



Farfugium japonicum 분획물의 생리활성과 유효성분 분석

박미현¹ · 김주성^{2†}

Analysis of the Physiological Activity and Composition of *Farfugium japonicum* Fractions

Mi Hyeon Park¹ and Ju-Sung Kim^{2†}

ABSTRACT

Received: 2025 March 31

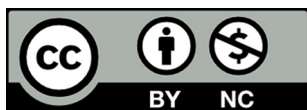
1st Revised: 2025 April 21

2nd Revised: 2025 June 13

3rd Revised: 2025 June 23

Accepted: 2025 June 23

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



Background: This study aimed to compare the bioactive components, antioxidant activity, and anti-enzyme activity of *Farfugium japonicum* root extracts based on solvent polarity.

Methods and Results: *F. japonicum* roots were extracted using 70% ethanol and fractionated using hexane, methyl chloride, ethyl acetate, and butanol. The ethyl acetate fraction showed the highest total phenol and flavonoid contents as well as strongest antioxidant and enzyme inhibitory activities. High-performance liquid chromatography analysis revealed high levels of caffeic acid in the ethyl acetate fraction and chlorogenic acid in the butanol fraction. Analysis of the hexane fraction by gas chromatography-mass spectrometry identified costunolide and benzofuran, which may contribute to its α -glucosidase inhibition.

Conclusions: The ethyl acetate fraction of *F. japonicum* roots exhibited superior antioxidant and enzyme inhibitory activities, likely due to its high caffeic acid content. Meanwhile, α -glucosidase inhibition by the hexane fraction may be attributed to costunolide. These findings highlight the potential of *F. japonicum* roots as a source of bioactive compounds for functional applications, particularly in antioxidant and enzyme-inhibitory treatments.

Key Words: *Farfugium japonicum*, Phenolic Compound, Physiologically Active

서 언

국화와 상록성 식물인 털머위 (*Farfugium japonicum*)는 한국, 중국을 원산으로 하며 우리나라는 제주를 비롯한 남해안 지역에 분포한다. 털머위는 연봉초라는 한약재로 사용되며, 감모, 인후종통, 해수각혈, 변혈, 요혈, 월경부조, 유선염, 나력 등의 질병 치료제로 사용된다 (Park *et al.*, 2023). 털머위의 꽃 정유나 뿌리줄기에서 다양한 성분이 분석되었으며, 항염증에 관한 연구가 보고되었다 (Kim *et al.*, 2008a; Hsieh *et al.*, 2012). 우리의 이전 연구에서는 여러 부위 중 뿌리에서 항산화 및 항효소 효과가 뛰어나다고 보고하였다 (Park and Kim, 2024). 이에 따라 털머위의 다양한 부위의 활용 가능성이 있음을 알 수 있다.

용매와 용질의 극성 차이에 따라 용해도는 크게 달라진다. 예를 들어 비극성이 강한 hexane은 왁스나 수지, 지방산, 오일 등의 비극성 물질을 효과적으로 용해하므로, 주로 식물성 오일을 추출하는 용도로 이용된다 (Park *et al.*, 2012). Methylene chloride도 비극성 용매이지만, 극성이 조금 더 강하다는 특성이 있어 카페인과 같은 비극성 유기 화합물을 추출하는데 활용된다 (Belay *et al.*, 2008). Ethyl acetate는 극성 용매지만 비극성 성분도 함께 추출을 할 수 있어 생물체 내 대사산물 추출에 적합하다 (Im *et al.*, 2006). 또한, 극성이 매우 강한 butanol은 사포닌과 같은 극성 물질의 추출 수율이 높아 이러한 성분을 추출하는데 유용하다 (Hemalatha and Hari, 2013). 이처럼 용매의 극성 차이를 이용하여 특정 성분성에 따라 추출되는 용질의 종류 및 함량이 달라지므로,

[†]Corresponding author: (Phone) +82-64-754-3314 (E-mail) aha2011@jeju.ac.kr

¹제주대학교 생명자원과학대학 농학과 석사수료생 / Master's candidate, College of Agriculture & Life Sciences, Sustainable Agriculture Research Institute (SARI), Jeju National University, Jeju, 63243, Korea

²제주대학교 생명자원과학대학 식물자원환경전공 교수 / Professor, Majors in Plant Resource and Environment, College of Agriculture & Life Sciences, Sustainable Agriculture Research Institute (SARI), Jeju National University, Jeju, 63243, Korea

특정한 성분의 효과를 극대화하기 위해 적절한 용매를 선택하는 것이 중요하다. 다양한 성분 추출 방법 중 분획은 서로 섞이지 않는 두 가지 용매를 선택적으로 분리하는 추출 방식을 말한다. 일반적으로 극성이 매우 강한 distilled water와 다른 유기용매를 조합하여 사용하며, 이를 통해 목표로 하는 성분을 효과적으로 추출할 수 있어 식물의 이용성을 높이고자 연구에 사용되고 있다 (Shin *et al.*, 2024).

