

마치현 부위별 에탄올 추출물의 항산화 활성

정경희[#], 지윤선, 길기정, 유지현^{*}

중부대학교 한방보건제약학전공

Antioxidant Effects of Ethanol Extracts from Different Parts of Portulacae Herba

Kyung-Hee Jeong[#], Yoon-Sun Ji, Ki-Jung Kil, Ji-Hyun Yoo^{*}

Department of Herbal Health & Pharmacy, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea

ABSTRACT

Objectives : This study reviewed the antioxidant activity of each part of Portulacae Herba (PH) in order to better analyze the possibility of PH being used as a natural material.

Methods : The root, stem, and leaves of the PH were separated, dried at 50°C, put in a 70% ethanol and then extracted three times every six hours. Antioxidant activities was performed by measuring the total polyphenol and total flavonoid contents, DPPH, ABTS, nitrite, hydroxyl radical scavenging activity, and Fe²⁺ chelating.

Results : The total polyphenol and total flavonoid contents was highest in the root, then the leaves, and lastly the stem. DPPH and ABTS radical scavenging activities for the root extract indicated the highest activity followed by the leaf and stem extracts. It also showed similar activity to that of the ascorbic acid. Hydroxyl radical scavenging activity and Fe²⁺ chelating activity resulted to be highest in the root extract and then the leaf and stem extracts. Nitrite scavenging activity decreased with higher pH levels, and activity was highest in the order of root extract, leaf extract, and stem extract. Also, in reaction to a solution with a pH 1.2 level, the root extract showed similar scavenging activity to that of BHT.

Conclusions : Therefore, based on the above results, it was verified that the roots of PH have a high antioxidant level, and they can be considered to have potential to be applied to functional food, cosmetics, and medicine with antioxidant efficacy.

Key words : Portulacae Herba, Antioxidant, Ethanol Extracts, Root, Stem, Leaves

I. 서 론

최근 우리나라는 운동 부족, 불규칙한 식습관 및 식생활의 서구화 등에 따른 생활양식의 변화로 인한 고혈압, 당뇨와 인간의 수명이 연장되면서 노화 및 혈행과 관련된 심혈관 질환 등 생활 습관병이 급증하고 있는 추세이다¹⁾. 인체의 노화 요인에는 다양한 요인이 있지만 그 중 환경적인 요인을 무시할 수 없으며, 특히 활성산소는 세포의 파괴, 피부질환 및 피부 노화 여러 가지 형태로 노화를 촉진시키고 질병을 유도하는 원인중 하나로 알려지고 있다²⁾. 이러한 활성산소를 조절하는

항산화제는 합성항산화제와 천연항산화제로 구분되며 합성 항산화제인 benzoic acid, p-oxybenzoic ester, butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) 등과 천연항산화제 ascorbic acid, carotenoid, tocopherol, flavonoid 및 glutathione 등이 있다. 합성 항산화제의 경우, 뛰어난 항산화 효과를 보이는 반면 다량 섭취 시 여러 가지 독성을 나타낼 수 있는 것으로 알려져 있어 안전한 천연항산화제 연구에 대한 관심이 높아지고 있다^{3, 4)}.

마치현은 (馬齒莧, Portulacae Herba)은 쇠비름과(Portulacaceae)에 속한 1년생 초본으로서 생약명인 마치현 이외에

*Corresponding author : Ji-Hyun Yoo, Department of Herbal Health & Pharmacy, Joongbu University, Geumsan 312-702
· Tel : +82-41-750-6962 · E-mail : jhyoo@joongbu.ac.kr

#First author : Kyung-Hee Jeong, Department of Herbal Health & Pharmacy, Joongbu University, Geumsan 312-702
· Tel : +82-41-750-6989 · E-mail : aazvada@joongbu.ac.kr

· Received : 17 December 2018 · Revised : 03 January 2019 · Accepted : 25 January 2019

도 五方草, 五行草, 馬齒菜, 馬齒草 및 長命菜 등으로 불린다⁵⁾. 민간에서는 열을 내리고 해독작용이 있으며, 혈열을 제거하며, 설사를 멈추게 하며, 붓기 제거 등의 약리학적 효능이 있어, 장염, 설사, 피부궤양, 충독, 창독, 사독 및 피부 염증 등의 치료에 사용하였다⁶⁾. 또한 아라비아 반도에서는 이노제, 구충제, 진경제, 방부제, 피부진정제 및 항괴혈병제로도 사용되어 왔다⁷⁾. 마치현의 성분으로는 L-noradrenaline, dopamine, dihydroxyphenylalanin, 유기산, 지방산, 비타민 등이 다량 함유하고 있으며, 그 외 aspartic acid, alanine, oxalic acid 및 glutamic acid 등이 있다⁷⁾. 또한 마치현의 잎이나 줄기 및 전초에서 어유에 풍부한 것으로 알려진 ω -3 fatty acid와 γ -linolenic acid의 함량이 높은 것으로 보고되었다^{8, 9)}. 최근 다양한 연구들을 통해 마치현의 효과를 입증할 수 있는 연구들이 다수 보고되어지고 있는데, 다양한 유효성분을 함유한 마치현은 항산화¹⁰⁾, 신경세포 보호효과¹¹⁾, 아세틸콜린에스테라제 저해¹²⁾, 장내 세균 억제¹³⁾, 비만 및 고지혈증 예방¹⁴⁾ 등의 효능 및 유효성분 중 α -linolenic acid이 항염 효과가 탁월하다고 보고되었다¹⁵⁾. 마치현에 관한 기능성 소재활용에 관한 선행 연구를 통해 우수성이 밝혀져 왔으나, 개발하고자 하는 기능성 식품, 화장품 또는 의약품 등의 종류나 가공특성에 따라 재료의 선택이 달라질 수 있기 때문에 약재의 약용부위에 따른 다양한 효능 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 마치현 약용부위 따라 항산화 활성을 조사함으로써 마치현의 이용가치를 향상시키고, 산업화에 적용할 방법을 모색 및 기능성 소재로서의 개발 가능성을 검토하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 마치현 (Portulacae Herba)은 2018년 7월에 충남 금산군 추부면에서 재배한 것을 동국당건재도매한약(대전, 한국)에서 구입하여 중부대학교 한방보건재약학전공 본초학교실에서 감정하여 사용하였다.

