

아스파라거스 부위별 유효성분 및 생리활성 분석

권순배¹ · 권혜정¹ · 전신재² · 서현택³ · 김희연¹ · 임재길¹ · 박지선^{1,*}

¹강원도농업기술원 농식품연구소, ²강원도농업기술원 원예연구과, ³강원도농업기술원 산채연구소

Analysis of Biological Activities and Functional Components in Different Parts of Asparagus

Soon-Bae Kwon¹, Hye-Jeong Kwon¹, Shin-Jae Jeon², Hyun-Taek Seo³, Hee-Yeon Kim¹,
Jae-Gil Lim¹, and Ji-Seon Park^{1,*}

¹Agro-food Research Institute, Gangwondo Agricultural Research and Extension Services (ARES)

²Horticulture Research Division, Gangwondo ARES

³Wild Vegetable Research Institute, Gangwondo ARES

Abstract In this study, various constituents and biological activities of different parts of asparagus were analyzed and compared. The Ca content was high in the leaves, K was significantly high in the top 25 cm of the spear, and Fe and Na were significantly high in the roots. The ascorbic acid, rutin, total polyphenol, and total flavonoid contents were high in the leaves, and the asparagine and glutathione contents were significantly high in the top 25 cm of the spear and roots, respectively. The bottom 5 cm of the spear had the highest saponin content compared with all other parts. The DPPH and ABTS radical scavenging activities were the highest in the leaves. The bottom 5 cm of the spear had the highest α -amylase inhibitory activity, whereas the stem showed the highest anti-inflammatory activity. These results suggest that the usually inedible parts of asparagus may be highly valuable as high-quality functional components owing to their antioxidative and anti-inflammatory activities.

Keywords: *Asparagus officinalis*, root, spear, leaf, stem

서 론

아스파라거스(*Asparagus officinalis* L.)는 자웅이주의 속근성 식물이며 줄기는 지하경에서 발생되며 초장은 1.5-2 m로 백합과에 속하는 서양채소이다. 200종 이상의 아스파라거스가 전 세계 아스파라거스 종으로 식별되며(Denton 등, 2004) 그 중 *Asparagus officinalis*만이 상업화된 종이다(Adouni 등, 2018). 아스파라거스는 소비패턴의 서구화에 따라 최근 전국재배면적이 급증('10년 51.5 ha→'18년 83.2 ha)하고 있으며, 특히 강원도 재배면적이 증가하여 전국 최대산지의 62%를 점유하고 있다(RDA, 2019a). 수입대체 작물인 아스파라거스의 재배면적이 매년 확대되면서 소비촉진과 부가가치 제고를 위한 가공식품 개발이 대두되고 있고, 1회 정식 후 15년 이상 재배 생산되는 작목으로 시설 과채류 등 타 작목에 비해 재배관리 노력이 적어 새로운 소득작물로 각광받고 있다. 아스파라거스 순은 영양학적 특성으로는 사포닌이 풍부하고(Shao 등, 1997), 플라보노이드, 프록탄 및 아미노산을 포함하여 많은 생리활성 화합물을 함유하고 있으며(Lee 등, 2010), 특히

루틴(quercetin-3-rhamnosyl glucoside)이 풍부(Tsushida 등, 1994)하고, 비타민 C (Chitrakar 등 2019), 황 함유 화합물(Jang 등, 2004), 카로티노이드(Deli 등, 2000), 글루타티온(Demirkol 등, 2004)과 아스파라긴산 및 프로타다오신(Chin과 Garrison, 2008; Shao 등, 1996; Shou 등, 2007)이 풍부하다. 그린아스파라거스는 페놀함량이 가장 높은 채소 중 하나이며(Pellegrini 등, 2003), 강력한 항산화능력(Lee 등, 2014; Solana 등, 2015)이 있어서 암, 심혈관 질환, 뇌 혈관 질환 및 기타 질병의 위험을 감소시킬 수 있다(Hatfield 등, 2012; Wang 등, 2013; Zhong 등, 2015). 아스파라거스 뿌리에는 스테로이드성 사포닌(Huang과 Kong, 2006)으로 알려진 특정 화합물을 함유하고 있어, Gonadotropin-releasing hormone (GnRH), 난포자극호르몬(FSH), 황체 호르몬(LH), 에스트로겐 및 프로게스테론 호르몬의 혈청 수준을 증가시키고, 난포와 황체 수를 증가시키며(Jashni 등, 2016), 이노 및 부종치료(Negi 등, 2010) 효과와 항우울 효과(Muruganandan 등, 2000), 간 보호 효과(Singh 등, 2009), 고지혈증(Visavadiya과 Narasimhacharya, 2009) 예방의 효과가 있다. 뿌리를 포함한 아스파라거스의 모든 부분에서 생리활성 화합물질(Chitrakar 등, 2019)이 풍부하며, 미국과 중국 등에서는 뿌리로 차 또는 약제로 활용(Thomson Healthcare, 2007)되고 있으며, 씨앗과 뿌리 추출물은 알코올 음료나 식이보충제로 이용(Natural medicines, 2019)되고 있다. 그러나 국내에서는 순을 제외하고는 다른 부위에 대한 활용 및 성분에 관한 연구조차도 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 아스파라거스의 총 폴리페놀 함량, 루틴, 아스파라긴, 비타민 C, 글루타티온의 함량을 부위별로 비교하였고, DPPH ABTS radical 소거능, 항염, α -amylase

*Corresponding author: Researcher, Ji Seon Park, Agro-food Research Institute, Gangwondo Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Korea
Tel: +82-33-248-6525
Fax: +82-33-248-6555
E-mail: jisun2346@korea.kr
Received October 9, 2019; revised November 26, 2019; accepted November 27, 2019

저해활성을 분석하여 아스파라거스 부위별 활용방안 개선을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 아스파라거스는 강원도 서면에서 5년생을 채취한 것으로 뿌리, 줄기, 잎, 순 하부 5 cm와 상부 25 cm로 나누어 세절하고 분쇄한 후 동결건조기(PVTFD20R, Ilshin Lab. Co., Seoul, Korea)를 사용하여 건조시켜 분말하여 -70°C 에 보관하면서 사용하였다.

