

Analysis of Triterpene Glycoside Levels and Antioxidant Activity in the Different Shoot Tissues of *Centella asiatica* (L.) Urban

Young Sook Kil¹, Seung Mi Sin¹, Dong Yeol Lee¹, Jeong Won Min¹, Ki jeung Yang¹, Shin-Woo Lee³, Yun-Hee Kim^{2*} and Young-Min Goo^{1*}

¹Gyeongnam Oriental Anti-aging Institute, Sancheong 52215, Korea

²Department of Biology Education, College of Education, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Department of Agronomy & Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science & Technology, Jinju 52725, Korea

Received April 13, 2018 / Revised June 26, 2018 / Accepted July 5, 2018

Centella asiatica is one of the local herbs that is claimed to possess various physiological effects. *C. asiatica* also accumulates large amounts of pentacyclic triterpenoid saponins known as centelloids. These terpenoids usually include asiatic acid, asiaticoside, madecassoside, and madecassic acids. In the present study, to understand the changes of triterpene glycoside levels in the different shoot tissues of *C. asiatica* during seasonal cultivation, we investigated the High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) analysis via different extraction methods, such as water, 20% ethanol and methanol extracts. Significant increases were observed in the levels of madecassoside and asiaticoside in the leaf extracts by methanol compare with extracts using water or 20% ethanol. Additionally, we also analyzed the various antioxidant activity in the different shoot tissues of *C. asiatica* using different extracts, such as leaves, petioles and both materials. Among these petiole extracts showed high 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTs) scavenging activity in all extracts, whereas 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity exhibited high activity levels in the leaf part using methanol and ethanol extracts. Levels of total phenolics and flavonoid also showed the highest levels in the leaf tissues using all extracts such as methanol, ethanol and water. Our results indicated that the increased levels of triterpene glycoside and antioxidant activity in the leaf parts of the *C. asiatica* were indicating that useful metabolites were mainly maintained through seasonal cultivation such as madecassoside, asiaticoside.

Key words : Antioxidant activity, *Centella asiatica*, different shoot tissues, seasonal cultivation, triterpene glycoside

서 론

병풀(*Centella asiatica* L. Urban)은 미나리과의 다년생 초본 덩굴식물로서 주로 고온 다습한 곳에서 자생하기 때문에 인도 양의 열대지방에서 기원 하였으며, 국내에서는 제주도 및 일부 남부 도서지역에서 자생하고 있다[3]. 병풀은 수년간 아시아 지역의 약용식물로서 널리 사용되어 왔는데, 특히 항염증 기능, 콜라겐 합성 촉진 및 피부 재생효과가 뛰어나 피부 손상 및 상처 치료에 적합한 의약품 및 화장품 원료로서 각광 받고 있다.

실제로 병풀의 주요성분인 α -amyrin-ursolic acid group에 속하는 pentacyclic triterpene glycoside인 madecassoside와 asiaticoside는 피부 상처나 만성 궤양 등의 치료에 사용 되고 있으며[1], 특히 asiaticoside는 항균 및 항진균 활성의 특성을 가지고 있기 때문에 다양한 피부질환, 상처, 위궤양, 결핵, 정맥질환, 치매 등에 대해 치료 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[5]. 또한, 병풀의 asiaticoside에서 유도된 유도체들이 β -amyloid로 유도되는 세포 죽음으로부터 세포를 보호한다는 연구가 보고된 바 있다[4]. 이처럼 병풀은 현재 피부 및 상처 치료제, 기억력 증강제, 강장제 및 식용 등으로 다양한 용도에 이용 되고 있으며, 의약품, 화장품 및 기능성 식품으로서 국내에서도 활발히 사용되고 있다. 하지만, 이와 같은 병풀의 주요 성분에 대한 중요성이 널리 인식되어 왔음에도 불구하고, 자생지역에서 재배 환경에 따른 주요 조직별 성분의 특성 및 활성분석에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 국내 주요 자생지에서 실제로 병풀을 재배하였을 때 나타나는 주요성분 및 항산화 활성의 조직별 변화를 지상부 조직을 중심으로 재배 시기별로 조사하고자 하였습니다.