2. 방법

1) 시료 추출

마치현의 잎, 줄기, 뿌리를 분리하여 수세, 정선 및 탈수과정을 거친 다음 50℃에서 건조하여 불순물을 제거한 후 분쇄하여 각각 100 g 당 70% 에탄올 2 L을 첨가하여, 70℃ 수욕조에서 6시간씩 3회 추출하였다. 추출물은 whatman filter paper로 여과하여 80℃ 수욕 상에서 회전진공증발기기를 사용하여 감압농축하였고, 동결건조 한 후 분말화 하여 4℃에서 냉장 보관하여 사용하였다.

2) 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법¹⁶⁾을 응용하였다. 시료 추출물 100 μ L에 0.1 N Folin-Ciocalteu's 400 μ L를 첨가한 후 1 M Na₂CO₃ 500 μ L를 첨가하여 혼합한 후 UV

spectrophotometer를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성하고, 추출물 g당 mg gallic acid equivalent(GAE)로 나타내었다.

3) 총 플라보노이드 함량 분석

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등¹⁷⁾이 개발한 분광분석법을 이용하여 측정하였다. 시료 추출물 100 μ L에 증류수 1000 μ L를 가하고 5% NaNO₂ 30 μ L와 10% AlCl₃를 가하여 혼합한 후 실온에서 5분간 반응시켰다. 반응용액에 1 M NaOH 200 μ L와 증류수 1 mL를 가한 후 UV/Visible spectrophotometer를 사용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin를 사용하여 검량선을 작성하고 추출물 g당 mg quercetin equivalent(QE)로 나타내었다.

4) DPPH 자유라디칼 소거활성

자유라디칼 소거활성은 Blois의¹⁸⁾ 방법을 응용하여 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) 자유라디칼에 대한 환원력을 측정하였다. 시료 추출물 100 μ L와 95% DPPH 용액 100 μ L를 가하여 15분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 ascorbic acid를 사용하였고, 소거활성(%)은 (1-추출물처리구의 흡광도/무처리구의 흡광도)×100의 식에 따라 계산하였다.

5) ABTS 양이온라디칼 소거활성

ABTS 양이온라디칼 소거활성은 Re 등¹⁹⁾ 방법에 따라 2,2-azino-bis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) 양이온라디칼에 대한 환원력을 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate가 혼합된 용액에서 암소에서 20시간 반응시킨 후 ABTS⁺를 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.8±0.02가 되도록 희석하여 ABTS 라디칼 용액을 만들었다. 시료 추출물 20 μ L와 ABTS 용액 980 μ L를 혼합한 후 암소에서 30분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 ascorbic acid를 사용하여 위와 같은 방법으로 3회 반복 실험하였다. ABTS 라디칼 소거활성(%)은 (1-추출물처리구의 흡광도/무처리구의 흡광도)×100의 식에 따라 계산하였다.

6) Hydroxyl 라디칼 소거 활성

Hydroxyl 라디칼 소거활성은 Smirnoff와 Cumbes 방법²⁰⁾에 따라 FeSO₄와 H₂O₂의 Fenton 반응에 의해 생성된 hydroxyl 라디칼에 의해 가수분해 되는 정도를 통해 측정되었다. 시료 추출물 40 μ L와 1.5 mM FeSO₄와 6 mM hydrogen peroxide (H₂O₂)를 5:3:5 비율로 희석하여 760 μ L에 가하고 200 mM sodium salicylate를 200 μ L 가하여 37℃에서 30분간 반응시킨 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 대조구는 ascorbic acid를 사용하여 위와 같은 방법으로 562 nm에서 흡광도를 측정하였다.

7) Fe²⁺ chelating 활성

Iron-chelating 활성은 Hus의 방법²¹⁾에 의해 변형하여 측

정하였다. 농도별로 희석된 시료 추출물 150 μ L에 2 mM FeCl₂ 15 μ L를 가하고 증류수 605 μ L를 첨가하여 실온에서 30분 동안 반응하였다. 반응 용액에 5 mM ferrozine를 30 μ L 가하여 Fe²⁺-ferrozine complex를 유도하고 10분간 실온에서 반응시켜 562 nm에서 흡광도를 측정한다. 이때 대조구는 deferoxamine을 사용하여 위와 같은 방법으로 3회 반복 실험하였다. Fe²⁺ 킬레이팅 활성(%)은 (1-추출물처리구의 흡광도/무처리구의 흡광도)×100의 식에 따라 계산하였다.

