



지유 추출물 및 분획물의 항산화 활성과 식중독 원인균에 대한 항균활성

서고은* · 김선민** · 표병식** · 양선아*†

*동신대학교 생물자원산업화지원센터, **동신대학교 한약재산업학과

Antioxidant Activity and Antimicrobial Effect for Foodborne Pathogens from Extract and Fractions of *Sanguisorba officinalis* L.

Go Eun Seo*, Sun Min Kim**, Byoung Sik Pyo** and Sun A Yang*†

*Biotechnology Industrialization Center, Dongshin University, Naju 58205, Korea.

**Department of Oriental Medicine Materials, Dongshin University, Naju 58245, Korea.

ABSTRACT

Background: This study aimed to investigate the antioxidant and antimicrobial activities of the methanol extract and its fractions prepared from the roots of *Sanguisorba officinalis* L.

Methods and Results: The antioxidant activities were compared by evaluating the DPPH radical and nitric oxide (NO) scavenging ability. Measurement of DPPH radical scavenging ability showed that the SC₅₀ values of the ethyl acetate fraction was 3.85 μg/ml. The ethyl acetate fraction exhibited the most effective DPPH radical scavenging ability compared with the other samples. As for the NO scavenging ability, at all tested concentrations, the ethyl acetate fraction showed a higher scavenging activity than that of the extract and other fractions. These results are related to the total phenolic compound and flavonoid contents of the ethyl acetate fraction. Antimicrobial activity against foodborne pathogens was investigated using the disc diffusion assay. The ethyl acetate fraction showed the highest antimicrobial activity against gram-positive *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*. However, the chloroform fraction had a higher antimicrobial activity against gram-negative *Vibrio vulnificus* than that of the extract and other fractions.

Conclusions: The results show that the ethyl acetate fraction had a higher antioxidant as well as antimicrobial activity, than did the other samples. Therefore, the ethyl acetate fraction has potential application in the food industry.

Key Words: *Sanguisorba officinalis* L., Antimicrobial, Antioxidant, Foodborne Pathogen

서 언

장미과 (Rosaceae)에 속한 다년생 식물인 오이풀 (*Sanguisorba officinalis* L.)은 중국, 일본 및 우리나라 전 지역에서 널리 분포하고 있다. 오이풀의 뿌리는 한방에서 지유 (地榆)라는 생약재로 사용되고 있다 (An *et al.*, 2004a). 한방에서는 주로 지혈과 상처부위의 치료에 사용되어왔으며, 피부염, 점막염, 습진, 화상에 외용하는 것으로 알려져 있다 (Son *et al.*, 2004). 오이풀의 뿌리에는 ziguglycoside I, II와 pomolic acid등이 함유되어 있고, 가지에는 quercetin과 kaempferol의 배당체와 ursolic acid 등 triterpenoid계 saponin

이 함유되어 있으며, 잎에는 vitamin C, 꽃에는 chrysanthem, cyanin 등의 약리성분이 함유되어 있다 (Lee *et al.*, 2005). 면역억제 활성, 항돌연변이효과, 신경세포 손상 억제효과, 항산화효과, 과민성 알레르기 예방, 항암, 항균효과, 지혈작용 등의 연구가 진행되어 왔다 (An *et al.*, 2004a, b; Ban *et al.*, 2005; Goun *et al.*, 2002; Hwang *et al.*, 2014; Jang, 2010; Kim *et al.*, 2002, 2011; Park *et al.*, 2012a, b).

여성의 사회 참여에 의한 인스턴트 식품 (냉동 및 냉장식품) 소비의 증가와 국민 소득의 증가에 의한 식품의 고급화로 인해 저장, 유통 시에 미생물에 대한 식품의 부패, 식중독 문제

†Corresponding author: (Phone) +82-61-336-3104 (E-mail) sa861126@gmail.com

Received 2016 July 3 / 1st Revised 2016 July 15 / 2nd Revised 2016 July 21 / 3rd Revised 2016 August 5 / Accepted 2016 August 5

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.

