



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)
 한국지역사회생활과학회지 30(3): 351~361, 2019
 Korean J Community Living Sci 30(3): 351~361, 2019
<http://doi.org/10.7856/kjcls.2019.30.3.351>

금전초와 박하의 항산화효과 및 금전초의 영양성분 분석

홍성우 · 김현아¹⁾ · 이주민^{†1)}
 부산대학교 식품영양학과, 조선대학교 식품영양학과¹⁾

Nutritional Compositions of *Lysimachia Christinae* Hance and *Mentha Canadensis* and Effect of *Lysimachia Christinae* Hance on Antioxidant Properties

Seong-woo Hong · Hyun A Kim¹⁾ · Joomin Lee^{†1)}
 Dept. of Food and Nutrition, Pusan National University, Pusan, Korea
 Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea¹⁾

ABSTRACT

This study investigated the antioxidant activities of *Lysimachia christinae* Hance (LH) and *Mentha canadensis* (MC) as well as the nutritional composition of LH. The total polyphenol and total flavonoid contents in LH were significantly higher than those in MC. LH showed higher antioxidant activities compared to MC as tested by 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical scavenging assays, ferric reducing antioxidant power (FRAP) and reducing power assay. Based on these results, we conducted further study on the nutritional composition of LH. The moisture, crude ash, crude fat, crude protein and carbohydrate contents of LH were 4.17%, 7.09%, 0.72%, 5.83% and 78.19%, respectively. Among eleven fatty acids, palmitic acid (29.84%) was the major saturated fatty acid and oleic (11.43%) and cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (32.3%) were the major unsaturated fatty acids. Malic acid (4,960.68 ppm) was the most abundant, followed by citric acid and tartaric acid. The vitamin C and E contents of LH were 4695.53 ppm and 43.21 ppm, respectively. The major total amino acids were leucine (333.51 mg/100g) and glutamic acid (442.76 mg/100g). K was the most abundant mineral, followed by Ca, Mg and Mn. Therefore, we suggest that LH contains high antioxidant properties and high levels of potential nutrients as nutritious materials.

Key words: *Lysimachia christinae* Hance, *Mentha canadensis*, antioxidant activity, nutritional components

I. 서론

현대사회의 서구화된 식생활로 인해 고혈압, 비만,

당뇨 등의 만성질환이 증가하고 있으며, 이들은 체내에 활성산소(ROS: Reactive Oxygen Species) 및 유리 라디칼(free radical)을 증가시키는 것으로 알려져 있

Received: 2 July, 2019 Revised: 31 July, 2019 Accepted: 22 August, 2019

†Corresponding Author: Joomin Lee Tel: 82-62-230-7722 E-mail: joominlee@chosun.ac.kr

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.

다(Pike & Chandra 1995). 활성산소의 종류에는 초과산화 음이온(superoxide anion), 초과산화물(superoxide), 수산화라디칼(hydroxyl radical), 과산화수소(hydrogen peroxide) 등이 있으며, 활성산소는 반응성이 매우 커 세포를 손상시키게 된다(Magnani et al. 2000). 활성산소로부터 세포를 보호하기 위해 인체는 glutathione peroxidase(GPx), catalase(CAT), superoxide dismutase(SOD) 등의 방어 시스템을 통해 O_2^- , H_2O_2 , $-OH$ 라디칼 등을 제거하여 항산화 기능을 나타낸다. 하지만 체내에서 빠르게 생성되는 활성산소를 전부 소거할 수는 없기 때문에, 체내 항산화 작용뿐만 아니라 식품 내에 존재하는 생리활성 물질에 대한 관심이 증가하고 있으며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다(Simic 1988).

금전초(*Lysimachia christinae* Hance)는 꿀풀과에 속한 전초로 여러해살이풀이며, 주로 털이 없거나 영겨서 뭉쳐져 있고 부드러운 털이 성글게 났으며 줄기는 뒤틀러있다. 잎은 마주나고 대부분 오그라져 있는데 펼치면 넓은 난형 또는 심장형으로 너비는 1~5 cm, 길이는 1~4 cm 정도이다(Tian et al. 2008). Gao et al.(2013)의 연구에 따르면 금전초는 flavone, amino acid, tannin, choline 등을 함유하고 있으며, myricetin, kaempferol과 quercetin의 배당체가 풍부한 것으로 밝혀졌다. 금전초는 항염증(Gu et al. 1988), 항균효과(Zhang et al. 2019) 및 담석증 감소(Deng et al. 2015) 등에 효과적이라고 알려져 있다. 박하(*Mentha canadensis*)는 다년생 꿀풀과 식물로 전 세계에서 재배되며, 멘톨이 다량 함유되어 있다(Qi et al. 2018). 전통적인 한의학에서 박하는 신경중추, 호흡, 생식, 소화계통의 질병을 치료하는데 사용되며, 최근 박하의 항균, 항염증, 위장보호, 간세포 보호 등의 다양한 연구가 진행되었다(He et al. 2019).

현재까지 금전초 및 박하의 다양한 생리활성 기능이 알려져 있으나, 영양성분 분석과 항산화 효과에 대한 연구는 아직 미흡한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 금전초와 박하의 항산화 효과 및 금전초의 영양성분을 분석하였으며, 이들을 건강기능 식품으로서의 소재 가치를 평가하고자 한다.

