함량이 풍부하고, chlorogenic acid, caffeic acid, luteolin, luteolin- 7-O-β-D-glucuronide, luteolin-7-O-β-D-glucoside, lutein 등의 성분들은 항산화, 항염, 항암 등 생리활성 효과에 기여하는 것으로 보고되었다(Na et al., 2007; Chon and Kang, 2013; Karki et al., 2015; Hwang and Huh, 2018).

이전 연구에서는 고들빼기를 대상으로 염 스트레스에 대한 생리 및 생장반응을 조사하여 염도가 높은 토양환경에 대한 재배 가능성을 제시하였다(Lee et al., 2020). 식물의 다양한 생육 환경조건에서 스트레스 요인에 대한 기능성 차이를 연구하는 것은 최적의 재배 가능 환경조건 뿐만 아니라 재배환경에 따른 기능성 작물 활용 가능성 제시를 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 염분 스트레스 유도(NaCl 0, 50, 100, 200mM)가 고들빼기의 생리활성 및 항산화 능력에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 염분 스트레스 처리 방법

본 연구에 사용된 고들빼기(*Crepidiastrum sonchifolium*)는 한국농수산대학교 온실 내에서 파종한 후, 원예용 상토(Horticulture nursery media, Punong Co., Gyeongju, Korea)로 채워진 높이 15cm, 직경 10cm 포트에 묘를 1본씩 이식시킨 개체를 사용하였다. 식물체를 4주 동안 순화시킨 이후 염분 스트레스를 유발하기 위해 NaCl를 농도별로 각각 0, 50, 100, 200mM의 4단계로 조절하여 6주간 주 3회 100mL/pot씩 오후 5시경 관수하였다. NaCl 처리가 끝난 다음, 식물체 시료의 전체(잎, 줄기, 뿌리)를 채취하여 건조기(DS-80-5, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 48시간 동안 80℃로 건조하여 -20℃에 보관하였다.

NaCl 처리 고들빼기의 추출물 제조 및 수율 측정

보관된 시료를 믹서기로 분쇄하여 분말로 만든 후, 샘플을 각각 1g씩 정밀하게 취하여 70% 에탄올 20mL를 첨가하고 120℃, 고온고압 조건에서 3시간 동안 추출하였

다. 추출물을 여과하여 투명한 조추출액을 얻고 회전식 증발농축기(Hei-NAP, Value Digital)에 넣고 50℃ 조건에서 점성이 생길 때까지 농축시킨 뒤 -80℃로 동결건조하여 시료로 이용하였다. 각 샘플에 대한 모든 추출 과정은 반복적으로 3회 수행하였으며, 추출물의 수율(%, w/w)을 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{추출 수율}(\%) = \frac{\text{고들빼기 추출물 무게}(g, dry basis)}{\text{고들빼기 건조물 무게}(g, dry basis)} \times 100$$

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 안정한 상태의 라디칼인 DPPH 용액에 대한 시료의 수소 공여 능력을 측정함으로써 식물 추출물의 항산화 활성을 확인하는데 널리 사용되어왔다. 본 연구에서 염분 스트레스에 의한 고들빼기 전초의 70% 에탄올 추출물의 항산화 활성을 확인 하기 위하여 DPPH radical 소거능을 측정하였다. 고들빼기 추출물을 농도별(20, 40, 60, 80, 100㎍/mL)로 제조하여 96-well plate에 100㎕를 넣고, 99% ethyl alcohol 100㎕, 0.4mM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 100㎕를 넣고 상온 암실에서 30분 동안 방치시킨 후 microplate reader를 이용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 대조군과 실험군의 흡광도 차이를 백분율로 다음의 식에 의해 산출하였으며, DPPH 라디칼을 50% 저해하는 농도인 IC50(half maximal inhibitory concentration)을 산출하여 나타냈다.

