ISSN 2466-2046 (Print)
ISSN 2466-2054 (Online)
Asian J Beauty Cosmetol 2025; 23(3): 459-471
http://dx.doi.org/10.20402/ajbc.2025.0063

RESEARCH ARTICLE
Open Access

Differential Bioactivities of Hot Water Extracts from *Crepidiastrum sonchifolium* according to Plant Parts and Pretreatment Conditions

Kwang Hee Kim[1], Tae Eun Kim[2], Yeo Jin Kim[1], Nam Hee Lee[1], Hee Wook Ryu[1*]
[1]Department of Chemical Engineering, Soongsil University, Seoul, Korea
[2]Major of Bio-Cosmetics Engineering, Division of Convergence, Sungkyul University, Anyang-si, Gyeonggi-do, Korea

[*]**Corresponding author:** Hee Wook Ryu, Department of Chemical Engineering, Soongsil University, 369, Sangdo-ro, Dongjak-gu, Seoul 06978, Korea
Tel.: +82 2 820 0611
Email: hwryu@ssu.ac.kr

Kwang Hee Kim and Tae Eun Kim contributed equally to this work.

Received August 1, 2025
Revised September 2, 2025
Accepted September 12, 2025
Published September 30, 2025

Abstract

Purpose: This study systematically evaluates the antioxidant, tyrosinase-inhibitory, L-DOPA oxidation–suppressive, and anti-inflammatory activities of *Crepidiastrum sonchifolium* depending on plant part, pretreatment method, and hot-water extraction condition, with the aim of proposing an optimal utilization strategy. **Methods:** Leaves and roots were pretreated as fresh or dried, sliced (5×5 mm) or ground (500 W, 30 s), and extracted in hot water at 70℃–100℃ for 30–120 min. Total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, tyrosinase inhibition, L-DOPA oxidation suppression, human dermal fibroblast neonatal (HDFn) cell viability, and lipopolysaccharide (LPS)–induced tumor necrosis factor-α (TNF-α) suppression were analyzed. **Results:** Ground dried leaf extract obtained at 90℃ for 120 min exhibited high antioxidant activity with 21.7 mg gallic acid equivalents (GAE)/g dry weight (DW) TPC and a DPPH half-maximal effective concentration (EC_{50}) of 4.23 mg/mL. Root extracts displayed lower antioxidant activity but stronger enzymatic inhibitory activities (tyrosinase inhibition 24.73%; L-DOPA oxidation suppression 14.29%). Cytotoxicity was negligible, maintaining >94% HDFn viability at 100 μg/mL, while TNF-α expression decreased by up to 14.7%. **Conclusion:** These findings suggest that leaf extracts are suitable for antioxidant and anti-inflammatory applications, whereas root extracts show promise as inhibitors of melanogenesis-related enzymatic steps. Overall, *C. sonchifolium* exhibits considerable potential as a natural functional resource.

Keywords: *Crepidiastrum sonchifolium*, Hot-water extraction, Antioxidant activity, Anti-inflammatory, Tyrosinase-inhibitory

Introduction

대기 오염, 자외선, 스트레스 등 다양한 환경적 요인은 체내 활성산소(reactive oxygen species, ROS)의 생성을 증가시켜 산화 스트레스를 유발한다. 이는 세포 손상, 피부 노화, 염증 및 암과 같은 다양한 질환의 발생을 촉진할 수 있다(Zhang & Duan, 2018). 이러한 활성산소를 제거하거나 그 작용을 억제하는 항산화 물질은 인체 건강 유지 및 질병 예방에 중요한 역할을 하며, 특히 식물 유래 천연 항산화제는 안전성과 생리활성 측면에서 높은 관심을 받고 있다(Wu *et al*., 2024).

국화과(*Compositae*)에 속하는 고들빼기(*Crepidiastrum sonchifolium* (Bunge), 이하 *C. sonchifolium*)는 한국 및 동아시아 지역에서 자생하는 식물로, 전통적으로 김치나 나물 형태로 섭취되거나 약재로 활용되어 왔다. 최근 연구에 따르면 *C. sonchifolium* 추출물은 항산화 및 항염 활성을 나타내며(Baek *et al*., 2024), sesquiterpene lactone 계열의 glycoside인 ixerin Z 및 11,13α–dihydroixerin Z는 폐암에 대한 항암 활성을 지닌 것으로 보고되었다(Ren *et al*., 2006; Zhang *et al*., 2009).

식물 추출물의 생리활성은 부위, 전처리 방법, 추출 조건 등에 따

Copyright ⓒ Korea Institute of Dermatological Sciences.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://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.

라 크게 달라질 수 있으나, *C. sonchifolium*에 대해서는 이러한 변수들을 체계적으로 비교한 연구는 부족한 실정이다. 특히, 기존 연구들은 주로 에탄올 또는 메탄올과 같은 유기용매를 사용하거나, 건조된 시료에 한정된 조건에서 추출 및 분석을 수행하였으며, 실제 생체 적용 가능성을 고려한 열수 추출(hot water extraction)에 대한 평가는 미흡하다.

열수 추출은 물을 용매로 사용하는 친환경 공정으로 열수 추출물이 항산화 및 항염 효율과 낮은 세포독성을 동시에 보인다고 보고되었다(Kim & Lee, 2023). 또한, 고온 수계에서 물의 용매성이 변화하여 폴리페놀 등 극성·중극성 성분의 용출이 촉진된다는 점에서 기능성 소재 제조에 적합하다(Ibañez *et al.*, 2003; Yoganandham *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2018). 전처리 측면에서 시료의 건조 여부(생 vs. 건조)는 세포 구조 변화와 효소 불활성화 등을 통해 성분 용출과 항산화 활성에 영향을 주지만, 열에 민감한 성분 손실 위험도 존재하므로 조건 선택이 중요하다(Liu *et al.*, 2024; Wu *et al.*, 2024). 또한, 물리적 전처리(절편 vs. 분쇄)는 입도와 표면적을 조절하여 용매 접촉 및 확산 거리를 바꾸므로, 질량 이동과 추출 속도와 수율을 좌우하는 핵심 요소로 작용한다(Zhang *et al.*, 2018). 추출 온도와 시간은 유효 성분의 용해도와 확산을 높여 추출 효율을 증가시키지만, 과도한 가열은 특정 항산화 성분의 열분해와 활성 저하를 유발할 수 있어 적정 범위에서의 최적화가 요구된다(Cheng *et al.*, 2023; Park *et al.*, 2013; Tulsawani *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2024). 아울러 식물의 부위별(예: 뿌리 vs. 잎)로 방어 대사산물의 배분 전략이 다르기에, 부위 비교는 *C. sonchifolium*의 생리활성 차이를 규명하는 데 필수이다(Touw & van Dam, 2025).

이에 본 연구에서는 *C. sonchifolium*의 부위(뿌리 및 잎), 전처리 방법(생 vs. 건조, 절편 vs. 분쇄), 열수 추출 조건(온도 및 시간)에 따른 생리활성 차이를 비교·분석하였다. 주요 항산화 활성 지표로 DPPH 소거 활성을 측정하고, 기능성 물질로 알려진 총 플라보노이드 및 총 폴리페놀 함량을 정량하였다. 또한, tyrosinase 저해 활성 및 L-DOPA 산화 저해 활성을 평가하였으며, 멜라닌 생합성의 효소 단계(tyrosinase, L-DOPA 산화) 억제는 화장품 원료 선별의 1차 지표로 널리 활용된다(Lee *et al.*, 2020). 나아가, Human Dermal Fibroblast (HDFn, neonatal) 세포를 이용한 독성 평가를 통해 안전성을 확인하였다. 더불어, 종양괴사인자-α (tumor necrosis factor-α, TNF-α)의 분비량을 측정하여 항염 효과를 검증함으로써, *C. sonchifolium* 추출물의 가공 조건에 따른 생리활성 및 기능성 변화 양상을 종합적으로 규명하고자 하였다.

본 연구는 *C. sonchifolium*의 최적 추출 조건을 도출함으로써 기능성 원료로서의 활용 가능성을 제시하고, 천연 항산화제 및 기능성 소재로의 적용을 위한 기초 자료를 제공한다는 점에서 학술적·산업적 의의를 갖는다.