II. 연구방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 꿀풀과 식물인 금전초(충북 충주)와 박하(경남 산청)는 각각 농업회사 푸른들판, 지리산 한방식품 영농조합법인에서 건조된 상태의 것을 2017년 12월 구입하여 사용하였다. 각 시료 분말 100 g에 80% ethanol 1.5 L을 첨가하여 65°C heating mantle (Mtops ms-265, Seoul, Korea)에 환류냉각관을 부착하고 3시간씩 3회 반복하여 추출하였다. 이 추출액을 Whatman filter paper(Whatman No. 2)를 이용하여 여과하고 그 여액을 rotary vacuum evaporator (EYELA VACCUUM NVC-1100, Tokyo, Japan)를 사용해 감압·농축한 후에 동결건조기(ED 8512, Ilshin, Yangju, Korea)로 건조하였으며, 산화방지를 위해 시료는 -80°C deep freezer(MDFU52V, Sanyo Electric Co., Ltd., Osaka, Japan)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 총 polyphenol 함량 및 총 flavonoid 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Denis의 방법(1912)에 따라 측정하였고 추출물의 농도를 1 mg/mL로 하여 사용하였다. 시료 0.5 mL와 Folin reagent(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA) 0.5 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 방치한 다음 10% Na_2CO_3 0.8 mL를 첨가하고 40분간 방치한 후에 UV-spectrophotometer(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tannic acid를 표준물질로 하여 표준검량곡선을 적용해 추출물의 총 polyphenol 함량을 산출하였다.

총 flavonoid 함량은 Davis의 방법을 변형한 Chae et al.(2002)의 방법에 따라 측정하였다. 추출물 0.5 mL와 diethylene glycol 0.5 mL를 혼합하고 1N NaOH 10 μ L를 첨가하여 37°C heating block에서 1시간 동안 방치한 후에 UV-spectrophotometer(Bio-rad, Hercules,

CA, USA)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Rutin을 표준물질로 하여 표준검량곡선을 적용해 추출물의 총 flavonoid 함량을 산출하였다.

3. DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS+ 라디칼 소거능 분석

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 Blois의 방법(1958)을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 0.2 mM DPPH(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA) 시약 900 μ L에 농도별 시료 100 μ L를 첨가하여 37°C heating block에 30분간 반응시켰다. 96 well plate에 200 μ L씩 분주하여 UV-spectrophotometer (Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 이용해 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) 라디칼 소거능은 Re 등의 방법(1999)을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 7 mM ABTS⁺와 2.4 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합한 다음 암소에서 24시간 반응시켜 라디칼의 생성을 유도하였다. 반응이 끝난 ABTS⁺ 라디칼 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 0.7~1.0 사이가 되도록 메탄올로 희석하여 사용하였다. 희석한 ABTS⁺ 라디칼 용액 900 μ L와 추출물 100 μ L를 혼합하여 37°C heating block에서 30분 동안 반응시킨 후 UV-spectrophotometer (Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 이용해 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. Ferric reducing antioxidant power(FRAP) 측정

FRAP assay는 Benzie&Strain(1996)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 300 mM sodium acetate buffer(pH 3.6)(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA), 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ) (Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA), 20 mM ferric chloride(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA)를 각각 10:1:1의 비율로 혼합하여 FRAP reagent로 사용하였

다. 농도별 시료(0.125, 0.25, 0.5, 1.0 mg/mL) 10 μ L, 증류수 90 μ L와 FRAP reagent 200 μ L를 혼합하여 37°C에서 30분 동안 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. Iron sulfate hexahydrate(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 표준검량곡선을 적용해 추출물 1 mg에 들어있는 iron sulfate hexahydrate의 μ M 함량으로 나타내었다.

5. Reducing power 측정

Reducing power는 Oyaizu(1986)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 시료 200 μ L에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 200 μ L와 1% potassium ferricyanide 200 μ L를 첨가한 후 50°C에서 20분 동안 방치하였다. 10% trichloroacetic acid 200 μ L를 첨가한 후 14,000 rpm에서 5분 동안 원심분리 하였다. 원심분리한 상층액 750 μ L, 증류수 750 μ L와 0.1% ferric chloride 100 μ L를 혼합하여 37°C에서 10분 동안 반응시키고 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. 일반성분 분석

금전초의 일반성분 분석은 Association of Official Analytical Chemists법(A.O.A.C., 2005)을 이용하였다. 수분 함량은 105°C 건조법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 550°C 회화법으로 분석하였고 조단백질은 원소 분석기(Thermo Quest, Flash 2000, Milan, Italy)를 이용하여 전질소량을 정량한 값에 질소계수인 6.25를 곱하여 조단백질로 하였으며 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 값을 제한 값으로 표시하였다.