DPPH radical 소거활성 (%) = (1-대조군 흡광도/실험군 흡광도)×100

총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법을 사용하여 측정하였다(Sasidharan et al., 2011). 추출물을 Folin-Ciocalteu' phenol 시약(50g/100mL)과 혼합한 후 Sodium carbonate(2g/100mL)을 첨가하고 deionized water로 최종 부피를 5mL로 하였다. 혼합물을 실온에서 30분 동안 방치하고 흡광도를 UV/VIS 분광광도계로 750nm에서 측정하였다. 고들빼기의 추출물의 총 페놀 함량 농도는 gallic acid의 표준 곡선으로부터 계산하여 gallic acid 등가물(GAE)/mg으로 표시했다.

총 플라보노이드 함량은 Aluminum chloride colorimetric 법을 사용하여 측정하였다(Chang et al., 2002; Marinova et al., 2005). 추출물을 aluminum chloride hexahydrate(10g/100mL)과 혼합한 후 95% EtOH과 1M potassium acetate를 첨가하고, deionized water로 최종 부피를 5mL로 조정하였다. 용액을 완전히 혼합한 후 40분간 실온에서 반응시킨 후 UV/VIS 분광광도계를 사용하여 415nm에서 흡광도를 측정했다. 시료의 총 플라보노이드 함량 농도는 표준 곡선으로부터 계산하여 quercetin 등가물(QE)/mg으로 표시했으며, 모든 실험은 최소 세 번 이상 수행하였다.

NaCl 처리 고들빼기 추출물이 마우스 대식세포주 NO 분비에 미치는 영향

마우스 대식세포주 Raw 264.7 세포는 american type culture collection(ATCC)에서 분양받아 실험에 사용하였다. 세포는 100units/mL penicillin-streptomycin과 10% fetal bovine serum(FBS)이 함유된 Dulbecco's Modified Eagle Medium(DMEM, Gibco, Grand Island, NY, USA) 배지에서 37℃, 5% CO_2 incubator 조건으로 계대 배양하였다. Raw 264.7 세포를 1×10^5cells/well로 96-well plate에 접종하고 다양한 농도(1, 10, 100, 1,000㎍/mL)의 고들빼기 추출물을 세포에 처리하여 2h 배양한 후, LPS(1㎍/mL)를 처리하여 24h 배양하였다. 이후 상층액을 96 well plate에 넣고 Griess reagent(1% sulfanilamide in 5% phosphoric acid and 1% α-naphthylamide in H_2O)와 혼합하여 실온에서 방치한 후 microplate reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

NaCl 처리 고들빼기 추출물이 마우스 대식세포주 세포생존에 미치는 영향

고들빼기 추출물의 마우스 대식세포 생존에 미치는 영향을 측정하기 위하여, Raw 264.7 세포주에 농도별 추출물을 처리하여 MTT assay를 실시하였다. MTT assay는 세포의 미토콘드리아 내 효소인 succinate-dehydrogenase에 의해 MTT가 formazan으로 변하여 세포의 성장이 멈추거나 세포가 죽으면 formazan의 생성이 줄어드는 현

상을 이용하는 원리이다. 세포생존율을 측정하기 위해 96-well plate에 각 well 당 일정량의 Raw 264.7 세포를 분주하여 24h 배양 후 배양액을 제거하고 fetal bovine serum이 포함되지 않은 배양액을 분주한 뒤, 시험물질을 1, 10, 100, 1000㎍/mL의 농도로 처리하였다. 일정 시간 후, MTT reagent를 분주하여 배양한 다음 상층액을 제거하여 DMSO를 첨가하고, 배양시켜 생성된 formazan을 완전히 녹여준 다음 570nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

모든 실험결과의 측정치는 mean±S.E.로 나타내었고, 각 평균치간 차이에 대한 유의성은 GraphPad Prism (version 2.0, USA)를 이용하여 Student's t-test와 one way analysis of variance(ANOVA)로 분석하였다. 사후검정으로 Tukey test를 5% 유의수준으로 시행하였다.

