



Research Article

# Optimization of solvent polarity for maximizing maysin yield and antioxidant efficacy in *Eremochloa ophiuroides* extracts

## 용매극성 최적화를 통한 센티페드그라스(*Eremochloa ophiuroides*) 추출물의 maysin 함량 및 항산화 효능 향상

Ji Su Mun, Eun Mi Lee, Chang Won Kang, Hyun Jun Choi, Seong Hee Kang\*

문지수 · 이은미 · 강창원 · 최현준 · 강성희\*

R&D Center, Bio Maysin Co., Ltd., Jeongeup 56212, Korea

주식회사 바이오메이신 기술연구소

**Abstract** Reactive oxygen species (ROS) drive oxidative damage linked to carcinogenesis, cardiovascular dysfunction, neurodegeneration, and other chronic diseases. Although synthetic antioxidants such as BHA and BHT are effective radical quenchers, safety concerns have prompted interest in natural alternatives. *Eremochloa ophiuroides* is rich in C-glycosyl flavones, particularly maysin (6-C-glucosyl-2"-O- $\alpha$ -L-rhamnosyl apigenin), known for its bioactivity. This study assessed the impact of solvent polarity on phytochemical extraction and antioxidant capacity using water, hot water (90°C), 80% ethanol, 80% methanol, and 80% acetone. The 80% ethanol extract yielded the highest total phenolics (0.46 mg GAE/g), flavonoids (0.26 mg QE/g), and maysin (21.9 mg/g). It also exhibited the strongest antioxidant activities with the lowest IC<sub>50</sub> values for DPPH radical (53.8  $\mu$ g/mL), ABTS radical (34.2  $\mu$ g/mL), and xanthine/xanthine-oxidase superoxide (IC<sub>50</sub>=9.1  $\mu$ g/mL). Pearson's correlation analysis revealed a strong inverse correlation between maysin concentration and the average IC<sub>50</sub> value obtained from DPPH and ABTS assays ( $r=-0.93$ ), identifying maysin as a key contributor. Additionally, proximate analysis showed high levels of ascorbic acid (883 mg/100 g) and potassium (6.6 g/100 g), suggesting synergistic antioxidant potential. These findings designate the 80% ethanol extract of *E. ophiuroides* as a potent, nutrient-rich antioxidant source suitable for application in functional foods, nutraceuticals, and dermo-cosmetic products targeting ROS-mediated disorders.

**Keywords** *Eremochloa ophiuroides*, maysin, antioxidant, ROS, xanthine



OPEN ACCESS

**Citation:** Mun JS, Lee EM, Kang CW, Choi HJ, Kang SH. Optimization of solvent polarity for maximizing maysin yield and antioxidant efficacy in *Eremochloa ophiuroides* extracts. Food Sci. Preserv., 33(1), 140-150 (2026)

**Received:** July 04, 2025  
**Revised:** September 10, 2025  
**Accepted:** September 12, 2025

**\*Corresponding author**  
 Seong Hee Kang  
 Tel: +82-63-536-1334  
 E-mail: Kshee@biomaysin.com

Copyright © 2026 The Korean Society of Food Preservation. 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.

## 1. 서론

활성산소종(reactive oxygen species)은 superoxide radical (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>), hydroxyl radical (•OH), singlet oxygen (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>), hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 등을 포함하며, 불완전한 전자 구조로 인해 핵산, 단백질, 지질을 산화시켜 세포 기능 이상과 만성 염증을 유발시킨다(Van den Ende 등, 2011). 정상적인 미토콘드리아 호흡 과정 중 최대 5%가 활성산소종으로 전환되는 것으로 추정되며(Zwart 등, 1999), 흡연, 과도한 음주, 자외선, 스트레스 등 외인성 요인 또한 활성산소종의 생성을 촉진시킨다(Crack과 Taylor, 2005). 인체는 superoxide dismutase (SOD), catalase, glutathione peroxidase 등 내인성 항산화 효소와 glutathione 같은 비효소적 항산화 시스템이 활성산소종을 제거, 해독하지만 노화와 환경적인 스트레스에 따라 이러한 방어 체계가 약화되면 암, 심혈관계 질환, 신경퇴행성 질환 등 다양한

질환이 촉발될 수 있다(Xiao 등, 2017). 이러한 산화적 스트레스로 인한 활성산소종을 억제하고 산화적 손상을 예방하기 위해 hydroxyanisole (BHA)와 butylated hydroxytoluene (BHT) 같은 합성 항산화제가 사용되어 왔지만, 장기간 섭취 시 독성과 잠재적 발암성 등이 보고되면서(Jun 등, 2001), 보다 안전성이 확보된 천연 항산화제 탐색이 요구되고 있다. 식물 유래 polyphenol과 flavonoid는 전자 공여, 금속 이온 킬레이션, 항산화 효소 발현 조절 등을 통해 활성산소종을 직접 제거하거나 내인성 방어 체계를 강화하여 활성산소종에 대한 방어 효과를 나타내는 것으로 알려져 있어(Shomali 등, 2022), 천연 항산화 소재로서 주목받고 있다.

센티페드그라스[*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.]는 중국을 기원지로 하는 다년생 C<sub>4</sub> 잔디로, 주로 동남아시아와 남미에 널리 분포하며 곤충·병원균 저항성과 내열·내담압성이 뛰어나 사료용과 스포츠 터프용 잔디로 활용되어 왔다(Hanna, 1995; Hanna와 Burton, 1978; Islam과 Hirata, 2005). 최근 식물 화학 연구에 따르면, 센티페드그라스 잎에는 maysin, isoorientin, orientin, luteolin 유도체 등 C-glycosyl flavone이 고농도로 축적되어 있는 것으로 보고되었다(Badaboina 등, 2013). 이 가운데 maysin (6-C-glucosyl-2"-O- $\alpha$ -L-rhamnosyl apigenin)은 면역 증진, 지방 축적 억제, 항산화, 항암 활성을 나타내는 핵심 성분으로 알려져 있다(Choi 등, 2014; Lee 등, 2014; Maksimović 등, 2005; Weiss 등, 1979). 더 나아가  $\gamma$ 선 조사 처리 시 maysin 함량이 유의적으로 증가하고(Lee 등, 2011), DPPH radical 및 ABTS radical 소거능이 향상된다는 결과가 보고되었으며(Lee 등, 2011), 고염 스트레스 조건에서도 항산화 효소 활성 및 polyphenol 축적이 유지되어 내염성과 항산화성이 밀접하게 연관됨이 제시된바 있다(Maeda 등, 2011). 현재까지 다양한 천연물의 항산화 활성에 대한 연구가 이루어져 왔지만, C-glycosyl flavone 계열의 생리활성 물질을 고농도로 함유하고 있음에도 불구하고 센티페드그라스의 항산화 소재로서의 기능성 평가는 제한적으로 이루어져 왔다. 특히, 저활용 식물 자원으로서 새로운 기능성 소재 개발 가능성이 매우 높음에도 용매별 화학 조성 및 항산화 활성을 체계적으로 비교한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 센티페드그라스에 대한 식품, 의약 또는 기능성 소재로서의 활용 연구를 기존에 보고된 항산화 소재들과 비교하여 차별성과 우수성을 바탕으로 잠재적 기능성 소재로서의 가능성을 평가하고자 하였다.