가 우려되고 있다. 또한 건강한 삶에 대한 관심이 높아지면서 보존료를 비롯한 식품첨가물의 안정성에 대한 소비자의 인식이 증가됨에 따라 합성 첨가제에서 천연 식물을 이용하여 인체에 무해하며, 광범위한 항균작용을 나타내는 보존료의 개발에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다 (Ahn *et al.*, 2000; Jo *et al.*, 2009; Seo *et al.*, 2010). 지유 에탄올 추출물의 경우 *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* 같은 식품 위해성 세균에 높은 항균활성을 나타내었다 (Kim *et al.*, 2011). 또한 식품 부패균 중 그람양성균인 *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*, 그람음성균인 *Salmonella typhimurium* 와 *Pseudomonas aeruginosa*에서 항균활성을 나타냄으로서 그람양성균과 그람음성균에서 광범위한 항균활성을 보여주었다 (Choi and Rhim, 2013). 하지만 식품 위해성 세균이나 식품 부패균에 대한 분획물의 항균활성을 확인하는 실험은 미비하였다. 따라서 본 연구에서는 지유의 추출물 및 분획물의 식중독 원인균에 대한 항균활성 및 항산화 활성을 검증하여 천연 식품첨가제로서의 이용 가능성을 탐색하는 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에서 사용한 지유 (*Sanguisorba officinalis* L.)는 2013년 화림제약에서 건조된 것을 구입하여 4°C 이하로 냉장 보관하며 실험에 사용하였다. 표본은 동신대학교 생물자원산업화지원센터에 확인하여 보관하며 사용하였다.

2. 추출 및 분획

건조된 지유를 마쇄한 후 추출 용매를 methanol (MeOH)로 하여 80°C에서 2시간씩 3회 반복하여 환류추출을 실시하였다. 추출액은 여과와 농축 (BUCHI, Flawil, Switzerland) 및 동결 건조 (Sam Won Industry, Seoul, Korea)를 실시하여 분말화하였고 추출물의 수율은 19.33%이었다. 추출물 중 일부를 증류수에 분산시킨 후 순차적으로 chloroform, ethylacetate, *n*-butanol을 사용하여 용매분획을 실시하였으며, 획득된 시료는 여과와 농축 및 동결건조 후 4°C 이하로 냉장보관하면서 실험에 사용하였다. 분획수율은 chloroform 분획물 (CF) 6.19%, ethylacetate 분획물 (EF) 34.10%, *n*-butanol 분획물 (BF) 26.44%, aqueous 분획물 (AF) 28.71%로 나타났다.

3. 총 polyphenol 및 flavonoid 함량 측정

Folin-Denis법을 이용하여 지유 추출물 및 분획물의 polyphenol 함량을 측정하였다 (Folin and Denis, 1912). 시료

액 (1 mg/ml in MeOH) 80 μ l 와 Folin-Denis reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 80 μ l 를 혼합한 후 3분간 방치한 후 10% Na₂CO₃ 80 μ l 를 혼합하여 암실에서 1시간 동안 반응시켰다. 그 후 원심분리하여 상등액 120 μ l 를 취하여 96 well plate에 옮겨 microplate reader (BIO-TEK, Winooski, VT, USA)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 chlorogenic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 표준 검량선을 작성하고 총 polyphenol 함량을 mg/g로 나타내었다.

Moreno 등 (2000)의 방법을 변형하여 flavonoid 함량을 다음과 같이 측정하였다. 시료액 (1 mg/ml in MeOH) 100 μ l, 10% aluminium nitrate (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 20 μ l, 1 M potassium acetate (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 20 μ l 를 가하여 잘 혼합한 후 MeOH 860 μ l 를 첨가하여 40분간 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 자연적으로 존재하는 대부분의 flavonoid는 대부분 배당체로 존재하기 때문에 (Peterson and Dwyer, 1998) 가장 흔하게 존재하는 flavonoid glycoside인 rutin (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 이용하여 표준 검량선을 작성하고 총 flavonoid 함량을 mg/g으로 나타내었다.