식물에서 유효성분의 추출량은 추출 조건에 따라 달라진다. 따라서 목표로 하는 성분을 효과적으로 분리하고 생리활성을 극대화하기 위해서는 적절한 추출 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 털머위 부위 중 생리활성이 가장 뛰어난 뿌리를 대상으로 극성에 따른 용매 분획을 수행하였으며, 분획별 성분 분석 및 생리활성을 평가하였다.

재료 및 방법

1. 식물 재료

실험에 사용한 털머위 뿌리는 제주대학교 아라캠퍼스에서 채취하였다. 이를 세척 후 고온건조기를 이용하여 70°C에서 건조하였다. 건조된 뿌리를 고르게 분쇄하여 시료를 제작하였다.

털머위 뿌리 분쇄 시료 70 g에 70% ethanol 140 ml를 가한 뒤, 초음파세척기 (Powersonic 520, Hwasin Tech Co, Ltd, Seoul, Korea)를 이용하여 1 시간 동안 추출하였다. 추출물은 감압 여과 후 회전식 감압농축기 (Hei-VAP Precision, Heidolph, Schwabach, Germany)를 이용하여 농축하였다. 털머위 뿌리의 농축물을 distilled water에 녹인 뒤, 극성 수준에 따라 차례대로 hexane, methylene chloride, ethyl acetate 및 butanol을 distilled water와 같은 양으로 가한 뒤 분획하였다. 각 분획물을 회전식 농축기를 이용하여 농축 후 동결건조하여 실험 시료로 이용하였다.

2. 털머위 뿌리 추출물 및 분획물의 항산화 활성

털머위 분획별 항산화 활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity, trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC), ferric reducing antioxidant power (FRAP), oxygen radical absorbance capacity (ORAC) 방법으로 측정하였다.

DPPH radical 소거 활성은 Blois (1958)의 방법을 참고하였다. 샘플 40 μ l에 0.15 mM DPPH solution 160 μ l를 가한 뒤 암실에서 30분 반응시켰다. 이후 microplate reader (i-Mark 168-1135, Bio-Rad Inc., Hercules, CA, USA)를 이용하여 흡광도 값을 490 nm에서 측정하였다. DPPH 저해능력은 DPPH radical이 50% 환원되는 시료의 값인 RC_{50} 값을 계산하여 작성하였다. 대조군은 합성 항산화제인 butylhydroxytoluene (BHT)를 0.31 mg/ml - 2.50 mg/ml 농도로 제조하여 실험하였

으며, 털머위 70% ethanol 추출물과 분획물의 DPPH radical 소거 활성을 비교하였다.

TEAC 측정은 Zulueta 등 (2009)의 방법을 참고하였다. ABTS radical 용액은 실험 직전 750 nm에서 흡광도 값이 0.70이 되도록 희석 후 사용하였다. 희석된 ABTS radical 용액 200 μ l를 샘플 10 μ l에 가한 후, 5 분간 반응하였다. 이후 microplate reader를 이용하여 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. TEAC 측정 standard curve는 trolox를 표준물질로 하여 작성하였으며, trolox equivalent (TE)로 계산하였다.

FRAP 환원력은 Benzie와 Strain (1996)의 방법을 참고하였다. 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ)와 20 mM $FeCl_3$ 를 1 : 1 비율로 혼합한 뒤, 300 mM sodium acetate buffer (pH 3.6)를 10 배 가하였다. Solution을 37°C에서 10분간 보관하여 실험에 사용하였다. 시료 50 μ l에 FRAP working solution 150 μ l를 넣은 후 37°C에서 30 분간 반응하였다. Microplate reader를 이용하여 흡광도 값을 595 nm에서 측정하였다. FRAP 측정 standard curve 작성은 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 를 표준물질로 하여 작성하였으며, ferric equivalent (FE)로 계산하였다.

ORAC 측정은 Zulueta 등 (2009)의 방법을 변형하여 측정하였다. 샘플 50 μ l에 78 nM fluorescein 150 μ l를 가하고 37°C에서 10 분간 반응시켰다. 혼합물에 221 mM 2,2'-azobis(2-amino-propane)dihydrochloride를 첨가하여 excitation 파장 485 nm, emission 파장 535 nm에서 60 분간 1 분 간격으로 형광도를 측정하였다. ORAC 측정 standard curve는 trolox를 표준물질로 하여 작성하였으며, trolox equivalent (TE)로 계산하였다.

3. 털머위 뿌리 추출물 및 분획물의 항효소 활성

α -Glucosidase 저해활성은 Im과 Kim (2022a)의 방법을 참고하였다. 20 mM potassium phosphate buffer (pH 6.8) 120 μ l와 시료 20 μ l, 0.5 U/ml α -glucosidase 50 μ l를 혼합하여 37°C에서 15 분간 incubator 안에서 반응시켰다. 그 후, 2 mM p-NPG 10 μ l를 가하고 37°C에서 10 분간 반응시켰다. 0.1 M Sodium carbonate 100 μ l를 넣어서 반응을 정지시킨 다음 microplate reader를 이용하여 흡광도 값을 415 nm에서 측정하였다. 대조군은 당뇨 치료제로 잘 알려진 acarbose를 이용하여 털머위 추출물 및 분획물의 α -glucosidase 활성을 비교하였다.