7. 지방산 분석

금전초의 지방산 조성 분석은 Wungaarden(1967)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 2 g을 원통여지에 넣고 chloroform-methanol로 추출·여과하여 감압·농축시킨 후 증량법으로 함량을 측정하였다. 추출한 시료 약 100 mg을 가지형 플라스크에 취하고 1

N-KOH · ethanol 용액 4 mL를 섞어 교반하였다. 유지방울이 없어지면 14% BF₃-Methanol 5 mL를 가한 뒤 환류냉각기를 부착하여 5분간 80°C에서 methylester화 했다. NaCl 포화용액 3 mL과 hexane 1 mL를 첨가하여 흔들어서 섞은 후 시험관에 옮겨 방치하였고, 상층을 분리하여 무수 Na₂SO₄를 넣어 탈수한 후 0.5 mL를 vial에 채취해 Gas chromatography(GC-71A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

8. 유기산 분석

금전초의 유기산 분석은 시료 0.5 g을 취하여 cap이 달린 삼각플라스크에 넣고 증류수 20 mL를 가한 후, 80°C 수욕상에서 4시간 동안 가열시키고 Whatman membrane filter paper(1 µm)를 이용해 여과하여 30 mL로 정용하였다. 이를 Whatman membrane filter (0.45 µm)로 여과한 후에 prominence HPLC(Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용해 분석하였다.

9. 비타민 분석

금전초의 비타민 C 및 E의 분석은 식품공전법 (Korea Food and Drug Association 2005)의 시험방법을 기준으로 분석하였다. 비타민 C의 함량 측정을 위해 시료 5 g을 균질화하고 10% metaphosphoric acid (HPO₃) 용액 10 mL를 가하여 20분 동안 3,000 rpm에서 원심분리한 후, 다시 10% HPO₃ 용액 5 mL를 첨가하여 다시 원심분리 하였다. 상등액을 취해 membrane filter(0.20 µm)로 여과하여 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 비타민 E의 함량 측정을 위해 시료 4 g에 아스코르브산 0.1 g과 ethanol 30 mL를 첨가하여 균질화하고 80°C에서 20분 동안 추출하였다. 추출액에 50% KOH용액 0.25 mL를 가한 후 증류수 3 mL와 hexane 5 mL를 첨가하여 3,000 rpm에서 20분 동안 원심분리 하였다. 상등액을 분리한 후 잔사에 hexane 5 mL를 가하여 균질화 시킨 뒤 80°C에서 20분 동안 추출하고 다시 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하였다. 상등액에 무수황산나트륨을 가해 탈

수시킨 뒤, 50°C에서 감압 · 농축하고 methanol로 용해시켜 membrane filter(0.45 µm)로 여과한 후 HPLC (LC-10AVP, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

10. 구성아미노산 분석

금전초의 구성아미노산 분석은 분해관에 건조된 시료 0.5 g에 6 N HCl 3 mL를 혼합하여 탈기하고 121°C에서 24시간 동안 가수분해 하였다. Glass filter로 여액을 여과한 후에 감압 · 농축하고 sodium phosphate buffer(pH 7.0)를 이용해 10 mL로 정용하였다. 용액 1 mL을 취하여 membrane filter(0.20 µm)로 여과한 후에 아미노산자동분석기(S433-H, SYKAM, Eresing, Germany)를 이용해 분석하였다.

11. 무기질 분석

금전초의 무기질 분석은 A.O.A.C 방법에 준하여 실시하였다. 시료 0.5 g에 20% HNO₃ 10 mL, 60% HClO₄ 3 mL를 가하여 투명하게 변할 때까지 가열하고 0.5 M HNO₃를 이용해 50 mL로 정용하였다. 각각의 항목별 표준용액을 혼합하고 vial 병에 8 mL씩 취하여 표준용액으로 한 다음 0.5 M HNO₃를 대조군으로 하여 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES, PerkinElmer, Massachusetts, USA)로 측정하였다.

12. 통계처리

모든 실험은 독립적으로 3회 반복하여 측정하였으며, 측정 결과는 평균(mean)과 표준편차(SD)로 나타내었다. 각 실험군 간의 유의성 검증은 GraphPad Prism 6 program GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA)을 이용하였고, 각 시료간의 통계적 유의성은 p(0.05 수준에서 Student t-test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 항산화 성분 분석

Polyphenol과 flavonoid는 식물에서 발견되는 대표적인 항산화성 물질로 항암, 항균 등의 다양한 생리활성 기능이 알려져 있다(Ames & Saul 1987). Polyphenol은 벤젠고리에 phenolic hydroxyl기를 가지고 있으며, hydroxyl기(-OH)가 자유라디칼과 결합하여 직접적으로 자유라디칼을 소거하거나 항산화 효소와 함께 간접적으로 자유라디칼을 제거한다(Lee & Lee 1994). Polyphenol의 가장 큰 부류인 flavonoid는 약 4000개의 화합물이 천연에 존재하며, flavanol, flavanone, flavone, isoflavone, anthocyanidin 등으로 분류된다(Rice-Evans et al. 1996).

본 연구에서는 꿀풀과 식물인 금전초와 박하의 총 polyphenol과 총 flavonoid의 함량을 측정하기 위해 기준물질로 각각 tannic acid와 rutin을 사용하였으며, 그 결과는 Table 1에 나타내었다. 총 polyphenol의 함량은 금전초는 311.31 mg TAE/g, 박하는 131.18 mg TAE/g으로 나타났으며, 총 flavonoid의 함량은 금전초는 184.68 mg RE/g, 박하는 5.51 mg RE/g으로 박하에 대비하여 금전초에서 총 polyphenol과 총 flavonoid의 함량이 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). Joo(2013)의 연구에 따르면 황금 추출물의 총 polyphenol은 103.53 mg TAE/g, 총 flavonoid의 함량

은 101.98 mg RE/g으로 나타났다. 그 결과, 다른 꿀풀과 식물들과 비교하여 금전초의 총 polyphenol과 총 flavonoid의 함량이 높은 것을 알 수 있었다. 또한 Woo et al.(2018)의 연구 결과, 부탄올로 추출한 금전초의 총 polyphenol과 총 flavonoid의 함량이 각각 41.1 ± 3.07 mg GAE/g, 39.4 ± 4.55 mg RE/g로 본 논문과 다소 차이가 있었다.