*Corresponding authors

Tel : +82-55-772-2237, Fax : +82-55-772-2239

E-mail : cefle@gnu.ac.kr (Yun-Hee Kim)

Tel : +82-55-970-1121, Fax : +82-55-974-1067

E-mail : dudals1109@naver.com (Young-Min Goo)

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.

재료 및 방법

실험재료 및 추출방법

본 실험에 사용된 병풀(*Centella asiatica* L. Urban)은 2017년 4월, 7월, 10월 3회에 걸쳐 경남 함천군에서 약 900평의 하우스 시설에서 재배중인 농가에서 지원 받아 사용하였으며, 각 시료는 수확 후 세척 과정을 거쳐 40°C에서 열풍 건조 시킨 것을 사용하였다. 건조된 병풀은 조직부위별 비교를 위해 잎과 잎자루 부분을 분리한 것과 분리하지 않은 시료들로 모아서 각각 믹서기에 곱게 마쇄하여 사용하였으며, 병풀 분말은 시료량의 10배의 추출용매를 넣고 30분간 초음파추출한 후에 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 그 상층액을 0.45 µm 주사기필터로 여과 후 농축시켜 조제하였다. 각 시료들은 감압 여과 및 농축 후 동결건조를 통해 분말을 얻어 수율을 측정하고 실험에 사용하였다.

병풀 추출물의 HPLC 분석

각 지상부 조직에서 병풀 시료의 성분 차이를 알아보고자 고성능 액체 크로마토그래피(HPLC; High-Performance Liquid Chromatography)를 이용하여 병풀의 주요 활성물질로 알려져 있는 asiatic acid (AA), asiaticoside (AS), medecasic acid (MA), medecassoside (MS)를 각 추출공정을 통한 병풀 추출물의 peak를 얻고 상호 비교 분석을 시도하였다. 시료의 분석을 위해 물, 20% 에탄올 및 메탄올을 이용한 추출물의 시료를 HPLC 분석용 water에 녹여 각각 100 µg/ml의 농도로 조제하고 0.2 µm syringe filter로 여과하여 injection volume 10 µl로 측정하였다. HPLC 기기는 Waters e2675 Alliance system과 Waters 2998 PDA detector (200 nm)를 사용하였고, Column은 Phenomenex사의 Luna C18 (3 µm, 4.6×15 mm)을 사용하였다. 이동상은 물과 메탄올(50:50, v/v)의 혼합 용액을 사용하였고, 유속은 1.0 ml/min으로 흘려주었으며, 표준시료는 Madecassic acid (ChemFaces, China), Madecassoside (ChemFaces, China), Asiatic acid (ChemFaces, China), Asiaticoside (ChemFaces, China)를 사용하였다.

ABTs 라디칼 소거활성

ABTs 라디칼 양이온 탈색화법에 의한 항산화 효능을 시험하기 위하여 Re et al. [10]의 방법을 변형하여 실험을 진행하였다. 7 mM의 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt와 2.4 mM potassium persulfate 용액을 혼합하여 4시간 동안 방치하여 ABTS⁺를 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광 값이 0.7~0.9가 되도록 물 흡광계수 ($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 225 µl에 시료 25 µl를 가한 후, Multimicroplate reader-SpectraMax M5 (Molecular Devices, USA) 를 사용하여 734 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 대조구로는 BHA와

ascorbic acid를 사용하였고, 흡광도가 50% 감소할 때 나타나는 시료의 radical 소거능(IC₅₀)으로 표시하였으며 각 실험은 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Radical 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가군의 흡광도}}{\text{무첨가군의 흡광도}}\right) \times 100$$

DPPH 라디칼 소거활성

시료의 전자공여능을 확인하기 위하여 Padda et al. [8]의 방법을 변형하여 에탄올에 녹인 1.5×10⁻⁴ M 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 용액과 시료를 96-well plate에 첨가한 후 10분간 반응시킨 다음 Multimicroplate reader-SpectraMax M5 (Molecular Devices, USA) 로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거활성은 에탄올을 첨가한 시료의 흡광도를 기준값(blank)으로 하고 시료의 용매를 넣은 것을 대조구로 측정하였다.

$$\text{DPPH radical 소거활성(\%)} = (1 - \frac{\text{10분후 측정된 시료의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}) \times 100$$