Tyrosinase 저해활성은 Im과 Kim (2022b)의 방법을 참고하였다. 털머위 70% ethanol 추출물 및 분획물 10 μ l에 1 KU tyrosinase 20 μ l를 가했다. 이후, L-tyrosine, 50 mM potassium phosphate buffer (pH 6.5) 및 distilled water를 10 : 10 : 9 비율로 혼합물을 제조하였다. 혼합물 170 μ l를 가하여 37°C에서 20 분간 암반응 했다. 반응 후 microplate reader를 이

용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 결과는 효소가 50% 저해되는 시료의 농도를 나타내는 IC₅₀으로 작성하였다. 대조군은 arbutin을 이용하였다.

4. 털머위 뿌리 추출물 및 분획물의 유효성분 분석

총 phenol 함량은 Im과 Kim (2022a)의 방법을 참고하였다. 털머위 70% ethanol 추출물 및 분획물 20 μ l, distilled water 700 μ l, Folin-Ciocalteu 시약 100 μ l를 가하였다. 이를 암실에서 2 시간 동안 반응하였다. 20% sodium carbonate 100 μ l를 가하여 1시간 반응하였다. 혼합액을 microplate reader를 사용하여 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 총 phenol 함량 standard curve는 gallic acid를 표준물질로 하여 작성하였으며, gallic acid equivalent (GAE)로 계산하였다.

총 flavonoid 함량은 Im과 Kim (2022a)의 방법을 참고하였다. 털머위 70% ethanol 추출물 및 분획물 100 μ l, ethanol 300 μ l, 10% aluminum nitrate 20 μ l, 1 M potassium acetate 20 μ l에 distilled water 560 μ l를 가하였다. 1시간 반응한 혼합액을 microplate reader를 이용하여 흡광도 값을 415 nm에

서 측정하였다. 총 flavonoid 함량 standard curve는 quercetin을 표준물질로 하여 작성하였으며, quercetin equivalent (QE)로 계산하였다.

High performance liquid chromatography (HPLC)를 이용하여 chlorogenic acid를 분석하였다. HPLC 실험 조건은 Table 1에 나타냈다.

Gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS; Agilent 8890/5977B, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 hexane 분획물의 성분을 분석하였다. 컬럼은 DB-5MS (30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m)를 사용하였다. 오븐 온도는 60°C에서 3 분간 유지하고, 1 분마다 240°C까지 3°C씩 올렸다. 운반 기체는 helium (99.9999%) (1 mL/min)을 이용하였다.

추출물은 injection volume 1 μ l, 10:1 split ratio로 사용하였다. Inlet 온도는 250°C, detector 온도는 280°C, ion source 온도와 interface 온도는 300°C로 설정하였다. 물질 분석은 NIST library의 mass spectrum data를 비교하여 확인하였다.

5. 통계처리

본 연구는 3회 반복하여 실시하였으며, 통계분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 Duncan의 다중범위 검정 (Duncan's Multiple Range Test, DMRT)과 t-test를 이용하여 유의성 분석을 하였다 ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 털머위 뿌리 추출물 및 분획물의 항산화 활성

털머위 뿌리의 항산화 활성은 Table 2에 나타냈다.

DPPH free radical scavenging activity 결과, ethyl acetate 분획물에서 RC₅₀값이 12.35 μ g/mL로 가장 높게 측정되었다. 이어서 butanol 분획물 (54.62 μ g/mL), methylene chloride 분획물 (67.37 μ g/mL), 70% ethanol 추출물 (89.00 μ g/mL), hexane 분획물 (102.47 μ g/mL)의 순으로 비교적 우수한 항산화 활성이 나타났다. 추출물 및 분획물은 positive control인 BHT (111.57 μ g/mL)보다 항산화 활성이 높았다.

Distilled water 분획물 (112.97 μ g/mL)은 다소 낮은 활성을 보였으나, 대조군인 BHT와 유사한 수준으로 분석되었다. TEAC 또한 ethyl acetate 분획물에서 1923.63 mM TE/g으로 항산화 활성이 가장 높았다. Butanol 분획물 (358.21 mM TE/g), methylene chloride 분획물 (263.65 mM TE/g), 70% ethanol 추출물 (234.51 mM TE/g), distilled water 분획물 (181.61 mM TE/g), hexane 분획물 (51.24 mM TE/g)의 순으로 나타났으며, 용매의 극성에 따른 뚜렷한 활성 차이가 확인되었다.