4. DPPH radical 소거능 측정

지유 추출물과 분획물의 항산화활성을 비교하기 위해 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 이용하여 radical 소거능을 측정하였다 (Blois, 1958). MeOH을 이용해 시료를 0.8 - 100 μ g/ml 의 농도로 용해시킨 시료액 20 μ l 와 MeOH에 200 μ M로 용해시킨 DPPH 용액 180 μ l 를 혼합한 후 암실에서 15분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도를 바탕으로 50%의 DPPH radical을 소거하는데 필요한 농도 (SC₅₀)를 계산하였으며, positive control로 L-ascorbic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

5. Nitric oxide 소거능 측정

Marcocci 등 (1994)의 방법을 변형하여 nitric oxide (NO) 소거능을 다음과 같이 측정하였다. 증류수에 용해시킨 시료액 30 μ l 와 10 mM sodium nitroferricyanide (III) dihydrate (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μ l 를 혼합하여 25 °C에서 150분 동안 반응시켰다. 그 다음 1% sulfanilamide (in 30% acetic acid, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 60 μ l 를 넣고 5분 후에 0.1% N-(naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride (in 60% acetic acid, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 60 μ l 를 혼합하여 30분간 실온에서 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료액 대신 증류수

를 사용한 대조군의 결과를 기준으로 소거능을 계산하였다. 대조군으로 L-ascorbic acid를 사용하였다.

6. Disc diffusion assay에 의한 항균활성 측정

식중독 원인균을 대상으로 지유 추출물과 분획물을 disc diffusion assay를 이용하여 항균활성을 측정하였다. 항균활성 측정을 위해 한국생명공학연구원 생물자원센터 (BRC)에서 분양받은 미생물 균주인 *Staphylococcus aureus* (KCTC3881), *Bacillus cereus* (KCTC1012), *Vibrio vulnificus* (KCTC 2959)를 사용하였으며, *S. aureus*와 *B. cereus* 균주는 Nutrient agar 및 broth (Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ, USA)를 사용하였고, *V. vulnificus* 균주는 Heart Infusion (HI) agar 및 broth (Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ, USA)를 사용하였다. 항균시험용 평판배지는 $10^7 - 10^8$ CFU/ml로 희석한 배양액을 100 μ l씩 분주한 후 멸균 면봉으로 도말하였다. 직경 6 mm의 paper disc에 시료를 disc당 0.5, 1.0, 0.5 mg이 되도록 천천히 흡수시켜 용매를 완전히 휘발시킨 후 평판배지에 밀착시킨 상태로 37°C에서 24시간 배양하였다. disc를 중심으로 생성된 저해환 (clear zone, mm)을 측정하여 항균활성을 비교하였다.

7. 통계분석

모든 측정값은 3회 이상 반복 실험한 결과의 평균값과 표준편차 (means \pm SD)로 표시하였고, 각 실험군 간의 통계학적 분석은 windows용 SPSS (Statistical package for social science, version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 군 간의 측정치 비교는 One-way analysis of variance (ANOVA)를 시행한 후 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의성을 $p < 0.05$ 에서 의미를 부여하였다.

결과 및 고찰

1. Total polyphenol 및 flavonoid 함량

페놀성 화합물은 항산화 활성이나 항암 활성 등 다양한 생리활성에 관여하는 것으로 알려져 있다 (Manach *et al.*, 2005). 한편, 플라보노이드는 2개의 벤젠핵 (A 및 B환)과 3개의 탄소로 이루어진 C₆-C₃-C₆의 화합물로서 세포손상을 초래하는 free radical을 없애주는 항산화 활성을 비롯하여 항암, 항균 등 다양한 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다 (Dewick, 2002). 지유 (*Sanguisorba officinalis* L.) 추출물과 분획물의 polyphenol과 flavonoid 함량을 측정한 결과를 Table 1에 제시하였다. 지유 추출물의 총 phenol성 화합물 함량은 337.91 mg/g으로 나타났다. 분획물의 경우 EF와 BF가 각각 538.93 mg/g, 433.30 mg/g으로 추출물보다 높은 함량을 보였다.

Table 1. Total phenolic compound and flavonoid contents in methanol extract and its fractions from the root of *Sanguisorba officinalis* L.