시료 추출

동결건조한 분말 상태의 아스파라거스는 95% 에탄올로 추출한 후 증류수를 첨가하여 추출하였다. 먼저 95% 에탄올을 시료의 10배의 양을 가하여 실온에서 Shaker (SK-71, JEIO Tech Co., Daejeon, Korea)를 이용하여 180 rpm으로 24시간 추출한 후 원심분리기(UNION 32R, Hanil Co., Incheon, Korea)로 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상층액을 취한 후 남은 잔사는 전과 동일한 방법으로 2회 반복 추출하였다. 에탄올 추출 후 남은 잔사는 37°C 에서 건조하여 물 추출에 사용하였다. 아스파라거스의 물 추출물은 건조된 잔사에 10배량의 증류수를 가하여 에탄올과 동일하게 3회 반복 추출하여 취하였다. 상층액은 여과지로 여과한 후 rotary evaporator (N-1000, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 농축하고 37°C 에서 건조하였다. 건조된 시료는 -20°C 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

일반성분, 식이섬유 및 무기성분 분석

일반성분 분석은 AOAC법(AOAC, 2010)에 따라 수분은 105°C 에서 상압건조법을 이용하였고 고, 조단백질은 칼달법으로 자동단백질 분석기(kjeltec™ 8400, Foss, Hoganas, Sweden)를 이용하였다. 조지방은 Soxhlet법으로 조지방 추출기(Soxtec™ 8000, Foss)를 이용하였으며, 조회분은 600°C 의 직접회화법으로 정량하고 탄수화물 함량은 $100 - (\text{회분} + \text{조단백} + \text{조지방} + \text{수분})$ 으로 계산하였다. 식이섬유는 식이섬유 자동추출 장치(Fibertec™ 1023, Foss)를 이용한 효소 중량법으로 분석하였다. 무기성분은 습식분해법(Park 등, 2011)에 따라 70% HClO_4 10 mL와 HNO_3 10 mL를 가하여 무색이 될 때까지 가열한 후, 증류수를 이용하여 증발접시로 옮겨 건조 후, HCl 2배 희석액 10 mL로 정용한 다음 칼륨(K, potassium), 칼슘(Ca, calcium), 마그네슘(Mg, magnesium), 나트륨(Na, sodium), 철(Fe, iron)을 ICP (Integra XL, GBC Scientific, Melbourne, Australia)로 분석하였다.

비타민 C 및 루틴, 사포닌함량 분석

비타민 C는 AOAC법(AOAC, 2010)에 따라 시료 3 g에 10% metaphosphoric acid (Junsei chemical Co., Ltd, chuo-ku, Tokyo, Japan) 50 mL 첨가하여 추출 후 30분 교반한 다음 원심분리(10,000 rpm) 20분 후 상층액을 $0.45 \mu\text{m}$ membrane filter (Sartorius stedim Biotech, Minisart RC15, Goettingen, Germany)에 통과시켜 여과액 10 μL 를 HPLC (Waters 2690, Waters, Milford, MA, USA)에 주입하였다. 사용한 컬럼은 5 μm 의 Prevail™ Organic Acid HPLC Column (4.6×250 mm, Alltech, Deerfield, IL, USA)이고, 검출기는 UV detector (검출파장: 254 nm), 이동상 용액은 pH 2.5의 25 mM KH_2PO_4 (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)였고, 속도는 1 mL/min, 컬럼온도의 온도는 25°C , 주입

량은 10 μL 이었다. 루틴분석은 시료 0.2 g에 70% ethanol 5 mL 첨가하여 30분 교반한 시료를 5,000 rpm으로 10분간 원심분리한 뒤 상층액을 $0.45 \mu\text{m}$ membrane filter에 통과시켜 여과액 1 μL 를 UPLC (NANOSPACE NASCA2, Shiseido, Tokyo, Japan)에 주입하였다. 사용한 컬럼은 Cadenza CD-C18 (100×3 mm, 3 μm)이고, 검출기는 UV detector (검출파장: 260 nm), 이동상용액은 0.1% formic acid in D-water/0.1% formic acid in acetonitrile, 속도는 0.3 mL/min, 시간은 23분, 컬럼온도의 온도는 30°C , 주입량은 1 μL 이었다. 사포닌은 추출물 감압 농축 후 20 mL의 증류수에 녹여서 사포닌을 추출하였다. 농축현탁액에 에틸에테르 100 mL로 지질성분을 제거한 후 n-butanol (Daejung Chemical & Metals co. LTD, Siheung, Korea) 50 mL 첨가 후 3반복 추출한 다음 감압 농축하여 농축물의 무게를 칭량하여 조사포닌 함량을 측정하였다.

글루타티온 및 아스파라긴 함량 분석

글루타티온 분석은 0.1 g의 시료에 1 mM Na_2EDTA (Sigma-Aldrich Co.)를 포함한 0.1 M HCl를 10 mL 첨가하여, 10,000 rpm에서 15분간 4°C 원심분리 후 miracloth (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)로 여과하였다. 상층액 400 μL 에 0.2 M CHES (Sigma-Aldrich Co.) 600 μL 와 400 mM NaBH_4 (Sigma-Aldrich Co.) 100 μL 를 첨가하고 얼음 위에 20분간 방치하였다. 상기 화합물 330 μL 에 15 mM mBBR 15 μL 를 첨가한 후 15분간 암실에서 정지한 후, 5% acetic acid (Sigma-Aldrich Co.) 250 μL 첨가한 후 10,000 rpm에서 15분간 4°C 에서 원심분리 후 분석시료로 사용하였다. 여과액 3 μL 를 HPLC (Nano Space SI-2, Shiseido)에 주입하였다. 사용한 컬럼은 Cadenza CL-C₁₈ (100×3 mm, 3 μm)이고, 검출기는 FLD (Shiseido) (excitation: 380 nm, emission: 480 nm), 이동상용액은 0.1% TFA (Sigma-Aldrich Co.) in D-water/Methanol (Merck KGaA), 시간은 50분, 컬럼온도의 온도는 30°C , 속도는 0.3 mL/min, 주입량은 3 μL 이었다. 아스파라긴은 시료 0.2 g에 6 N HCl 10 mL 첨가 후 페놀(Daejung Chemical & Metals Co., Ltd.)을 넣고 vial에 질소를 주입하였다. 115°C 오븐에서 20-24시간 동안 가수분해 후 시료를 실온에 식힌 후 50 mL 정용 후 감압농축 후 0.1 M NaHCO_3 (Sigma-Aldrich Co.)에 재용해하여 아미노산 분석시료로 사용하였다. Dabsyl chloride 유도체는 시료 1 mL와 Dashyl chloride (3 mg/mL in Acetonitrile) 1 mL을 혼합한 후 65°C dry oven에 30분간 반응하였다. 식힌 후 Acetonitrile 2 mL를 넣고 $0.45 \mu\text{m}$ membrane filter에 여과하고 UPLC (NANOSPACE NASCA2, Shiseido) 분석시료로 사용하였다. 사용한 컬럼은 Cadenza CL-C18 (150×3 mm, 3 μm)이고, 검출기는 UV detector (검출파장: 436 nm), 이동상용액은 35 mM CH_3COONa (Sigma-Aldrich Co.) (pH 6.4)/Acetonitrile (Merck KGaA), 속도는 0.3 mL/min, 시간은 55분, 컬럼온도의 온도는 40°C , 주입량은 5 μL 이었다.