FRAP는 ethyl acetate 분획물에서 2989.78 mM FE/g으로 가장 높아, 강한 환원력이 있음을 확인하였다. Butanol 분획물

Table 1. Operating condition of HPLC.

Column	Shim-pack GIS C18 (250 mm × 4.6 mm × 5 μm)		
Oven temperature (°C)	35		
Detector	UV 280 nm		
Mobile phase	Solvent A	Water containing 0.1% trifluoroacetic acid	
	Solvent B	Acetonitrile containing 0.1% trifluoroacetic acid	
Flow rate	1.0 mL/min		
Injection volume	10 μL		
Gradient elution system	Time (min)	Solvent A (%)	Solvent B (%)
	Initial	100	0
	4	100	0
	14	85	15
	17	85	15
	24	83.5	16.5
	28	81	19
	30	75	25
	36	72	28
	38	70	30
	41	70	30
	46	60	40
	48	52	48
	53	47	53
	63	60	40

Table 2. Antioxidant activity of *Farfugium japonicum* root extract and fractions.

Extract / Fractions	DPPH ¹⁾	FRAP ²⁾	TEAC ³⁾	ORAC ⁴⁾
	RC ₅₀ ⁵⁾ ; µg/mL	mM FE ⁶⁾ /g	mM TE ⁷⁾ /g	mM TE/g
70% ethanol extract	89.00±3.83 ^d	764.70±31.00 ^d	234.51±12.76 ^d	905.74±55.82 ^c
Hexane fraction	102.47±1.71 ^e	69.02±4.51 ^f	51.24±5.39 ^f	311.80±55.86 ^d
Methylene chloride fraction	67.37±6.28 ^c	815.14±20.48 ^c	263.65±8.21 ^c	1,578.13±163.91 ^b
Ethyl acetate fraction	12.35±0.41 ^a	2,989.78±27.53 ^a	1,923.63±9.08 ^a	5,433.31±483.08 ^a
Butanol fraction	54.62±1.59 ^b	1,167.65±5.59 ^b	358.21±13.74 ^b	1,129.53±120.99 ^{bc}
Distilled water fraction	112.97±7.50 ^f	640.69±4.80 ^e	181.61±8.12 ^e	898.09±112.75 ^c
Butylhydroxytoluene	111.57±3.32 ^{ef}			

¹⁾DPPH; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, ²⁾FRAP; ferric reducing antioxidant power, ³⁾TEAC; trolox equivalent antioxidant capacity, ⁴⁾ORAC; oxygen radical absorbance capacity, ⁵⁾RC₅₀; 50% reduction concentration, ⁶⁾FE; FeSO₄ equivalent, ⁷⁾TE; Trolox equivalent. Superscripts (a - f) in column mean significance assessment by Duncan Multiple Range Test (DMRT, **p* < 0.05).

(1167.65 mM FE/g), methylene chloride 분획물 (815.14 mM FE/g)이 그다음으로 환원력이 높았다. 70% ethanol 추출물은 764.70 mM FE/g, distilled water 분획물 640.69 mM FE/g, hexane 분획물 69.02 mM FE/g의 순으로 나타났다. ORAC는 ethyl acetate 분획물이 5433.31 mM TE/g, methylene chloride 분획물 (1578.13 mM TE/g), butanol 분획물 (1129.53 mM TE/g), 70% ethanol 추출물 (905.74 mM TE/g), distilled water 분획물 (898.09 mM TE/g), hexane 분획물 (311.80 mM TE/g)의 순으로 나타났다.

본 연구에서는 ethyl acetate 분획물에서 가장 높은 활성이 나타났는데, 이는 선행연구 보고와 유사한 경향을 보였다 (Park and Jhon, 2010). 또한, 추출물 및 분획물 모두 BHT와 유사하거나 그 이상의 항산화 효능이 확인되었으며, 이는 다양한 활성산소를 효과적으로 제거할 수 있는 강력한 항산화제를 포함하고 있음을 시사한다.

2. 털머위 뿌리 추출물 및 분획물의 당뇨 유발 효소 억제 효과

털머위 분획별 α-glucosidase 저해활성 결과는 Table 3과 같다.

Ethyl acetate (127.90 µg/mL)와 hexane (143.84 µg/mL) 분획물에서 가장 낮은 IC₅₀값을 보이며, 우수한 α-glucosidase 저해활성이 나타났다. 이는 양성대조군인 acarbose (158.47 µg/mL)보다 더 강한 항당뇨 활성으로 확인되었다. 이어서 methylene chloride 분획물 (715.65 µg/mL), butanol 분획물 (1110.83 µg/mL), 70% ethanol 추출물 (1245.20 µg/mL) 순으로 나타났으며, distilled water 분획물은 6000 µg/mL 이상의 IC₅₀값으로 측정되며, 항당뇨 활성이 거의 나타나지 않았다.