Samples	Total phenolic compound (mg/g, CAE ¹⁾)	Flavonoid (mg/g, RE ²⁾)
MS	377.91 \pm 9.98c	11.13 \pm 0.00c*
CF	106.27 \pm 3.50e	0.77 \pm 0.72e
EF	538.93 \pm 10.10a	23.16 \pm 0.72a
BF	433.30 \pm 2.06b	14.87 \pm 0.00b
AF	355.44 \pm 6.69d	5.33 \pm 0.72d

Mean values \pm SD from triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$). MS; Methanol extract of *Sanguisorba officinalis* L., CF; Chloroform fraction, EF; Ethylacetate fraction, BF; n-Butanol fraction, AF; Aqueous fraction. ¹CAE; Chlorogenic acid equivalent. ²RE; Rutin equivalent.

Table 2. DPPH radical scavenging ability of methanol extract and its fractions from the root of *Sanguisorba officinalis* L.

Samples	SC ₅₀ ¹⁾ (μ g/ml)	Relative activity ²⁾ (%)
MS	6.86 \pm 0.23c*	144.12
CF	31.39 \pm 1.33e	31.49
EF	3.85 \pm 0.34a	257.02
BF	4.96 \pm 0.43ab	199.19
AF	6.06 \pm 0.33bc	163.24
AA	9.89 \pm 0.49d	100.00

Mean values \pm SD from triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$). MS; Methanol extract of *Sanguisorba officinalis* L., CF; Chloroform fraction, EF; Ethylacetate fraction, BF; n-Butanol fraction, AF; Aqueous fraction. AA; L-ascorbic acid was used as a positive control. ¹SC₅₀; concentration of each samples for scavenging 50% of DPPH radical. ²Relative activity; ratio of SC₅₀ value compared to positive control (ascorbic acid).

Flavonoid 함량도 이와 유사한 양상으로 EF와 BF의 flavonoid 함량이 각각 23.16 mg/g, 14.87 mg/g으로 추출물과 다른 분획물보다 높게 나타났다.

2. DPPH radical 소거능

추출물과 분획물의 DPPH radical 소거 활성을 SC₅₀ 값으로 환산하면, 추출물은 6.86 μ g/ml의 값을 가졌으며, EF가 3.85 μ g/ml로 가장 높은 활성을 보였다. 이러한 결과를 양성대조군으로 사용된 L-ascorbic acid에 대한 상대적 활성으로 비교하면 CF를 제외한 모든 분획물이 L-ascorbic acid에 비해 높은 활성을 나타내었으며, 특히 EF의 경우 양성 대조군보다 약 2.5배 높은 활성을 나타내었다 (Table 2). Kim 등 (2013)이 보고한 소리쟁이 70% ethanol 추출물의 EtOAc 분획물이

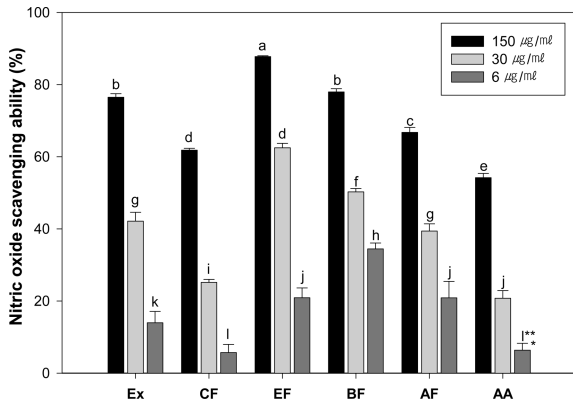


Fig. 1. Nitric oxide scavenging abilities of methanol extract and its fractions from the root of *Sanguisorba officinalis* L. Mean values \pm SD from triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$). MS; Methanol extract of *Sanguisorba officinalis* L., CF; Chloroform fraction, EF; Ethylacetate fraction, BF; *n*-Butanol fraction, AF; Aqueous fraction, AA; L-ascorbic acid was used as a positive control.

L-ascorbic acid보다 2배정도 높은 활성을 보여준 것과 유사한 결과이다. 또한 DPPH radical 소거능과 같은 항산화 활성이 polyphenol 화합물의 함량과 연관관계가 있음을 확인할 수 있었다 (An *et al.*, 2014; Song and Lee, 2015).