이에 본 연구에서는, 물, 열수(90°C), 80% 에탄올, 80% 메탄올, 80% 아세톤을 용매로 침지 추출을 수행한 뒤, 각 추출물의 총 polyphenol 및 총 flavonoid 함량과 maysin 함량을 HPLC로 정량하였다. 또한, DPPH radical 및 ABTS radical 소거능과 xanthine 유래 superoxide 소거능을 평가하여, 추출 용매·화학 조성-항산화 효능 간 상관 구조를 규명하고자 하였다. 본 연구 결과는 센티페드그라스 유래 천연 항산화 소재의 최적 추출 조

건을 제시함으로써, 기능성 식·의약 및 화장품 원료 개발에 과학적 근거를 제공할 것으로 기대된다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험 재료

본 연구에 사용된 센티페드그라스[*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.]는 ㈜바이오메이신 전용 재배 농지(전북특별자치도 익산시 소재)에서 수확하여 사용하였으며, 수확된 센티페드그라스는 흐르는 물에 세척 후 자연 건조하여 건조로 사용하였다. 센티페드그라스 건조 20 g을 80% 에탄올, 80% 메탄올, 80% 아세톤, 물, 열수(90°C) 400 mL를 용매로 1일간 침지 추출하였으며, 이 과정을 3회 반복하였다. 추출액은 여과지로 여과한 후 50°C 수욕상에서 감압 농축하였으며, 물 추출물의 경우 소량의 에탄올을 단계적으로 첨가하여 농축 효율을 높여주었다. 농축된 시료는 밀봉하고 보관하여 실험에 필요한 시료로 사용하였다.

### 2.2. Total polyphenol과 total flavonoid 함량 측정

용매별 센티페드그라스 추출물 내 polyphenol 함량은 추출물 5 mg을 1 mL의 추출 용매로 용해하여 분석에 필요한 시료로 사용하였다. Cicco 등(2009)의 방법에 따라 각 시료와 Folin & Ciocalteu 시약을 정확히 동량 혼합한 후 0.1 M의 sodium carbonate 용액 800  $\mu$ L를 가하여 40°C에서 20분 동안 반응시키고, 10분 동안 냉각시킨 뒤 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid를 표준물질로 농도에 따른 일차방정식( $y = 0.0009x + 0.0355$ ,  $R^2=0.9988$ )을 이용하여 총 페놀 함량[mg gallic acid equivalent (GAE)/g]으로 계산하였다. flavonoid 함량 측정은 용매별 센티페드그라스 추출물 시료 1 mL과 5%의 sodium nitrite 용액 30  $\mu$ L를 혼합하여 정확히 5분 반응시킨 후 10%의 aluminum chloride 용액 30  $\mu$ L와 1 M의 sodium hydroxide 용액 200  $\mu$ L를 가하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다(Lee 등, 2012). Flavonoid 함량은 quercetin을 표준물질로 농도에 따른 일차방정식( $y = 0.0011x + 0.0836$ ,  $R^2=0.9951$ )을 이용하여 총 flavonoid 함량[mg quercetin equivalent (QE)/g]으로 계산하여 나타내었다.

### 2.3. Maysin 함량 측정

Maysin 표준물질은 ㈜바이오메이신에서 센티페드그라스로부터 반복적인 칼럼크로마토그래피를 수행하여 순수한 단일 물질로 분리 정제하고 NMR 및 high-resolution electrospray ionization mass spectrometry 등 분광학적 분석을 수행하여 화합물의 구조를 동정하였다. 용매별 센티페드그라스 추출물 내 maysin의 함량을 분석하기 위해 시료 5 mg을 정밀히 달아

50% 메탄올 1 mL를 첨가한 뒤, 10분간 초음파를 가하여 시료를 용해하였다. 이후 원심분리(10,770 × g, 5 min)하여 상등액을 취해 분석에 필요한 시료로 사용하였다. 분석에 사용된 HPLC는 SPD prominence UV/VIS detector가 장착된 HPLC (LC-20AD, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였으며, 컬럼은 YMC-Pack C18 column (4.6 mm I.D. × 150 mm; particle size 5 µm; YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)을 사용하였다. 컬럼의 온도는 40°C를 유지하였으며 mobile phase는 용매 A (0.1% formic acid가 포함된 물)와 용매 B (acetonitrile)를 분당 1 mL의 유속으로 흘려주었다(Table 1).

#### 2.4. DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 측정

용매별 센티페드그라스 추출물의 DPPH radical 소거 활성을 측정하기 위해 시료 50 µL와 에탄올을 용매로 제조한 0.2 mM의 DPPH 용액 200 µL를 96-well plate에 가하여 실온의 암소에서 정확히 30분간 반응시킨 후 microplate reader를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Yoshida 등, 1989). 용매별 센티페드그라스 추출물의 ABTS radical 소거 활성을 평가하기 위해 7.4 mM의 ABTS 용액과 2.6 mM의 potassium persulfate 용액을 혼합하여 실온의 암소에서 24시간 동안 반응

**Table 1.** HPLC analytical conditions for maysin isolated from *Eremochloa ophiuroides*

Parameter	Condition		
Instrument	Shimadzu LC-20AD		
Detector	Shimadzu SPD-20A Prominence UV/VIS Detector		
Wavelength	360 nm		
Column	YMC-Pack C18 Column (4.6 mm I.D. × 150 mm; particle size 5 µm)		
Oven temperature	40°C		
Flow rate	1.0 mL/min		
Injection volume	5 µL		
Mobile phase	Time	A: 0.1% formic acid in H <sub>2</sub> O	B: acetonitrile
	5	85	15
	10	70	30
	15	50	50
	20	30	70
	25	0	100
	30	0	100
	31	95	5
	40	95	5

시켜 radical을 형성시켰으며, 흡광도의 값이 0.70±0.03이 되도록 phosphate buffered saline (pH 7.4)을 이용하여 적절히 희석하여 사용하였다. 이후, 희석된 ABTS 용액 190 µL와 시료 10 µL를 96-well plate에 가한 후 실온의 암소에서 10분간 반응시키고 microplate reader를 이용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조물질로 catechin을 사용하였다(Re 등, 1999).