8) 아질산염 소거활성

아질산염 소거활성은 Gray와 Dugan²²⁾의 방법에 따라 측정하였다. 시료 추출물 40 μ L와 1mM NaNO₂ 20 μ L 및 0.2 M 구연산 완충액 (pH1.2, 3.0 및 6.0) 140 μ L을 혼합한 후 37°C 배양기에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응 후 2% 초산 용액 1 mL와 Griess시약 80 μ L을 첨가하고 암소 실온에서 15분간 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군으로 BHT를 사용하여 위와 같은 방법으로 3회 반복 실험하였다. 아질산염 소거활성(%)은 (1-추출물처리구의 흡광도/무처리구의 흡광도)×100의 식에 따라 계산하였다.

3. 통계처리

모든 실험의 분석결과는 각각의 군별로 평균±표준편차 (mean \pm S.D)로 나타냈으며 실험군 간의 유의성은 window 용 SPSS(Version 22.0, IBM, Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하였다. 반복측정에 의한 일원배치분산분석법을 실시한 후 Duncan의 다중범위 시험방법으로 p<0.05 수준에서 유의성 차이를 검증하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 추출 수율, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

추출수율, 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 확인하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. 마치현 부위별 추출수율은 뿌리, 줄기, 잎가 각각 28.04%, 17.05%, 10.54%로 뿌리 > 줄기 > 잎 순으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 건조 분말 시료 g당 gallic acid의 등량 값으로 환산하여 나타난 결과 뿌리(163.35 mg), 잎(37.81 mg), 줄기(23.94 mg) 순으로 높은 함량을 나타냈다. 총 플라보노이드 함량은 건조 분말 시료 g당 quercetin의 등량 값으로 환산하여 측정한 결과 뿌리

(268.87 mg/g), 잎(38.60 mg), 줄기(23.70 mg/g) 순으로 높은 함량을 나타냈다.

2. DPPH 라디칼 소거활성

마치현의 부위별 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성 결과는 Fig. 1과 같다. 마치현 부위별 에탄올 추출물(100 μ g/mL)의 DPPH 라디칼 소거능 활성은 뿌리, 줄기, 잎에서 각각 88.59%, 24.58%, 47.99%로 유의적인 차이를 나타내었다. 마치현 뿌리 추출물은 대조구 ascorbic acid(90.16%)와 유사한 활성을 나타냈다.

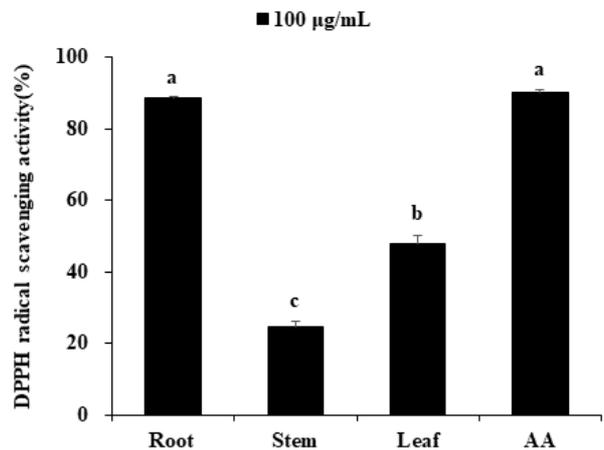


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of ethanol extracts from each part of PH. AA : ascorbic acid. The values represent mean±S.D. of triplicate independent experiments. Values followed by different letters (a-c) by Duncan's multiple range test.

3. ABTS 라디칼 소거활성

마치현의 부위별 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성 결과는 Fig. 2와 같다. 마치현 부위별 에탄올 추출물(100 μ g/mL)의 ABTS 라디칼 소거능 활성은 뿌리, 줄기, 잎에서 각각 95.41%, 48.19%, 88.08%로 유의적인 차이를 나타내었다. 마치현 뿌리 추출물은 대조구 ascorbic acid(95.45%)와 유사한 활성을 나타냈다.

4. Hydroxyl 라디칼 소거 활성

마치현의 부위별 추출물의 hydroxyl 라디칼 소거활성 결과

Table 1. Total extraction yield, total polyphenol and total flavonoid contents of ethanol extracts from each part of PH

Sample	Yield	Total polyphenol content	Total flavonoid content
	(%)	(mg/g GAE) ¹⁾	(mg/g QE) ²⁾
Root	28.04	163.35 \pm 0.23 ^a	268.87 \pm 1.39 ^a
Stem	17.05	23.94 \pm 0.40 ^c	23.70 \pm 0.96 ^c
Leaf	10.54	37.81 \pm 1.83 ^b	38.60 \pm 2.07 ^b

1) Garlic acid equivalents.

2) Quercetin equivalents.

The values represent mean \pm S.D. of triplicate independent experiments. Values followed by different letters (a-c) by Duncan's multiple range test.