결과 및 고찰

NaCl 처리 고들빼기의 추출 수율

NaCl을 농도별(0, 50, 100, 200mM)로 처리하여 얻은 고들빼기 시료에 대한 추출물 수율은 추출액을 동결 건조시킨 건물 중량을 구한 다음 추출액 조제에 사용한 원료 건물량에 대한 백분율로 나타내었으며, Fig. 1에 제시하였다. NaCl 무처리군(0mM)의 추출수율은 20.1±0.1%로 그룹 중 가장 낮게 나타났으며, 50mM 처리군 21.67±0.1%, 100mM에서 25.33±0.54% 및 200mM 33.27±0.83%로 NaCl 처리 농도가 높아짐에 따라 추출 수율도 증가하는 것으로 나타났다. 비생물학적 스트레스인 염분에 노출되면 식물체는 세포 내 삼투압의 불균형에 의해 생장이 저하될 수 있으며, 일반적으로 고용량의 염분(NaCl 100mM 이상)은 식물의 생산량에 심각한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Broadley and White, 2012; Lee et al., 2020). 식물은 이러한 환경에 적응하기 위해 외부 삼투압 변화에 반응하여 세포 내에 삼투물질을 축적한다고 알려져 있는데(Louis and Galinski, 1997), 삼투물질은 당류, 당 알코올류, 복합 당류, 그리고 전하 대사산물 등이 다양한 형태로 알려져 있으며, 특히, D-chiro-inositol 및 D-pinitol 같은 삼투물질은 비 생물학적 스트레스로 인해 생성되고 축적되어 식물의 스트레스 저항성을 높이는데 기여한다고 보고되었다(Hasegawa et al., 2000; Hong and Park, 2005). 본 연구 결과 식물의 NaCl 처리 농도가 증가함에 따라 추출 수율이 증가한 것에 대해 식물체 내 NaCl 농도 증가가 가용성 고형분의 증가함에 기인하는 것으로 사료된다(Lee and Hwang, 2000).

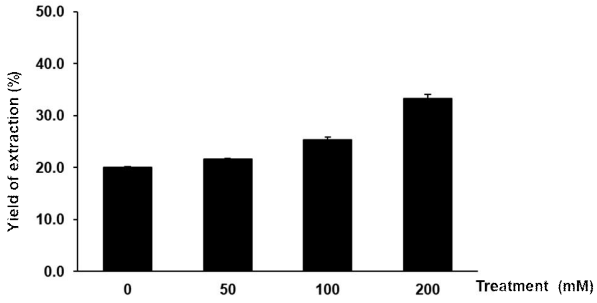

Fig. 1. Effect of NaCl treatment at different concentrations on the extraction yield (%) of *Crepidiastrum sonchifolium*.

NaCl 처리 고들빼기의 항산화 활성

NaCl 처리가 고들빼기 추출물의 항산화 활성에 미치는 영향을 확인하기 위해 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 용액을 환원시키는 방법을 사용하였으며, 대조군과 실험군 간의 흡광도 차이를 백분율로 계산하고, DPPH 라디칼을 50% 저해하는 농도인 IC50(half maximal inhibitory concentration)을 산출하였다. 그 결과, 실험군 중 NaCl 무처리군에서 가장 높은 DPPH 라디칼 소거율(IC50 38.25)이 나타났으며, 그 다음으로 100mM(IC50 49.49), 50mM(IC50 60.58) 순으로 높은 활성이 나타났다. 200mM 처리군에서는 가장 낮은 라디칼 소거율을 보였다. 이러한 결과는 건강한 상태의 식물체에서 라디칼 소거능이 가장 우수하며, 100mM NaCl 처리농도까지 염분 스트레스에 대응하기 위한 항산화 물질을 생산하지만, 200mM의 높은 NaCl 농도는 오히려 식물체 생리활성에 부정적인 영향을 주는 것으로 판단된다.

이전 연구들에서도 염분 처리가 식물의 항산화 활성 및 생리활성에 미치는 영향을 보고한 바 있는데, NaCl 처리 농도가 증가함에 따라 식물체의 항산화 활성이 증가하는 경향을 확인하였으며, 200mM 이상의 NaCl 처리는 오히

려 항산화 활성을 감소한다고 보고하였다(Choi and Jang, 2015; Nam et al., 2017). 이러한 결과는 NaCl 처리에 따라 고들빼기의 항산화 활성이 변화하며, 100mM 이하의 NaCl 농도는 고들빼기의 항산화 활성 유지에 적합한 환경 요인으로 판단된다(Fig. 2).