#### 2.5. Xanthine 유래 superoxide radical 소거 활성 측정

용매별 센티페드그라스 추출물의 xanthine과 xanthine oxidase에 의해 생성되는 superoxide radical의 소거 활성을 측정하기 위해 시료 10 µL와 100 µM nitro blue tetrazolium (NBT)와 xanthine (250 µM)을 포함하는 phosphate buffer (pH 7.8, 20 mM)를 혼합하여 5분간 반응시켰다. 이후, xanthine oxidase (0.05 U/mL) 100 µL를 가하여 37°C에서 20분간 반응시킨 후 69 mM의 sodium dodecyl sulfate (SDS)를 가하여 반응을 멈춘 뒤 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. Superoxide radical 소거 활성에 대한 측정은 시료와 대조군이 NBT를 환원시키는 정도로 비교하였다(Thuong 등, 2007).

#### 2.6. 센티페드그라스 에탄올 추출물 내 영양성분 분석

센티페드그라스 에탄올 추출물의 영양성분 분석은 한국기능식품연구원(Seongnam, Korea)에서 수행되었다. 분석 항목은 비타민B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, E, K, 칼슘, 칼륨 등을 포함하며, 모든 항목은 식품의약품안전처 고시 「식품공전」에 명시된 시험법에 따라 분석되었다.

#### 2.7. 통계 분석

통계 자료의 값은 평균값±표준편차(mean±SD)로 표기하였으며, SPSS package program (version 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 유의성을 검증한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험군과의 차이를 p<0.05 유의수준에서 검증하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. Total polyphenol과 total flavonoid 함량

용매별 센티페드그라스 추출물 내 polyphenol 함량을 분석한 결과, 80% 에탄올 추출물이 0.46±0.01 mg GAE/g으로 가장 높았고, 이어 80% 메탄올(0.42±0.01 mg GAE/g), 열수(0.32±0.02 mg GAE/g), 물(0.30±0.01 mg GAE/g), 80% 아세톤(0.28±0.02 mg GAE/g) 순으로 나타났다(p<0.05). Flavonoid 함량 역시 에탄올 추출물이 0.26±0.02 mg QE/g으로 가장 높았으며, 메탄올(0.25±0.02 mg QE/g), 열수(0.17±0.02 mg QE/g), 물(0.17±0.02 mg QE/g), 아세톤(0.12±0.00 mg QE/g) 순으로

유의적 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ; Table 2). 70-80% 에탄올은 중간 정도의 극성을 가지기 때문에 친수성인 페놀성 수산기와 소수성인 benzopyran 골격을 모두 지닌 polyphenol 및 flavonoid를 효과적으로 용출시키는 용매로 알려져 있으며 (Kähkönen 등, 1999), 본 연구 결과도 이와 동일한 경향을 나타내었음을 확인하였다. Kim 등(2018)이 보고한 대나무 잎 추출물, Anokwuru 등(2011)이 보고한 남나무(*Azadirachta indica*) 추출물 연구에서도 70-80% 에탄올이 물 또는 메탄올, 아세톤 대비 높은 phenolic flavonoids 회수율을 나타낸 바 있어, 에탄올의 용출 효율이 다양한 식물 종에 걸쳐 재현됨을 시사한다. 종합하면, 센티페드그라스의 항산화 성분 추출에는 80% 에탄올이 가장 적합한 용매라고 판단되며, 해당 용매 조건에서 얻은 추출물이 다른 용매보다 높은 polyphenol 및 flavonoid 함량을 나타내는 만큼 radical 소거 활성 및 세포 기반 항산화 활성에서도 우수한 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

### 3.2. 추출용매에 따른 센티페드그라스 내 maysin 함량

센티페드그라스 추출물의 maysin 함량을 추출 용매별로 비교하기 위해 HPLC 분석을 수행하였으며, 각 추출물의 주요 성분 분에 대한 크로마토그램은 Fig. 1에 제시하였다. 정량 결과,

80% 에탄올 추출물이  $21.9 \pm 0.2$  mg/g으로 가장 높은 maysin 농도를 나타내었고, 80% 아세톤( $20.0 \pm 0.1$  mg/g)과 80% 메탄올( $17.8 \pm 0.2$  mg/g)이 그 뒤를 이었다. 반면, 물 추출물과 열수 추출물은 각각  $5.9 \pm 0.1$  mg/g,  $3.45 \pm 0.3$  mg/g로 유의적으로 낮았다. Chlorogenic acid와 isoorientin 또한 80% 에탄올에서 각각  $20.6 \pm 0.3$  mg/g,  $20.6 \pm 0.2$  mg/g으로 다른 용매 추출물보다 우수한 함량을 나타내었다( $p < 0.05$ ; Table 3). Maysin은 C-glycosyl flavone 계열로서 친수성(C-glucoside)과 지용성 특성을 갖는 benzopyran 고리 구조를 동시에 지니고 있어, 극성과 비극성 상호작용이 모두 가능한 특성을 나타낸다. Chlorogenic acid와 isoorientin 또한, 극성과 비극성 특성을 동시에 갖는 중간 극성의 화합물로서 중간 극성의 수용성 유기용매인 80% 에탄올에서 용해도가 높아 용출 효율이 극대화되는 경향을 보인다. 페놀계 화합물 및 플라보노이드 배당체는 70-80% 에탄올과 같은 중간 극성의 용매에서 가장 잘 용해되는 특성을 가지며(Sultana 등, 2009), 실제로 *Moringa oleifera* 잎(Wang 등, 2017), *Hylocereus polyrhizus* 종자(Zulkifli 등, 2020)에서도 70-80% 에탄올이 flavonoid 회수율을 극대화한 바 있다. Flavonoid는 대표적인 2차 대사산물로 전자 공여 및 금속 이온 킬레이션을 통해 강력한 활성산소종 소거 활성을 나타낸다(Pietta, 2000). 따라서,

**Table 2.** Extraction yield, total polyphenol and flavonoid contents of *Eremochloa ophiuroides* extract

Extraction solvent	Extraction yield (%)	Total polyphenol (mg GAE/g) <sup>1)</sup>	Total flavonoid (mg QE/g) <sup>2)</sup>
80% Ethanol	$3.33 \pm 0.11^{3)bd}$	$0.46 \pm 0.01^a$	$0.26 \pm 0.02^a$
80% Methanol	$4.25 \pm 0.07^a$	$0.42 \pm 0.01^b$	$0.25 \pm 0.02^a$
80% Acetone	$3.24 \pm 0.06^b$	$0.28 \pm 0.02^d$	$0.12 \pm 0.00^b$
Water	$3.84 \pm 0.08^{ab}$	$0.30 \pm 0.01^c$	$0.17 \pm 0.02^b$
Hot water	$1.23 \pm 0.05^c$	$0.32 \pm 0.02^c$	$0.17 \pm 0.02^c$

<sup>1)</sup>Total polyphenol content analyzed as gallic acid equivalent (GAE) mg/g of extract.