총 폴리페놀 함량 및 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 추출물 0.2 mL와 증류수 1.8 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol (Sigma-Aldrich Co.) 시약을 0.2 mL 넣어, 3분간 반응시킨 후 Na_2CO_3 포화용액 0.4 mL 넣어 증류수 1.4 mL를 첨가하여 암소에서 반응시킨 후 분광광도계(DU-730, Beckman Coulter, Brea, CA, USA)로 720 nm에서 측정하였고, 표준물질은 tannic acid (Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였다(Singleton 등, 1999). 총 플라보노이드 함량은 시료 1 mL에 증류수 4 mL와 5% NaNO_2 0.3 mL를 넣고 실온에서 5분간 방치한 다음 10% AlCl_3 0.3 mL를 넣어 반응시킨 후 1 M NaOH 2 mL와 증류수 2.4 mL를 첨가하여

분광광도계 510 nm에서 측정하였고, 표준물질로 rutin (Sigma-Aldrich Co.)을 사용하였다(Zhishen 등, 1999).

DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능은 추출물 0.2 mL에 0.2 mM 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma-Aldrich Co.) 용액 0.8 mL를 혼합하여 암소에서 30분간 반응시킨 후, microplate reader (Omega 0415, BMG LABTECH, Ortenberg, Germany)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 항산화제로 알려진 ascorbic acid (Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였고, 다음의 식을 이용하여 계산하였다(Liang 등, 2010).

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A_{\text{Experiment}}}{A_{\text{Control}}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거능 측정

ABTS radical 소거능은 방법을 변형하여 측정하였다. 7.4 mM 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid: (ABTS, Sigma-Aldrich Co.) 용액과 2.6 mM 과황산칼륨(Junsei chemical Co., Ltd.)을 혼합하여 암실에서 15시간 동안 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.70 ± 0.02 가 되도록 무수에탄올을 이용하여 조절하였다. 시료 20 μ L에 300 μ L의 희석된 ABTS 용액을 혼합한 뒤 20분 동안 반응시켜 microplate reader (BMG LABTECH)의 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거능은 다음 식에 의하여 값을 백분율로 나타내었다(Custdio 등, 2012).

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \left\{1 - \frac{A_{\text{Experiment}}}{A_{\text{Control}}}\right\} \times 100$$

α -amylase 저해 활성

아스파라거스 추출물 50 μ L에 human 기원의 1.2 U/mL α -amylase (Sigma-Aldrich Co.) 50 μ L, 0.2 M potassium phosphate buffer (KPB, pH 6.8) 50 μ L를 혼합하여 37°C에서 10분간 pre-incubation 한 후 0.5% starch (Sigma-Aldrich Co.)를 100 μ L 가하여 37°C에서 5분간 반응시켰다. 반응액에 48 mM DNS (3,5-dinitrosalicylic acid와 30% sodium potassium tartrate in 0.5 M NaOH) 발색시약을 250 μ L 넣고 100°C에서 10분간 끓여 발색시켜 충분히 냉각시킨다. 그 후 반응액에 3배량의 물을 가하고 잘 교반하여 spectrophotometer (DU-730, Beckman Coulter) 540 nm에서 흡광도를 측정하여 저해도를 계산하였다(Lim 등, 2005).

Nitric oxide (NO) 생성량 및 세포생존율

NO 측정에 사용한 Raw 264.7은 한국세포주은행(KCLB, Seoul, Korea)에서 분양받았다. 세포주를 96-well plate에 1×10^5 cells/well의 농도로 분주하여 5% CO₂ 인큐베이터에서 온도 37°C로 24시간 동안 배양하였다. 추출물은 최종 농도 100 μ g/mL로 희석한 후, 추출용매별 추출물 20 μ L와 100 ng/mL의 lipopolysaccharide (Sigma-Aldrich Co.) 2 μ L를 세포배양 well에 첨가하여 5% CO₂ 인큐베이터에서 온도 37°C로 24시간 배양하였다. 배양 후 상등액 100 μ L와 동량의 Griess reagent (Sigma-Aldrich Co.)로 15분간 상온에서 반응시킨 후 microplate reader를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 10 μ g/mL 농도의 lipopolysaccharide만을 20 μ L처리하여 활성화된 세포를 사용하였다. 세포가 생산한 NO는 sodium nitrate를 농도별로 희석하여 사용하였으며, 측정된

흡광도 값을 표준곡선에 대입하여 생성된 NO의 양을 정량하였다(Park 등, 2011). 세포독성 측정은 세포주(RAW 264.7)를 96-well plate에 1×10^5 cells/well로 분주하여 배양한 다음, 아스파라거스 추출물을 최종 농도가 100 μ g/mL가 되도록 처리하여 37°C에서 24시간 배양하였다. 24시간 후 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenylterazoliumbromide (MTT) 용액을 첨가하여 동일한 조건에서 5시간 동안 배양한 후, 생성된 formazan 결정을 dimethyl sulfoxide (DMSO, Merck KGaA)에 녹여서 microplate reader (BMG LABTECH)를 이용하여 흡광도 570 nm에서 측정하였다. 세포의 생존율은 무처리 시료를 대조구에 대비한 시료 처리구의 흡광도로 표시하였다.

통계분석

본 연구의 모든 통계처리는 SPSS Statistics (ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)의 의해 ANOVA 검정과 Duncan's multiple range test 방법을 이용하여 3번 이상 반복한 결과로 평균값 간에 유의수준 $p < 0.05$ 에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분, 식이섬유 및 무기성분 분석

아스파라거스를 잎, 뿌리, 줄기, 순 하부 5 cm와 순 상부 25 cm로 나누어 일반성분 및 식이섬유 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같았다. 수분함량은 순 하부 5 cm와 순 상부 25 cm는 각각 6.9와 6.8%로 비슷하였고, 뿌리가 12.5%로 가장 높았으며 잎과 줄기에서 각각 2.2와 0.1%로 낮았다. 단백질과 회분은 각각 순 상부 25 cm가 27.5, 10.4%로 가장 높았으며, 뿌리가 8.3, 5.8%로 가장 낮았다. 지방의 경우 줄기에서 3.2%로 가장 높았고, 뿌리에서 0.4%로 가장 낮았다. RDA(2019b) 식품성분표에는 아스파라거스 순의 단백질 함량은 3 g/100 g, 지방 0.3 g/100 g, 회분 0.6 g/100 g으로 보고하였고, 뿌리의 단백질은 3.7 mg/100 g, 지방 0.1 mg/100 g, 탄수화물 18.5 mg/100 g으로 보고하였다. 총 식이섬유함량은 줄기가 72.44 g/100 g로 가장 높았으며, 순 하부 5 cm와 순 상부 25 cm는 각각 34.67, 25.11 g/100 g이었다. Fuentes-Alventosa 등 (2013)에 따르면 2007년과 2008년에 수확한 아스파라거스의 식이섬유 함량은 각각 49.1, 51.4 g/100 g으로 차이를 보였고, 단백질 (21.5, 23.6%)의 함량과도 차이를 보였다. 아스파라거스의 무기성분 함량은 Table 2에 나타내었다. 잎에서 Ca, Mg, Mn은 각각 635.81, 213.20, 3.80 mg/100 g으로 다른 부위보다 높았다. 순 상부 25 cm에서 K (4335.32 mg/100 g)이 가장 높았고, 뿌리에서 Na (38.18 mg/100 g)와 Fe (18.45 mg/100 g)이 높았다. USDA (2019)의 아스파라거스 순의 식품성분표에는 Ca는 24 mg/100 g, Fe는 2.14 mg/100 g, Mg는 14 mg/100 g, Mn은 0.15 mg/100 g, K는 202 mg/100 g, Na는 2 mg/100 g이었고, RDA(2019b) 식품성분표에는 아스파라거스 순의 Ca는 2.5 mg/100 g, Fe는 1.6 mg/100 g, K는 87.3 mg/100 g이었으며, 뿌리의 Ca는 1.6 mg/100 g, Fe는 13.5 mg/100 g, K는 349.7 mg/100 g으로 뿌리가 순보다 철분과 칼륨이 높게 보고되었고, 본 연구와는 차이를 보였다.