2. 항산화 활성 분석

활성산소는 에너지 생성을 위한 산화과정에서 발생하게 되며, 그로인해 과하게 증가된 활성산소는 체내 방어기전에 작용하여 노화 및 암의 원인이 된다(Rice-Evans et al. 1996). 그러므로 이러한 질병의 예방을 위해 라디칼 소거능을 가지고 있는 생리활성 물질의 확인이 중요하다. 꿀풀과 식물인 금전초와 박하의 항산화 활성을 평가하기 위해 DPPH와 ABTS⁺ 라디칼 소거능을 측정하였으며, FRAP과 reducing power를 이용하여 항산화능을 측정하였다.

금전초와 박하의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과는 Table 2와 같다. 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1.0 mg/mL 농도에서 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과, 금전초의 경우는 33.76%, 56.68%, 58.68%, 59.76%였으며 박하의 경우는 26.61%, 43.18%, 57.31%,

Table 1. Total polyphenol and total flavonoid contents

| | Total polyphenol (mg TAE/g) | Total flavonoid (mg RE/g) |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| <i>Lysimachia christinae</i> Hance | 311.31 ± 3.73* | 184.68 ± 1.80* |
| <i>Mentha canadensis</i> | 131.18 ± 5.65 | 5.51 ± 0.67 |

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

* $p < 0.05$; Significantly different by student's t-test between *Lysimachia christinae* Hance and *Mentha canadensis*

Table 2. DPPH radical scavenging activity of *Lysimachia christinae* Hance and *Mentha canadensis*

| Concentration (mg/mL) | <i>Lysimachia christinae</i> Hance (%) | <i>Mentha canadensis</i> (%) |
|--|--|------------------------------|
| 0.125 | 33.76 ± 1.05 | 26.61 ± 1.19 |
| 0.250 | 56.68 ± 0.45 | 43.18 ± 0.00 |
| 0.500 | 58.68 ± 0.45 | 57.31 ± 0.78 |
| 1.000 | 59.76 ± 1.11 | 59.37 ± 0.00 |
| IC ₅₀ ¹⁾ (mg/mL) | 0.21 | 0.39 |

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

¹⁾Amount required for 50% reduction of scavenging activity

59.37%였다. 50% DPPH 라디칼 소거능(IC₅₀)의 경우, 금전초는 0.21 mg/mL, 박하는 0.39 mg/mL으로 나타나 박하보다 금전초가 더 큰 효과를 나타내었다. Kim et al.(2018)의 연구에 따르면, 50% 에탄올로 추출한 금전초의 IC₅₀이 0.15 mg/mL으로 나타나 본 논문과 다소 차이가 있음을 나타내었다. 금전초와 박하의 ABTS⁺ 라디칼 소거능 측정 결과는 Table 3과 같다. 금전초와 박하의 ABTS⁺ 라디칼 소거능의 경우, IC₅₀ 값은 각각 금전초 0.18 mg/mL, 박하 0.22 mg/mL로 ABTS⁺ 라디칼 소거능 또한 박하보다 금전초에서 뛰어난 것을 확인하였다. Na et al.(2018)의 연구에 따르면 같은 꿀풀과 식물인 택란의 85% 메탄올 추출물에서 금전초와 유사한 항산화능을 보였다.

Table 3. ABTS⁺ radical scavenging activity of *Lysimachia christinae* Hance and *Mentha canadensis*

| Concentration (mg/mL) | <i>Lysimachia christinae</i> Hance | <i>Mentha canadensis</i> |
|--|------------------------------------|--------------------------|
| 0.125 | 49.14 ± 1.61 | 37.58 ± 0.15 |
| 0.250 | 81.87 ± 2.50 | 65.35 ± 0.72 |
| 0.500 | 94.39 ± 0.15 | 94.80 ± 0.23 |
| 1.000 | 95.00 ± 0.00 | 95.00 ± 0.00 |
| IC ₅₀ ¹⁾ (mg/mL) | 0.18 | 0.22 |

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

¹⁾Amount required for 50% reduction of scavenging activity

금전초와 박하의 FRAP 활성은 Table 4와 같다. 금전초와 박하 추출물 1.0 mg/mL 농도에서 FRAP 활성을 측정한 결과, 금전초는 847.30 μM, 박하는 747.30 μM으로 금전초의 FRAP 활성이 유의적으로 더 높음을 알 수 있었다. Shin et al.(2018)의 연구에 따르면 황금의 에탄올 추출물의 FRAP 활성이 961.66 μM로 나타나 본 연구의 금전초 FRAP 활성과 유사한 결과를 보였다.