Hexane과 ethyl acetate 분획물에서 항당뇨 활성이 높게 나타났다. 이는 α-glucosidase를 저해하는 물질이 지용성 또는 반극성 화합물이 주를 이룰 것으로 예상된다. 또한, butanol과

Table 3. α-Glucosidase and tyrosinase inhibitory activities of *Farfugium japonicum* root extract and fractions.

Extract / Fractions	α-Glucosidase inhibitory activity (IC ₅₀ , µg/mL)	Tyrosinase inhibitory activity (IC ₅₀ , µg/mL)
70% ethanol extract	1,245.20±73.47 ^c	399.33±30.46 ^b
Hexane fraction	143.84±12.65 ^a	1,752.15±351.22 ^c
Methylene chloride fraction	715.65±96.27 ^b	238.29±56.57 ^{ab}
Ethyl acetate fraction	127.90±6.44 ^a	30.71±13.65 ^a
Butanol fraction	1,110.83±141.09 ^c	176.08±27.97 ^{ab}
Distilled water fraction	> 6000	> 5000
Acarbose	158.47±28.54 ^a	-
Arbutin	-	155.73±24.40 ^{ab}

Superscripts (a-c) in column mean significance assessment by Duncan Multiple Range Test (DMRT, **p* < 0.05).

distilled water와 같은 극성이 높은 분획물에서는 항당뇨 활성이 낮은 경향을 보였다. 이에 따라 극성화합물은 항당뇨 활성에 미치는 영향이 다소 적을 것으로 보인다.

3. 털머위 뿌리 추출물 및 분획물의 피부 미백 효과

털머위 뿌리 70% ethanol 추출물 및 분획물의 tyrosinase 저해활성은 Table 3과 같다. Distilled water 분획물에서는 tyrosinase 저해활성이 매우 낮은 수준으로 측정되었다. 반면 ethyl acetate 분획물은 30.71 µg/mL로 양성대조군인 arbutin의 IC₅₀값인 155.73 µg/mL보다 높은 수준으로 분석되었다. 이어서 butanol 분획물의 효소 저해활성이 176.08 µg/mL, methylene chloride 분획물에서 238.29 µg/mL로 측정되며 arbutin과 유사한 수준으로 나타났다. 70% ethanol 추출물은 399.33 µg/mL로 나타났다.

Güven 등 (2023)의 논문에서 tyrosinase 저해활성을 분획별

로 측정된 결과, ethyl acetate 분획물에서 가장 높은 저해활성이 나타났고, distilled water 분획물에서는 저해활성이 없는 것으로 확인되었다. Ethyl acetate에서 용해가 되는 성분으로 인해 tyrosinase 저해활성이 나타났을 것으로 생각된다.

4. 털머위 뿌리 추출물 및 분획물의 추출 수율과 총 phenol 및 flavonoid 함량

털머위 뿌리 분획물의 추출 수율과 총 phenol 및 flavonoid 함량은 Table 4와 같다. 추출 수율은 70% ethanol 추출물에서 13.77%로 측정되었다. Distilled water 분획물은 63.44%로 가장 높았으며, 이어서 butanol 분획물에서 14.85%로 나타났다. Hexane 분획물은 그보다 낮은 7.33%이며, methylene chloride 분획물은 6.02%, ethyl acetate 분획물은 4.35%로 hexane 분획물과 비슷한 수준의 추출 수율이 측정되었다. Distilled water 분획물에서 가장 높았으며, 유기용매 중에서는 butanol 분획물에서 가장 추출 수율이 높았다. 이에 따라 털머위 뿌리 추출물은 대부분 강한 극성을 띠는 물질로 구성되어 있을 것으로 예상된다.

총 phenol 함량은 ethyl acetate 분획물에서 375.16 mg·GAE/g으로 가장 높았으며, 이어서 butanol 분획물에서 76.05 mg·GAE/g으로 높았다. Methylene chloride 분획물에서 75.03 mg·GAE/g으로 butanol 분획물과 유사한 수준으로 나타났다.

Table 4. Yield, total phenolic and flavonoid content of *Farfugium japonicum* root extract and fractions.

Extract / Fractions	Yield (%)	Total phenolic content (mg·GAE ¹ /g)	Total flavonoid content (mg·QE ² /g)
70% ethanol extract	13.77±0.66 ^b	48.84±3.00 ^c	13.23±1.04 ^c
Hexane fraction	7.33±0.91 ^c	29.28±1.24 ^d	6.69±0.30 ^d
Methylene chloride fraction	6.02±1.02 ^c	75.03±7.13 ^b	21.73±2.44 ^b
Ethyl acetate fraction	4.35±0.84 ^c	375.16±15.22 ^a	64.44±4.31 ^a
Butanol fraction	14.85±4.37 ^b	76.05±4.99 ^b	20.60±0.87 ^b
Distilled water fraction	63.44±4.88 ^a	33.53±2.77 ^{cd}	9.17±0.41 ^{cd}

¹)GAE; Gallic acid equivalent, ²)QE; Quercetin equivalent. Superscripts (a - d) in column mean significance assessment by Duncan Multiple Range Test (DMRT, **p* < 0.05).