3. Nitric oxide 소거능

여러 조직과 세포들에서 L-arginine으로부터 nitric oxide synthase (NOS)에 의해 합성되는 nitric oxide (NO)는 혈관확장, 신경전달, 혈액응고, 면역기능 조절 등의 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Bryan, 1982). 그러나 과량으로 생성된 NO는 치매 및 파킨슨 질환과 같은 퇴행성 신경질환, 조직 및 기관 손상, 동맥경화 등을 유발하는 등 양면성을 지닌 생체 분자로 여겨진다 (Cirino *et al.*, 2006). 지유 추출물 및 분획물을 6, 30, 150 µg/ml의 농도로 조제하여 NO 소거능을 측정 한 결과, 150 µg/ml의 농도에서 모든 분획물과 추출물이 양성 대조군인 L-ascorbic acid보다 높은 활성을 보였다. 특히 EF는 30 µg/ml와 150 µg/ml의 농도 차이에 의한 활성의 차이가 거의 없어 경제적인 활용 지표를 산출할 수 있었다 (Fig. 1). 항산화 효과가 뛰어나다고 알려진 흑마늘 분획물과 NO 소거능을 비교한 결과 (Shin *et al.*, 2010) 시료를 150 µg/ml의 농도로 처리하였을 때, 흑마늘과 지유의 EF가 각각 85.99%, 87.75%의 유사한 소거 활성을 나타냄으로써 천연 항산화 물질로의 활용가능성을 확인할 수 있었다.

4. 추출물 및 분획물의 식중독 원인균에 대한 항균활성

해마다 국내외적으로 발병률이 증가하는 추세에 있는 식중

Table 3. Antimicrobial activities of methanol extract and its fractions from the root of *Sanguisorba officinalis* L. (Unit: mm)

Bacterial strains	Samples	Sample concentration (mg/disc)		
		0.5	1.0	3.0
<i>S. aureus</i>	MS	—	—	— ¹⁾
	CF	8.17 \pm 0.37cd	8.53 \pm 0.41bc	8.85 \pm 0.40b*
	EF	7.82 \pm 0.38d	8.98 \pm 0.23b	13.67 \pm 0.32a
	BF	—	—	—
	AF	—	—	—
<i>B. cereus</i>	MS	7.45 \pm 0.35e	9.17 \pm 0.23d	11.32 \pm 0.63c
	CF	—	8.22 \pm 0.25de	9.17 \pm 0.63b
	EF	9.17 \pm 0.42d	10.78 \pm 0.41c	16.85 \pm 0.79a
	BF	—	—	11.27 \pm 0.96c
	AF	—	7.88 \pm 0.15e	10.45 \pm 0.36c
<i>V. vulnificus</i>	MS	10.97 \pm 0.42g	13.48 \pm 0.63ef	15.62 \pm 0.82cd
	CF	17.22 \pm 2.69c	20.00 \pm 0.68b	26.08 \pm 0.31a
	EF	11.98 \pm 0.74fg	14.17 \pm 0.33de	20.08 \pm 0.75b
	BF	11.70 \pm 1.10g	14.83 \pm 0.89de	19.50 \pm 0.46b
	AF	9.03 \pm 1.08h	10.62 \pm 0.47gh	14.65 \pm 0.39de

Mean values \pm SD from triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$). MS; Methanol extract of *Sanguisorba officinalis* L., CF; Chloroform fraction, EF; Ethylacetate fraction, BF; *n*-Butanol fraction, AF; Aqueous fraction. ¹⁾No inhibition.