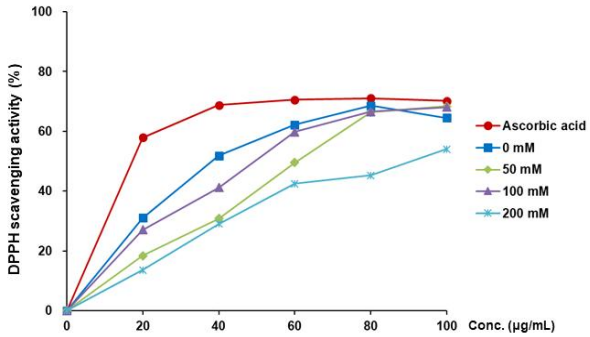

Fig. 2. DPPH scavenging activity (%) of *Crepidiastrum sonchifolium* in response to NaCl treatment at different concentrations.

NaCl 스트레스 유도 고들빼기의 총 페놀 및 총 플라보노이드 화합물 함량

식물은 환경 등 다양한 요인에 의해 발생하는 활성산소에 대응하기 위한 항산화 기작으로 2차 대사산물인 페놀 화합물을 합성하는 것으로 알려져 있다. 추출물의 총 페놀 함량 농도는 gallic acid의 표준 곡선으로부터 계산하여 gallic acid 등가물(GAE)mg/g으로 표시하였다(Fig. 3A). 또한, 시료의 총 플라보노이드 함량 농도는 표준 곡선으로부터 계산하여 quercetin 등가물(QE)mg/g으로 표시하였다(Fig. 3B). TPC 함량은 0mM 처리군에서 294.53±12.2mg GAE/g으로 가장 높았으며, 다음으로 100mM (274.09±6.73mg GAE/g), 50mM (248.06±3.13mg GAE/g) 순으로 나타났다. NaCl 고농도인 200mM 처리군에서 195.41±3.9mg GAE/g으로 가장 낮게 나타났다.

TFC 함량 또한 0mM에서 154.98±4.7mg QE/g으로 가장 높았으며, 다음으로 100mM (111.52±2.48mg QE/g), 50mM (104.1±3.19mg QE/g) 순으로 나타났고, 200mM 처리군에서 94.34±1.91mg QE/g으로 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 NaCl 농도별 재배조건에서 항산화 활성 결과와 매우 유사한 상관성이 있는 것으로 나타났으며, 총페놀 및 총플라보노이드 함량이 고들빼기의 환경 스트레스에 대한 항산화 능력에 기여할 수 있음을 시사한다.

NaCl 스트레스 유도 고들빼기 추출물의 마우스 대식세포주 NO 분비에 미치는 영향

대식세포는 면역계의 중요한 구성 요소로 외래 물질에 대한 즉각적인 방어를 통해 선천적 면역반응의 핵심적인 역할을 한다(Moncada et al., 1991). 일반적으로 마우스의 대식세포주인 Raw 264.7 세포에 그람 음성 박테리아의 세포벽에서 추출된 성분인 lipopolysaccharide(LPS)로 자극하면 iNOS(inducible nitric oxide synthase) 효소의 작용에 의하여 산화질소(Nitric oxide, NO)의 생성이 유도되는데, 대상 소재의 NO 생성 억제 효과를 확인함으로써 항염증 효과를 선별하는 방법이 이용된다(Nicholas et al., 2007).