<sup>2)</sup>Total flavonoid content analyzed as quercetin equivalent (QE) mg/g of extract.

<sup>3)</sup>All values are mean $\pm$ SD (n=3).

<sup>4)</sup>Different superscript letters (<sup>a-c</sup>) represent significant differences at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

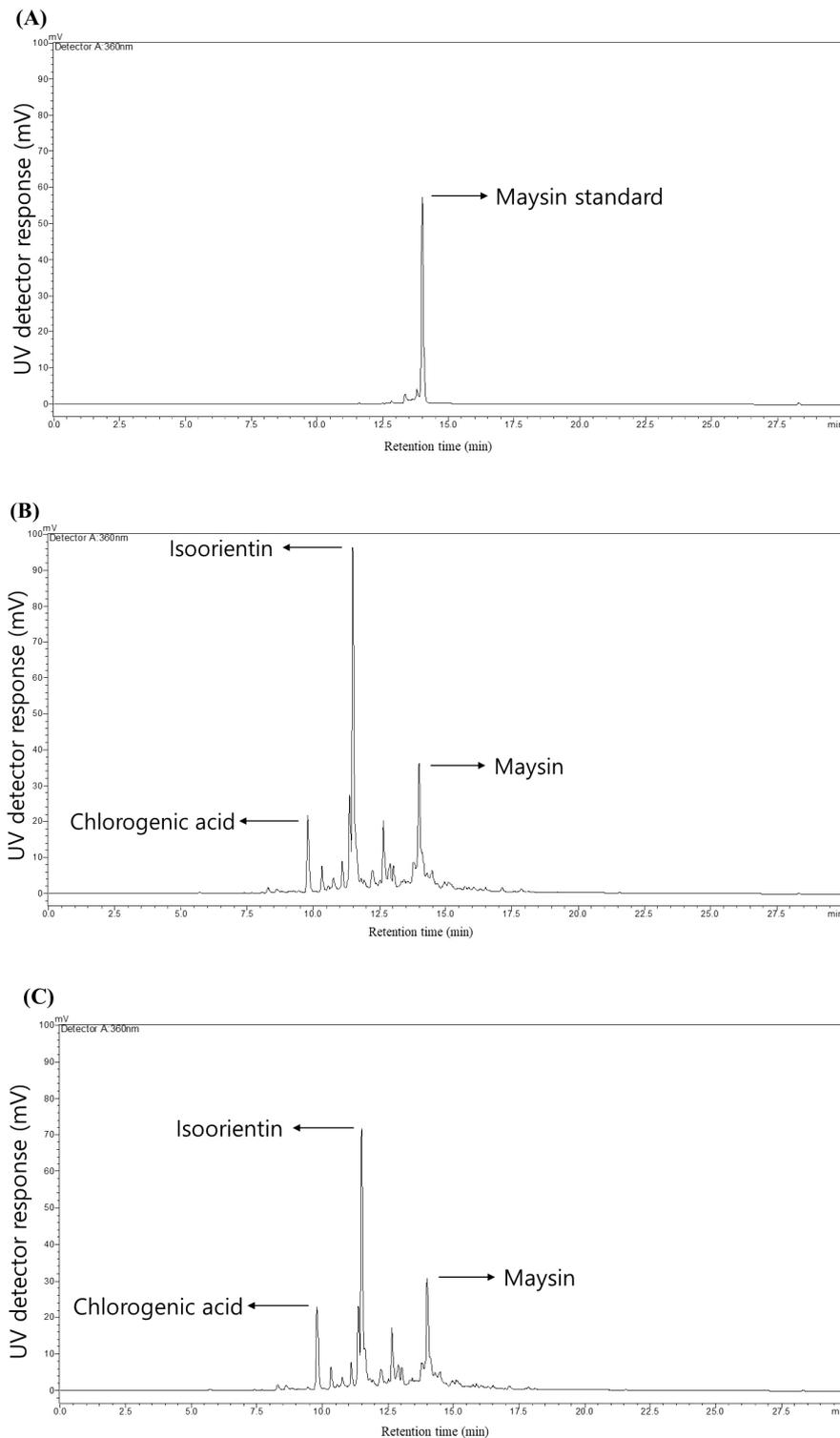
**Table 3.** Analysis of maysin and maysin derivatives contents in *Eremochloa ophiuroides* by solvent (unit: mg/g)

Constituents	Extraction solvent				
	80% Ethanol	80% Methanol	80% Acetone	Water	Hot water
Maysin	$21.93 \pm 0.24^{1)ab2)}$	$17.83 \pm 0.21^b$	$20.03 \pm 0.13^b$	$5.94 \pm 0.15^c$	$3.45 \pm 0.27^c$
Chlorogenic acid	$20.62 \pm 0.32^a$	$21.94 \pm 0.21^a$	$19.51 \pm 0.24^a$	ND <sup>3)</sup>	ND
Isoorientin	$20.62 \pm 0.23^a$	$15.92 \pm 0.32^c$	$18.15 \pm 0.23^b$	$2.77 \pm 0.42^d$	$2.93 \pm 0.12^d$
Total	$63.10 \pm 0.42^a$	$55.63 \pm 0.43^c$	$57.64 \pm 0.32^b$	$8.61 \pm 0.43^d$	$6.31 \pm 0.23^d$