Methods

1. 시료 전처리 및 추출물 제조

*C. sonchifolium*은 2025년 2월 대한민국의 한 지역 농장에서 수확하여 확보하였다. 시료는 증류수로 두 차례 세척한 후, 흡수지로 표면 수분을 제거하고 뿌리와 잎을 분리하였다. 각 부위는 (i) 절편(5×5 mm) 및 (ii) 분쇄(SBL365AB; Ningbo Kajafa Electric Appliance Co., Ltd, China) 형태로 전처리하였다. 건조 처리는 40℃, 48 h 조건에서 열풍 건조기(WON-50; Wise Ven, Korea)를 이용하였으며, 건조 전후의 중량 차를 통해 수분 함량을 산출하였다(뿌리 63%, 잎 80%). 생시료와 건조 시료 간의 정량적 비교를 위해 모든 실험은 건조 중량 기준으로 시료량을 보정하였다. 이에 따라 생시료는 5 g, 건조 시료는 이에 상응하는 중량(뿌리 1.85 g, 잎 1.00 g)을 25 mL 증류수에 혼합하여 추출에 사용하였다.

절편 형태의 생뿌리 및 생잎은 열수 추출(70, 80, 90, 100℃, 30-120 min) 및 상온 추출(24, 36, 48, 72 h 교반) 조건에서 각각 수행하였다. 분쇄한 생시료 및 절편 또는 분쇄한 건조 시료는 90℃에서 30, 60, 90, 120 min 동안 열수 추출하였다. 모든 추출은 3회 반복 수행하였으며, 추출액은 분석 전까지 4℃에서 냉장 보관하였다.

2. 항산화 활성 및 페놀계 화합물 함량 분석

DPPH 소거 활성은 *C. sonchifolium* 추출물과 0.4 mM 2,2-dipheny-1-picrylhyrazyl (DPPH; Sigma-Aldrich, USA) 용액을 혼합(50% v/v)하여 암실에서 30 min 반응시킨 후, UV/VIS 분광광도계(Optizen POP; K LAB Corporation, Korea)를 이용해 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 폴리페놀 함량(total phenolic content, TPC)은 추출물(10% v/v)에 10% Folin & Ciocalteu's phenol reagent (Sigma-Aldrich) 시약(50% v/v)과 7.5% sodium carbonate ($NaCO_3$; Sigma-Aldrich) 용액(40% v/v)을 순차적으로 첨가하여 상온에서 60 min 반응시킨 후, 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 10-1,000 μg/mL 범위의 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 기준으로 작성한 검량식(y=0.0035x, r^2=0.978)을 기반으로 결과를 gallic acid equivalents (GAE)로 환산하였다.

총 플라보노이드 함량(total flavonoid content, TFC)은 추출물(10% v/v), 80% ethyl alcohol (Duksan general science, Seoul, Korea), (30% v/v), 10% aluminum nitrate (Sigma-Aldrich) (2% v/v), 1.0 M potassium acetate (Sigma-Aldrich) (2% v/v), 증류수(56% v/v)를 순차적으로 혼합하여 상온에서 40 min 반응시킨 후, 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 10-500 μg/mL 범위의 2-(3,4-Dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-4H-1-benzopyran-4-one (Quercetin; Sigma-Aldrich)을 기준으로 작성한 검량식(y=0.0031x, r^2=0.992)을 바탕으로 정량하였으며, 결과는 mg QE/g DW로 환산하였다.

http://dx.doi.org/10.20402/ajbc.2025.0063

3. Tyrosinase 및 L-DOPA 산화 억제 활성 평가

Tyrosinase 저해 활성 평가는 sodium dihydrogen phosphate (NaH_2PO_4; Sigma-Aldrich)와 disodium phosphate (Na_2HPO_4; Sigma-Aldrich)을 61.5:38.5 비율로 혼합한 0.1 M 인산-나트륨 완충용액(sodium phosphate buffer, pH 6.5) 73.33% v/v, *C. sonchifolium* 추출물(편으로 썬 생잎 및 생뿌리, 90℃, 90 min 추출) 6.67% v/v, mushroom tyrosinase (1,500-2,000 U/mL; Sigma-Aldrich) 6.67% v/v를 혼합한 후, 1.5 mM L-tyrosine (Sigma-Aldrich) 13.33% v/v를 첨가하여 37 ℃에서 10-15 min 반응시켰다. 반응 후 490 nm에서 흡광도를 측정하였다.

L-DOPA 산화 저해 활성 평가는 0.1 M 인산-나트륨 완충용액(pH 7.0) 85% v/v, *C. sonchifolium* 추출물 5% v/v, mushroom tyrosinase 5% v/v, 0.06 mM L-DOPA (L-3,4-dihydroxyphenylalanine; Sigma-Aldrich) 용액 5% v/v를 혼합하여 37℃에서 10-15 min 반응시킨 후, 490 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. 세포 생존율 평가

인간 진피 섬유아세포(Human Dermal Fibroblast, HDFn, neonatal; 계대수≤5, Gibco, USA)는 LSGS (Gibco) 및 1% penicillin-streptomycin (Biowest, France)이 포함된 Human Fibroblast Expansion Basal Medium (Gibco)에서 5% CO_2, 37℃ 조건으로 배양하였다. 세포는 70-80% 밀도에 도달하면 0.25% trypsin (Biowest)으로 분리하여 실험에 사용하였다.

세포 독성 평가는 MTT assay를 통해 수행하였다. HDFn 세포를 96-well plate에 1.0×10^5 cells/well로 분주한 후, *C. sonchifolium* 생잎 추출물(100℃, 120 min 추출)을 1, 10, 100 μg/mL 농도로 처리하였다. 24 h 배양 후 phosphate buffered saline (PBS; Biowest, France)로 세척하고, 5 mg/mL 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-

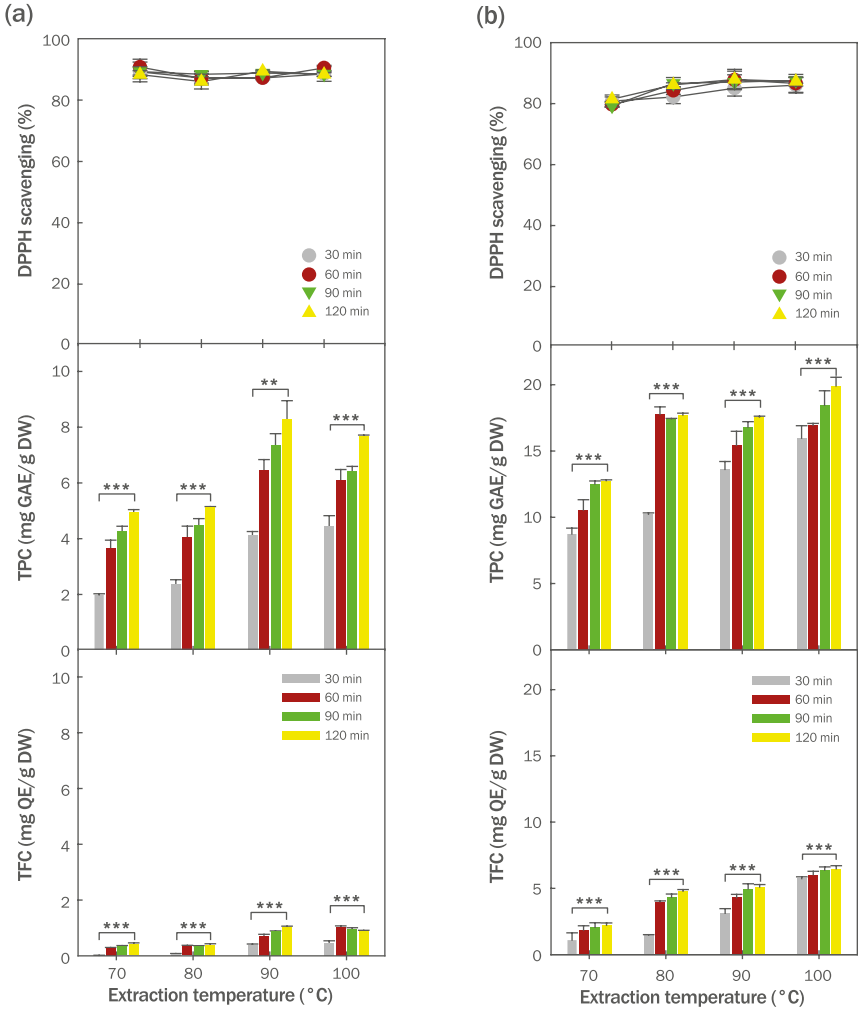

Figure 1. Antioxidant activity of sliced fresh *C. sonchifolium* root and leaf extracts.
DPPH radical scavenging activity, total phenolic content (TPC), and total flavonoid content (TFC) of sliced fresh root (a) and leaf (b) extracts under different hydrothermal extraction conditions (70°C-100°C, 30-120 min). (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001; repeated-measures ANOVA).