본 연구에서 NaCl 처리 고들빼기 추출물이 LPS로 자

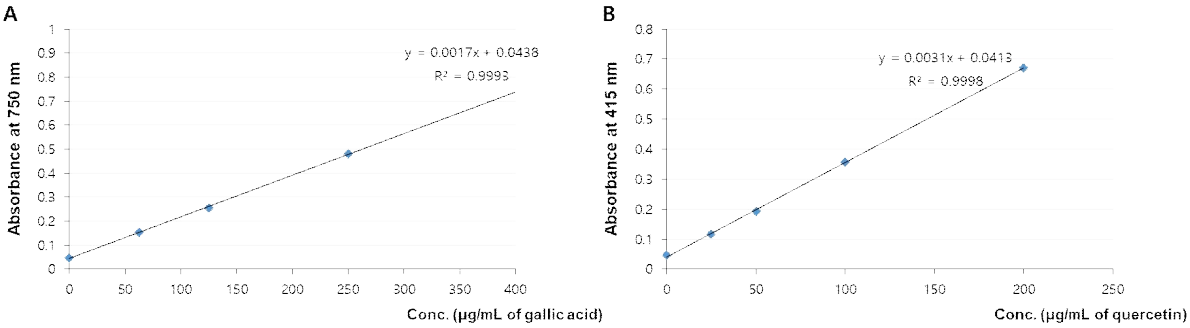

Fig. 3. Standard curve for determination of (A) gallic acid equivalents for total phenolic contents and (B) quercetin equivalents for total flavonoid contents.

극한 Raw 264.7 세포에서 NO 생성 억제에 미치는 영향을 비교하였다. Raw 264.7 세포에 LPS 및 고들빼기 추출물을 1, 10, 100, 1000㎍/mL의 농도로 처리한 결과 LPS를 단독 처리하였을 때, 음성대조군에 비해 NO 생성량이 유의하게 증가하는 것을 확인하였다. NaCl 50, 100, 200mM을 처리한 고들빼기 그룹에서 100㎍/mL까지 LPS에 의해 유도된 NO 생성을 억제하는 효과는 관찰되지 않았으나, 모든 그룹의 1,000㎍/mL 처리군에서 LPS에 의해 유도된 NO 생성량이 유의적으로 감소하였다(Fig. 4).

마우스 대식세포에 대한 NaCl 스트레스 유도 고들빼기 추출물의 세포독성 검색

고들빼기 추출물이 Raw 264.7 세포에 대해 세포생존율에 미치는 영향을 확인한 결과를 Fig. 5에 제시하였다. Raw 264.7 세포의 생존율을 확인하기 위해, 세포를 다양한 농도(0, 1, 10, 100, 1,000㎍/mL)의 추출물과 함께 24시간 동안 배양한 후 MTT assay를 실시하였다. 추출물을 처리하지 않은 음성대조군(control)의 흡광도 평균을 100으로 정하고 시료 처리군의 흡광도 값을 환산하여 계산하였다.

무처리군(0mM) 및 50mM 그룹의 고들빼기 추출물은 Raw 264.7 세포주에 대해 모든 처리농도에서 80% 이상의 세포생존율을 나타났으나, NaCl 100mM 및 200mM 처리군의 고농도(1,000㎍/mL)에서 각각 64.66%와 34.75%의 세포생존률이 관찰되었다. 이러한 결과는 NaCl 100mM 및 200mM 처리군에서 나타난 고들빼기 추출물의 NO 생성 억제 효과에 영향을 준 것으로 해석할 수 있다. Nam et al.(2017)은 100mM 이상의 NaCl를 처리하였을 때 식물이 염 스트레스로 인해 항염증 활성 감소 등의 생리활성이 저하된다고 보고하였다. 본 연구 결과 NaCl 50mM 이하의 처리군은 LPS에 의해 유도되는 NO를 효과적으로 억제할 수 있음을 확인하였다. 결과적으로 고들빼기의 경우 100mM 이하의 NaCl 처리는 항산화 활성에 영향을 줄 수 있으며, 이전에 보고된 생장 지표의 결과와 비교하였을 때(Lee et al., 2020), 50mM 이하의 NaCl 처리 환경에서 식물의 생장 및 생리활성에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