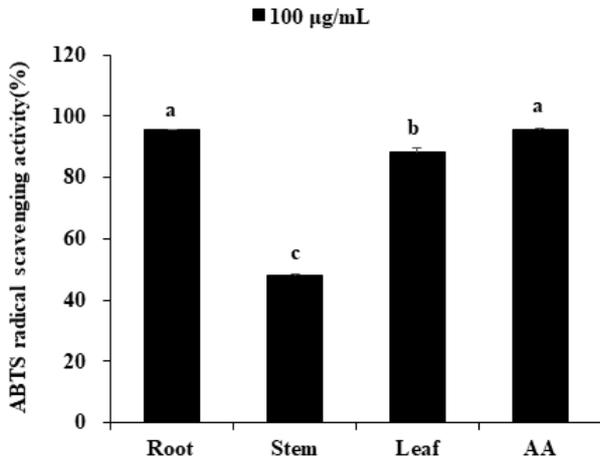


Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of ethanol extracts from each part of PH. AA : ascorbic acid. The values represent mean±S.D. of triplicate independent experiments. Values followed by different letters (a-c) by Duncan's multiple range test.

는 Fig. 3과 같다. 마치현 부위별 에탄올 추출물(100 µg/mL)의 hydroxyl 라디칼 소거능 활성은 뿌리, 줄기, 잎에서 각각 32.45%, 20.57%, 25.61%로 유의적인 차이를 나타내었다. 마치현 뿌리 추출물은 대조구 ascorbic acid(80.91%) 보다 낮은 활성을 보였다.

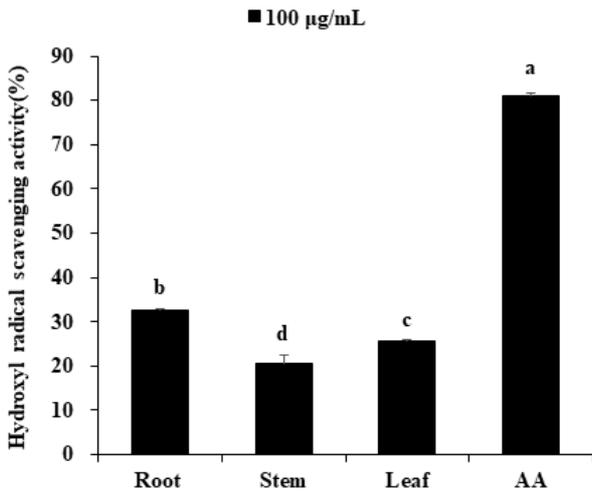


Fig. 3. Hydroxyl radical scavenging activity of ethanol extracts from each part of PH. AA : ascorbic acid. The values represent mean±S.D. of triplicate independent experiments. Values followed by different letters (a-d) by Duncan's multiple range test.

5. Fe²⁺ chelating 활성

마치현의 부위별 추출물의 Fe²⁺ chelating 활성 결과는 Fig. 4와 같다. 마치현 부위별 에탄올 추출물(100 µg/mL)의 Fe²⁺ chelating 활성은 뿌리, 줄기, 잎에서 각각 29.19%, 12.0%, 12.61%로 나타내었고, 뿌리 추출물에서 가장 높은 활성을 보였다. 마치현 부위별 추출물은 대조구 deferoxamine (90.35%) 보다 낮은 활성을 보였다.

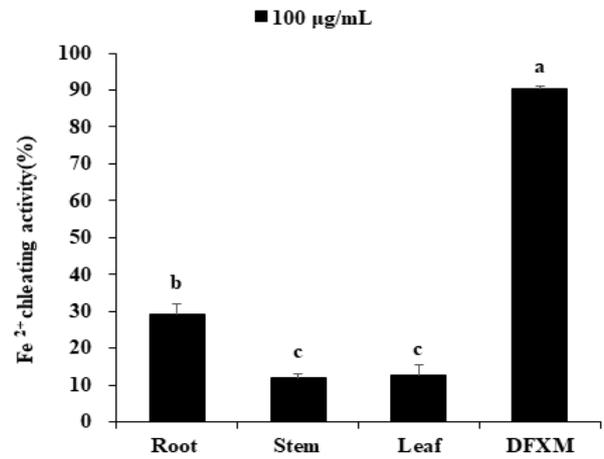


Fig. 4. Fe²⁺ chelating activity of ethanol extracts from each part of PH. DFXM : deferoxamine. The values represent mean±S.D. of triplicate independent experiments. Values followed by different letters (a-c) by Duncan's multiple range test.

6. 아질산염 소거 활성

마치현의 부위별 추출물의 아질산염 소거능을 pH 1.2, pH 3.0 및 pH 6.0에서 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. pH 1.2에서 측정된 결과 뿌리, 줄기, 잎에서 각각 89.02%, 52.27%, 77.15%로 뿌리 추출물에서 유의적인 가장 높은 활성을 나타내었다. 마치현 뿌리추출물은 대조구 BHT(88.70%)와 비슷한 활성을 보였다. pH 3.0에서 측정된 결과 뿌리, 줄기, 잎에서 각각 76.87%, 35.47%, 51.13%로 뿌리 추출물에서 유의적으로 가장 높은 활성을 나타내었다. 마치현 뿌리 추출물은 대조구 BHT(77.01%)와 비슷한 활성을 보였다. pH 6.0에서 측정된 결과 뿌리, 줄기, 잎에서 각각 19.19%, 14.52%, 16.92%로 뿌리 추출물에서 가장 높은 활성을 나타내었지만 유의적인 차이는 없었다.