2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT; Sigma-Aldrich) 용액을 배지 대비 10% v/v로 첨가하여 4 h 반응시켰다. 이후 증류수에 dimethylformamide (DMF; Sigma-Aldrich) 50% v/v, 그리고 sodium dodecyl sulfate (SDS; Sigma-Aldrich) 10% w/v가 포함된 용해 완충액을 첨가하여 생성된 포르마잔을 2 h 동안 암실에서 용해하였다. 이후 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 실험은 5회 반복하였으며, 세포 생존율은 대조군 대비 OD 값으로 산출하였다.

5. 항염 효능 평가

TNF-α 발현 억제 효과는 Human TNF-α ELISA kit (ab181421, Abcam, USA)를 이용하여 정량하였다. HDFn 세포를 48-well plate에 1.0×10^5 cells/well로 분주한 후, lipopolysaccharide (LPS; Sigma-Aldrich, 1 μg/mL)를 처리하여 염증을 유도하였다. 이후 *C. sonchifolium* 생잎 추출물(100℃, 120 min 추출)을 1, 10, 100 μg/mL 농도로 처리하였으며, 양성 대조군으로 dexamethasone (DEX; 20 μg/mL, Sigma-Aldrich)을 사용하였다. 24 h 배양 후 상층액을 수집하여 –40℃에서 보관하였다.

ELISA는 제조사 프로토콜에 따라 수행하였으며, 항체가 코팅된 플레이트에 시료를 접종하고 2 h 배양 후 세척하였다. 기질 용액(TMBZ)을 첨가하여 20 min 반응시킨 뒤, 정지 용액을 추가하고 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 실험은 5회 반복하였으며, TNF-α 표준 곡선을 기반으로 발현량을 정량하였다.

6. 통계 분석

모든 실험은 3회 또는 5회 반복하여 수행하였으며, 결과는 평균±표준편차(mean±SD)로 나타내었다. 통계 분석은 R 소프트웨어(ver. 4.3.1; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)를 활용하였다. 추출 조건에 따른 생리활성 차이는 two-way ANOVA로 분석하였으며, 유의한 상호작용이 관찰된 경우 Tukey's HSD 사후검정을 실시하였다. 반복 측정된 데이터에 대해서는 Repeated Measures ANOVA를 적용하였고, 다집단 비교가 필요한 경우에는 One-way ANOVA 후 Tukey's HSD로 사후 분석하였다. 통계적 유의성은 $^*p<0.05$ 수준에서 판단하였다.

Results and Discussion

1. 추출 조건에 따른 생리활성 변화

본 연구에서는 *C. sonchifolium*의 생시료를 활용하여 뿌리 및 잎 부위를 절편 형태로 준비한 후, 열수 및 상온 조건에서 추출을 수행하고, 항산화 활성(DPPH 소거율), 총 폴리페놀 함량(TPC), 총 플라보노이드 함량(TFC)을 평가하였다. 분석 결과, 추출 온도 및 시간에 따라 생리활성 지표에 유의한 차이가 나타났으며, 특히 90-100℃에서 90-120 min 추출한 조건에서 가장 높은 활성이 관찰되었다.

생 뿌리 추출물(Figure 1a)의 경우, 70℃에서 30 min 추출 시 DPPH 소거율은 89.18%, TPC는 1.99 mg GAE/g DW, TFC는 0.014 mg QE/g DW로 측정되었으며, 100℃에서 120 min 추출 시 각각 90.45%, 7.68 mg GAE/g DW, 0.88 mg QE/g DW로 증가하였다. 반면, 생 잎 추출물(Figure 1b)은 동일 조건에서 TPC 19.91 mg GAE/g DW, TFC 6.48 mg QE/g DW로, 뿌리 추출물 대비 각각 약 2.6배 및 7.3배 높은 수치를 나타냈다.

상온 추출 조건에서는 온도 대신 추출 시간의 변화가 생리활성에 영향을 미쳤다(Figure 2). 잎 추출물의 DPPH 소거율은 24 h에서 19.95%, 72 h에서 57.60%로 약 2.9배 증가하였으며, 뿌리 추출물은 동일 시간 구간에서 4.04%에서 13.81%로 상승하였다. TPC 및 TFC 역시 추출 시간이 증가함에 따라 상승하였으며, 72 h 기준으로 잎의 TPC는 1.11 mg GAE/g DW, TFC는 0.099 mg QE/g DW로 확인되었다.

이러한 결과는 추출 온도 및 시간의 증가에 따라 식물 세포벽이 파

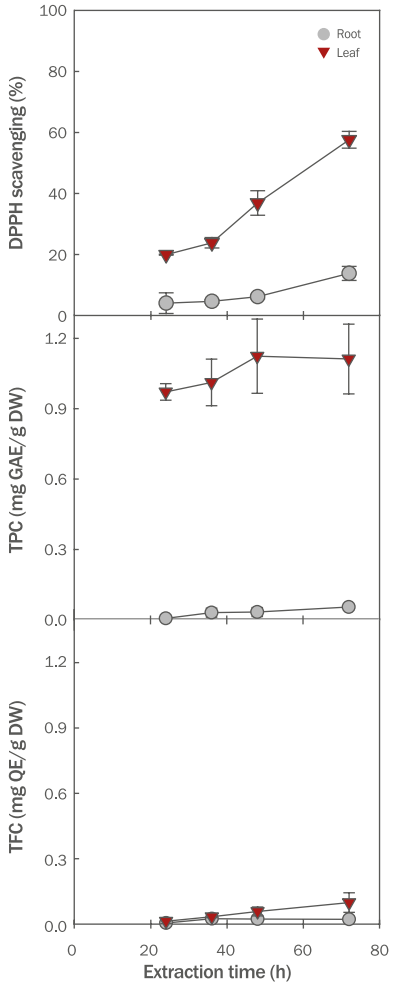

Figure 2. Antioxidant activity of sliced fresh *C. sonchifolium* root and leaf extracts at room temperature.
DPPH radical scavenging activity, TPC, and TFC of sliced fresh root and leaf extracts extracted under ambient conditions.

http://dx.doi.org/10.20402/ajbc.2025.0063

괴되고, 이에 따라 페놀 화합물 및 플라보노이드와 같은 항산화 성분의 용출이 촉진된다는 기존 연구와 일치한다(Park *et al.*, 2013). 실제로 고온 추출은 *Curcuma longa* 및 *Panax ginseng*에서 항산화 성분의 수율을 증가시키는 것으로 보고되었으나, 과도한 열처리는 화합물의 열분해를 유발하여 생리활성을 저하시킬 수 있다. 이는 추출 온도와 시간 간의 최적화가 필요함을 시사한다. 예를 들어, *Ganoderma lucidum* 추출물은 온도 증가에 따라 페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하였으나, 100℃ 이상에서는 항산화 활성이 감소하는 경향을 보였다(Tulsawani *et al.*, 2020). 또한, 찻잎에 대한 연구에서도 100℃ 이상에서 항산화 성분의 수율이 최대에 도달하였으나, 추출 시간이 길어질수록 열에 민감한 성분의 분해로 인해 효율과 안정성 간의 절충이 필요하다는 결과가 보고되었다(Cheng *et al.*, 2023). 한편, 식물은 부위별(뿌리–지상부)로 방어 대사산물의 배분 전략이 달라 TPC/TFC 차이가 발생하며(Touw & van Dam, 2025), 국화과의 근연종인 *Ixeris dentata*에서도 열수 조건에서 잎이 항산화 지표에서 일관된 우위를 보여 본 연구 경향과 부합했다(Kim *et al.*, 2025). 이는 본 연구에서 잎 추출물이 뿌리보다 우수한 항산화 활성을 보인 결과와도 일치한다.

또한, 상온에서 장시간 추출하는 방식은 열에 민감한 성분의 분해를 방지하면서 일정 수준 이상의 생리활성 성분을 확보할 수 있는 대안적 방법으로 고려될 수 있다. 실제로 상온 추출은 고온 추출에 비해 항산화 활성은 낮을 수 있으나, 생리활성 화합물의 구조적 무결성을 유지할 수 있다는 장점이 있다(Singh & Sharma, 2022). 따라서 추출 조건은 대상 성분의 특성에 따라 적절히 조절되어야 하며, 온도와 시간뿐만 아니라 식물 부위의 선택 역시 생리활성 확보에 중요한 변수임을 시사한다.