비타민 C 및 루틴, 사포닌 함량 분석

아스파라거스의 비타민 C, 루틴, 사포닌 함량은 Table 3에 나타내었다. 비타민 C는 잎에서 380.47 mg/100 g으로 가장 높았고, 순 상부 25 cm (322.17 mg/100 g), 순 하부 5 cm (254.14 mg/100 g), 잎(77.33 mg/100 g), 뿌리 (16.41 mg/100 g) 순으로 지상부에서 지하부로 갈수록 비타민 C는 감소하였다. Chitrakar 등(2019)의 보

Table 1. Proximate compositions and dietary fibers from different parts of asparagus

Group ¹⁾	Proximate composition (%)				Dietary fiber (g/100 g)			
	Moisture	Protein	Crude lipid	Crude ash	Carbohydrate	SDF ⁴⁾	IDF ⁵⁾	TDF ⁶⁾
L	2.23±0.06 ^{b2,3)}	24.67±0.09 ^d	3.27±0.20 ^d	9.97±0.02 ^d	59.86±0.12 ^b	6.12±0.18 ^c	29.49±1.72 ^c	35.61±1.54 ^c
S5	6.98±0.07 ^c	16.99±0.06 ^c	1.09±0.10 ^b	9.58±0.03 ^c	65.36±0.27 ^c	6.63±0.19 ^d	28.04±0.53 ^c	34.67±0.34 ^c
S25	6.83±0.10 ^c	27.54±0.06 ^c	2.46±0.02 ^c	10.45±0.11 ^c	52.72±0.05 ^a	7.23±0.50 ^c	17.88±0.04 ^a	25.11±0.91 ^a
S	0.15±0.06 ^a	11.30±0.30 ^b	0.90±0.11 ^b	8.54±0.15 ^b	79.11±0.52 ^c	5.48±0.10 ^b	66.97±0.08 ^d	72.44±0.13 ^d
R	12.54±0.38 ^d	8.31±0.03 ^a	0.48±0.04 ^a	5.86±0.07 ^a	72.81±0.48 ^d	4.47±0.20 ^a	25.58±1.14 ^b	30.05±1.30 ^b

¹⁾L: leaf, S5: spear bottom 5 cm, S25: spear top 25 cm, S: stem, and R: root²⁾Values are mean±SD of triplicate determinations (n=3).³⁾Means with different letters (a-e) within a column indicate significant differences ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.⁴⁾Soluble dietary fiber⁵⁾Insoluble dietary fiber⁶⁾Total dietary fiber**Table 2. Mineral contents from different parts of asparagus**

(unit: mg/100 g)

Group ¹⁾	Ca	K	Mg	Na	Fe	Mn
L	635.81±107.36 ^{d2,3)}	3947.15±140.38 ^b	213.20±8.58 ^d	21.19±1.37 ^a	7.98±1.23 ^c	3.80±0.15 ^c
S5	74.21±1.84 ^a	4270.08±92.72 ^b	64.41±2.10 ^a	20.37±1.66 ^a	9.13±0.58 ^c	1.18±0.01 ^b
S25	89.96±11.63 ^{ab}	4335.32±375.65 ^b	146.21±13.73 ^c	21.01±2.55 ^a	6.03±0.52 ^b	1.56±0.15 ^c
S	107.36±0.79 ^b	4051.32±82.80 ^b	50.48±0.26 ^a	20.99±1.43 ^a	4.06±0.49 ^a	0.78±0.01 ^a
R	290.79±6.29 ^c	2534.01±92.95 ^a	88.25±0.52 ^b	38.18±1.39 ^b	18.45±0.62 ^d	2.51±0.05 ^d

¹⁾L: leaf, S5: spear bottom 5 cm, S25: spear top 25 cm, S: stem, and R: root²⁾Values are mean±SD of triplicate determinations (n=3).³⁾Means with different letters (a-e) within a column indicate significant differences ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.**Table 3. Contents of functional components from different parts of asparagus**

(unit: mg/100 g)

Group ¹⁾	Ascorbic acid	Rutin	Asparagine	Glutathione	Saponin (%)
L	380.47±16.58 ^{e2,3)}	1012.86±29.99 ^c	50.83±6.02 ^b	60.12±0.95 ^b	12.38±0.93 ^c
S5	254.14±2.36 ^c	21.96±1.43 ^a	122.61±19.43 ^c	96.29±3.66 ^c	12.42±0.38 ^c
S25	322.17±7.72 ^d	70.90±4.76 ^b	13.35±0.27 ^a	97.20±0.21 ^c	8.50±0.26 ^b
S	77.33±2.26 ^b	84.74±6.04 ^b	141.05±4.53 ^d	49.37±1.03 ^a	3.92±0.21 ^a
R	16.41±0.30 ^a	0.14±0.03 ^a	175.18±2.23 ^c	49.84±6.12 ^a	8.07±0.48 ^b

¹⁾L: leaf, S5: spear bottom 5 cm, S25: spear top 25 cm, S: stem, R: root²⁾Values are mean±SD of triplicate determinations (n=3).³⁾Means with different letters (a-e) within a column indicate significant differences ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