독은 오염된 식물물을 섭취함으로써 발생하는 구토, 설사, 복통 등의 증세를 동반한 임상 증후군이다 (Oldfield, 2001). 이러한 식중독의 원인균으로는 *Salmonella spp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Shigella spp*, *Vibrio spp* 등이 있다 (Song *et al.*, 2009). 식중독 원인균으로 알려진 그람 양성균인 *S. aureus*와 *B. cereus*, 그리고 그람 음성균 *V. vulnificus* 세 가지 균주로 항균실험을 한 결과를 Table 3에 나타내었다. *S. aureus*의 경우 추출물, BF, AF는 실험을 실시한 모든 농도에서 생육 저해환을 형성하지 못했으나 *B. cereus*의 경우 3 mg/disc로 시료를 처리하였을 때 모든 시료에서 9.17 - 16.85 mm의 생육 저해환을 형성하였다. 지유 ethanol 추출물을 3 mg/disc로 처리하였을 때 12.70 mm의 생육 저해환을 형성하였다는 보고가 있는데 (Kim *et al.*, 2011), methanol 추출물은 11.32 mm의 생육 저해환을 형성함으로써 ethanol 추출물보다 항균활성이 낮은 것을 확인할 수 있었다. 반면 그람 음성균인 *V. vulnificus*에서는 저농도인 0.5 mg/disc로 시료를 처리하였을 때 모든 시료에서 생육 저해환을 형성함으로써 지유의 추출물 및 분획물이 그람 양성균보다 그람 음성균에서 높은 항균활성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 시료를 3 mg/disc로 처리하였을 때, 그람 양성균인 *S. aureus*와 *B. cereus*의 경우 EF가 각각 13.67 mm, 16.85 mm의 생육 저해환을 형성하면서 가장 높은 활성을 나타내었고,

그람 음성균인 *V. vulnificus*에서는 CF가 20.00 mm의 생육 저해환을 형성함으로써 가장 높은 활성을 보여주었다.

이상의 결과에서, 지유 MeOH 추출물의 EF가 상대적으로 높은 polyphenol 함량을 바탕으로 높은 DPPH radical과 NO 소거 활성을 가지는 것으로 확인되었으며, 식중독 원인균에 대한 항균활성을 측정된 결과 그람 양성균인 *S. aureus*와 *B. cereus*의 경우 EF가 가장 높은 활성을 나타낸 반면 그람 음성균인 *V. vulnificus*에서는 CF가 가장 높은 활성을 보여줌으로써 항균활성을 가지는 기능성 소재로서의 개발이 가능할 것으로 판단되었다.