2. 시료 형태에 따른 *C. sonchifolium* 추출물의 생리활성 변화

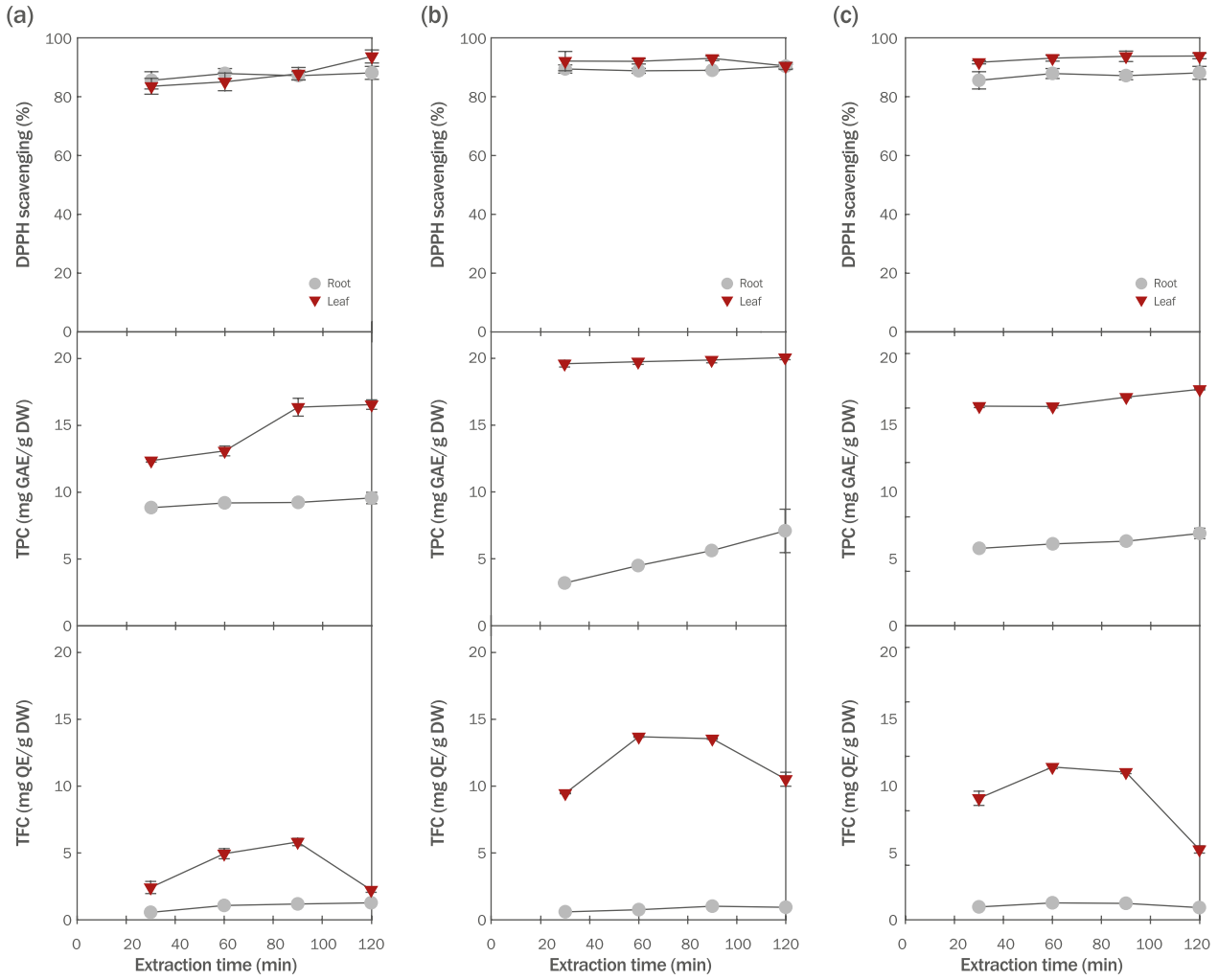

Figure 3. Antioxidant activity of *C. sonchifolium* extracts at 90°C with different pretreatments.
DPPH radical scavenging activity, TPC, and TFC of root and leaf extracts obtained by hot-water extraction at 90°C. (a) Ground fresh samples, (b) sliced dried samples, (c) ground dried samples.

*C. sonchifolium*의 생리활성 성분 추출 효율은 시료의 전처리 형태(절편 vs. 분쇄) 및 건조 여부에 따라 차이를 보였다. Figure 3의 결과에 따르면, 건조 및 분쇄된 시료에서 항산화 활성(DPPH 소거율), 총 폴리페놀 함량(TPC), 총 플라보노이드 함량(TFC)이 가장 높은 수치를 나타냈다.

생시료를 분쇄한 경우, 추출 시간이 증가함에 따라 DPPH 소거율, TPC, TFC 모두 상승하는 경향을 보였으며(Figure 3a), 특히 잎 부위에서 120 min 추출 시 DPPH 소거율은 93.68%, TPC는 16.56 mg GAE/g DW, TFC는 5.82 mg QE/g DW로, 뿌리 추출물(88.10%, 13.21 mg GAE/g DW, 3.45 mg QE/g DW)보다 높은 활성을 나타냈다.

절편 형태의 건조 시료는 생시료보다 전반적으로 높은 생리활성 지표를 보였으며(Figure 3b), 잎의 TPC는 19.91 mg GAE/g DW, TFC는 6.48 mg QE/g DW로, 뿌리보다 각각 약 2.6배 및 7.3배 높은 수치를 기록하였다. 특히 분쇄된 건조 시료에서는 가장 높은 생리활성 지표가 관찰되었으며(Figure 3c), 잎의 TPC는 21.71 mg GAE/g DW, TFC는 14.02 mg QE/g DW로, 뿌리보다 각각 약 2.6배 및 9배 높은 활성을 나타냈다.

이러한 결과는 건조 및 분쇄 과정이 식물 조직 내 생리활성 성분의 용매 확산을 촉진시키기 때문으로 해석된다. 건조는 세포벽을 파괴하고 수분 함량을 감소시켜 미생물 부패를 억제하며, 항산화 성분의 가용성을 증가시킨다. 또한, 시료의 건조는 효소 불활성화와 세포벽 변화로 항산화 성분 가용성을 높이는 경향이 보고되었다(Liu *et al.*, 2024). 이는 본 연구에서 건조된 잎 시료가 생 잎보다 높은 TPC 및 TFC를 보인 결과와 일치한다.

분쇄 처리 역시 항산화 활성을 증진시키는 주요 요인으로 작용한다. 입자 크기가 작아질수록 용매의 침투력이 증가하고 표면적이 확대되어 유효 성분의 방출이 촉진된다. *Mesona procumbens* 및 *Sargassum cristaefolium*에 대한 선행 연구에서도 입자 크기 감소에 따라 TPC 및 TFC 함량이 증가하였으며, 이는 세포벽 파괴와 용매 침투력 향상에 기인한 것으로 보고되었다(Bermúdez-Gómez *et al.*, 2024). 본 연구에서 분쇄된 잎 시료가 절편 형태보다 높은 항산화 활성을 보인 점은 이러한 기작과 부합한다.

더불어, 건조와 분쇄 처리가 병행된 시료는 생체 이용률 측면에서도 유리한 특성을 지닐 수 있다. 이는 건조 과정에서 활성화되는 phenylpropane 대사 경로 및 ascorbate metabolism–malate assimilation (AA–MA) 경로의 변화와 관련이 있을 수 있으며, 실제로 일부 대사체 연구에서도 이러한 경로의 활성화가 보고된 바 있다(Liu *et al.*, 2024). 따라서 추출 시료의 전처리 방법은 단순한 물리적 변화 이상의 생리활성 조성 변화로 이어질 수 있으며, 이러한 점을 고려한 시료 처리 전략은 항산화 기능성 원료의 활용도 및 응용 가능성을 결정짓는 중요한 요소로 작용한다.

3. *C. sonchifolium* 추출물의 EC_{50} 기반 항산화 활성 평가

90℃에서 120 min 추출한 절편 형태의 *C. sonchifolium* 생잎 및 생뿌리 추출물에 대해 DPPH 소거 활성을 농도별로 분석한 결과, 농도 증가에 따라 소거 활성이 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다(Figure 4a). 이를 기반으로 계산된 EC_{50} 값은 잎 추출물이 4.23 mg/mL, 뿌리 추출물이 7.27 mg/mL로 나타났으며, 이는 잎의 항산화 활성이 뿌리보다 우수함을 정량적으로 입증하는 결과이다. EC_{50} 값이 낮을수록 항산화 활성이 높다는 점을 고려할 때, 잎 추출물은 동일 조건에서 뿌리 추출물보다 약 1.72배(약 41.8%) 높은 항산화 효율을 나타낸 것으로 해석된다.