고에 따르면, 아스파라거스 순의 비타민 C는 5.6 mg/100 g으로 본 연구와 차이가 있었는데, Shou 등(2007)에 의하면 비타민 C는 계절적 변화에 영향을 받으며 특히, 봄철 3-4월 동안의 밤낮의 기온차이로 비타민 C의 함량이 더 높은 것으로 보고하여, 채취시기에 따른 차이가 추정된다. 또한 항산화, 항당뇨, 항염증제, 항지방생성 및 신경보호의 기능을 하는 비타민 P (Chua, 2013) 루틴은 잎에서 1012.86 mg/100 g으로 가장 높았고, 뿌리에서 0.14 mg/100 g 순으로 가장 낮았으며, 순 상부 25 cm (70.90 mg/100 g)는 순 하부 5 cm (21.96 mg/100 g)보다 3배정도 높았다. Slatnar 등(2018)과 Wang 등(2013)은 아스파라거스 순의 정단부분(apical part)이 기저부분(basal part)보다 순 무게 대비 0.03-0.06%의 가장 많은 루틴이 발견되었다고 보고하였다. 반대로, 사포닌 함량은 정단 부분보다 기저부분에 100배 더 높은 것으로 밝혀졌다(Chin과 Garrison, 2008). 본 연구에서도 사포닌은 순 하부 5 cm (12.42%)가 순 상부 25 cm (8.50%) 보다 높게 나왔고, 뿌리 8.07%, 줄기 3.92% 순으로 관찰되었다.

글루타티온 및 아스파라긴 함량 분석

글루타티온은 순 상부 25 cm와 순 하부 5 cm에서 각각 97.20,

96.29 mg/100 g으로 다른 부위보다 높았고, 줄기와 뿌리는 각각 49.37, 49.84 mg/100 g로 낮았다(Table 3). 글루타티온은 Kim 등(2009)에 의하면 백합과의 아스파라거스의 글루타티온은 37.8 mol/100 g이었고, 이중 산화형 글루타티온은 35.94 mol/100 g으로 총 글루타티온에 대한 환원형 글루타티온의 비율은 0.95라고 보고되었다. Che 등(2013)은 계절마다 특정 아미노산의 함량은 다른 것으로 보고되어, 채취시기에 따른 함량 차이가 판단된다. 아스파라긴은 뿌리(175.18 mg/100 g), 줄기(141.05 mg/100 g), 순 하부 5 cm (122.61 mg/100 g), 잎(50.83 mg/100 g), 순 상부 25 cm (13.35 mg/100 g)로 하단부로 갈수록 높게 나타났다.

총 폴리페놀 함량 및 플라보노이드 함량 측정

아스파라거스의 총 페놀함량을 측정한 결과는 Table 4와 같이 아스파라거스 잎에서 22.87 mg TAE/g 가장 높았고, 순 상부 25 cm 4.59 mg TAE/g, 뿌리 3.62 mg TAE/g, 줄기 3.24 mg TAE/g, 순 하부 5 cm 3.03 mg TAE/g으로 부위별로 차이가 있었다. Slatnar 등(2018)에 따르면, 순을 3등분을 나누어 총 페놀함량을 분석한 결과 하부에서 상부로 갈수록 증가하였고, Papadopoulou 등(2003)과 Wang 등(2003)에서도 상부에서 가장 높은 총 페놀함량이 보

Table 4. Total polyphenol and total flavonoid contents from different parts of asparagus

Group ¹⁾	Total polyphenols (mg TAE ²⁾ /g)	Total flavonoids (mg RE ³⁾ /g)
L	22.87±0.64 ^{d,4,5)}	49.96±1.5 ^d
S5	3.03±0.13 ^a	3.50±0.13 ^a
S25	4.59±0.20 ^c	6.41±0.32 ^c
S	3.24±0.14 ^b	4.65±0.20 ^b
R	3.62±0.15 ^{ab}	5.33±0.46 ^b

¹⁾L: leaf, S5: spear bottom 5 cm, S25: spear top 25 cm, S: stem, and R: root

²⁾TAE: tannic acid equivalent

³⁾RE: rutin equivalent

⁴⁾Values are mean±SD of triplicate determinations (n=3).

⁵⁾Means with different letters (a-d) within a column indicate significant differences ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

고되어 본 연구와 일치하였다. 체내 활성산소의 작용을 억제하고, 혈관계 질환 개선효과 및 암 세포 증식의 억제, 간 질환 개선효과, 지질 과산화 억제 등에 효과가 있는(Cha과 Cho, 2001; Kawaguchi 등, 1997) 플라보노이드도 잎에서 49.96 mg RE/g으로 가장 높았고, 순 상부 25 cm 6.41 mg RE/g, 뿌리는 5.33 mg RE/g, 줄기는 4.65 mg RE/g, 순 하부 5 cm는 3.50 mg RE/g 순으로 나왔다. 따라서 부위별 함량차이는 하부에 비해 상부로 갈수록 빛에 더 오래 노출된 결과라 판단된다.

DPPH와 ABTS radical 소거능 측정

아스파라거스 에탄올 추출물의 부위별 DPPH radical 소거능을 측정한 결과(Fig. 1A), 각 1.0 mg/mL의 순 상부 25 cm (8.14±3.55%), 순 하부 5 cm (10.35±1.31%), 뿌리(18.57±2.07%)보다 줄기(23.41±2.86%)와 (44.52±0.59%)의 라디칼 소거능이 유의적으로 높은 것으로 보아 부위에 따른 차이를 확인하였다. 같은 부위에서 농도 5.0와 10.0 mg/mL에서도 줄기와 잎에서 다른 부위보다 DPPH radical 소거능이 유의적으로 증가하는 경향을 확인하였다. 아스파라거스의 ABTS radical 소거능의 결과는 Fig. 1B에 나타내었다. DPPH라디칼 소거능 측정과 마찬가지로 잎에서 5, 10 mg/mL 농

□ : control (LPS alone), ■ : leaf,
▨ : spear bottom 5 cm, ■ : spear top 25 cm,
■ : stem, □ : root

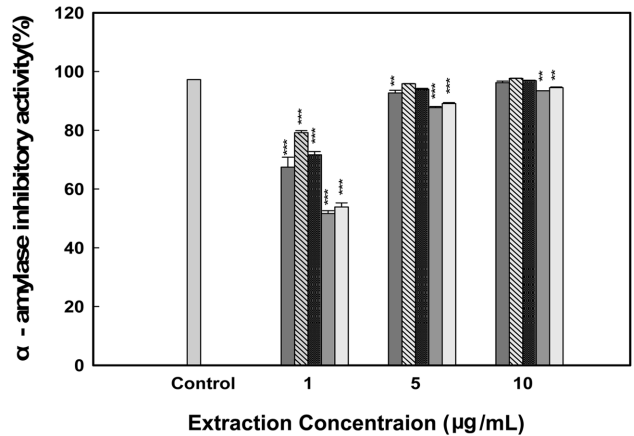


Fig. 2. Inhibitory effects of different parts of asparagus on α -amylase activity. Values are means±SD of three independent experiments. * $p<0.001$ versus the non-treated control group. * $p<0.05$, ** $p<0.01$ and *** $p<0.001$ versus LPS-treated control group.