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량의 측정은 각 추출물을 96-well plate에 분주한 후 1 N Folin-Ciocalteu (Sigma, USA) 시약을 넣고 실온에서 3분간 반응시킨 다음 10% sodium carbonate 용액을 80 µL 가하여 1시간 반응시키고 나서 Multimicroplate reader-SpectraMax M5 (Molecular Devices, USA) 로 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀의 함량은 0~200 µg/ml의 gallic acid를 이용하여 기준 곡선을 작성하고 시료 1 g 당 gallic acid의 함량(GA)으로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량

플라보노이드 함량의 측정은 추출물과 ethanol을 섞은 후, 2% aluminum chloride용액을 1:1 비율로 첨가하여 1시간 반응시킨 후, Multimicroplate reader-SpectraMax M5(Molecular Devices, USA) 로 430 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 0~250 µg/ml의 농도의 quercetin용액을 이용하여 기준 곡선을 작성하고 시료 1g 당 quercetin의 함량을 계산하여 catechin equivalents (CAE)로 환산한 값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

병풀 식물체의 추출 용매별 triterpenoid glycosides 함량 분석

수집된 병풀은 잎, 잎자루, 전잎(잎과 잎자루)를 시료로 이용하였고 용매에 따른 추출 효율을 확인하기 위해 메탄올과 에탄올, 물을 이용하여 각각 시료 1g에 10 ml의 용매를 넣어 동일한 조건으로 추출하였다. 그 결과, 세 가지 시료에서 공통

적으로 메탄올을 용매로 이용 하였을 때 추출효율이 가장 높게 나오는 것을 각 표준시료와 일치하는 MS, AS, MA, AA의 피크를 통해 확인하였다(Fig. 1A). 실제로 정량적 분석을 통해 확인해 본 결과, 세 가지 추출용매 모두 MS와 AS가 MA와 AA에 비해 상당히 높게 함유되어 있는 것을 확인할 수 있다(Fig. 1B). 그러므로, 이 후의 HPLC 분석을 위한 시료의 추출은 가장 추출 효율이 높게 나타난 메탄올을 사용하여 추출한 것을 이용하였다.

병풀 식물체의 조직 별 및 재배 시기별 triterpenoid glycosides 함량 분석

생육부위별 triterpenoid glycosides의 함량차이를 확인하

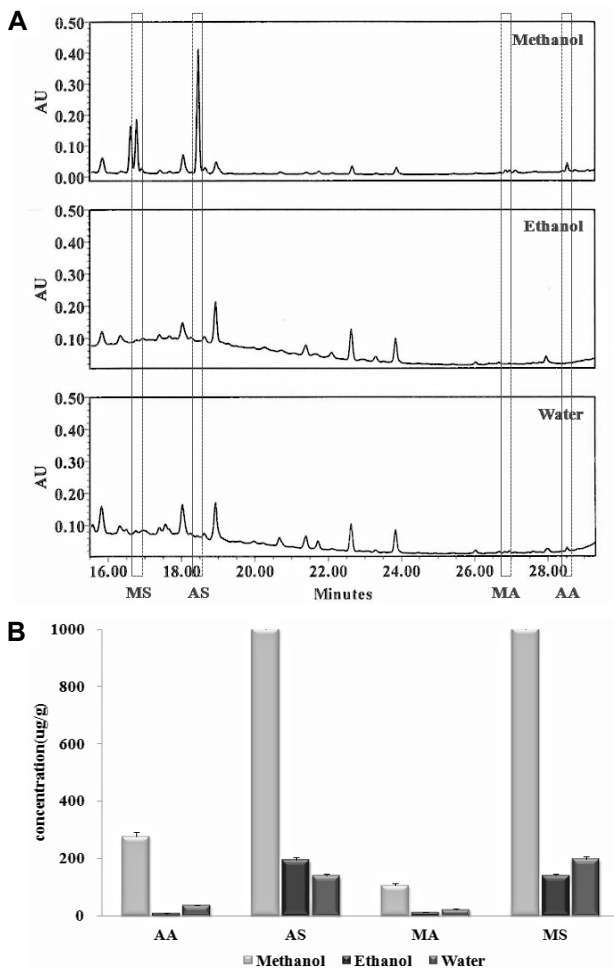


Fig. 1. Quantitative and qualitative HPLC analysis of triterpene glycosides in extracts of the *Centella asiatica* from different extraction conditions. (A) Comparison of HPLC peak of triterpene glycosides using methanol, 20% ethanol and water extracts. (B) Contents of triterpene glycosides using methanol, 20% ethanol and water extracts. Data presented are the average of three replicates. AA, asiaticoside; AS, asiaticoside; MA, medecasic acid; MS, medecassoside; MS.