이러한 결과는 앞서 제시된 DPPH 소거 활성, 총 폴리페놀(TPC), 총 플라보노이드(TFC) 함량 분석에서 잎 부위가 지속적으로 높은 생리활성을 보인 경향성과도 일치한다.

한편, 대조 항산화제로 사용된 합성 항산화제 BHT와 천연 항산화제인 ascorbic acid (AA)의 EC_{50} 값은 각각 3.88 μg/mL 및 12.99 μg/mL로 분석되었다(Figure 4b). 이를 mg/mL 단위로 환산하면 각각 0.004 mg/mL 및 0.013 mg/mL로, *C. sonchifolium* 잎 추출물(4.23 mg/mL)에 비해 BHT는 약 1,052배, AA는 약 324배 낮은 EC_{50} 값을 나타냈다(Figure 4c). 이는 항산화 활성이 BHT〉AA〉*C.*

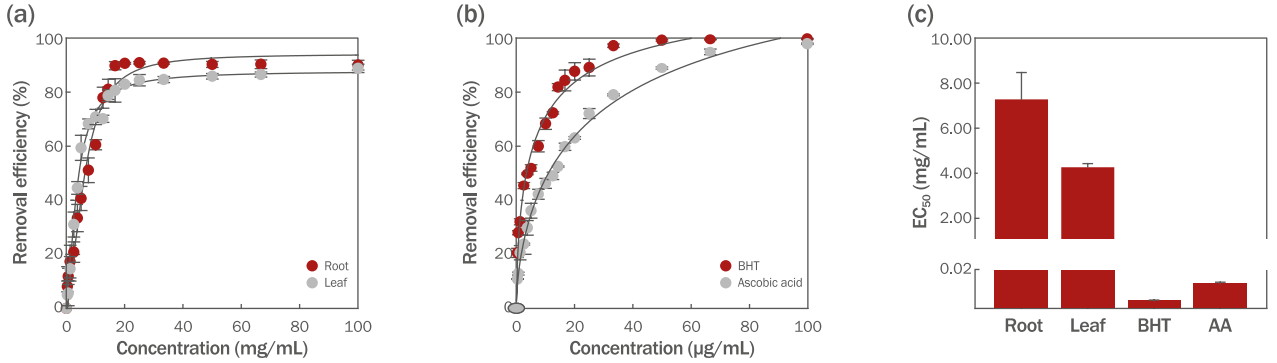

Figure 4. DPPH radical scavenging activity and EC_{50} values of fresh *C. sonchifolium* extracts.
(a) *C. sonchifolium* extracts, (b) reference antioxidants [butylated hydroxytoluene (BHT), ascorbic acid (AA)], and (c) EC_{50} values (mg/mL) for all samples.

http://dx.doi.org/10.20402/ajbc.2025.0063

sonchifolium 잎>*C. sonchifolium* 뿌리 순으로 나타났음을 의미한다. 다만, 이러한 비교는 대조군이 고순도 단일물질이라는 점을 고려하여 해석할 필요가 있다. BHT와 AA는 자유 라디칼과 직접 반응하거나 수소 원자를 제공함으로써 강력한 항산화 작용을 유도하는 구조적 특성을 지닌다(Gęgotek & Skrzydlewska, 2022).

실제로 *C. sonchifolium*에는 sesquiterpene lactones, ixerin Z, 11,13α-dihydroixerin Z 등의 다양한 항산화 관련 물질이 존재하는 것으로 보고되었으며(Ren *et al.*, 2006), 이들 화합물의 복합 작용은 천연물 특유의 다중적 생리활성 발현과 관련이 있다. 따라서 *C. sonchifolium* 추출물은 BHT나 AA와 같은 정제된 항산화제에 비해 상대적으로 낮은 활성을 보였으나, 천연물로서의 안전성, 생체적합성, 그리고 열수 추출이라는 친환경적 공정의 장점을 고려할 때, 항산화 보조제 원료로서의 활용 가능성이 충분히 기대된다. 특히 EC_{50} 분석은 앞선 생리활성 평가 결과를 정량적으로 검증함과 동시에, 잎 부위의 전략적 선택과 추출 조건 최적화의 타당성의 근거이다.

4. *C. sonchifolium* 추출물의 tyrosinase 저해 및 L-DOPA 산화 억제 효과

C. sonchifolium 추출물의 항산화 활성을 기반으로, 멜라닌 생성 과정과의 연관성을 확인하기 위해 tyrosinase 저해 활성 및 L-DOPA 산화 저해 활성을 분석하였다(Figure 5). Tyrosinase 저해율은 뿌리 추출물에서 24.73%, 잎 추출물에서 19.92%로 나타났으며, 대조군인 arbutin (1 mg/mL)의 저해율인 43.83%에 비해 각각 43.6%, 54.6% 낮은 수준이었다. 또한, 뿌리 추출물은 잎 추출물보다 약 24.2% 높은 저해 활성을 나타내어 부위 간 차이를 확인할 수 있었다.

L-DOPA 산화 저해 활성에서도 유사한 경향이 관찰되었다. Arbutin은 26.06%의 저해율을 보인 반면, 뿌리 및 잎 추출물은 각각 14.29%, 5.41%로, 대조군 대비 각각 45.2%, 79.2% 낮은 활성을 나타냈다. 특히, 뿌리 추출물은 잎 추출물보다 2.6배 이상 높은 저해 활성을 보여, 멜라닌 생성 억제 관련 활성에서 뚜렷한 부위 차이를 확인할 수 있었다.

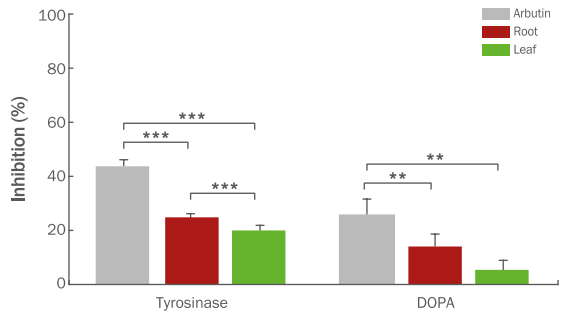

Figure 5. Tyrosinase and L-DOPA oxidation inhibition by *C. sonchifolium* extracts.
Inhibitory activities of extracts compared with arbutin (**p<0.01, ***p<0.001; one-way ANOVA with Tukey's HSD).

이러한 결과는 앞서 Figure 1과 Figure 2에서 확인된 항산화 활성 결과와는 상반된 경향을 보인다. 잎 추출물은 DPPH 소거 활성, TPC, TFC 등 항산화 지표에서 뿌리보다 우수한 활성을 나타낸 반면, tyrosinase 저해 및 L-DOPA 산화 억제 활성에서는 뿌리 추출물이 더 높은 활성을 보였다. 이는 항산화 활성과 tyrosinase 저해 활성이 서로 다른 생리적 기작에 의해 조절된다는 점을 시사한다. 일반적으로 항산화 활성은 전자공여력을 지닌 페놀류 및 플라보노이드 함량에 의해 결정되며, 자유 라디칼의 안정화 및 제거를 통해 나타난다(Gu *et al.*, 2019). 반면, tyrosinase 저해 활성은 해당 효소의 활성 부위에 존재하는 구리 이온(Cu^{2+})을 킬레이션하거나, 효소 기질의 결합을 저해하는 특정 이차 대사산물에 의해 조절된다(Cardoso *et al.*, 2021).

또한, 식물의 조직 부위에 따라 대사산물 조성이 상이한 점도 이러한 차이를 설명하는 데 기여할 수 있다. 잎은 광합성과 관련된 다양한 페놀계 물질이 풍부한 반면, 뿌리는 병원균, 곤충 등 외부 스트레스로부터의 방어를 위해 지질 및 phenylpropanoid 계열의 특이적 이차 대사산물을 고농도로 축적하는 경향이 있다(Touw & van Dam, 2025). 실제로 식물 부위별 추출물에서 효소 저해 활성이 크게 달라지는 사례가 보고된 바 있으며(Gonçalves *et al.*, 2017), 이는 본 연구 결과와도 일치한다.