도에서 각각 48.02, 81.11%로 가장 높은 항산화 효능을 보였다. 1.0 mg/mL 농도에서 뿌리(2.92±0.45%), 순 하부 5 cm (7.16±2.15%), 줄기(8.10±0.88%), 순 상부 25 cm (10.33±0.69%), 잎(15.58±0.20%)의 순으로 라디칼 소거능이 유의적으로 높아 부위에 따른 차이를 확인하였다. Amel 등(2017)의 보고에서도 뿌리보다 잎에서 DPPH radical 소거능이 높은 것으로 확인되었다. DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능 측정을 통해 잎의 항산화 활성이 유의적으로 높은 것을 확인하였다. 본 연구에서 항산화 활성은 총 폴리페놀 함량이 높을수록, DPPH radical 과 ABTS radical 소거능이 높았으며, 총 플라보노이드와 비타민 C의 함량도 높음을 확인할 수 있었고, 항산화 활성과 연관이 있음을 확인할 수 있었다.

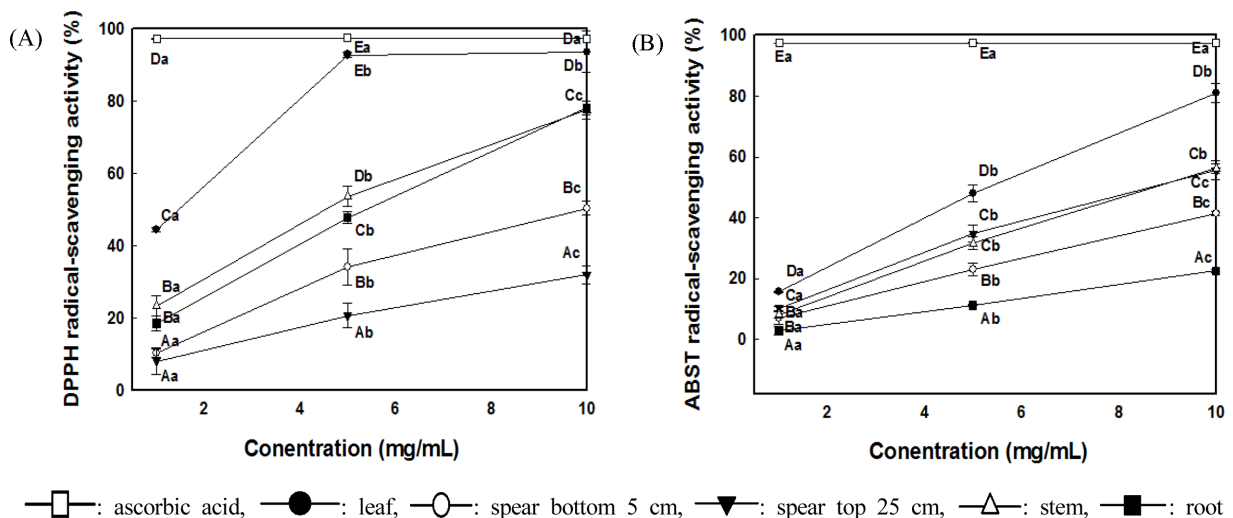


Fig. 1. Effects of different parts of asparagus on DPPH radical and ABTS radical scavenging activities. (A) DPPH radical scavenging activity, (B) ABTS radical scavenging activity. Values are mean±SD of triplicate determinations (n=3). Means with different letters (a-d) within a column indicate significant differences ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

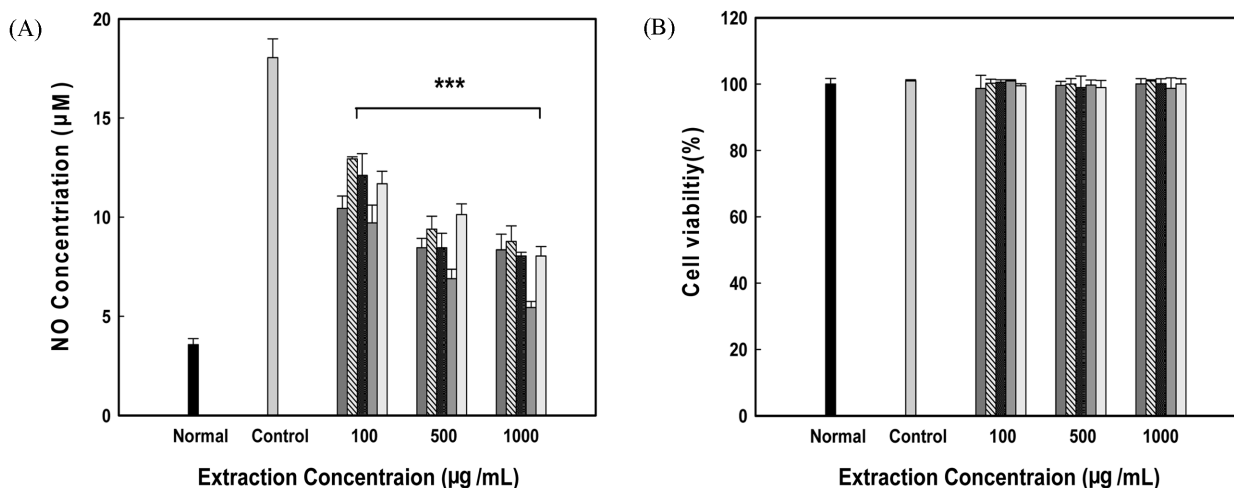


Fig. 3. Effects of different parts of asparagus on nitrite oxide (NO) and cell viability. Values are means±SD of three independent experiments. * p <0.001 versus the non-treated control group. * p <0.05, ** p <0.01 and *** p <0.001 versus LPS-treated control group.

α-amylase 저해 활성

항당뇨 효과를 측정하는 방법 중 하나인 α-amylase 저해 활성 (Lee 등, 2008; Kim 등, 2012)은 Fig. 2에 나타내었다. α-amylase 저해 활성은 1 μm/mL에서 순 하부 5 cm (79.16%), 순 상부 25 cm (71.64%), 잎(67.45%), 뿌리(53.89%), 줄기(51.66%) 순이었다. 5, 10 μm/mL 농도에서도 순 하부 5 cm에서 각각 95.80, 97.67%로 α-amylase 저해 활성이 가장 높았으며, 아스파라거스의 부위별로 유의한 차이를 보였다.