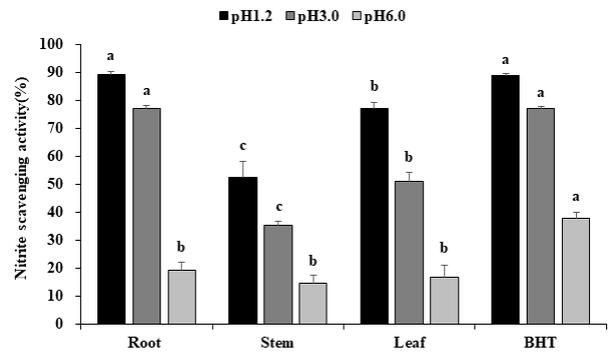


Fig. 5. Nitrite scavenging activity of ethanol extracts from each part of PH. BHT : butylated hydroxytoluene. The values represent mean±S.D. of triplicate independent experiments. Values followed by different letters (a-c) by Duncan's multiple range test.

IV. 고찰

마치현(*Portulacae Herba*)은 쇠비름(*Portulaca oleracea*

Linné(쇠비름과 Portulacaceae)의 전초로서 그대로 또는 썬서 말린 것²³⁾이다. 마치현의 기원식물은 『대한민국약전의한약(생약)규격집』²³⁾, 『중화인민공화국약전』²⁴⁾ 및 『북한약전』²⁵⁾에도 동일하게 수재되어 있다. 한의학에서는 凉血止血, 清热解毒의 효능이 있어 热毒血痢, 便血, 丹毒, 濕疹, 崩漏下血 등을 다양한 증상을 치료하는데 사용되고 있다²⁶⁾. 馬齒莧이 기재되어 있는 고대문헌을 살펴보면 『新修本草』²⁷⁾에 “莧實, 味甘, 寒大寒, 無毒. 主青盲, 白翳, 明目, 除邪, 利大小便, 去寒熱, 殺蛔蟲. 久服益氣力, 不飢輕身. 一名馬莧, 一名莫實, 細莧亦同. 生淮陽 川澤及田中, 葉如藍, 十一月採.”로 처음 수재되었고, 『本草綱目』²⁸⁾에 “散血散腫, 利腸滑胎, 解毒通淋, 治產後虛汗.”이라 하였으며, 『東醫寶鑑』²⁹⁾에서는 “性寒味酸無毒, 主諸腫惡瘡, 利大小便, 破癥結, 療金瘡內漏, 止渴, 殺諸蟲(本草)”이라 하여 병의 증상에 따른 치료법과 치료처방들이 수록되어 있다. 현재까지 마치현에 관한 문헌들이나 여러 생리활성효과들을 분석한 연구들이 보고되어 있으나, 마치현의 약용 부위에 따른 항산화 활성에 대한 효과를 검증할 수 있는 연구 및 보고가 되어 있지 않았다. 따라서 본 연구에서는 마치현 에탄올 추출물로부터 뿌리, 줄기, 잎 부위에 따른 다양한 항산화 활성을 조사하였다.

폴리페놀은 이차대사산물이자 식물계에 8,000여 개의 구조를 가진 항산화 성분이며, 이러한 폴리페놀 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있으며, 페놀성 수산기가 효소단백질과 같은 거대분자들과 결합을 통해 페놀의 함량이 증가할수록 콜레스테롤 저하, 항암 및 항산화작용, 항 돌연변이 등의 다양한 생리활성 기능이 증가되는 것으로 알려져 있다³⁰⁾. 마치현의 뿌리, 줄기 및 잎의 총 폴리페놀 함량은 뿌리(163.35 mg/g) > 잎(37.81 mg/g) > 줄기(23.94 mg/g) 순으로 뿌리는 줄기보다 약 7배 정도 높게 나타났다.

플라보노이드는 식물에 널리 존재하는 페닐알라닌으로부터 합성되는 노란색을 띤 식물색소를 나타내는 약 4,000여 개의 화합물로, 구조에 따라 특정 플라보노이드는 항산화, 면역증강, 항균성, 순환기 질병예방, 모세혈관 강화 작용 등이 다양한 생리활성을 보고³¹⁾된 바 있다. 마치현의 뿌리, 줄기 및 잎의 총 플라보노이드 함량은 줄기(23.70 mg/g) 및 잎(38.60 mg/g)에서 보다는 뿌리(268.87 mg/g)에서 높은 함량을 나타내었다. Halliwell 등³²⁾은 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높을수록 항산화 활성간의 상관관계가 있음이 보고되고 있다. 본 연구에서도 마치현 뿌리 추출물에서 높은 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량으로 항산화 활성이 높게 나타난 것으로 사료된다.