따라서 *C. sonchifolium*의 기능성 활용에 있어 추출 부위의 선택은 응용 목적에 따라 전략적으로 달라져야 한다. 항산화 중심의 제품 개발에는 잎 추출물이 적합하며, 멜라닌 생성 억제 관련 소재 개발에는 뿌리 추출물이 보다 효과적일 수 있다. 본 연구는 뿌리 추출물이 tyrosinase 저해를 통해 멜라닌 생성 억제에 기여할 수 있는 가능성을 제시하며, 향후 뿌리 유래 성분의 구조 분석 및 작용 기작에 대한 심층적인 연구가 필요함을 시사한다. 특히, 이러한 생리활성이 실제 세포 수준 또는 피부 모델에서 어떻게 발현되는지에 대한 추가적인 검증이 요구된다.

5. *C. sonchifolium* 추출물의 독성 평가

본 연구에서는 인간 진피 섬유아세포(HDFn)를 활용하여 *C. sonchifolium* 추출물의 세포 독성을 평가하였다. 먼저, 아무런 처리를 하지 않은 HDFn 세포의 대사 활성을 0 h 및 24 h 후에 측정한 결과(Figure 6a), 0 h 기준값(1.0)에 비해 24 h 후 대사 활성은 1.8687 ±0.061로 약 87% 증가하였다. 이는 실험에 사용된 세포 모델이 생리학적으로 안정적인 상태에서 정상적인 증식과 대사 활성을 유지했음을 의미한다.

이후 동일한 세포 모델을 대상으로, 절편 형태의 *C. sonchifolium* 생잎 추출물을 처리하여 세포 생존율을 평가하였다(Figure 6b). 대조군(control)을 기준값(1.0)으로 설정한 결과, 1 μg/mL 농도에서 0.939, 10 μg/mL에서 0.942, 100 μg/mL에서 0.952로 나타났으며, 모든 농도에서 세포 생존율이 94% 이상 유지되었다. 특히 고농

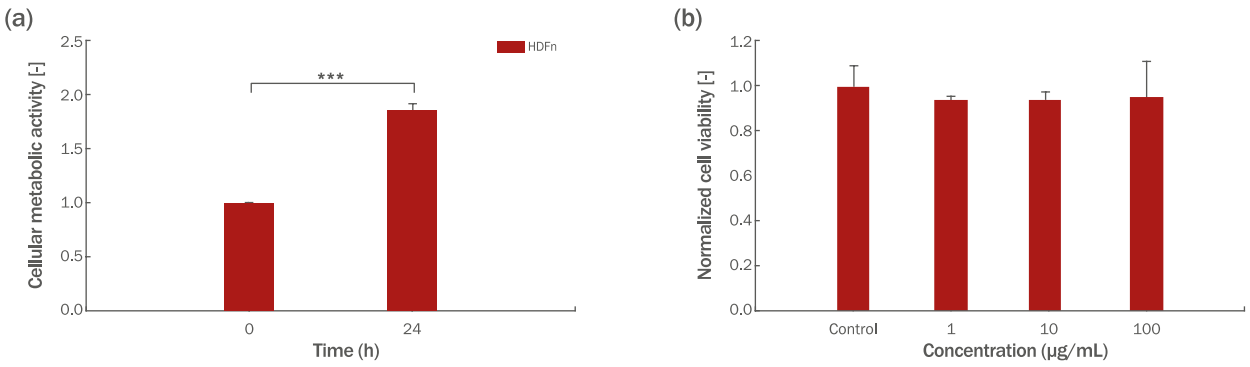

Figure 6. Cellular activity and viability of HDFn cells treated with *C. sonchifolium* leaf extract.
(a) Metabolic activity of control and treated cells at 0 and 24 h, (b) cell viability (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001; repeated-measures ANOVA).

도(100 μg/mL)에서도 생존율은 대조군과 유사하거나 소폭 증가하는 경향을 보여, *C. sonchifolium* 추출물이 실험 조건 하에서 독성을 유발하지 않았음을 시사한다.

이러한 결과는 *C. sonchifolium* 잎 추출물이 높은 항산화 활성을 통해 활성산소(ROS)를 중화하고, 산화 스트레스 및 세포 손상을 억제함으로써 세포 생존에 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성을 보여준다(Vardar Acar & Özgül, 2023). 플라보노이드 및 폴리페놀과 같은 항산화 성분은 세포막 보호, DNA 손상 억제, 염증성 사이토카인 조절 등의 기작을 통해 세포 생존을 유지시키는 것으로 알려져 있으며(Dwevedi & Srivastava, 2024), 특히 quercetin은 HDF 세포에서 100 μg/mL 농도에서도 무독성 특성을 보이는 것으로 보고되었다(Hong *et al.*, 2012).

또한, 열수 추출 공정의 최적화는 항산화 화합물의 선택적 추출을 가능하게 하며, 독성 유발 물질의 용출 가능성을 낮추는 데 기여할 수 있다(Ibañez *et al.*, 2003). 따라서 *C. sonchifolium* 생잎 추출물은 높은 항산화 활성을 유지하면서도 *in vitro* 세포 모델에서 100 μg/mL 수준까지 독성을 유발하지 않는 안전성을 나타내었으며, 이는 피부 안전성이 요구되는 기능성 화장품 개발에 있어 중요한 기초 자료로 활용될 수 있다.

6. *C. sonchifolium* 추출물의 TNF-α 억제 효과

C. sonchifolium 생잎 추출물의 항염 효과는 LPS에 의해 염증이 유도된 HDFn 세포 모델에서 TNF-α 발현 수준을 기준값(1.0)으로 설정하여 정량적으로 평가하였다(Figure 7). LPS 단독 처리군에서는 TNF-α 수치가 대조군 대비 1,471.2% 증가하여 강력한 염증 반응을 유도하였다. Dexamethasone (DEX; 20 μg/mL) 처리군에서는 TNF-α 수치가 LPS 처리군 대비 약 23.5% 감소하여 효과적인 항염 활성을 나타냈다.

한편, *C. sonchifolium* 추출물 처리군에서는 농도 의존적인 억제 양상이 관찰되었다. 추출물을 1, 10, 100 μg/mL 농도로 처리한 결과, TNF-α 발현은 각각 LPS 대비 2.6%, 9.3%, 14.7% 감소하였으

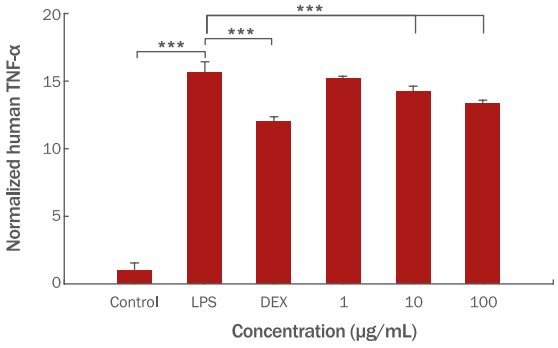

Figure 7. TNF-α suppression by *C. sonchifolium* leaf extract in LPS-stimulated HDFn cells.
TNF-α expression in LPS-stimulated cells with or without treatment (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001; one-way ANOVA with Tukey's HSD).

며, 특히 100 μg/mL 처리군에서는 DEX 처리군보다 약 10.2% 높은 수치를 나타냈다. 이는 DEX가 가장 강력한 억제 효과를 보였으나, *C. sonchifolium* 추출물 또한 고농도에서 유의한 항염 효과를 나타낼 수 있음을 시사한다.

이러한 결과는 *C. sonchifolium* 추출물이 강력한 항산화 활성을 지닐 뿐만 아니라, 염증 반응 조절에도 기여할 수 있는 가능성을 보여준다. 비록 DEX보다 억제율은 낮았으나, 독성 없이 염증 지표를 유의하게 감소시킨 점은 천연물 기반 항염 후보 물질로서의 가치를 입증하는 근거가 된다. 천연 추출물은 다양한 화합물의 혼합체로 구성되어 있어 길항 작용이 발생할 수 있다(Gosslau *et al.*, 2011).

TNF-α는 막 결합형 및 용해성 형태로 존재하며, TNF 수용체와 상호작용하여 NF-κB 및 AP-1 경로를 활성화시킨다(Levine, 2006). 그러나 식물 유래 폴리페놀 및 플라보노이드는 NF-κB 전사인자의 활성 억제, MAPK 경로 차단을 통해 TNF-α, IL-6, IL-1β 등의 전염증성 사이토카인을 하향 조절하고, 항염증성 사이토카인인 IL-10의 분비를 상향 조절하는 것으로 보고되었다(Gao *et al.*,

http://dx.doi.org/10.20402/ajbc.2025.0063

2022). 또한, 폴리페놀은 iNOS 및 COX-2 발현을 억제하여 산화 질소(NO) 및 prostaglandin E2 (PGE2) 생성을 감소시키는 역할을 한다(Wu *et al*., 2018).