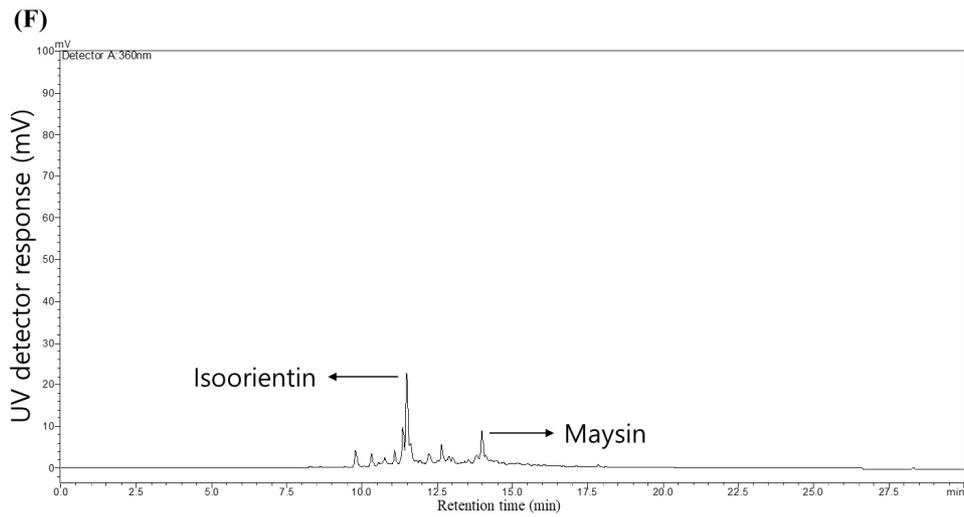
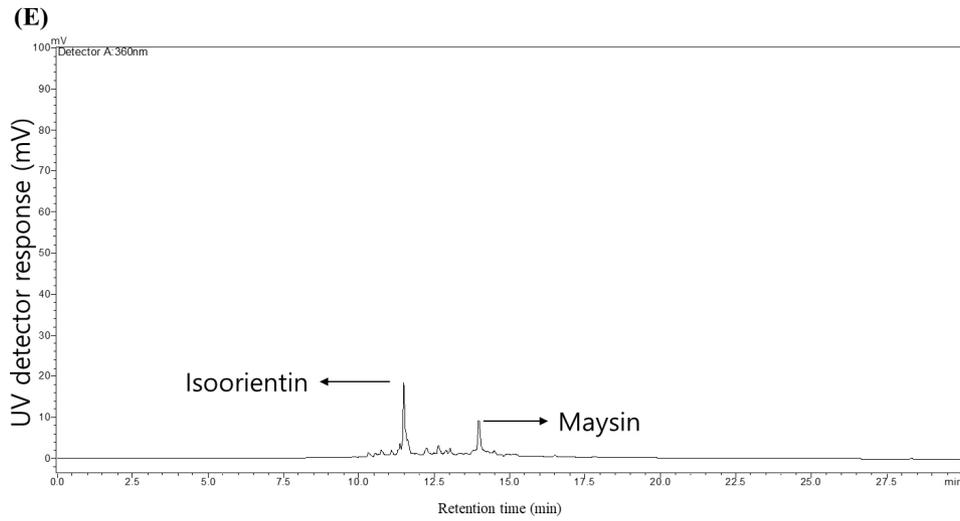
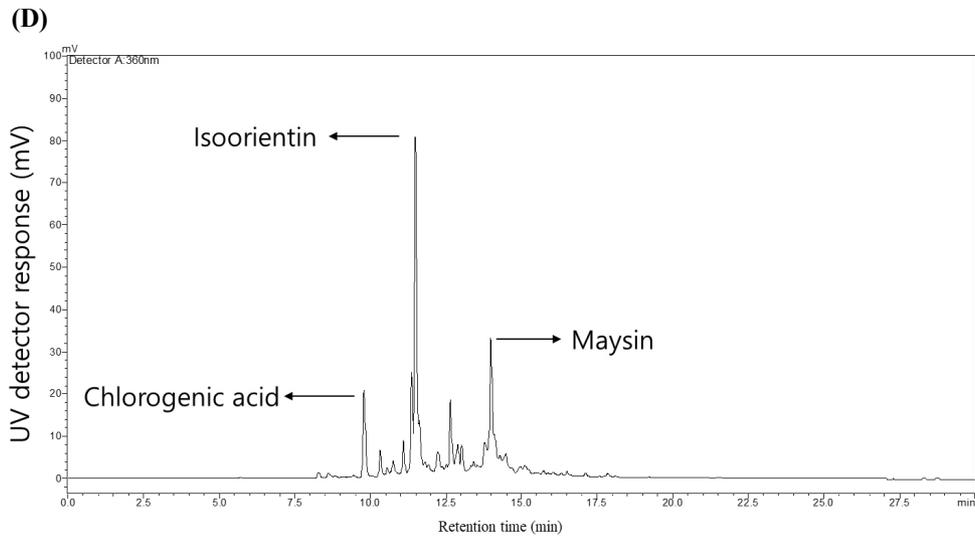
<sup>1)</sup>All values are mean $\pm$ SD (n=3).

<sup>2)</sup>Different superscript letters (<sup>a-d</sup>) represent significant differences at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

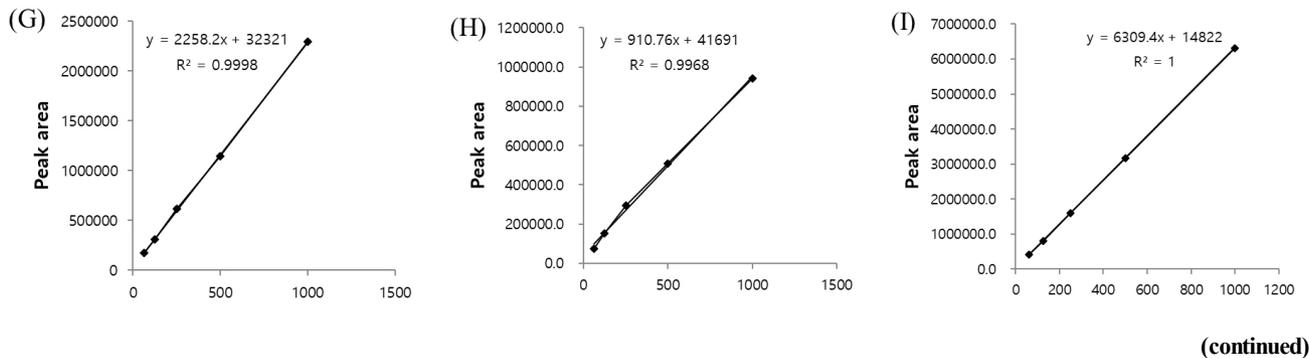
<sup>3)</sup>ND, not detected.



**Fig. 1.** HPLC chromatograms of maysin, chlorogenic acid, and isoorientin from *Eremochloa ophiuroides* extracts obtained using different extraction solvents. The Y-axis shows UV detector response (mV). (A), maysin standard; (B), 80% EtOH extract; (C), 80% MeOH extract; (D), 80% acetone extract; (E), water extract; (F), hot water extract; (G), maysin standard curve; (H), chlorogenic acid standard curve; (I), isoorientin standard curve.



(continued)