Nitric oxide (NO) 생성량 및 세포생존율

항염증 효과를 확인하기 위해서 아스파라거스의 추출물과 lipopolysaccharide (LPS)를 동시에 하루 동안 처리한 세포에서 NO 생성량을 측정하였다(Fig. 3A). NO 생성량은 LPS 처리군에서 18.04±0.95 μM, LPS를 처리하지 않는 군에서 3.56±0.31 μM로 약 5배 정도 NO생성이 증가한 것으로 보아 LPS에 의해 염증반응이 잘 유도된 것을 알 수 있었다. 아스파라거스 에탄올 추출물에서 부위별로 각각 순 하부 5 cm (12.93±0.01 μM), 순 상부 25 cm (12.10±1.09 μM), 뿌리(11.68±0.62 μM), 잎(10.43±0.62 μM), 줄기 (9.70±0.90 μM) 순으로 LPS 처리군에 비해 NO 생성이 유의하게 저해되었으며(p <0.001), 1,000 μg/mL 농도에서 줄기는 5.43±0.31 μM로서, LPS 단독처리군에 비해 약 69.8% 저해율을 보였고, 순 상부 25 cm와 뿌리는 55.4%, 잎은 53.6%, 순 하부 5 cm는 51.3% 순으로 저해율을 보였다. 정상 세포주에 대한 아스파라거스 부위별 세포 독성을 평가하기 위해 WST assay를 수행하였다. 모든 추출물을 100, 500, 1,000 μg/mL의 농도로 하루 동안 세포에 처리한 결과, 대식세포의 생존율은 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았으므로 세포 독성이 없는 것으로 확인되었다(Fig. 3B).

요 약

본 연구에서는 아스파라거스의 부위별 비타민 C, 루틴, 사포닌, 글루타티온, 아스파라긴산, 총 페놀함량, 항산화 활성(DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능), α-amylase 저해활성, Nitric oxide (NO) 생성량의 효과를 측정하였다. 분석한 결과 아스파라거스는 부위별로 성분함량이 다르게 관찰되었는데 Ca 과 Mg, Mn은 잎

에서 높았고, K은 순 상부 25 cm에서 유의적으로 높았다. 뿌리에서는 Fe과 Na이 유의적으로 높았다. 비타민 C과 루틴, 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 잎에서 많았으며, 아스파라긴과 글루타티온은 각각 뿌리와 순 상부 25 cm에서 유의적으로 높음을 확인할 수 있었다. 특히, 순 하부 5 cm 부위에는 사포닌 함량(12.42%)이 다른 부위보다 높음을 확인할 수 있었다. 아스파라거스 잎의 DPPH, ABTS radical 소거능은 1.0 mg/mL 농도에서 각각 44.52, 15.58%로 줄기(23.41, 8.10%), 뿌리(18.57, 2.92%), 순 하부 5 cm (10.35, 7.16%), 순 상부 25 cm (8.14, 10.33%)에 비해 높은 항산화 활성을 확인하였다. 부위별 α-amylase에서는 순 하부 5 cm (79.16%)가 다른 부위보다 저해능이 높았고, 순 하부 5 cm (12.93 μM), 순 상부 25 cm (12.10 μM), 뿌리(11.68 μM), 잎 (10.43 μM), 줄기(9.70 μM) 순으로 LPS 처리군에 비해 NO 생성이 유의하게 저해되었다(p <0.001). 본 연구를 통해 아스파라거스의 부위에 따른 품질 특성과 항산화 활성을 비교하였다. 국내에서는 순 25 cm만을 제외한 나머지 부위들은 농가에서 부산물로 버려진다. 줄기와 뿌리는 다른 부위보다 아스파라긴함량이 높았고, 유통상의 이유로 버려지는 순 5 cm에는 사포닌함량이 많았다. 또한, 잎에는 다른 부위보다 총 폴리페놀 함량, 비타민 C와 루틴이 다량 함유되어 있어 생리활성 소재로 개발 가치가 높을 것으로 판단된다. 추후, 생리활성물질이 많은 다른 부위들의 활용대안 모색이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청이 지원하는 지역농업연구기반 및 전략 작목 육성 지역특화작목기술개발과제(PJ012696)로 수행한 연구의 일부로 이에 감사드립니다.

References

- Adouni K, Chahdoura H, Mosbah H, Santos-Buelga C, Gonzalez-Params A.M, Ciudad-Mulero M. Revalorization of wild Asparagus stipularis Forssk. as a traditional vegetable with nutritional and functional properties. Food Funct. 9: 1578-1586 (2018)
- Amel H, Sara JC, Raja SB, Rabeb T, Sonia Z, Roco RA, Ana JA,