기 위해 4월에 수확한 병풀의 잎과 자루 및 지상부 전잎(잎과 잎자루) 시료를 각각 추출하여 분석한 결과, AA를 제외한 세 가지 성분은 자루와 비교할 때 잎 부위에 높은 함량을 나타내었다(Fig. 2A). 다음으로 서식환경에 따라 생육에 영향을 받는 식물의 특성상 재배 시기에 따라 triterpenoid glycosides의 함량 변화를 확인하기 위해 재배 시기별로 수확하여 분석을 진행하였다. 병풀은 기후가 따뜻하고 습한 지역에서 자라는 식물로 하우스 시설재배를 하더라도 추운 겨울에는 생육이 어려워 따뜻해지는 봄철부터 가을까지 4, 7, 10월에 수확되 성장 정도에 따른 차이를 줄이기 위해 일정구획을 정하여 1차 수확 후에 2차 수확까지 자라는 기간을 고려하여 3개월씩 키워서 동일한 구간에서 자란 병풀을 수확하여 건조시켜 실험에 사용하였다. 앞서 분석한 결과와 실제 농가에서 재배 및 수확 후에 전잎(잎과 잎자루) 그대로 유통되는 점을 바탕으로 이후 실험은 생육부위를 구분하지 않고 전잎을 메탄올 추출하여 HPLC로 분석한 결과, AS와 MS는 점점 증가하여 10월에 가장 높게 나타났고 AA와 MA는 7월에 가장 높게 나타나는 결과를 얻었다(Fig. 2B).

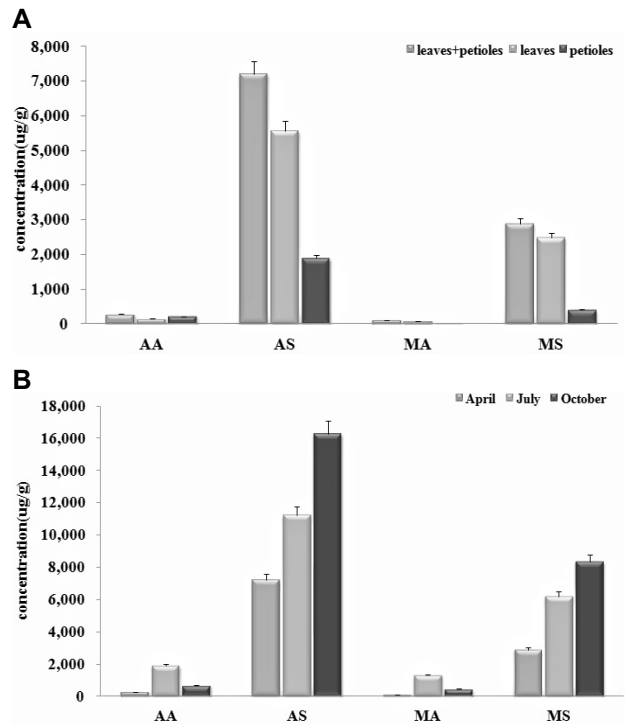


Fig. 2. Quantitative analysis of triterpene glycosides in the different shoot tissues of the *Centella asiatica* during different cultivation season. (A) Contents of triterpene glycosides in the different shoot at April. (B) Seasonal variation of triterpene glycosides content in leaves and petioles extracts of *C. asiatica*. Data presented are the average of three replicates. AA, asiaticoside; AS, asiaticoside; MA, medecasic acid; MS, medecassoside; MS.