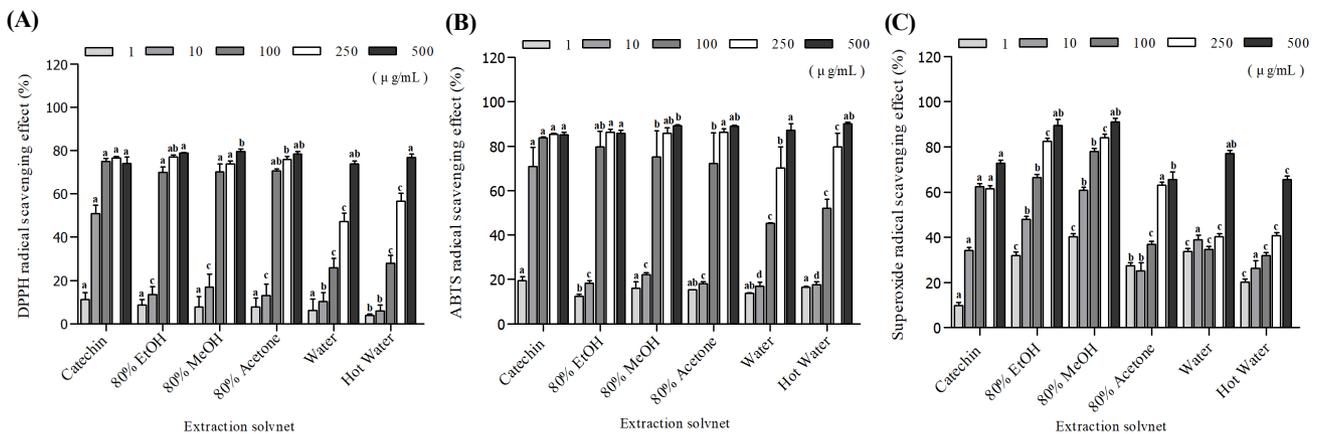


maysin과 chlorogenic acid, isoorientin이 고농도로 함유된 에탄올 추출물은 다른 용매 추출물보다 우수한 항산화 활성을 나타낼 것으로 기대된다.

### 3.3. DPPH 및 ABTS radical 소거 활성

DPPH radical과 ABTS radical 소거 활성법은 시료의 항산화능에 의해 radical이 제거 및 탈색되는 원리를 이용한 방법으로 항산화 활성을 평가하는데 널리 이용된다(Moreno 등, 2000). 본 연구에서는 각 추출물의 radical 소거능을 50% 저해농도인 IC<sub>50</sub> 값으로 비교하였다(Fig. 2, Table 4). 센티페드그라스 추출물의 DPPH radical 소거 활성은 80% 에탄올 추출물 53.8 µg/mL, 80% 메탄올 추출물 53.1 µg/mL, 80% 아세톤 추출물 55.4 µg/mL, 물 추출물 208.9 µg/mL, 열수 추출물 175.7 µg/mL로 측정되었으며, 에탄올과 메탄올 추출물의 IC<sub>50</sub> 값은 물, 열수 추출물에 비해 약 3-4배 낮아(p<0.05) 우수한 소거 활성을 나타내었다. ABTS radical 소거 활성 역시 80% 에탄올(34.2 µg/mL)과 80% 메탄올(33.5 µg/mL) 추출물이 가장 뛰어난 활성을 나타내었으며, 80% 아세톤(38.4 µg/mL), 열수(62.6 µg/mL),

물(88.0 µg/mL)이 뒤를 이었다. DPPH radical과 ABTS radical 두 모델에서 얻은 IC<sub>50</sub> 값은 매우 높은 양의 상관관계(r=0.97, p<0.01)를 나타내어 두 라디칼 시스템이 동일한 항산화 성분군에 의해 일관되게 영향을 받음을 시사하였다. 개별 성분과의 상관 분석 결과, maysin 함량은 평균 IC<sub>50</sub> 값과 강한 음의 상관을 보였다(r=-0.93), 반면 총 flavonoid 함량은 중등도 수준의 음의 상관(r=-0.39)을 나타내었다. 이는 maysin이 센티페드그라스 추출물의 라디칼 소거 활성에 핵심 기여 인자임을 뒷받침한다. 80% 에탄올 계열 용매가 flavonoid를 가장 효율적으로 회수한다는 점은 화살나무 잎(Min 등, 2023)과 님나무 잎(Anokwuru 등, 2011) 등 선행 연구와 일치한다. 또한 옥수수 수염 유래 순수 maysin은 DPPH radical 소거능이 양성 대조인 rutin을 능가하였으며(Kim 등, 2003), 본 실험에서 에탄올 추출물의 maysin 함량이 최고치(21.9 mg/g)였다는 점을 고려하면 maysin이 추출물의 항산화력 향상에 크게 기여한 것으로 판단된다. 자료 전반은 80% 에탄올·메탄올 추출 조건이 센티페드그라스의 항산화 유효 성분을 최적으로 농축함을 시사하며, 해당 추출물이 천연 항산화제 후보로서의 가치를 뒷받침한다.



**Fig. 2.** DPPH (A), ABTS (B), Xanthine-originated superoxide quenching activities (C) of the extract of *Eremochloa ophiuroides*. Different superscript letters (a-d) on the bars represent significant differences at p<0.05 by Duncan’s multiple range test.

**Table 4.** IC<sub>50</sub> values for DPPH radical, ABTS radical, and superoxide radical scavenging activities of *Eremochloa ophiuroides* extracts by solvent

Extraction solvent	DPPH radical (IC <sub>50</sub> <sup>1)</sup> value, µg/mL)	ABTS radical (IC <sub>50</sub> value, µg/mL)	Superoxide radical (IC <sub>50</sub> value, µg/mL)
80% Ethanol	53.82±13.51 <sup>2)a3)</sup>	34.23±8.04 <sup>d</sup>	9.13±2.27 <sup>b</sup>
80% Methanol	53.11±17.02 <sup>a</sup>	33.54±7.21 <sup>d</sup>	3.02±0.62 <sup>a</sup>
80% Acetone	55.47±10.64 <sup>a</sup>	38.42±17.43 <sup>ab</sup>	119.34±25.73 <sup>c</sup>
Water	208.92±102.13 <sup>c</sup>	88.04±8.05 <sup>d</sup>	140.81±63.25 <sup>c</sup>
Hot water	175.73±73.22 <sup>b</sup>	62.63±17.81 <sup>c</sup>	334.93±78.61 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>IC<sub>50</sub>: Concentration (µg/mL) required to scavenge 50% of radicals.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Different superscript letters (<sup>a-d</sup>) indicate significant differences at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

### 3.4. Xanthine 유래 superoxide radical 소거 활성

Xanthine oxidase (XO)는 xanthine을 기질로 하여 uric acid를 생성하는 과정에서 superoxide radical을 생성하고 hydrogen peroxide 등의 산화제로 작용하여 통풍을 유발하게 된다 (Hatano 등, 1989; Ziegler 등, 1971). Superoxide radical은 NBT와 반응하면 blue formazan을 생성하게 되는데 이때 시료의 항산화 활성과 반응하게 되면 청색의 blue formazan이 superoxide anion radical-NBT-complex 작용으로 인해 탈색되고, 페놀성 화합물에 의해 radical이 소거된다고 보고되어 있다 (Gülçin, 2006). 본 연구에서는 센티페드그라스를 용매별로 추출하였을 때 xanthine oxidase와 xanthine으로 인해 생성된 superoxide radical 소거 활성에 미치는 영향을 확인하였으며, 80% 메탄올 추출물이 가장 뛰어난 소거 활성을 나타내었고 그 뒤로 80% 에탄올 추출물이 우수한 소거 활성을 나타내었다 (p<0.01; Fig. 2, Table 4). 비극성 비율이 높은 아세톤과 물, 열수 추출물은 IC<sub>50</sub> 값이 120-335 µg/mL로 현저히 높게 분석되었으며, 메탄올은 제조, 식품의 적용에 독성을 나타내어 대체 용매로 부적합하기 때문에(Roopashree과 Naik, 2019), 80% 에탄올이 산업적 측면에서 항산화 소재를 개발하는 최적의 용매라고 판단된다. 본 연구 결과는 앞서 도출된 polyphenol, flavonoid 및 maysin 함량의 분포와 매우 일관되는 경향을 나타내는데 특히, 에탄올과 메탄올 추출물의 maysin (21.9 mg/g, 17.8 mg/g)은 페놀성 전자공여체로 superoxide radical을 소거하여 formazan의 형성을 억제한 것으로 사료된다.