금전초와 박하의 reducing power 측정 결과는

Table 4. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) value

| | (FeSO ₄ ·7H ₂ O eq μM) |
|------------------------------------|--|
| | FRAP value |
| <i>Lysimachia christinae</i> Hance | 847.30 ± 8.83* |
| <i>Mentha canadensis</i> | 747.30 ± 16.52 |

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

*p<0.05; Significantly different by Student's t-test between *Lysimachia christinae* Hance and *Mentha canadensis*

Table 5와 같다. 환원력을 측정하는 방법은 항산화 물질이 electron이나 hydrogen을 제공하는 능력을 측정하기 위해 이용되고 있으며, 환원력은 reductone이 배출하는 수소원자가 라디칼 사슬을 분해함으로써 시작되고 흡광도 수치 자체가 시료의 환원력을 나타낸다 (Hwang & Thi 2014). 금전초와 박하 추출물의 환원력은 농도 의존적으로 증가하였으며, 금전초의 환원력이 박하에 비해 뛰어난 것을 알 수 있다. Seo et al.(2010)의 연구에 따르면 하고초 뿌리 열수추출물의 환원력이 금전초 에탄올 추출물과 유사한 결과를 보였다.

Table 5. Reducing power of *Lysimachia christinae* Hance and *Mentha canadensis*

| Concentration (mg/mL) | <i>Lysimachia christinae</i> Hance | <i>Mentha canadensis</i> |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 0.125 | 0.26 ± 0.01 | 0.20 ± 0.00 |
| 0.250 | 0.40 ± 0.00 | 0.32 ± 0.01 |
| 0.500 | 0.64 ± 0.01 | 0.53 ± 0.01 |
| 1.000 | 0.97 ± 0.00 | 0.86 ± 0.01 |

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations

3. 일반성분분석

위와 같은 결과들을 종합하였을 때, 박하에 비해 금전초의 항산화 성분 및 항산화 효능이 뛰어난 것을 알 수 있었다. 따라서 이 후의 실험분석은 금전초를 중심으로 실시하게 되었다. 금전초의 일반성분분석을

실시한 결과는 Table 6과 같다.

금전초의 일반성분 함량은 수분 4.17%, 조회분 7.09%, 조지방 0.72%, 조단백질 5.38%, 탄수화물 82.19%로 나타났다. 금전초와 같은 꿀풀과 식물인 초석잠 잎의 탄수화물은 55.95%로 금전초의 탄수화물 함량이 높은 것으로 나타났으며, 조회분 10.49%, 조지방 1.57%로 본 연구와 차이를 보였다(Kim et al. 2017).

Table 6. Proximate compositions of *Lysimachia christinae* Hance

| | | (%) |
|----------------------------|-------------|------------------------------------|
| Sample | Composition | <i>Lysimachia christinae</i> Hance |
| Moisture | | 4.17 ± 0.02 ²⁾ |
| Crude ash | | 7.09 ± 0.65 |
| Crude fat | | 0.72 ± 0.01 |
| Crude protein | | 5.83 ± 0.80 |
| Carbohydrate ¹⁾ | | 82.19 ± 1.02 |

¹⁾Carbohydrate = 100 - (moisture + crude protein + crude fat + crude ash)

²⁾All values are expressed as mean ± SD of triplicate determinations

4. 지방산

금전초의 지방산 분석 결과는 Table 7과 같다. 금전초의 지방산 조성은 포화지방산 5종, 단일불포화지방산 3종, 다가불포화지방산 3종 등 총 11종의 지방산이 검출되었으며, 다가불포화지방산이 46.18%로 가장 높은 비율을 차지했다. 포화지방산은 palmitic acid가 29.84%, heptadecanoic acid가 5.5%를 차지하였으며, 단일불포화지방산은 oleic acid가 11.43%, 다가불포화지방산은 cis-11,14,17-eicosatrienoic acid의 함량이 21.2%, linoleic acid의 함량이 17.78%로 나타났다. 들깨잎의 지방산 조성은 linolenic acid가 62.04%, palmitic acid가 11.71%로 본 연구와 차이를 보였다(Shin et al. 1992).

Table 7. Compositions of fatty acids in *Lysimachia christinae* Hance

| | | (% total fatty acids) |
|--|--|------------------------------------|
| Fatty acid | | <i>Lysimachia christinae</i> Hance |
| Myristic acid (C14:0) | | 0.97 ± 0.04 ¹⁾ |
| Pentadecanoic acid (C15:0) | | 0.44 ± 0.02 |
| Palmitic acid (C16:0) | | 29.84 ± 0.02 |
| Heptadecanoic acid (C17:0) | | 5.50 ± 0.13 |
| Stearic acid (C18:0) | | 3.17 ± 0.02 |
| Saturated | | 39.92 |
| cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1) | | 1.54 ± 0.01 |
| Oleic acid (C18:1n9c) | | 11.43 ± 0.04 |
| cis-11-Eicosenoic acid (C20:1) | | 0.93 ± 0.01 |
| Monounsaturated | | 13.91 |
| Linoleic acid(C18:2n6c) | | 17.78 ± 1.12 |
| Linolenic acid(C18:3n3) | | 7.19 ± 0.05 |
| cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20:3n3) | | 21.20 ± 2.52 |
| Polyunsaturated | | 46.18 |
| Total | | 100.00 |

¹⁾All values are expressed as mean ± SD of triplicate determinations

5. 유기산

금전초의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 총 유기산의 함량은 11,982.34 ppm으로 나타났으며, malic acid가 4,960.68 ppm, citric acid가