병풀 식물체의 조직 별 항산화활성 분석

병풀의 생육부위별 항산화 활성의 차이를 확인하기 위해 4월에 수확한 병풀시료의 잎과 자루 및 지상부 전잎(잎+자루) 시료를 각각 메탄올, 에탄올, 물을 이용하여 추출한 후 분석을 진행하였다. 항산화 활성의 분석은 ABTs와 DPPH 소거활성 분석 방법을 이용하여 진행하였다. ABTs는 비교적 안정한 자유 래디컬로 친유성, 친수성 항산화물질의 측정에 모두 적용이 가능한 분석 방법이다[2]. 각 추출물을 1,000 µg/ml의 농도로 처리했을 때 IC₅₀ 값의 분석결과, 메탄올과 에탄올, 물 추출물 모두 유사한 결과를 보였으며, 잎의 추출물이 자루추출물에 비해 높은 소거능을 나타내었다(Fig. 3A). DPPH는 짙은 자주색을 나타내며 비교적 안정한 화합물로 vitamin C, 폴리페놀류 등의 항산화활성을 갖는 물질의 환원력에 의해 항산화활성을 측정하는 특성을 가지므로, DPPH에 의한 항산화 활성은 식물 추출물에서 페놀성 화합물의 함량에 영향을 받는 특성을 갖는다[2]. 실험의 결과로서, DPPH 소거활성은 ABTs 소거활성과는 다른 경향을 보였다. 물 추출물은 ABTs 소거활성과 같게 잎 부위가 가장 낮게 확인되었으나 메탄올과 에탄올 추출물의 경우에는 잎에 비해 자루부위에서 IC₅₀ 값이 오히려 낮게 나타나는 결과를 보였다(Fig. 3B).

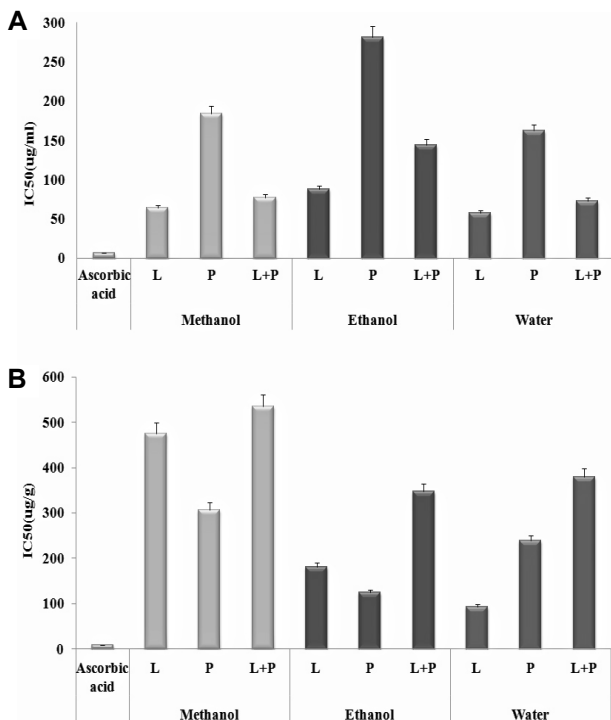


Fig. 3. Analysis of antioxidant activity in the different shoot tissues of the *Centella asiatica* harvested from different extraction conditions at April. (A) ABTs radical scavenging activity. (B) DPPH radical scavenging activity. L, leaves; P, petioles; L+P: Leaves + petioles. Data presented are the average of three replicates.

병풀 식물체의 조직 별 페놀화합물 및 플라보노이드 함량 분석

페놀성 화합물은 천연물에 함유되어 있는 성분으로 총 폴리페놀은 DPPH 소거활성과 같은 항산화 활성에 매우 중요한 인자로 작용하는 특성을 갖는다. 4월에 수확한 병풀시료를 각 용매별, 부위별로 추출하여 폴리페놀 함량을 분석한 결과, 추출용매에는 큰 차이를 보이지 않았고 생육부위별로 비교했을 때 잎에 함량이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4A). 식물에 의해 합성된 대표적인 폴리페놀의 한 종류인 quercetin, kaempferol, luteolin를 포함하는 화합물인 플라보노이드의 함량을 조사한 결과, 세가지 용매에서 동일하게 잎 추출물의 총 플라보노이드 함량이 가장 높게 나타나는 특징을 보였다(Fig. 4B).