### 3.5. 센티페드그라스 에탄올 추출물 내 영양성분 분석

센티페드그라스 80% 에탄올 추출물의 영양성분 분석 결과, 비타민 C는 883.3 mg/100 g, 칼륨은 6,608.5 mg/100 g로 매우 높은 함량을 나타내었다(Table 5). 비타민 C는 수용성 항산화제로서 활성산소종을 제거하고 산화된 tocopherol을 재생하는 역할을 하며(Davey 등, 2007), 칼륨은 신경과 근육의 정상적인

기능을 돕는 필수적인 전해질이다(Youn과 McDonough, 2009). 본 추출물에는 이들 미량 영양소 외에도 maysin (21.9 mg/g)을 포함한 C-glycosyl flavone이 고농도로 존재하며, 이전의 연구에서 보고된 항산화, 항염 효과(Lee 등, 2011)를 상호보완적으

**Table 5.** Nutritional composition of *Eremochloa ophiuroides* ethanol extract

Nutritional composition	
Moisture (%)	5.24±0.20 <sup>1)</sup>
Crude protein (%)	2.74±0.11
Crude fat (%)	7.83±0.11
Saturated fat (g/100 g)	1.53±0.11
Ash (%)	13.38±0.33
Carbohydrate (%)	71.01±0.23
Calcium (mg/100 g)	118.32±0.81
Potassium (mg/100 g)	6,608.53±67.63
Magnesium (mg/100 g)	446.24±2.32
Iron (mg/100 g)	2.76±0.21
Zinc (mg/100 g)	1.62±0.12
Phosphorus (mg/100 g)	366.24±0.14
Sodium (mg/100 g)	50.36±0.92
Vit <sup>2)</sup> B <sub>1</sub> (mg/100 g)	0.77±0.11
Vit B <sub>2</sub> (mg/100 g)	18.43±0.11
Vit C (mg/100 g)	883.31±4.70
Vit E (mg-α-TE <sup>3)</sup> /100 g)	74.35±0.11
Vit K (µg/100 g)	3,725.72±49.50

<sup>1)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Vit, vitamin.

<sup>3)</sup>TE, tocopherol equivalent.

로 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다. 센티페드그라스 추출물은 우수한 항산화 활성뿐만 아니라, 영양학적 가치 또한 뛰어난 기능성 및 식품 원료로서 우수한 잠재력이 있음이 확인되었다. 즉, 비타민과 미네랄, polyphenol 복합 성분을 포함하는 센티페드그라스 에탄올 추출물은 식의약 및 화장품 분야에서 다양한 항산화 소재로서의 활용 가치가 높음을 시사한다.

#### 4. 요약

본 연구에서는 서로 다른 극성을 지닌 용매를 이용하여 센티페드그라스를 추출한 후 각 추출물의 화학 조성과 항산화 활성을 체계적으로 비교 분석하였다. 추출 용매와 추출 시간은 자사에서 반복적인 추출 과정을 통해 확립된 결과를 토대로 진행하였으며, 그 결과 80% 에탄올 추출물에서 maysin과 polyphenol, flavonoid 함량이 가장 높게 검출되었다. 또한, DPPH radical 및 ABTS radical 소거 활성과 xanthine 유래 superoxide radical 소거 활성에서 모두 높은 항산화 활성을 나타내었다. 두 라디칼 모델에서 얻은 IC<sub>50</sub> 값은 강한 양의 상관을 보여 동일한 항산화 인자가 작용함을 시사했고, 특히 maysin의 농도와 IC<sub>50</sub> 값 간의 뚜렷한 음의 상관을 나타내어 maysin이 항산화 활성에 핵심 성분임을 확인하였다. 또한, 80% 에탄올 추출물은 비타민 C와 칼륨을 포함한 필수 영양소를 풍부하게 함유하고 있어, 항산화 활성을 나타내는 물질과 상호 보완적으로 작용할 가능성을 제시하였다. 이러한 결과는 센티페드그라스 80% 에탄올 추출물이 강력한 항산화 효능과 뛰어난 영양학적 가치를 지닌 천연 소재임을 입증하며, 향후 기능성 식품, 건강 보조제 등 다양한 분야에서 활용될 수 있는 과학적인 근거를 제공한다.

#### Funding

This research was supported by a grant (2024\_JE\_C\_1) from 「Jeonbuk Advanced Bio Research & Development」 Program funded by Jeonbuk Province.

#### Acknowledgements

None.

#### Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

#### Author contributions

Conceptualization: Mun JS, Lee EM, Kang CW, Choi HJ, Kang SH. Methodology: Mun JS, Lee EM, Kang CW, Choi HJ, Kang SH. Formal analysis: Mun JS, Kang SH. Validation: Lee EM, Kang SH. Writing - original draft: Mun JS. Writing - review & editing: Kang SH.

#### Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

#### ORCID

Ji Su Mun (First author)

<https://orcid.org/0009-0007-9937-5513>

Eun Mi Lee

<https://orcid.org/0009-0002-4755-6252>

Chang Won Kang

<https://orcid.org/0009-0000-2733-8827>

Hyun Jun Choi

<https://orcid.org/0009-0003-5006-9049>

Seong Hee Kang (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-1918-5530>

#### References

- Anokwuru CP, Anyasor GN, Ajibaye O, Fakoya O, Okebugwu P. Effect of extraction solvents on phenolic, flavonoid and antioxidant activities of three Nigerian medicinal plants. *Nat Sci*, 9, 53-61 (2011)
- Badaboina S, Bai HW, Park CH, Jang DM, Choi BY, Chung BY. Molecular mechanism of apoptosis induction in skin cancer cells by the centipede grass extract. *BMC Complement Altern Med*, 13, 350 (2013)
- Choi DJ, Kim SL, Choi JW, Park YI. Neuroprotective effects of corn silk maysin via inhibition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced apoptotic cell death in SK-N-MC cells. *Life Sci*, 109, 57-64 (2014)
- Cicco N, Lanorte MT, Paraggio M, Viggiano M, Lattanzio V. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micromethod in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchem J*, 91, 107-110 (2009)
- Crack PJ, Taylor JM. Reactive oxygen species and the modulation of stroke. *Free Radic Biol Med*, 38, 1433-1444 (2005)
- Davey MW, Auwerkerken A, Keulemans J. Relationship of apple vitamin C and antioxidant contents to harvest date and postharvest pathogen infection. *J Sci Food Agric*, 87, 802-813 (2007)
- de Zwart LL, Meerman JH, Commandeur JN, Vermeulen NP. Biomarkers of free radical damage: applications in experimental animals and in humans. *Free Radic Biol Med*, 26, 202-226 (1999)
- Gülçin İ. Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology*, 217, 213-220 (2006)
- Hanna WW. Centipede grass—Diversity and vulnerability.