Table 8. Contents of organic acids in *Lysimachia christinae* Hance

| | | (ppm) |
|---------------|--|------------------------------------|
| Organic Acid | | <i>Lysimachia christinae</i> Hance |
| Citric acid | | 2,411.30 ± 4.34 ¹⁾ |
| Tartaric acid | | 1,757.95 ± 3.21 |
| Malic acid | | 4,960.68 ± 5.17 |
| Succinic acid | | 1,393.63 ± 1.87 |
| Lactic acid | | N.D. |
| Formic acid | | 972.59 ± 2.51 |
| Acetic acid | | 486.17 ± 1.24 |
| Total | | 11,982.34 |

¹⁾All values are expressed as mean ± SD of triplicate determinations

2,411.30 ppm, tartaric acid가 1,757.95 ppm 순으로 나타났다. Kim et al.(2017)의 연구에 따르면 초석잠 잎의 유기산 함량은 tartaric acid 624.34 mg%, citric acid 282.33 mg%, succinic acid 71.61 mg%, acetic acid 37.54 mg%로 본 연구와 차이를 보였다.

6. 비타민

항산화 비타민인 비타민 C, E는 세포의 활성산소를 제거하여 세포의 산화적 스트레스를 감소시키는 역할을 한다. 비타민 C는 수용성 비타민으로 주로 채소나 과일에 존재하며, 주로 수용성 환경에서 강한 생물학적 환원제로 사용된다. 비타민 E는 지용성 비타민으로 체내에서는 합성이 되지 않으며, 세포막을 안정시키는 역할을 한다(Bieri 1990). 금전초의 비타민 C, E의 함량을 식품공전법의 시험방법에 의거하여 분석한 결과는 Table 9와 같다. 금전초의 비타민 C의 함량은 4,695.53 ppm으로 가장 높게 나타났고 비타민 E의 함량은 43.21 ppm으로 나타났다. Han et al.(2003)의 연구에 따르면 꿀풀과 식물인 밀양들깨잎의 비타민 C 함량이 113.24 mg%로 금전초의 비타민 C의 함량이 다른 꿀풀과 식물보다 높게 나타났다.

Table 9. Contents of vitamin C and E in *Lysimachia christinae* Hance

| (ppm) | |
|-----------|------------------------------------|
| Vitamin | <i>Lysimachia christinae</i> Hance |
| vitamin C | 4,695.53 ± 4.27 ¹⁾ |
| vitamin E | 43.21 ± 1.71 |

¹⁾All values are expressed as mean ± SD of triplicate determinations

7. 구성 아미노산

금전초의 구성 아미노산 함량은 Table 10과 같다. 금전초의 구성 아미노산은 필수아미노산 8종과 비필수아미노산 8종이 검출되었으며, 필수아미노산의 비율이 43.28%로 나타났다. 필수아미노산은 leucine이 333.51 mg/100g으로 가장 많았고, methionine이 40.41 mg/100g으로 가장 적게 검출되었다. 비필수아

미노산은 glutamic acid가 442.76 mg/100g으로 가장 많이 검출되었으며, tryosine이 130.72 mg/100g으로 가장 적게 검출되었다. Kim et al.(1998)의 연구에 따르면 꿀풀과 식물인 자소자의 총 아미노산 함량은 302.3 mg% 검출되었으며, 필수아미노산의 비율은 41.3%로 본 연구와 차이를 보였다.

Table 10. Contents of total amino acids in *Lysimachia christinae* Hance

| (mg/100g) | |
|-------------------------|------------------------------------|
| Amino acid | <i>Lysimachia christinae</i> Hance |
| Essential | |
| Threonine | 224.43 ± 3.32 ³⁾ |
| Valine | 243.00 ± 1.14 |
| Methionine | 40.41 ± 2.25 |
| Isoleucine | 182.13 ± 0.85 |
| Leucine | 333.51 ± 1.58 |
| Phenylalanine | 220.42 ± 2.33 |
| Histidine | 124.00 ± 1.58 |
| Lysine | 187.62 ± 0.84 |
| Total EAA ¹⁾ | 1,555.56 |
| Non-essential | |
| Aspartic acid | 415.07 ± 3.34 |
| Serine | 161.84 ± 0.66 |
| Glutamic acid | 442.76 ± 2.86 |
| Proline | 203.18 ± 1.47 |
| Glycine | 229.30 ± 2.61 |
| Alanine | 275.03 ± 0.73 |
| Tryosine | 130.72 ± 1.29 |
| Arginine | 179.90 ± 1.83 |
| Total AA ²⁾ | 3,593.39 |
| EAA/AA(%) | 43.28 |

¹⁾Total EAA: Total essential amino acid,

²⁾Total AA: Total amino acid,

³⁾All values are expressed as mean ± SD of triplicate determinations

8. 무기질

무기질은 체내에서 여러 생리기능 조절 및 유지하는데 필수적이며, 식품을 통한 섭취가 중요한 영양소 중 하나이다(Bae & Cho 2008). 금전초의 무기질 함량