C. sonchifolium 생잎 추출물은 앞선 항산화 분석에서 높은 TPC 및 TFC 값을 나타냈으며, 이는 염증 반응 억제에 기여했을 가능성이 있다. 따라서 본 추출물은 LPS로 유도된 염증 반응 모델에서 TNF-α 발현을 효과적으로 억제하며, 항산화 활성이 높고 세포 독성을 유발하지 않는 특성을 바탕으로 천연 유래 항염 소재로서의 가능성을 보여준다. 이러한 결과는 앞서 확인된 항산화 및 멜라닌 생성 관련 효소 억제 효능과 함께 *C. sonchifolium*의 다중 생리활성 특성을 뒷받침하며, 향후 화장품 및 피부 건강 보조제 개발에 있어 유용한 기초 자료로 활용될 수 있다.

Conclusion

본 연구는 *C. sonchifolium*의 부위(잎 및 뿌리), 전처리 방법(생 vs. 건조, 절편 vs. 분쇄), 그리고 열수 추출 조건(온도 및 시간)에 따른 생리활성 차이를 체계적으로 분석하였다. 항산화 활성은 잎 추출물에서 가장 우수하게 나타났으며, 특히 건조 및 분쇄된 잎을 90℃에서 120 min 추출한 조건에서 총 폴리페놀 함량(TPC)은 21.7 mg GAE/g DW, DPPH EC_{50}은 4.23 mg/mL로 확인되었다. 이는 뿌리 추출물의 EC_{50} (7.27 mg/mL) 대비 약 41.8% 높은 항산화 효율을 의미한다.

반면, tyrosinase 저해 및 L-DOPA 산화 억제 효능은 뿌리 추출물에서 더 높게 나타났으며, tyrosinase 저해율은 24.73%, L-DOPA 산화 저해율은 14.29%로 잎 추출물보다 우수한 활성을 보였다. 세포 독성 평가에서는 100 μg/mL 농도까지 94% 이상의 생존율을 유지하였고, TNF-α 발현은 최대 14.7% 감소하여 항염 효과도 입증되었다.

이러한 결과는 *C. sonchifolium*이 항산화와 항염은 물론, tyrosinase 저해 및 L-DOPA 산화 억제를 통한 멜라닌 생성 억제 가능성까지 지닌 다중 생리활성 천연 소재임을 보여준다. 특히 항산화 및 항염을 목표로 할 때에는 잎 추출물이, 멜라닌 생성 억제에 초점을 둘 때에는 뿌리 추출물이 상대적으로 유리하다는 점이 분명해졌다. 따라서 본 연구는 고들빼기의 부위별 활성 차이에 근거한 맞춤형 활용 전략을 제시함으로써 향후 산업적 응용을 위한 기초 자료를 제공한다는 의미가 있다. 아울러 동일 종에서 부위, 전처리, 열수 조건을 체계적으로 비교해 기능 지표와 원료 부위를 정량적으로 연결했다는 점에서 학문적 기여가 있으며, 열수 추출 기반 공정에서 표준화 가능한 추출 변수(건조, 분쇄, 온도, 시간)를 제시해 제품 설계와 품질관리 기준 마련에도 실무적 가치를 더한다. 다만 본 연구는 *in vitro* 효소 억제와 단일 세포 모델 결과에 근거하므로 임상 수준의 효능을 직접 단정하기는 어렵다는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 멜라닌 정량과 표적 단백질 분석, 인체 유래 tyrosinase 및 인공 피부 모델 검증을 통한 평가 지표의 확립이 필요하다. 이러한 후속 검증과 표준화가 갖춰질 때 본 연구의 부위 맞춤형 전략은 원료 개발과 제품 설계로 확장될 것이다.

This study is part of Kwang Hee Kim's Ph.D. thesis at Soongsil University, Seoul, Korea.

Author's contribution

KHK and TEK contributed equally to this work. KHK and TEK performed the experiments, analyzed the data, and contributed to manuscript preparation. YJK and NHL assisted with the experiments, verified the accuracy of the results, and contributed to data interpretation. KHK, TEK, YJK, and NHL, with assistance from HWR, designed the experiments and drafted and revised the manuscript.

Author details

Kwang Hee Kim (Ph.D.), Department of Chemical Engineering, Soongsil University, 369 Sangdo-ro, Dongjak-gu, Seoul 06978, Korea; Tae Eun Kim (Assistant Professor), Major of Bio-Cosmetics Engineering, Division of Convergence, Sungkyul University, 53 Seonggyeoldaehak-ro, Manan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do 14097, Korea; Yeo Jin Kim (Ph.D.)/Nam Hee Lee (Graduate Student)/Hee Wook Ryu (Professor), Department of Chemical Engineering, Soongsil University, 369 Sangdo-ro, Dongjak-gu, Seoul 06978, Korea.

References

Baek HY, Song YG, Kim K, Kim H, Lee KC, Chae CJ, Koo HJ. The effects of salinity stress on the antioxidant and anti-inflammatory activities of *Crepidiastrum sonchifolium*. *Journal of Practical Agriculture and Fisheries Research*, 26: 5-13, 2024.

Bermúdez-Gómez P, Fernández-López J, Pérez-Clavijo M, Viuda-Martos M. Evaluation of sample size influence on chemical characterization and *in vitro* antioxidant properties of flours obtained from mushroom stems coproducts. *Antioxidants*, 13: 349, 2024.

Cardoso R, Valente R, Souza da Costa CH, Gonçalves Vianez JLS Jr, Santana da Costa K, de Molfetta FA, Nahum Alves C. Analysis of kojic acid derivatives as competitive inhibitors

of tyrosinase: a molecular modeling approach. *Molecules*, 26: 2875, 2021.

Cheng Y, Xue F, Yang Y. Hot water extraction of antioxidants from tea leaves—optimization of brewing conditions for preparing antioxidant-rich tea drinks. *Molecules*, 28: 3030, 2023.

Dwevedi D, Srivastava A. Molecular mechanisms of polyphenols in management of skin aging. *Current Aging Science*, 17: 180-188, 2024.

Gao M, Peng X, Tang J, Deng J, Wang F, Zhang Y, Zhao P, Kan H, Liu Y. Anti-inflammatory effects of *Camellia fascicularis* polyphenols via attenuation of NF-κB and MAPK pathways in LPS-induced THP-1 macrophages. *Journal of Inflammation Research*, 15: 851-864, 2022.

Gęgotek A, Skrzydlewska E. Antioxidative and anti-inflammatory activity of ascorbic acid. *Antioxidants*, 11: 1993, 2022.

Gonçalves S, Moreira E, Grosso C, Andrade PB, Valentão P, Romano A. Phenolic profile, antioxidant activity and enzyme inhibitory activities of extracts from aromatic plants used in mediterranean diet. *Journal of Food Science and Technology*, 54: 219-227, 2017.

Gosslau A, Li S, Ho CT, Chen KY, Rawson NE. The importance of natural product characterization in studies of their anti-inflammatory activity. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55: 74-82, 2011.

Gu C, Howell K, Dunshea FR, Suleria HA. LC-ESI-QTOF/MS characterisation of phenolic acids and flavonoids in polyphenol-rich fruits and vegetables and their potential antioxidant activities. *Antioxidants*, 8: 405, 2019.

Hong MS, Yoon Y, An S, An IS, Byun B. Protective effects of the natural ingredient quercetin in human dermal fibroblasts. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology,* 10: 571-579, 2012.

Ibañez E, Kubátová A, Señoráns FJ, Cavero S, Reglero G, Hawthorne SB. Subcritical water extraction of antioxidant compounds from rosemary plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 375-382, 2003.

Kim KH, Kim TE, Ryu HW. Physiological activity and functional properties of *Ixeris dentata* hot water extracts: potential for use as cosmetic ingredients. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 23: 179-190, 2025.

Kim SH, Lee JB. A study on the antioxidative and anti-inflammatory properties of *Gloiopeltis furcata* extract obtained using different concentrations of ethanol. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 21: 41-50, 2023.

Lee G, Yeom A, Park CM, Joung MS, Lee GY. Evaluation of biological activities of *Diphylleia grayi* extract as a natural cosmetic ingredient. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 18: 437-445, 2020.

Lee K, Park S. Anti-oxidant, anti-bacterial, and anti-inflammatory activity of *Scutellaria baicalensis root* supercritical fluid extracts. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 34: 2024.

Levine SJ. Tumor necrosis factor alpha (TNF-α). In: Encyclopedia of respiratory medicine. Laurent GJ, Shapiro SD (eds.), Academic Press, London, pp307-311, 2006.