70% ethanol 추출물은 48.84 mg·GAE/g으로 측정되었으며, distilled water와 hexane 분획물은 각각 33.53 mg·GAE/g, 29.28 mg·GAE/g으로 확인되었다.

총 flavonoid 함량은 ethyl acetate 분획물에서 64.44 mg·QE/g으로 가장 높았다. Methylene chloride 분획물에서 21.73 mg·QE/g, butanol 분획물에서 20.60 mg·QE/g으로 methylene chloride 분획물과 유사한 수준의 함량으로 나타났다. 70% ethanol 추출물은 13.23 mg·QE/g으로 측정되었으며, distilled water와 hexane 분획물은 각각 9.17 mg·QE/g, 6.69 mg·QE/g으로 측정되었다. Polyphenol은 극성에 따라 methanol, water, chloroform, hexane, ethanol, propanol, ethyl acetate, acetone을 이용하여 주로 추출하며, 용질 극성과 용매에 따라 추출 수율의 차이가 크다 (Zhang *et al.*, 2018). 본 연구에서도 용매의 극성에 따라 차이를 나타냈으며, 그중 phenol과 flavonoid의 함량은 모두 ethyl acetate 분획물에서 가장 높았다.

5. High performance liquid chromatography (HPLC)를 이용한 chlorogenic acid와 caffeic acid 분석

Chlorogenic acid와 caffeic acid는 항산화제를 비롯한 다양한 생리활성이 증명된 페놀류의 화합물이다 (Sato *et al.*, 2011). 따라서, 본 연구에서는 항산화와 항효소 활성이 높은 chlorogenic acid와 caffeic acid 피크를 확인하였으며, standard curve를 작성한 뒤 함량을 계산하였다. Standard와 sample의 피크를 확인하였고, 털머위 뿌리 70% ethanol 추출물 및 분획물의 chlorogenic acid와 caffeic acid 함량은 Table 5에 작성하였다. Chlorogenic acid는 butanol 분획물에서 7.89 µg/mg, ethyl acetate 분획물에서 3.15 µg/mg, 70% ethanol 추출물에서 0.57 µg/mg, distilled water 분획물에서 0.27 µg/mg으로 나타났다. Im과 Lee (2014)의 연구에서도 chlorogenic acid 함량이 butanol 분획물에서 가장 높게 측정되어 본 연구와 유사하였다. Caffeic acid의 경우, ethyl acetate 분획물에서 26.30 µg/mg으로 가장 높았으며, 이어서 butanol 분획물에서 0.20 µg/mg으로 나타났다. 70% ethanol 추출물과 distilled water 분획물에서는 성분의 피크는 나타났으나, 매우 적은 함량으로 측정되었다. Caffeic acid가 풍부하다고 알려진 민들레 뿌리에서는 49 mg/100 ml 함량으로 보고되었다 (Kim *et al.*, 2008b). Jeong 등 (2014)의 연구에서도 ethyl acetate, butanol 분획물에서 caffeic acid와 chlorogenic acid의 함량이 높았으며, aqueous 분획물에

Table 5. Chlorogenic and caffeic acid contents of *Farfugium japonicum* root extract and fractions.

Compound	70% ethanol extract (µg/mg)	Ethyl acetate fraction (µg/mg)	Butanol fraction (µg/mg)	Distilled water fraction (µg/mg)
Chlorogenic acid	0.57±0.13 ^c	3.15±0.11 ^b	7.89±0.81 ^a	0.27±0.09 ^c
Caffeic acid	tr ¹⁾	26.30±0.08 ^a	0.20±0.08 ^b	tr

Superscripts (a-c) in row mean significance assessment by Duncan Multiple Range Test (DMRT) and *t*-test (**p* < 0.05). ¹)tr; trace

Table 6. Bioactive compounds of the hexane fraction from *Farfugium japonicum* root extract.

Compounds	Retention time (min)	Area sum (%)	Molecular formula	Molecular weight
Glutaric acid, 2,2,3,3-tetrafluoropropyl 5-methyl-2-methoxybenzyl ester	31.896	2.37	C ₁₆ H ₁₈ F ₄ O ₅	366
2-Ethoxy-3-ethylpyrazine	36.869	1.04	C ₈ H ₁₂ N ₂ O	152
9-Acetyl-S-octahydrophenanthrene	39.432	1.29	C ₁₆ H ₂₀ O	228
Benzofuran, 6-ethenyl-4,5,6,7-tetrahydro-3,6-dimethyl-5-isopropenyl-, trans-	47.619	4.41	C ₁₅ H ₂₀ O	216
1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1-dimethyl-4-(3-methyl-3-butenyl)-	47.902	3.70	C ₁₆ H ₂₂	214
1-Oxaspiro[4.5]dec-6-ene, 2,6,10,10-tetramethyl-	50.367	4.61	C ₁₃ H ₂₂ O	194
2-(1-Cyclopent-1-enyl-1-methylethyl) cyclopentanone	51.522	22.94	C ₁₃ H ₂₀ O	192
1,3-Diiso-propylnaphthalene	52.084	14.46	C ₁₆ H ₂₀	212
7 α -Hydroxytestosterone	52.372	7.74	C ₁₉ H ₂₈ O ₃	304
1,3-Diiso-propylnaphthalene	53.543	5.68	C ₁₆ H ₂₀	212
1,6-Dibromo-2-cyclohexylpentane	57.882	4.64	C ₁₁ H ₂₀ Br ₂	310
Costunolide	59.078	3.81	C ₁₅ H ₂₀ O ₂	232