DPPH는 황 함유 아미노산, 아스코빅산, 페놀성 화합물 등의 항산화 물질로부터 전자나 수소를 제공받아 환원되면서 자색이 탈색되는 원리를 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법으로 환원력이 클수록 항산화 활성이 높다³³⁾. 마치현 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 줄기 및 잎 부위보다 뿌리 부위에서 유의적으로 높게 나타났다. Park 등³⁴⁾은 농도가 증가함에 따라 70% 에탄올 추출물 20~500 µg/mL의 범위에서 30~80% 이상 소거활성으로 농도의존적인 증가패턴을 나타낸다고 보고하였다. 본 연구에서 마치현의 뿌리 추출물(88.59%)은 전초 추출물 보다 다소 높은 소거활성을 나타내었다. 천연물로부터 추출된 페놀 화합물은 항산화활성을 나타내고, 주로

산화 및 환원력에 의한 효과로 페놀 함량이 높을수록 항산화 활성이 증가한다고 보고³⁵⁾되었다. 따라서 마치현 뿌리 추출물의 높은 DPPH 라디칼 활성은 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량으로 인하여 영향을 미친 것으로 생각된다.

ABTS는 비교적 안정한 자유라디칼로서 DPPH와 함께 항산화 활성을 탐색하는데 많이 이용되며, 연쇄결단형 산화방지제와 수소공여항산화제 물질을 측정이 가능하여 ABTS 라디칼을 억제하거나 소거하는 것에 의해 항산화 활성을 평가한다³⁶⁾. 마치현 부위별 추출물의 ABTS 라디칼 소거능에서 뿌리 추출물(95.41%)은 잎 추출물(88.08%) 및 줄기 추출물(48.19%) 보다 유의적으로 높은 소거 활성을 나타내었다. 마치현 뿌리 추출물은 대조구(95.47%)와 거의 비슷한 소거활성을 나타냈다. Gu 등³⁷⁾은 해방풍 부위별 용매추출에서 ABTS 라디칼 활성을 검토한 결과 뿌리 > 씨앗 > 잎 순으로 라디칼 활성이 높았다고 보고하였다. 이러한 경향은 본 연구결과 뿌리 추출물과 높은 라디칼 활성으로 유사한 경향이였다.

Hydroxyl 라디칼은 활성산소 중에서 반응성이 강하여 신체 내 각종 조직이나 세포막 등의 산화에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며 DNA의 핵산과 결합함으로써 손상을 일으켜 돌연변이, 세포독성 및 발암성 등에 영향을 주고, 지질과산화 과정을 촉진하는 물질로 보고하였다³⁸⁾. 마치현 부위별 에탄올 추출물의 hydroxyl 라디칼 활성은 뿌리(32.45%) > 잎(25.61%) > 줄기(20.57%) 순으로 나타내었다. Song 등³⁹⁾이 보고한 십싸리 부위별 물 추출물은 잎(8.07%) > 뿌리(4.56%) > 줄기(3.52%) 순으로 소거활성을 나타낸 것에 비해 본 연구결과 마치현 뿌리, 잎, 줄기 추출물에서 보다 높은 소거활성을 나타냈다. 마치현의 부위별 항산화활성을 비교한 보고는 찾아볼 수 없으나, hydroxyl 라디칼 활성이 높게 나타난 것은 식물계에 존재하는 페놀성과 플라보노이드물질을 함유하고 있기 때문이라고 생각된다.

Fe²⁺ 킬레이팅 활성은 생체 내의 철 이온의 과잉으로 야기될 수 있는 hydrogen peroxide와의 fenton 반응에 의한 단백질 발현에 대한 직접적인 손상과 DNA 산화적 스트레스 및 세포의 노화와 손상을 야기하는 강력한 활성산소종중 hydroxyl radical의 억제를 위한 Fe²⁺ 킬레이팅 반응을 이용한 것이다⁴⁰⁾. 마치현의 Fe²⁺ 킬레이팅 활성은 뿌리(29.19%) > 잎(12.61%) > 줄기(12.00%) 순으로 뿌리 추출물에서 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. Kim 등⁴¹⁾은 쪽의 부위별 Fe²⁺ 킬레이팅 활성은 줄기가 96.27%로 가장 높았고, 뿌리가 91.14%, 잎이 64.43% 순으로 줄기의 킬레이팅 능력이 아주 우수한 결과를 보고하였다. 본 연구결과와 비교해 보면 다소 활성 차이를 나타냈으나, 약용식물류의 성분 중 금속이온을 제거하는 물질의 종류가 다르거나, 또는 시료에서 금속이온을 포집할 수 있는 물질의 함량이 낮기 때문이라고 추정되고 있다⁴²⁾.