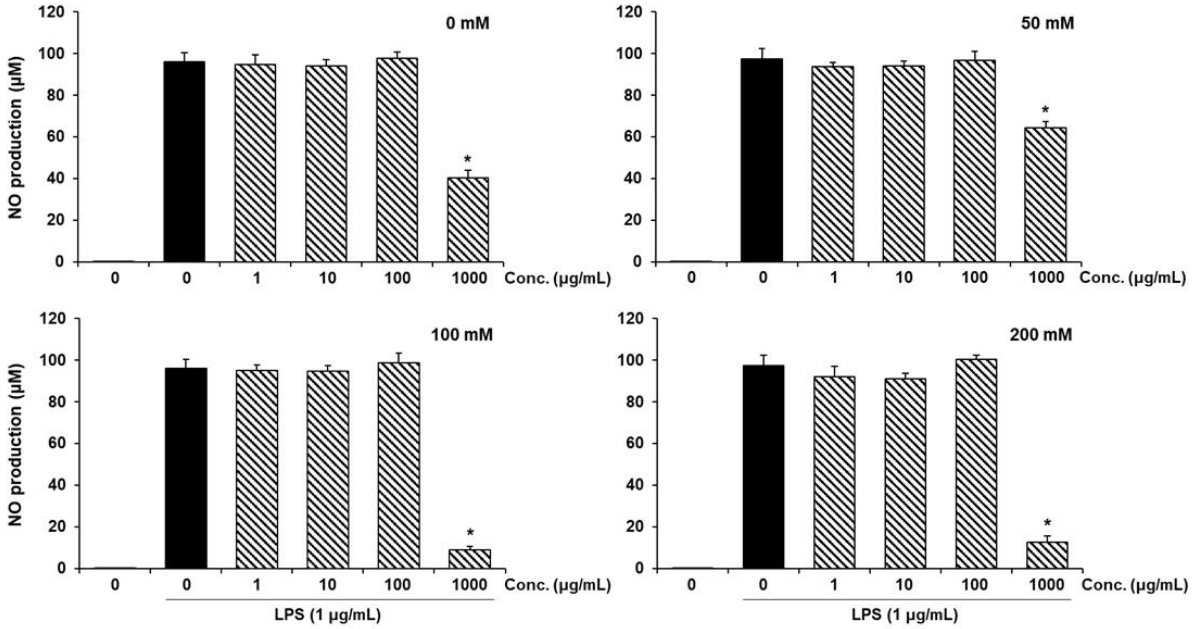

Fig. 4. Effects of *Crepidiastrum sonchifolium* on NO production in LPS-stimulated Raw 264.7 macrophages. *Crepidiastrum sonchifolium* was treated with different concentrations of NaCl: A, 0mM; B, 50mM; C, 100mM; D, 200mM. Each bar represents the mean±SEM(n=4). Significant values are represented as $^{*}p<0.05$ compared to LPS alone.