본 연구의 결과로서, 국내에서 재배중인 병풀을 수확하여 주요 triterpenoid glycosides에 대한 HPLC 분석을 수행한 결과, 용매에 따른 추출효율은 메탄올 추출 시에 가장 높게 확인되었고(Fig. 1), 생육부위별로 주로 잎 부위에 높게 축적되는 것으로 확인 되었다(Fig. 2). 또한 재배 시기별로 보면 기온이 높아지는 여름철에 수확했을 때 성분이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 병풀의 첫 수확시기인 4월의 시료로 생리활성검증을 위하여 항산화 활성 및 항산화효과와 밀접한

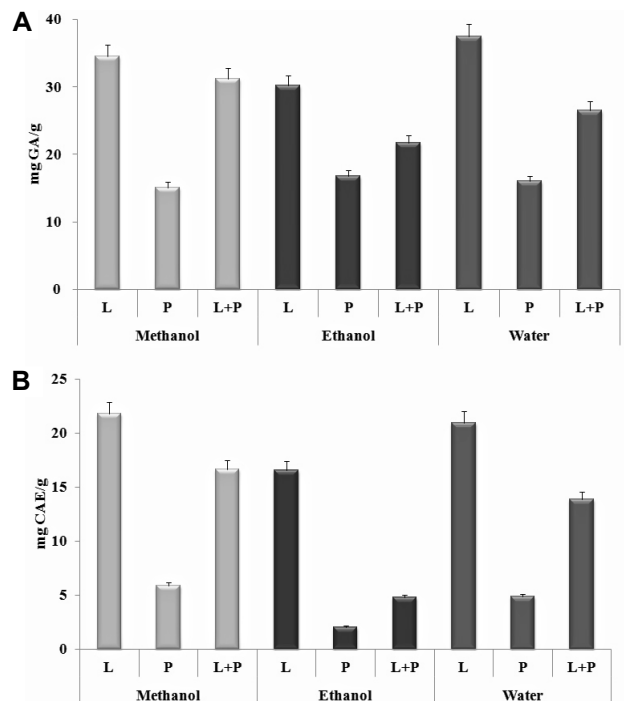


Fig. 4. Analysis of total phenolics and flavonoid levels in the different shoot tissues of the *Centella asiatica* harvested from different extraction conditions at April. (A) Total phenolics contents. (B) Total flavonoid contents. L, leaves; P, petioles; L+P: Leaves + petioles. Data presented are the average of three replicates.

관련이 있는 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 조사한 결과, 자루부위보다 잎에 많이 함유되었음을 확인할 수 있었다 (Fig. 3 and Fig. 4). 항산화활성의 경우, ABTs 분석의 결과는 triterpenoid glycosides 함량이 높았던 잎의 추출물이 자루보다 높은 소거능력을 보인 반면에 DPPH 분석의 결과에서는 물 추출물을 제외한 메탄올과 에탄올 추출물에서 오히려 자루 부분의 소거능력이 더 높게 나오는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 3).

일반적으로 식물 시료들이 함유하고 있는 물질의 특성상 추출 용매에 따른 생리활성의 특성이 다르게 나타나는 특성을 보인다. 보고된 식물시료로서, 플라보노이드 함량이 단삼, 산조인, 금물초, 꿀풀이 열수 추출물에서 에탄올 추출물보다 높은 양을 보이는 반면, 조릿대 잎에서는 열수 추출물이 에탄올 추출물보다 약 8배 가량의 높은 함량을 나타냄이 보고된 바 있다 [5, 9]. 또한, Kim et al. [6]은 20여종의 약용식물의 메탄올 추출물의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정된 결과, 연구된 대부분의 식물종에서 폴리 페놀이 플라보노이드보다 높으며, 이와 같은 시료들의 경우 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 보아 플라보노이드 외에 다른 폴리페놀 화합물들도 항산화 활성에 기여한다고 보고하였다.