아질산염은 식육제품에 첨가되어 발색제 및 보존료로 이용되고 있으나, 식품 중에 존재하는 아민류와 반응하여 발암물질인 니트로사민을 생성하는데 이 과정은 pH가 낮은 조건에서 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있다^{22, 43)}. 마치현 부위별 에탄올 추출물의 pH 조건을 각각 1.2, 3.0 및 6.0으로 조절하여 아질산염 소거능을 측정된 결과 뿌리 > 잎 > 줄기 순으로 pH가 높아짐에 따라 아질산염 소거능은 급격히 낮아짐을 알 수 있었다. pH가 높아짐에 따라 아질산염 소거능이 감소하는

이유를 밝히기 위해서는 추가 연구가 필요하지만, Kang 등⁴³⁾은 pH가 높아짐에 따라 페놀성 화합물의 아질산염 소거능이 감소되었다는 연구결과와 일치하였다. 아질산염과 식품류의 아민류가 반응하여 니트로사민을 생성하기 위해서는 낮은 pH로 부터 위에서 니트로사민이 생성되어 장에 도달하게 되는데^{22, 43)}, 본 연구결과에서의 마치현 뿌리 추출물은 pH 1.2에서 높은 아질산염 소거능으로 니트로사민의 생성을 효과적으로 억제할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 마치현의 활용가치를 높이고 천연물 소재로서의 이용 가능성을 타진하고자 부위별(뿌리, 줄기, 잎)에 따른 항산화 활성을 탐색하였다.

1. 마치현 부위별 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 뿌리(163.35 mg/g) > 잎(37.81 mg/g) > 줄기(23.94 mg/g) 순으로 뿌리에서 가장 높은 함량을 나타냈으며, 총 플라보노이드 함량은 뿌리(268.87 mg/g)는 줄기(23.70 mg/g)와 잎(38.60 mg/g)에 비해 높은 함량을 나타내었다.
2. 마치현 부위별 에탄올 추출물의 DPPH 와 ABTS 라디칼 소거 활성에서는 뿌리 > 잎 > 줄기 순으로 뿌리에서 유의적으로 가장 높은 활성을 나타내었고, 대조구 ascorbic acid와 비슷한 활성을 나타내었다.
3. 마치현 부위별 에탄올 추출물의 hydroxyl 라디칼 소거 활성과 Fe²⁺ 킬레이팅 활성은 뿌리 > 잎 > 줄기 순으로 뿌리에서 가장 높은 활성을 보였지만, 대조구 보다는 다소 낮은 활성을 나타내었다.
4. 마치현 부위별 에탄올 추출물의 아질산염 소거능은 pH가 높아질수록 아질산염 소거활성은 감소하였고, 뿌리 > 잎 > 줄기 순으로 뿌리에서 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 또한 pH 1.2 반응에서 뿌리 추출물은 대조구 BHT와 비슷한 소거활성을 나타내었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 마치현 뿌리 부위에서는 잎과 줄기 부위에서 보다 높은 항산화 효능을 가지는 것으로 확인되었으며, 항산화 관련된 기능성 식품, 화장품 및 의약품 등의 소재로서 응용 가능성이 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 중부대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

References

1. Kang HJ, Kim HS, Jeon IH, Mok JY, Han KS, Jang SI. Effect of Antioxidant and blood flow improvement of grape leaf extract and resveratrol

- from vitis romaneti. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 2013 ; 42 : 1736-43.
2. Kim IC. 'Antioxidative Property and Whitening Effect of the Polygoni Multiflori Radix, Polygonati Rhizoma and Ephedrae Herba', J. of Korean Oil Chemists Soc. 2008 ; 25 : 533-8.
3. Branen AL. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. J Am Oil Chem Soc. 1975 ; 52 : 59-63.
4. Choe SY, Yang KH. Toxicological studies of antioxidants, butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxyanisole (BHA). Korean J Food Sci Technol. 1982 ; 12 : 283-8.
5. Park SH, Kim DK, Bae JH. The antioxidant effect of Portulaca oleracea extracts and its antimicrobial activity on Helicobacter pylori. Kor J Food Nutr. 2011 ; 24 : 306-11.
6. Youk CS. Coloured medicinal plants of Korea. Seoul : Academic Press. 1989 : 164.
7. Feng PC, Haynes LJ, Magnus KE. High concentration of(-)-Noradrenaline in Portulaca Oleracea L. Nature. 1961 ; 191 : 1108-10.
8. Omara-Alwala TR, Mebrahtu T, Prior DE, Ezekwe MO. Omega-three fatty acids in purslane(portulaca oleracea) tissues. JAOCs. 1991 ; 68 : 198-9.
9. Liu L, Howe P, Zhou YF, Xu Q, Hocart C. Fatty acids and β -carotene in Australian purslane (portulaca oleracea) varieties. J. Chromatogr. 2000 ; 893 : 207-13.
10. Lee HJ, Lee BJ, Lee DS, Seo YW. DPPH radical scavenging effect and in vitro lipid peroxidation inhibition by Portulaca oleracea. Kor J Biotechnol Bioeng. 2003 ; 18 : 165-9.
11. Abdel Moneim AE. The neuroprotective effects of purslane (Portulaca oleracea) on rotenone-induced biochemical changes and apoptosis in brain of rat. CNS Neurol Disord Drug Targets. 2013 ; 12 : 830-41.
12. Kwon YR, Cho SM, Hwang SP, Kwon GM, Kim JW, Youn KS. Antioxidant, physiological activities and acetylcholinesterase inhibitory activity of Portulaca oleracea extracts with different extraction methods. J Kor Soc Food Sci Nutr. 2014 ; 43 : 389-96.
13. Bae JH. The effect of Portulaca oleracea on the pathogens of gastroenteritis in infants. Kor J Food Nutr. 2012 ; 25 : 233-8.
14. Woo HR, Kim SH. Antihyperlipidemic effect of diet containing Portulaca oleracea L. ethanol extract in high fat diet-induced obese mice. J Kor Soc Food Sci Nutr. 2011 ; 40 : 538-43.
15. Hassan A, Ibrahim A, Mbodji K, Coëffier M,