Liu W, Yu A, Xie Y, Yao H, Sun C, Gao H, He J, Ao C, Tang D. Drying enhances the antioxidant activity of *Allium mongolicum* Regel through the phenylpropane and AA-MA pathway as shown by metabolomics. *Food Chemistry: X*, 22: 101436, 2024.

Park HJ, Yoon GM, Lee SH, Jang GY, Kim MY, Meishan L, Lee J, Jeong HS. Effects of extraction temperature and time on antioxidant activities of *Rhus verniciflua* extract. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 42: 1776-1782, 2013.

Ren J, Jiang Y, Ma X, Liu Y, You S. Antitumor effects of sesquiterpene lactones from *Crepidiastrum sonchifolium* and their derivates. *Asian Journal of Traditional Medicine*, 1: 130-137, 2006.

Singh K, Sharma V. Non-thermal processing techniques for the extraction of bioactive components of food. In: Bioactive components: a sustainable system for good health and well-being. Springer, Cham, pp585-594, 2022.

Touw AJ, van Dam NM. Optimal chemical defence allocation in roots: where, why and how?. *Phytochemistry Reviews*, 24: 27-36, 2025.

Tulsawani R, Sharma P, Manimaran M, Koganti P, Singh M, Meena DK, Negi PS, Misra K. Effects of extraction temperature on efficacy of lingzhi or reishi medicinal mushroom, *Ganoderma lucidum* (*Agaricomycetes*), aqueous extract against oxidative stress. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 22: 547-558, 2020.

Vardar Acar N, Özgül RK. The bridge between cell survival and cell death: reactive oxygen species-mediated cellular stress. *EXCLI Journal*, 22: 520, 2023.

Wu H, Pang H, Chen Y, Huang L, Liu H, Zheng Y, Sun C, Zhang G, Wang G. Anti-inflammatory effect of a polyphenol-enriched

http://dx.doi.org/10.20402/ajbc.2025.0063

fraction from *Acalypha wilkesiana* on lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages and acetaminophen-induced liver injury in mice. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018: 7858094, 2018.

Wu Y, Liu Y, Jia Y, Feng CH, Zhang H, Ren F, Zhao G. Effects of thermal processing on natural antioxidants in fruits and vegetables. *Food Research International*, 192: 114797, 2024.

Yoganandham ST, Sathyamoorthy G, Renuka RR. Chapter 8-Emerging extraction techniques: hydrothermal processing. In: Sustainable Seaweed Technologies. Elsevier, Amsterdam, pp191-205, 2020.

Zhang Q, Lin L, Ye W. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13: 20, 2018b.

Zhang S, Duan E. Fighting against skin aging: the way from bench to bedside. *Cell Transplantation*, 27: 729-738, 2018a.

Zhang YC, Zhou L, Ng KY. Sesquiterpene lactones from *Ixeris sonchifolia* Hance and their cytotoxicities on A549 human non-small cell lung cancer cells. *Journal of Asian Natural Products Research*, 11: 294-298, 2009.

국문초록

고들빼기(*Crepidiastrum sonchifolium*) 부위 및 전처리 조건에 따른 열수 추출물의 생리활성 차이

김광희[1], 김태은[2], 김여진[1], 이남희[1], 류희욱[1*]
[1]숭실대학교 화학공학과, 서울, 한국
[2]성결대학교 융합학부 바이오화장품공학, 경기도 안양시, 한국

목적: 본 연구는 국산 엽채류인 고들빼기(*Crepidiastrum sonchifolium*)의 부위, 전처리 방법, 열수 추출 조건에 따른 항산화, tyrosinase 저해 및 L-DOPA 산화 억제, 항염 활성을 체계적으로 비교·평가하여 최적 활용 전략을 제시하고자 수행되었다. **방법:** 잎과 뿌리를 생·건조 후 절편(5×5 mm) 또는 분쇄(500 W, 30 s) 형태로 전처리하고, 70–100℃에서 30–120 min간 열수 추출하였다. 추출물의 총 폴리페놀(TPC), 총 플라보노이드(TFC), DPPH 소거, tyrosinase 저해 및 L-DOPA 산화 억제, HDFn 세포 생존율, LPS 유도 TNF-α 억제 효과를 측정하였다. **결과:** 분쇄 건조 잎을 90℃, 120 min 추출 조건에서 TPC 21.7 mg GAE/g DW, DPPH EC_{50} 4.23 mg/mL로 우수한 항산화 활성을 보였다. 뿌리 추출물은 항산화는 낮았으나, tyrosinase 저해율(24.73%)과 L-DOPA 산화 저해율(14.29%)이 잎 추출물보다 높게 나타났다. 세포 독성은 100 μg/mL까지 94% 이상의 생존율을 유지했고, TNF-α 발현은 최대 14.7% 감소하였다. **결론:** 고들빼기 잎 추출물은 항산화·항염 응용에, 뿌리 추출물은 멜라닌 생성 관련 효소 단계의 억제 소재로 적합함을 확인하였다.

핵심어: 고들빼기(*Crepidiastrum sonchifolium*), 열수 추출, 항산화 활성, 항염효과, Tyrosinase 저해

참고문헌

김광희, 김태은, 류희욱. 씀바귀(*Ixeris dentata*) 열수 추출물의 생리활성 및 기능성 특성 분석: 화장품 소재로의 활용 가능성. *아시안뷰티화장품학술지*, 23: 179–190, 2025.

김숙희, 이자복. 다양한 농도의 에탄올로 추출한 불등풀가사리 추출물의 항산화, 항염 특성에 관한 연구. *아시안뷰티화장품학술지*, 21: 41–50, 2023.

박혜진, 윤건묵, 이상훈, 장귀영, 김민영, 메이산, 이준수, 정헌상. 추출 온도와 시간이 옻나무 추출물의 항산화활성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 42: 1776–1782, 2013.

백하영, 송영근, 김경준, 김형주, 이경철, 채철주, 구현정. 염분 스트레스가 고들빼기의 항산화 및 항염증 활성에 미치는 영향. *현장농수산연구지*, 26: 5–13, 2024.

이기복, 염아름, 박창민, 정민석, 이기용. *Diphylleia grayi* 추출물의 천연 화장품 원료로서의 생리활성 효능 평가. *아시안뷰티화장품학술지*, 18: 437–445, 2020.

홍미선, 윤영민, 안성관, 안인숙, 변부형. 인간 진피 섬유아세포에서 천연성분 퀴세틴의 작용기전. *아시안뷰티화장품학술지*, 10: 571–579, 2012.

http://dx.doi.org/10.20402/ajbc.2025.0063

中文摘要

不同部位和预处理条件下紫花地丁热水提取物生理活性的差异

金佻姬[1]， 金泰葭[2]， 金呂眞[1]，李男熙[1]，柳熙旭[1*]
[1]崇实大学化学工程科，首尔，韩国
[2]圣洁大学融合学部生物化妆品工程科，京畿道安养市，韩国

目的： 本研究系统地评估了紫花地丁的抗氧化、酪氨酸酶抑制、L-多巴氧化抑制和抗炎活性，具体取决于植物部位、预处理方法和热水提取条件，旨在提出最佳利用策略。**方法：** 将新鲜或干燥的叶和根进行预处理，切片(5×5 mm)或研磨(500 W，30 s)，在70°C-100°C的热水中提取30-120 min。分析总酚含量(TPC)、总黄酮含量(TFC)、2,2-二苯基-1-苦基肼(DPPH)自由基清除活性、酪氨酸酶抑制活性、L-多巴氧化抑制活性、人真皮成纤维细胞新生细胞(HDFn)活力以及脂多糖(LPS)诱导的肿瘤坏死因子-α (TNF-α)抑制活性。 **结果：** 在90°C下，干燥120 min获得的研磨干燥叶提取物表现出较高的抗氧化活性，其TPC含量为21.7 mg GAE/g DW，DPPH EC_{50}为4.23 mg/mL。根提取物的抗氧化活性较低，但酶抑制活性较高(酪氨酸酶抑制率为24.73%； L-DOPA抑制率为14.29%)。细胞毒性可忽略不计，在100 μg/mL浓度下，HDFn细胞存活率>94%，而TNF-α表达降低高达14.7%。**结论：** 这些结果表明，叶提取物适用于抗氧化和抗炎应用，而根提取物有望作为黑素生成相关酶促步骤的抑制剂。总而言之，*C. sonchifolium* 作为一种天然功能性资源展现出巨大的潜力。

关键词： *Crepidiastrum sonchifolium*，热水提取物，抗氧化活性，抗炎活性，酪氨酸酶抑制