본 연구에서는 병풀이 매년 첫 수확 시기가 4월이고, 첫 수확 이후 조직이 균일하지 않기 때문에 각 시기별 실험을 원활히 진행되지 못했으며, 또한 재배의 특성상 수확 후 유통에 있어서 전잎만 사용되기 때문에 조직을 구분하지 않고 실험을 진행하였다. 그러므로, 향후 연구에서는 시기별 및 조직별로 주요 성분의 함량변화와 추출용매에 따른 항산화 활성의 차이를 고려할 때, 본 연구결과들을 토대로 향후 생육 시기별 수확한 병풀 식물체의 시료들을 이용하여 항균활성, 세포독성조사 및 피부개선효과 분석과 같은 보다 실제적인 생리활성에 연관된 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

1. Bonte, F., Dumas, M., Chaudagne, C. and Meybeck, A. 1993. Influence of asiatic acid, madecassiac acid, and asiaticoside on human collagen I syntheses. *Plant Med.* **60**, 133-135.
2. Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I. and Chun, O. K. 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J. Food Com. Anal.* **24**, 1041-1048.
3. Hausen, B. M. 1993. Centella asiatica (Indian pennywort), an effective therapeutic but a weak sensitizer. *Contact Derm.* **29**, 175-179.
4. Inhee, M. J., Shin, J. E., Yun, S. H., Huh, K., Koh, J. Y., Park, H. K., Jew, S. S. and Jung, M. W. 1999. Protective effects of asiaticoside derivatives against beta-amyloid neurotoxicity. *J. Neurosci. Res.* **58**, 417-425.
5. Ju, J. C., Shin, J. H., Lee, S. J., Cho, H. S. and Sung, N. J. 2006. Antioxidative activity of hot water extracts from medicinal plants. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 7-14.
6. Kim, H. K., Kim, Y. E., Do, J. R., Lee, Y. C. and Lee, B. Y. 1995. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**, 80-85.
7. Kim, O. T., Kim, M. Y., Kim, S. J., Kim, Y. J., Kim, K. S., Ahn, J. C., Kim, S. W. and Hwang, B. 2002. Seasonal variations of triterpene glycosides contents in the leaf of *Centella asiatica* (L.) Urban. *J. Kor. Med. Crop Sci.* **10**, 375-378.
8. Padda, M. S. and Picha, D. H. 2008. Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes. *Postharvest Biol. Technol.* **47**, 176-180.
9. Park, Y. O. and Lim, H. S. 2009. Antioxidant activities of Bamboo (*Sasa Borealis*) leaf extract according to extraction solvent. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 1640-1648.
10. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* **26**, 1231-1237.

초록 : 병풀 지상부 조직에서 시기별 triterpene glycoside 함량 및 항산화활성 분석

길영숙¹ · 신승미¹ · 이동열¹ · 정원민¹ · 이신우³ · 김윤희^{2*} · 구영민^{1*}

(¹경남한방향노화연구원, ²국립경상대학교 생물교육과(농업생명과학연구원), ³국립경남과학기술대학교 생명과학대학 농학·한약자원학부)

본 연구에서는 약용식물인 병풀의 계절적 생육조건의 변화에 따른 다양한 지상부 조직에서 triterpene glycoside 함량을 조사하기 위해, 20% 에탄올, 메탄올, 물을 이용한 3가지 추출방법을 이용하여 HPLC 분석을 수행하였다. 메탄올 추출방법에서 triterpene glycoside의 추출효율이 가장 높았으며, 특히 madecassoside와 asiaticoside의 값이 계절적인 생육조건의 변화동안 높게 확인되었다. 본 연구에서는 추가적으로 항산화활성을 분석하였으며, ABTs 소거활성은 잎자루에서 높게 확인되었으며, DPPH 소거활성은 메탄올과 에탄올로 추출한 잎조직에서만 높은 결과를 보였다. 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 잎 조직에서 사용된 물, 에탄올, 메탄올 추출에 의한 결과가 가장 높은 값을 보였다. 본 연구의 결과로서, 병풀 식물체의 잎 조직에서 계절적 생육 조건 동안 triterpene glycoside 및 항산화활성이 증가함은 병풀의 재배시 madecassoside 및 asiaticoside를 포함한 유용한 주요 대사물질들이 식물체내에서 항상성을 위해 유지되며, 이는 향후 보다 구체적인 생리활성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되는 바이다.