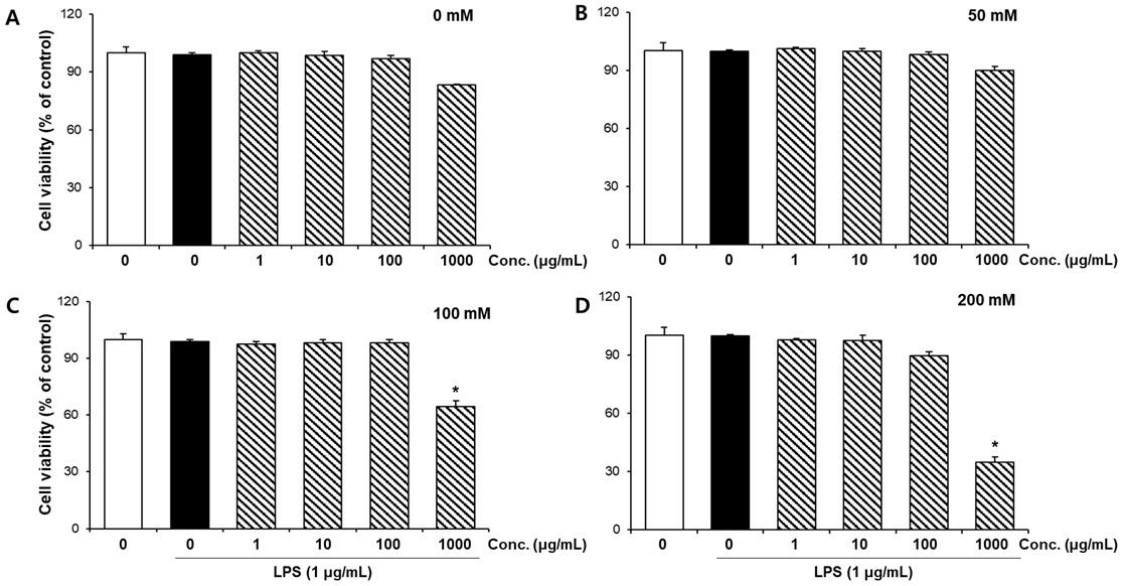

Fig. 5. Effects of *Crepidiastrum sonchifolium* on the cell viability in Raw 264.7 cells. *Crepidiastrum sonchifolium* was treated with different concentrations of NaCl: A, 0mM; B, 50mM; C, 100mM; D, 200 mM. Each bar represents the means±SEM(n=4).

적 요

본 연구는 염분 스트레스가 고들빼기(*Crepidiastrum sonchifolium*)의 항산화 및 항염증 활성에 미치는 영향을 확인하기 위해 NaCl를 농도별로 0, 50, 100, 200 mM 6주간 처리한 후, 식물체 전체를 채취하여 70% 에탄올 추출물을 제조하였다. NaCl 처리 농도 0, 100, 50 mM 순으로 DPPH 라디칼 소거율이 높게 나타났으며, 200mM 처리군에서는 가장 낮은 라디칼 소거율을 보였다. 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 또한 NaCl 농도에 따라 항산화 활성과 매우 유사한 결과를 나타냈으며, 식물의 페놀 화합물이 염분 스트레스에 대한 항산화 능력에 기여할 수 있음을 확인하였다. 또한, NaCl 처리 고들빼기 추출물이 LPS로 자극한 마우스 대식세포주(Raw 264.7)에서 NO 생성 억제에 미치는 영향을 비교한 결과, NaCl 농도별 모든 그룹의 1,000㎍/mL 처리군에서 LPS에 의해 유도된 NO 생성량이 유의적으로 감소하였으나, NaCl 100mM 및 200mM 처리군의 고농도(1,000㎍/mL) 처리는 세포생존에 부정적인 영향을 주는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 건강한 상태의 식물체에서 라디칼 소거능이 가장 우수하며, 100mM NaCl 처리농도까지 염분 스트레스에 대응하기 위한 항산화 물질을 생산하지만, 200mM의 높은 NaCl 농도는 오히려 식물체 생리활성에 부정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 고들빼기의 경우 100mM 이하의 NaCl 처리는 항산화 활성에 영향을 줄 수 있으며, 이전에 보고된 생장 지표의 결과와 비교하였을 때, 50mM 이하의 NaCl 처리 환경에서 식물의 생장 및 생리활성에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Bae SJ, Kim NH, Koh JB, Roh SB, and Jung BM. 1997. Effects of Godulbaegi (*Ixeris sonchifolia* H.) diet on enzyme activities of CCl_4 induced hepatotoxicity in rats. The Korean Journal of Food and Nutrition 30:19-24.
2. Broadley MR and White PJ. 2012. Some elements are more equal than others: soil-to-plant transfer of radiocaesium and radiostrontium. Plant and Soil 355:23-27.
3. Chang CC, Yang MH, Wen HM, and Chern, JC. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis

10:178-182.
4. Chan HH, Hwang TL, Thanf TD, Leu YL, Kuo PC, Nguyet BT, Dai DN, and Wu TS. 2013. Isolation and synthesis of melodamide A, a new anti-inflammatory phenolic amide from the leaves of *Melodorum fruticosum*. Planta Medica 79:288-294.
5. Choi Y and Jang MH. 2015. Effects of NaCl treatment on growth and antioxidant activity of mints. Journal of People Plants Environment 18: 53-60.
6. Chon SK and Kang JG. 2013. Phenolics level and antioxidant activity of methanol extracts from different plant parts in *Youngia sonchifolia*. Korean Journal of Crop Science 58:20-27.
7. Genga A, Mattana M, Coraggio I, Locatelli F, Piffanelli P, and Consonni R. 2011. Plant Metabolomics: A characterisation of plant responses to abiotic stresses. Abiotic stress in plants-mechanisms and adaptations. Rijeka: InTech: 309-350.
8. Hasanuzzaman M, Raihan MRH, Masud AAC, Rahman K, Nowroz F, Rahman M, Nahar K, and Fujita M. 2021. Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. International Journal of Molecular Sciences 22:326.
9. Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, and Bohnert HJ. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Biology 51:463-499.
10. Hong YG and Park YB. 2005. Effect of *chiro*-inositol from soybean on reducing hyperglycemia and its role for nutraceutic supplement for insulin resistance. Journal of Life Science 15:197-201.
11. Hwang TY and Huh CK. 2018. Isolation and identification of antimicrobial substances from Korean lettuce (*Youngia sonchifolia* M.). Food Science and Biotechnology 27:789-797.
12. Jhang H and Tsao R. 2016. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. Current Opinion in Food Science 8:33-42.
13. Karki S, Park HJ, Nugroho A, Kim EJ, Jung HA, and Choi JS. 2015. Quantification of major compounds from *Ixeris dentata*, *Ixeris dentata* var. *albiflora*, and *Ixeris sonchifolia* and their comparative anti-inflammatory activity in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells. Journal of Medicinal Food 18:83-94.
14. Lee KC, Han SK, Yoon KK, Lee HB, and Song JM. 2020. Effects of NaCl on the growth and physiological characteristics of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano. Korean Journal of Medicinal Crop Science 28:1-8.
15. Lee BY and Hwang JB. 2000. Physicochemical charcteristics of *Agastache rugosa* O. Kuntze extracts by extraction conditions. Korean Society of Food Science and Technology vol. 32:1-8.
16. Louis P and Galinski EA. 1997. Characterization of genes for the biosynthesis of the compatible solute ectoine from *Marinococcus halophilus* and osmoregulated expression in *Escherichia coli*. Microbiology 143:1141-1149.
17. Marinova D, Ribarova F, and Atanassova M. 2005. Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy 40:255-260.
18. Moncada S, Palmer RMJ, and Higg EA. 1991. Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology. Pharmacological Reviews 43: 109-142.
19. Muthusamy M and Lee SI. 2024. Abiotic stress-induced secondary metabolite production in Brassica: opportunities and challenges. Fronntiers in Plant Science 14: 1323085.
20. Nam HH, Lee JH, and Choo BK. 2017. Effect of NaCl treatment on growth and physiologycal activity of *Aruncus dioicus* var. *kamt-*

schaticus (Maxim.) H. Hara. Korean Journal of Organic Agriculture 25:789-804.

21. Na Z, Cho JY, Lee HJ, Chung JH, Park KD, Lee YJ, Shin SC, Rim YS, Park KH, and Moon JH. 2007. Complete ^{1}H and ^{13}C NMR assignments of sesquiterpene glucosides from *Ixeris sonchifilia*. Magnetic Resonance in Chemistry 45:275-278.
22. Nicholas C, Batra S, Vargo MA, Voss OH, Gavrilin MA, Wewers MD, Guttridge DC, Grotewold E, and Dosegg AI. 2007. Apigenin blocks lipopolysaccharide-induced lethality *in vivo* and proinflammatory cytokines expression by inactivating NF-κB through the suppression of p65 phosphorylation. The Journal of Immunoloogy 179:7121-7127.
23. Sasidharan S, Chen Y, Saravanan D, Sundram KM, and Yoga LL. 2011. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines 8: 1-10.
24. Yousefian M, Shakour N, Hosseinzadeh H, Hayes AW, Hadizadeh F, and Karimi G. 2019. The natural phenolic compounds as modulators of NADPH oxidases in hypertension. Phytomedicine 55:200-213.
25. Zhang Y, Cai P, Cheng G, and Zhang Y. 2022. A brief review of phenolic compounds identified from plants: Their extraction, analysis, and biological activity. Natural Product Communications 17:1934578X211069721.