REFERENCES

- Ahn DJ, Kwak YS, Kim MJ, Lee JC, Shin CS and Jeong KT.** (2000). Screening of herbal plant extracts showing antimicrobial activity against some food spoilage and pathogenic microorganisms. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 8:109-116.
- An BJ, Lee JT, Lee SA, Kwak JH, Park JM, Lee JY and Son JH.** (2004a). Antioxidant effects and application as natural ingredients of Korean *Sanguisorba officinalis* L. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 47:244-250.
- An BJ, Lee SA, Son JH, Kwak JH, Park JM and Lee JY.** (2004b). Cytotoxic and antibacterial activities of *Sanguisorba officinalis* L. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 47:141-145.
- An HJ, Park KJ, Kim SS, Hyun JM, Park JH, Park SM and Yun SH.** (2014). Antioxidative activities of new citrus hybrid 'Hamilgam' peel extracts. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22:442-448.
- Ban JY, Cho SO, Jeon SY, Song KS, Bae KH and Seong YH.** (2005). Protective effect of *Sanguisorba officinalis* L. root on amyloid β protein(25-35)-induced neuronal cell damage in cultured rat cortical neuron. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 13:219-226.
- Blois MS.** (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 181:1199-1200.
- Bryan LE.** (1982). *Current problems of resistant bacteria*. Cambridge University Press, Cambridge, England. p.161-191.
- Choi MY and Rhim TJ.** (2013). Antimicrobial effects against food-borne pathogens of *Sanguisorba officinalis* L. ethanol extract. *The Korean Journal of Community Living Science*. 24:27-36.
- Cirino G, Distrutti E and Wallace JL.** (2006). Nitric oxide and inflammation. *Inflammation and Allergy-Drug Targets*. 5:115-119.
- Dewick PM.** (2002). *Medicinal natural products: A biosynthetic approach*. John Wiley and Sons, Chichester, England. p.149-151.
- Folin O and Denis W.** (1912). On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *Journal of Biological Chemistry*. 12:239-243.
- Goun EA, Petrichenko VM, Solodnikov SU, Suhinina TV, Kline MA, Cunningham G, Nguyen C and Miles H.** (2002). Anticancer and antithrombin activity of Russian plants. *Journal of Ethnopharmacology*. 81:337-342.
- Hwang SY, Kim MH, Kang JS and Kim BS.** (2014). Study of immunosuppressive activity and insulin secretion by treated *Sanguisorba officinalis*. *Journal of Physiology and Pathology in Korean Medicine*. 28:499-505.
- Jang SJ.** (2010). Studies on the antimicrobial effect and antioxidative activity of fermented *Sanguisorbae* radix extract. Ph.D. Thesis. Joongbu National University. p.1-13.
- Jo YH, Ok DI and Lee SC.** (2009). Antimicrobial characteristics of different parts of guava against food-borne bacteria. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 38:1773-1778.
- Kim SH, Kim DK, Eom DO, Kim SY, Kim SH and Shin TY.** (2002). *Sanguisorba officinalis* inhibits immediate type allergic reactions. *Natural Product Sciences*. 8:177-182.
- Kim SR, Won JH and Kim MR.** (2011). Antimicrobial activity against food hazardous microorganisms and antimutagenicity against *Salmonella* serotype Typhimurium TA100 of an ethanol extract from *Sanguisorba officinalis* L. *Korean Journal of Food and Cookery Science*. 27:17-26.
- Kim YS, Suh HJ and Park S.** (2013). Antioxidant and photoprotective activities of various extracts from the roots of *Rumex crispus* L. *Korean Journal of Food Preservation*. 20:684-690.
- Lee JJ, Choi HS, Lee JH, Jung CJ and Lee MY.** (2005). The effects of ethylacetate fraction of *Sanguisorba officinalis* L. on experimentally-induced acute gastritis and peptic ulcers in rats. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 34:1545-1552.
- Manach C, Williamson G, Morand C, Scalbert A and Rmsy C.** (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans: I. Review of 97 bioavailability studies 1,2,3. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 81:2305-2425.
- Marcocci L, Maguire JJ, Droylefaix MT and Packer L.** (1994). The nitric oxide-scavenging properties of *Ginkgo biloba* extract EGB 761. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 201:748-755.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR and Vattuone MA.** (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology*. 71:109-114.
- Oldfield EC.** (2001). Emerging foodborne pathogens: Keeping your patients and your families safe. *Reviews in Gastroenterological Disorders*. 1:177-186.
- Park GH, Lee JT and An BJ.** (2012a). Anti-microbial effect on *Streptococcus mutans* and anti-oxidant effect of the butanol fractions of *Sanguisorbae* Radix. *The Korea Journal of herbology*. 27:23-29.
- Park HJ, Kang SA, Lee JY and Cho YJ.** (2012b). Antioxidant activities of extracts from medicinal plants. *Korean Journal of Food Preservation*. 19:744-750.
- Peterson J and Dwyer J.** (1998). Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition Research*. 18:1995-2018.
- Seo YC, Choi WY, Kim JS, Zou YY, Lee CG, Ahn JH, Shin IS and Lee HY.** (2010). Enhancement of antimicrobial activity of nano-encapsulated horseradish aqueous extracts against food-borne pathogens. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 18:389-397.
- Shin JH, Lee HG, Kang MJ, Lee SJ and Sung NJ.** (2010). Antioxidant activity of solvent fraction from black garlic.

- Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 39:933-940.
- Son KJ, Lee SA, Lee GD, Kim YS, Jeon JG and Chang KY.** (2004). Effects of crude *Sanguisorba officinalis* L. extract on the growth and the adherence to hydroxyapatite beads of mutans streptococci. Journal of Korean Academy of Oral Health. 28:97-104.
- Song JH and Lee SR.** (2015). Anti-oxidant and inhibitory activity on NO production of extract and its fractions from *Rosa davurica* Pall. leaves. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:20-26.
- Song YJ, Park SH, You JY, Cho YS and Oh KH.** (2009). Antibacterial activity against food-poisoning causing bacteria and characterization of *Lactobacillus plantarum* YK-9 isolated from Kimchi. Korean Journal of Biotechnology and Bioengineering. 24:273-278.