서 phenol 화합물의 함량이 다소 낮았다.

6. Gas chromatography - mass spectrometry (GC/MS)를 이용한 hexane 분획물의 성분 분석

털머위 분획별 α -glucosidase 실험 결과, hexane과 ethyl acetate 분획물에서 높은 생리활성이 확인되었다. 일반적으로 α -glucosidase 저해활성은 phenol 및 flavonoid 함량과 높은 상관관계를 보인다. 그러나, ethyl acetate 분획물과 달리, hexane 분획물에서는 상대적으로 낮은 phenol 및 flavonoid 함량이 측정되었다. 따라서 hexane 분획물에서 phenol 및 flavonoid 외에도 α -glucosidase 저해활성을 유발하는 성분을 확인하기 위해 GC/MS를 이용하여 분석하였다 (Table 6).

구성 성분으로는 Glutaric acid, 2,2,3,3-tetrafluoropropyl 5-methyl-2-methoxybenzyl ester (2.37%), 2-ethoxy-3-ethylpyrazine (1.04%), 9-acetyl-S-octahydrophenanthrene (1.29%), benzofuran, 6-ethenyl-4,5,6,7-tetrahydro-3,6-dimethyl-5-isopropenyl-, trans- (4.41%), 1H-indene, 2,3-dihydro-1,1-dimethyl-4-(3-methyl-3-butenyl)- (3.70%), 1-oxaspiro[4.5]dec-6-ene, 2,6,10,10-tetramethyl- (4.61%), 2-(1-cyclopent-1-enyl-1-methylethyl) cyclopentanone (22.94%), 1,3-diiso-propylnaphthalene (14.46%), 7 α -hydroxytestosterone (7.74%), 1,3-diiso-propylnaphthalene (5.68%), 1,6-dibromo-2-cyclohexylpentane (4.64%)과 costunolide (3.81%) 등이 확인되었다.

이 중 costunolide는 sesquiterpene lactones 종류로 Rashwan 등 (2019)의 연구에서 공복 혈당 수치 감소 효과와 HbA1c % 감소 효과가 확인되어 항당뇨 약물로써 이용가능성이 언급되었다. 그 외 hexane 분획물에서 분석된 benzofuran 계열 화합물은 α -glucosidase 저해활성이 보고된 바 있다 (Adalat *et al.*, 2022). 따라서 위 성분들이 털머위 hexane 분획물의 α -

glucosidase 저해활성에 영향을 주었을 것으로 예상된다.

본 연구는 털머위 뿌리의 용매 극성에 따른 유효성분 및 항산화, 항효소 활성을 비교하기 위해 진행되었다. 털머위 뿌리를 70% ethanol로 추출한 뒤, 극성 차이에 따라 hexane, methylene chloride, ethyl acetate, butanol로 분획을 하였다. 70% Ethanol 추출물 및 분획물의 항산화 물질 함량을 측정된 결과, ethyl acetate 분획물에서 총 phenol 및 flavonoid 함량이 높았으며, free radical 저해활성 및 환원력 측정을 통한 항산화 능력 측정 결과에서도 ethyl acetate 분획물의 활성이 가장 뛰어났다. 항효소 실험은 항당뇨 실험인 α -glucosidase 저해활성 실험과 미백활성 실험인 tyrosinase 저해활성 실험 역시 ethyl acetate에서 활성이 가장 뛰어났다. 또한, HPLC 연구를 통해 항산화 물질을 분석한 결과, caffeic acid와 chlorogenic acid가 분석되었다.