- Mounir K, Mokhtar L, Najoua KB, Rafael GB. The phytochemical and bioactivity profiles of wild *Asparagus albus* L. plant. Food Res. Int. 99: 720-729 (2017)
- AOAC. Official Method of Analysis of AOAC 18th ed. Method 998.12. Association of Official Analytical chemists, Arlington, VA, USA(2010)
- Cha JY, Cho YS. Biofunctional activities of citrus flavonoids. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 44: 122-128 (2001)
- Che L, Li W, Jin Q, Song H. Effect of color, thickness and part on free amino acid contents in asparagus. Food Sci. 34: 65-68 (2013)
- Chin CK, Garrison SA. Functional elements from asparagus for human health. Acta Hort. 776: 219-225 (2008)
- Chitrakar B, Zhang M, Adhikari B. Asparagus (*Asparagus officinalis*): Processing effect on nutritional and phytochemical composition of spear and hard-stem byproducts. Trends Food Sci. Technol. 93: 1-11 (2019)
- Chua LS. A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities. J. Ethnopharmacol. 150: 805-817 (2013)
- Custodio L, Ferreira AC, Pereira H, Silvestre L, Vizetto-Duarte C, Barreira L, Varela J. The marine halophytes *Carpobrotus edulis* L. and *Arthrocnemum macrostachyum* L. are potential sources of nutritionally important PUFAs and metabolites with antioxidant, metal chelating and anticholinesterase inhibitory activities. Bot. Mar. 55: 281-288 (2012)
- Deli J, Matus Z, Tth G. Carotenoid composition in the fruits of *Asparagus officinalis*. J. Agric. Food Chem. 48: 2793-2796 (2000)
- Demirkol O, Adams C, Ercal N. Biologically important thiols in various vegetables and fruits. J. Agric. Food Chem. 52: 8151-8154 (2004)
- Denton OA, Schippers R, Oyen L. Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables. Backhuys Publishers, Wageningen, Netherlands. 94-96 (2004)
- Fuentes-Alventosa JM, Jaramillo-Carmona S, Rodriguez-Gutierrez G, Guilln-Bejarano R, Jimnez-Araujo A, Fernndez-Bolaos J, Rodriguez-Arcos R. Preparation of bioactive extracts from asparagus by-product. Food Bioprod. Process. 91: 74-82 (2013)
- Hatfield DL, Berry MJ, Gladyshev VN. Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human Health. Springer Science & Business Media. LLC., New York, USA. pp 598 (2012)
- Huang X, Kong L. Steroidal saponins from roots of *Asparagus officinalis*. Steroids 71: 171-176 (2006)
- Jang DS, Cuendet M, Fong HHS, Pezzuto JM, Kinghorn AD. Constituents of *Asparagus officinalis* evaluated for inhibitory activity against cyclooxygenase-2. J. Agric. Food Chem. 52: 2218-2222 (2004)
- Jashni HK, Jahromi HK, Ranjbary AG, Jahromi ZK, Kherameh ZK. Effects of aqueous extract from *Asparagus officinalis* L. roots on hypothalamic-pituitary-gonadal axis hormone levels and the number of ovarian follicles in adult rats. Int. J. Reprod. BioMed. 14: 75-80 (2016)
- Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. Biosci. Biotechnol. Biochem. 61: 102-104 (1997)
- Kim HY, Cho EK, Kang SH, Bae JM, Choi YJ. α -Glucosidase, tyrosinase, and elastase inhibitory effects of enzymatic extracts from *Ecklonia cava* and its alcohol metabolizing activity. J. Life Sci. 22: 751-759 (2012)
- Kim JS, Shim IS, Kim MJ. Glutathione content in various seedling plants, vegetables, and the processed foods. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 592-596 (2009)
- Lee BB, Park SR, Han CS, Han DY, Park E, Park HR, Lee SC. Antioxidant activity and inhibition activity against α -amylase and α -glucosidase of *Viola mandshurica* extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 405-409 (2008)
- Lee EJ, Yoo KS, Patil BS. Development of rapid HPLC-UV method for simultaneous quantification of protodioscin and rutin in white and green asparagus spears. J. Food Sci. 75: 705-709 (2010)
- Lee JW, Lee JH, Yo IH, Gorinstein S, Bae JH, Ku YG. Bioactive compounds, antioxidant and binding activities and spear yield of *Asparagus officinalis* L. Plant Foods Hum. Nutr. 69: 175-181 (2014)
- Liang XL, Wang XL, Li Z, Hao QH, Wang SY. Improved *in vitro* assays of superoxide anion and 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity of isoflavones and isoflavone metabolites. J. Agric. Food Chem. 58: 11548-11552 (2010)
- Lim CS, Li CY, Kim YM, Lee WY, Rhee HI. The inhibitory effect of *Cornus walteri* extract against α -amylase. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 48: 103-108 (2005)
- Muruganandan S, Garg H, Lal J, Chandra S, Kumar D. Studies on the immunostimulant and antihepatotoxic activities of *Asparagus racemosus* root extract. J. Appl. Res. Med. Aromat. 22: 49 - 52 (2000)
- Natural medicines. USA. Available from: <https://naturalmedicines.therapeuticresearch.com/>. Accessed Aug. 20, 2019
- Negi JS, Singh P, Joshi GP, Rawat MS, Bisht VK. Chemical constituents of Asparagus. Pharm. 4: 215-220 (2010)
- Papadopoulou P, Siomos A, Dogras C. Comparison of textural and compositional attributes of green and white asparagus produced under commercial conditions. Plant Foods Hum. Nutr. 58: 1-9 (2003)
- Park MH, Choi BG, Lim SH, Kim KH, Heo NK, Yu SH, Kim JD, Lee KJ. Analysis of general components, mineral contents, and dietary fiber contents of *Synurus deltoideus*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 1631-1634 (2011)
- Park YH, Lim SH, Kim HY, Park MH, Lee KJ, Kim KH, Kim YG, Ahn YS. Biological activities of extracts from flowers of *Angelica gigas* Nakai. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 1079-1085 (2011)
- Pellegrini N, Serafini M, Colombi B, del Rio D, Salvatore S, Bianchi M, Brighenti F. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays. J. Nutr. 133: 2812-2819 (2003)
- Rural Development Administration (RDA). Available from: <http://www.nongsaro.go.kr>. Accessed May. 8, 2019a.
- Rural Development Administration (RDA). Available from: <http://koreanfood.rda.go.kr>. Accessed Aug. 20, 2019b.
- Shao Y, Chin CK, Ho CT, Ma W, Garrison SA, and Huang MT. Antitumor activity of the crude saponins obtained from asparagus. Cancer Lett. 104: 31-36 (1996)
- Shao Y, Poobrasert O, Kennelly EJ, Chin CK, Ho CT, Huang MT, Garrison SA, Cordell GA. Steroidal saponins from *Asparagus officinalis* and their cytotoxic activity. Planta Med. 63: 258-262 (1997)
- Shou S, Lu G, Huang X. Seasonal variations in nutritional components of green asparagus using the mother fern cultivation. Sci. Hort. 112: 251-257 (2007)
- Singh GK, Garabadi D, Muruganandam A, Joshi VK, Krishnamurthy S. Antidepressant activity of *Asparagus racemosus* in rodent models. Pharmacol. Biochem. Behav. 91: 283-290 (2009)
- Singleton VL, Orthofer R, Amuela-Raventos RM. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Method. Enzymol. 299: 152-178 (1999)
- Slatnar A, Mikulic-Petkovsek M, Stampar F, Veberic R, Horvat J, Jakse M, Sircelj H. Game of tones: Sugars, organic acids, and phenolics in green and purple asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivars. Turk. J. Agric. For. 42: 55-66 (2018)
- Solana M, Boschiero I, Dall'Acqua S, Bertuccio A. A comparison between supercritical fluid and pressurized liquid extraction methods for obtaining phenolic compounds from *Asparagus officinalis* L. J. Supercrit. Fluids 100: 201-208 (2015)
- Thomson Healthcare (Firm). PDR for Herbal Medicines. 4th ed. Thomson Pdr. Montvale. NJ. USA. pp. 55-56 (2007)
- Tsushida T, Suzuki M, Kurogi M. Evaluation of antioxidant activity of vegetable extracts and determination of some active compounds. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol. 41: 611-618 (1994)
- United States Department of Agriculture (USDA). Available from: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>. Accessed April. 1, 2018.
- Visavadiya NP, Narasimhacharya AV. Asparagus root regulates cholesterol metabolism and improves antioxidant status in hypercholesteremic rats, Evid Based. Complement. Alternat. Med. 6: 219-226 (2009)

- Wang J, Liu Y, Zhao J, Zhang W, Pang X. Saponins extracted from by-product of *Asparagus officinalis* L. suppresses tumour cell migration and invasion through targeting Rho GTPase signaling pathway. J. Sci. Food Agric. 93: 1492-1498 (2013)
- Wang MF, Tadmor Y, Wu QL, Chin CK, Garrison SA, Simon JE. Quantification of protodioscin and rutin in asparagus shoots by LC/MS and HPLC methods. J. Agric Food. Chem. 51: 6132-6136 (2003)
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 64: 555-559 (1999)
- Zhong C, Jiang C, Xia X, Mu T, Wei L, Lou Y, Bi X. Antihepatic fibrosis effect of active components isolated from green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) involves the inactivation of hepatic stellate cells. J. Agric. Food Chem. 63: 6027-6034 (2015)