은 Table 11과 같다. 총 무기질 함량은 3639.19 mg/100g으로 나타났으며, K의 함량이 2624.00 mg/100g으로 가장 많았고 Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Na, Cu 등 8종의 무기질이 검출되었다. K은 Na와 함께 산-염기 평형에 관여하고 세포 내액에서 체액의 수분 평형과 삼투압을 조절하며, 특히 고혈압의 예방 및 치료에 효과적인 무기질로 알려져 있다(Suter 1998). Tuncurk et al.(2017)의 연구에 따르면 꿀풀과 식물인 바질의 K 함량이 25.91 g/kg으로 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

Table 11. Contents of minerals in *Lysimachia christinae* Hance

| Mineral | <i>Lysimachia christinae</i> Hance (mg/100g) |
|---------|---|
| Ca | 717.60 ± 2.24 ¹⁾ |
| K | 2,624.00 ± 3.25 |
| Mg | 242.00 ± 1.74 |
| Fe | 39.06 ± 3.19 |
| Na | 2.66 ± 2.67 |
| Mn | 9.08 ± 1.23 |
| Cu | 0.76 ± 2.57 |
| Zn | 4.03 ± 1.36 |
| Total | 3,639.19 |

¹⁾All values are expressed as mean ± SD of triplicate determinations

IV. 요약 및 결론

본 연구는 꿀풀과 식물인 금전초와 박하의 항산화 성분과 항산화능을 측정하여 비교한 후, 항산화능이 뛰어난 금전초의 영양성분을 분석하였다. 금전초와 박하의 항산화 성분을 분석한 결과, 금전초의 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량이 박하보다 유의적으로 높음을 확인하였다. 금전초와 박하의 항산화능을 알아보기 위해 DPPH와 ABTS⁺ 라디칼 소거능, FRAP assay, reducing power를 측정하였다. 그 결과 박하와 금전초의 농도가 높아질수록 DPPH와 ABTS⁺ 라디칼 소거능이 증가하는 경향을 보였으며, 박하보다 금전초

의 라디칼 소거능이 뛰어난 것을 확인하였다. FRAP 활성과 환원력 또한 박하보다 금전초가 더 우수한 것으로 나타났으며, 이를 토대로 항산화능이 뛰어난 금전초의 영양성분을 분석하였다. 금전초의 일반성분을 분석한 결과, 탄수화물의 함량이 가장 높았으며, 조회분, 조단백질, 수분, 조지방 순으로 나타났다. 금전초의 지방산을 분석한 결과 palmitic acid가 29.84%로 가장 많았고, 다가불포화지방산 46.18%, 포화지방산 39.92%, 단일불포화지방산 13.91%가 검출되었다. 금전초의 유기산 분석 결과 malic acid가 4,960.68 ppm, citric acid가 2,411.30 ppm, tartaric acid가 1757.95 ppm이 검출되었으며, 비타민 분석 결과 비타민 C가 4,695.53 ppm, 비타민 E가 43.21 ppm 검출되었다. 금전초의 아미노산 함량은 glutamic acid, aspartic acid, leucine 순으로 나타났으며, 펠수아미노산의 비율이 43.28%로 나타났다. 금전초의 무기물을 분석한 결과 K, Ca, Mg 순서대로 높은 함량을 나타내었으며, 총 무기물의 함량은 3,639.19 mg/100g으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 금전초는 뛰어난 항산화능을 가진 기능성 식품 소재로서 활용 가능성이 기대되어지나, 추후 in vitro 및 in vivo 연구를 통해 기능성 효능을 검증할 필요성이 있다고 사료된다.

References

- Ames BN, Saul RL(1987) Oxidative DNA damage, cancer and aging. N Engl J Med 361, 1475-1485. doi: 10.1056/NEJMra0804615
- AOAC(2005) Official methods of analysis, 18th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA
- Bae YK, Cho MS(2008) Analysis of hair tissue mineral contents according to body mass index. Korean J Food Nutr 21(2), 256-262
- Benzie IF, Strain JJ(1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal Biochem 239(1), 70-76. doi: 10.1006/abio.1996.0292
- Bieri JG(1990) Vitamin E, Present knowledge in Nutrition, Sixth Edition. International life science institute, Nutrition Foundation, Washington D.C.
- Blois MS(1958) Antioxidant determination by the use of