두 화합물 모두 항산화 활성이 증명된 물질로, caffeic acid는 ethyl acetate 분획물에서, chlorogenic acid는 butanol 분획물에서 높은 경향을 보였다. 또한, α -glucosidase 저해활성을 실험한 결과, hexane 분획물에서 높은 저해활성이 나타났다. α -Glucosidase를 저해하는 활성 성분을 알아보기 위해 hexane 분획물을 GC/MS로 분석하였다. 분석된 성분 중 costunolide와 benzofuran은 항당뇨 활성이 확인된 물질로, 이 성분들이 hexane 분획물의 α -glucosidase 저해활성에 기인하였을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Adalat B, Rahim F, Taha M, Hayat S, Iqbal N, Ali Z, Shaha SAA, Wadood A, Rehman AU and Khan KM. (2022). Synthesis of benzofuran-based schiff bases as anti-diabetic compounds and their molecular docking studies. Journal of

- Molecular Structure. 1265:133287. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022286022009437> (cited by 2025 Apr. 23).
- Belay A, Ture K, Redi M and Asfaw A.** (2008). Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food Chemistry*. 108:310-315.
- Benzie IFF and Strain JJ.** (1996). The ferric reducing ability of plasma(FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239:70-76.
- Blois MS.** (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 181:1199-1200.
- Güven ZB, Saracoglu I, Nagatsum A, Yimaz MA and Basaran AA.** (2023). Anti-tyrosinase and antimelanogenic effect of cinnamic acid derivatives from *Prunus mahaleb* L.: Phenolic composition, isolation, identification and inhibitory activity. *Journal of Ethnopharmacology*. 310:116378.
- Hemalatha S and Hari R.** (2013). Comparative antioxidant activities of crude ethanolic and saponin rich butanol extracts of *Tribulus terrestris* fruits. *International Journal of Pharma and Bio Science*. 4:784-793.
- Hsieh SF, Hsieh TJ, El-Shazly M, Du YC, Wu CC, Hwang TL, Wu YC and Chang FR.** (2012). Chemical constituents from *Farfugium japonicum* var. *formosanum*. *Natural Product Communications*. 7:435-440.
- Im DY and Lee KI.** (2014). Antioxidant activity and tyrosinase inhibitory activity of the extract and fractions from *Arctium lappa* roots and analysis of phenolic compounds. *Korean Journal of Pharmacognosy*. 45:141-146.
- Im SH and Kim JS.** (2022a). Physicochemical properties of extracts from different parts of *Camellia sinensis*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 30:195-203.
- Im SH and Kim JS.** (2022b). Whitening, anti-wrinkle and skin protective effect of extracts from different tea tree parts. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 30:330-338.
- Im HG, Yu MH, Chung DW and Lee IS.** (2006). Inhibitory effects of fungal metabolites isolated from foodstuffs on the growth of human cancer cell lines. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 38:262-267.
- Jeong JM, Lee KI and Kim SM.** (2014). Simultaneous determination of benzoic acid, caffeic acid and chlorogenic acid in seeds of *Eriobotrya japonica* and their antibacterial effect. *Journal of Applied Biology Chemistry*. 57:89-93.
- Kim JY, Oh TH, Kim BJ, Kim SS, Lee NH and Hyun CG.** (2008a). Chemical composition and anti-inflammatory effects of essential oil from *Farfugium japonicum* flower. *Journal of Oleo Science*. 57:623-628.
- Kim YC, Rho J, Kim KT, Cho CW, Rhee YK and Choi UK.** (2008b). Phenolic acid contents and ROS scavenging activity of dandelion(*Taraxacum officinale*). *Korean Journal of Food Preservation*. 15:325-331.
- Park EJ and Jhon DY.** (2010). The antioxidant, angiotensin converting enzyme inhibition activity, and phenolic compounds of bamboo shoot extracts. *LWT-Food Science and Technology*. 43:655-659.
- Park JC, Kim BJ and Choi GY.** (2023). Informative report of medicinal plants in three botanical gardens at the eastern area of Korea. *Korean Herbal Medicine Informatics*. 11:41-63.
- Park MH and Kim JS.** (2024). Antioxidant and antienzyme effects of extracts from each part of *Farfugium japonicum*. *Journal of Plant Biotechnology*. 51:320-327.
- Park YH, Lee KY, Hong SY, Kim HY, Heo NK and Kim KH.** (2012). A study on physiochemical characteristics of *Xanthoceras sorbifolia* seeds oil. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 41:1747-1752.
- Rashwan AS, El-Beltagy MA, Saleh SY and Ibrahim IA.** (2019). Potential role of cinnamaldehyde and costunolide to counteract metabolic syndrome induced by excessive fructose consumption. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 8:17. <https://bjbas.springeropen.com/articles/10.1186/s43088-019-0025-9> (cited by 2025 Apr. 23)
- Sato Y, Itagaki S, Kurokawa T, Ogura J, Kobayashi M, Hirano T, Sugawara M and Iseki K.** (2011). *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of chlorogenic and caffeic acid. *International Journal of Pharmaceutics*. 403:136-138.
- Shin TH, Lee GY and Kim HJ.** (2024). Antibacterial effect and antioxidant activity of *Hibiscus sabdariffa* L. fractions. *Journal of Next-generation Convergence Technology Association*. 8:895-905.
- Zhang QW, Lin LG and Ye WC.** (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine*. 13:20. <https://cmjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13020-018-0177-x> (cited by 2025 Apr. 23)
- Zulueta A, Esteve MJ and Frígola A.** (2009). ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. *Food Chemistry*. 114:310-316.