- Ziegler F, Bounoure F, Chardigny JM, Skiba M, Savoye G, Déchelotte P, Marion-Letellier R. An α -linolenic acid-rich formula reduces oxidative stress and inflammation by regulating NF- κ B in rats with TNBS-induced colitis. *J Nutr.* 2010 ; 140 : 1714-21.
16. Folin O, Denis W. A colorimetric method for determination of phenols (phenol derivatives) in urine. *J. Biol. Chem.* 1915 ; 22 : 305-8.
 17. Zhishen J, Mengcheng T, Jianmaing W. The determination of Flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 1999 ; 64 : 555-9.
 18. Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature.* 1958 ; 181 : 1199-200.
 19. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med.* 1999 ; 26 : 1231-7.
 20. Smirnoff N, Cumbes QJ. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry.* 1989 ; 28 : 1057-60.
 21. Hus B, Coupar IM, NG K. Antioxidant activity of hot water extract from the fruit of the Doum palm, *Hyphaene the baica*. *Food Chem.* 2006 ; 98 : 317-28.
 22. Gray JI, Dugan JR. Inhibition of n-nitros-amine formation in model food systems. *J. Food Sci.* 1975 ; 40 : 981-4.
 23. Korea Food and Drug Administration. The Korean Herbal Pharmacopoeia IV. Seoul : Korea Food and Drug Administration, 2012 : 110.
 24. The Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China 2010. Beijing : China Medical Science and Technology Press, 2010 : 46.
 25. Pharmacopoeia Commission of the Democratic People's Republic of Korea Ministry of Health. Democratic People's Republic of Korea Pharmacopoeia 5th edition. Pyongyang : Medical Science Publishers, 1996 : 232-3.
 26. State Administration of Traditional Chinese medicine of the People's Republic of China. *Zhonghuabencao*, Vol. 5, Shanghai : Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1999 : 754-8.
 27. Shang ZJ. *Xinxiubencao*. Hefei : Anhuikexuejishu publisher, 2005 : 458-9.
 28. Su S. *Bencaotujing*. Hefei : Anhuikexuejishu publisher, 1994 : 591.
 29. Heo J. *Daeyeokdonguibogam*. Seoul : Beopinmun-hwas, 1999 : 1898.
 30. Ismail A, Marjan ZM, Foong CW. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chem.* 2004 ; 87 : 581-6.
 31. Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and *Pseudomonas*. *Biosci Biotechnol Biochem.* 1997 ; 61 : 102-4.
 32. Halliwell B, Aeschbach R, Loliger J, Aruoma OI. "The characterization of antioxidants", *Food Chem. Toxicol.* 1995 ; 33 : 601-17.
 33. Lee SY, Choi HD, Yu SN, Kim SH, Park SK, Ahn SC. Biological activities of *Mesembryanthemum crystallinum* (Ice plant) extract. *J. Life Sci.* 2015 ; 25 : 638-45.
 34. Park SR, Han JW, Kang JY, Kil KJ, Yoo JH. Antioxidant activities of hot water and ethanol extracts from *Portulacae Herba*. *Kor. J. Herbol.* 2017 ; 32 : 39-46.
 35. Osawa T. Novel natural antioxidant for utilization in food and biological system. In *Postharvest Biochemistry of Plant Food Material in the Tropics*. Tokyo : Japan Scientific Societies Press, 1994 : 241-51.
 36. Ikekawa, T. Bunashimeji, *Hypsizigus marmoreus* antitumor activity of extracts and polysaccharides. *Food Rev. Int.* 1995 ; 11 : 207-9.
 37. Gu YR, Kim SW, Son YW, Hong JH. Antioxidant activities of solvent extracts from different *Glehnia Radix* parts and their inhibitory effect against nitric oxide production in Raw 264.7 cell. *Korean J. Food Preserv.* 2017 ; 24 : 116-24.
 38. Hochstein P, Atallah AS. The nature of oxidant and antioxidant systems in the inhibition of mutation and cancer. *Mutation Res.* 1988 ; 202 : 363-75.
 39. Song YJ, Chang JP, Yoo JH. Antioxidant activities of water extracts from different parts of *Lycopus lucidus* Turcz. ex Benth. *Kor. J. Herbol.* 2016 ; 31 : 21-8.
 40. Stohs SJ, Bagchi D. Oxidative mechanism in the toxicity of metal ions. *Free Radic. Biol. Med.* 1995 ; 18 : 321-36.
 41. Kim SJ, Jang TW, Kim DW, Park JH. Study on antioxidant and anti-inflammatory activities of *Persicaria tinctoria* Kor. *J. Herbol.* 2015 ; 30 : 17-24.
 42. Seo SJ, Choi YM, Lee SM, Kong SH, Lee JS. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2008 ; 37 : 129-35.
 43. Kang YH, Park YK, Lee GD. The nitrite scavenging and electron donation ability of phenolic compound. *Korean J. Food Sci. Technol.* 1996 ; 28 : 232-9.