- Crop Sci, 35, 332-334 (1995)
- Hanna WW, Burton GW. Cytology, reproductive behavior, and fertility characteristics of centipede grass 1. Crop Sci, 18, 835-837 (1978)
- Hatano T, Yasuhara T, Fukuda T, Noro T, Okuda T. Phenolic constituents of licorice. II. Structures of licopyranocoumarin, licoaryl coumarin and glisoflavone, and inhibitory effects of licorice phenolics on xanthine oxidase. Chem Pharm Bull, 37, 3005-3009 (1989)
- Hertog MGL, Hollman PCH, van de Putte B. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines, and fruit juices. J Agric Food Chem, 41, 1242-1246 (1993)
- Islam MA, Hirata M. Centipede grass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.): Growth behavior and multipurpose usages. Grassl Sci, 51, 183-190 (2005)
- Jun BS, Cha JY, Cho YS. Antioxidative activities of fruit extracts of *Paulownia tomentosa* stuffed. Korean J Postharvest Sci Technol, 8, 231-238 (2001)
- Kähkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J Agric Food Chem, 47, 3954-3962 (1999)
- Kim DS, Choi MH, Shin HJ. Polyphenol contents and antioxidant activities of domestic bamboo leaves with different extraction solvents. J Adv Eng Technol, 11, 7-13 (2018)
- Kim SL, Snook ME, Lee JO. Radical scavenging activity and cytotoxicity of maysin (C-glycosylflavone) isolated from silks of *Zea mays* L. Korean J Crop Sci, 48, 392-396 (2003)
- Lee EM, Lee SS, Bai HW, Cho JY, Kim TH, Chung BY. Effect of gamma irradiation on the pigments and the biological activities of methanolic extracts from leaves of centipede grass (*Eremochloa ophiuroides* Munro). Radiat Phys Chem, 91, 108-113 (2013)
- Lee EM, Lee SS, Hong SH, Cho JY, Lee IC, Chung BY. The remarkable increase of maysin and maysin derivatives contents from *Eremochloa ophiuroides* by various stresses. Paper presented at Transaction of Korean Nuclear Society Autumn Meeting, October 27-28, Gyeongju, Korea (2011)
- Lee J, Kim SL, Lee S, Chung MJ, Park YI. Immunostimulating activity of maysin isolated from corn silk in murine RAW 264.7 macrophages. BMB Rep, 47, 382-387 (2014)
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. Korean J Food Sci Technol, 44, 540-544 (2012)
- Maeda Y, Nagasawa T, Tsurumi T, Iida K, Nakazawa R, Tadano T. Physiological characteristics of salt tolerance in centipede grass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack. cv. TifBlair). Grassl Sci, 57, 65-71 (2011)
- Maksimović Z, Malenčić Đ, Kovačević N. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. Bioresour Technol, 96, 873-877 (2005)
- Min HJ, Kim DH, Seo KI. Biological activity of *Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb. wing extracts. Food Sci Preserv, 30, 358-368 (2023)
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. J Ethnopharmacol, 71, 109-114 (2000)
- Pietta PG. Flavonoids as antioxidants. J Nat Prod, 63, 1035-1042 (2000)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med, 26, 1231-1237 (1999)
- Roopashree KM, Naik D. Advanced method of secondary metabolite extraction and quality analysis. J Pharmacogn Phytochem, 8, 1829-1842 (2019)
- Shin SL, Lee CH. Antioxidant activities of ostrich fern by different extraction methods and solvents. J Life Sci, 21, 56-61 (2011)
- Shomali A, Das S, Arif N, Sarraf M, Zahra N, Yadav V, Aliniaiefard S, Chaucha DK, Hasanuzzaman M. Diverse physiological roles of flavonoids in plant environmental stress responses and tolerance. Plants, 11, 3158 (2022)
- Sultana B, Anwar F, Ashraf M. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. Molecules, 14, 2167-2180 (2009)
- Thuong PT, Kang HJ, Na MK, Jin W, Youn, UJ, Seong YH, Bae K. Anti-oxidant constituents from *Sedum takesimensense*. Phytochemistry, 68, 2432-2438 (2007)
- Tsao R. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. Nutrients, 2, 1231-1246 (2010)
- Van den Ende W, Peshev D, De Gara L. Disease prevention by natural antioxidants and prebiotics acting as ROS scavengers in the gastrointestinal tract. Trends Food Sci Technol, 22, 689-697 (2011)
- Waiss Jr AC, Chan BG, Elliger CA, Wiseman BR, McMillian WW, Widstrom NW, Keaster AJ. Maysin, a flavone glycoside from corn silks with antibiotic activity toward corn earworm. J Econ Entomol, 72, 256-258 (1979)
- Wang Y, Gao Y, Ding H, Liu S, Han X, Gui J, Liu D. Subcritical ethanol extraction of flavonoids from *Moringa oleifera* leaf and evaluation of antioxidant activity. Food Chem, 218, 152-158 (2017)
- Xiao B, Deng X, Lim GG, Xie S, Zhou ZD, Lim KL, Tan EK. Superoxide drives progression of Parkin/PINK1-

- dependent mitophagy following translocation of Parkin to mitochondria. *Cell Death Dis*, 8, e3097 (2017)
- Yoshida T, Mori K, Hatano T, Okumura T, Uehara I, Komagoe K, Okuda T. Studies on inhibition mechanism of autoxidation by tannins and flavonoids. V. Radical scavenging effects of tannins and related polyphenols on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Chem Pharm Bull*, 37, 1919-1921 (1989)
- Youn JH, McDonough AA. Recent advances in understanding integrative control of potassium homeostasis. *Annu Rev Physiol*, 71, 381-401 (2009)
- Ziegler DW, Hutchinson HD, Kissling RE. Induction of xanthine oxidase by virus infections in newborn mice. *Infect Immun*, 3, 237-242 (1971)
- Zulkifli SA, Abd Gani SS, Zaidan UH, Halmi MIE. Optimization of total phenolic and flavonoid contents of defatted pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed extract and its antioxidant properties. *Molecules*, 25, 787 (2020)