- a stable free radical. *Nat* 181, 1199-1200. doi: 10.1038/1811199a0
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH(2002) Standard food analysis. Paju: Jigu-Moonwha Sa, pp381-382
- Deng J, Ren M, Dai X, Qu D, Yang M, Zhang T, Jiang B(2015) *Lysimachia christinae* Hance regresses preestablished cholesterol gallstone in mice. *J Ethnopharmacol* 166, 102-108. doi:10.1016/j.jep.2015.03.031. Epub 2015 Mar 18
- Folin O, Denis W(1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(2), 239-249
- Gao F, Zhao D, Deng J(2013) New Flavonoids from *Lysimachia christinae* Hance. *Chim Acta* 96(5), 985-989. doi:10.1002/hlca.201200328
- Gu LZ, Zhang BS, Nan JH(1988) Anti-inflammatory effects of two species of *Lysimachia christinae* Hance and *Desmodium styracifolium* (Osbeck). *Merr Zhong Yao Tong Bao* 13(7), 40-42
- Han HS, Park JH, Choi HJ, Son JHm Kim YH, Kim S, Choi C(2003) Biochemical analysis and physiological activity of perilla leaves. *Korean J Food Cult* 19(1), 94-105
- He XF, Geng CA, Huang XY, Ma YB, Zhang XM, Chen JJ(2019) Chemical constituents from *Mentha haplocalyx* Briq. (*Mentha canadensis* L.) and their α -glucosidase inhibitory activities. *Nat Prod Bioprospect* 9(3), 223-229. doi:10.1007/s13659-019-0207-0. Epub 2019 Apr 29
- Hwang ES, Thi ND(2014) Antioxidant contents and antioxidant activities of hot-water extracts of *Aronia (Aronia melanocarpa)* with different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 46(3), 303-308. doi:10.9721/kjfst.2014.46.3.303
- Joo SY(2013) Antioxidant activities of medicinal plant extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(4), 512-519. doi:10.3746/jkfn.2013.42.4.512
- Kim AR, Jung MC, Jeong HI, Song DG, Seo YB, Jeon YH, Park SH, Shin HS, Lee SL, Park SN(2018) Antioxidative and cellular protective effects of *Lysimachia christinae* hance extract and fractions. *Appl Chem Eng* 29(2), 176-184. doi:10.14478/ace.2017.1113
- Kim CK, Kim YJ, Kwon YJ(1998) Amino acid and fatty acid compositions of *Perillae semen*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27(3), 381-385
- Kim YK, Son HK, Lee JJ(2017) Nutritional components and antioxidant activities of various *stachys Sieboldii* Miq parts. *Korean J Community Living Sci* 28(2), 203-215. doi:10.7856/kjcls.2017.28.2.203
- Korea Food and Drug Association(2005) Food standards codex. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea. pp367-368, pp383-358
- Lee JH, Lee SR(1994) Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26(3), 310-316
- Magnani L, Gaydou EM, Hubaud, JC(2000) Spectrophotometric measurement of antioxidant properties of flavones and flavonols against superoxide anion. *Analytica Chimica Acta* 411, 209-216. doi:10.1016/S0003-2670(00)00717-0
- Na E, Lee JW, Lim SY(2019) Free radical scavenging, cytotoxic effects, and flavonoid content of fractions from leaves of *Lycopus lucidus* Turcz. *J Life Sci* 29(3), 337-344. doi:10.5352/JLS.2019.29.3.337
- Oyaizu M(1986) Studies on products of browning reaction: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44, 307-315
- Pike J, Chandra RK(1995) Effect of vitamin trace element supplementation on immune indices in healthy elderly. *Int J Vitam Nutr Res* 65(2), 117-121
- Qi X, Fang H, Yu X, Li L, Liang C, Lu H, Lu W, Chen Y, Chen Z(2018) Transcriptome analysis of JA signal transduction, transcription factors, and monoterpene biosynthesis pathway in response to methyl jasmonate elicitation in *mentha canadensis* L. *Int J Mol Sci* 19(8), E2364. doi:10.3390/ijms19082364
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C(1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9-10), 1231-1237. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G(1996) Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic Biol Med* 20(7), 933-956. doi:10.1016/0891-5849(95)02227-9
- Seo JK, Kang MJ, Shin JH, Lee SJ, Jeong HG, Sung NJ, Chung YC(2010) Antibacterial and antioxidant activities of solvent extracts from different parts of Hagocho (*Prunella vulgaris*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39(10), 1425-1432. doi:10.3746/JKFN.2010.39.10.1425
- Shin JH, Kang JR, Kang MJ, Shin JH(2018) Physiological activity of five kinds of medicinal plant extracts with various solvents and their composites. *J Life Sci* 28(3), 320-330. doi:10.5352/JLS.2018.28.3.320
- Shin KK, Yang CB, Park H(1992) Studies on lipid and fatty acid composition of Korean perilla leaves(*Penilla frutescens* var. *japonica* HARA). *Korean J Food Sci Technol* 24(6), 610-615
- Simic MG(1988) Mechanisms of inhibition of free radical processes in mutagenesis and carcinogenesis. *Mutat Res* 202(2), 386-399. doi:10.1016/0027-5107(88)90199-6
- Suter PM(1998) Potassium and hypertension. *Nutr Rev* 56(5), 151-153. doi:10.1111/j.1753-4887.1998.tb01741.x
- Tian LJ, Yang NY, Chen WQ(2008) Triterpene saponins from *Lysimachia christinae*. *J Asian Nat Prod Res* 10(3-4), 291-269. doi:10.1080/10286020701605265
- Tunçturk M, Eryigit T, Kaya AR(2017) Nutritional

- properties, minerals, and selected heavy metal contents in herby cheese plants of *Lamiaceae*. *Appl Bio Chem* 60(1), 41-47. doi:10.1007/s13765-016-0245-9
- Wungaarden DV(1967) Modified rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 39(7), 848-849. doi:10.1016/0021-9673(85)80015-7
- Zhang FX, Liu XF, Ke ZQ, Wu NH, Chen HG, Liu C(2019) The effects of *Lysimachia christinae* hance extract fractions on endothelium-dependent vasodilatation. *Pharmacol* 104(1-2), 36-42. doi:10.1159/000500011.
- Wu NH, Ke ZQ, Wu S, Yang XS, Chen QJ, Huang ST, Liu C. Evaluation of the antioxidant and endothelial protective effects of *Lysimachia christinae* hance (Jin Qian Cao) extract fractions. *BMC Complement Altern Med* 18(1), 128. doi:10.1186/s12906-018-2157-1