

Dioscorea alata L.의 항균 및 항산화 활성

권정은 · 권중배¹ · 권인숙 · 손호용*

안동대학교 식품영양학과, ¹경북 농업기술원 생물자원연구소

Antimicrobial and Antioxidant Activity of the *Dioscorea alata* L.. Kwon, Jeong-Eun, Jung-Bae Kwon¹, In-Sook Kwon, and Ho-Yong Sohn*. Dept. of Food and Nutrition, Andong National University, Andong 760-749, Korea, ¹Experiment Station of Bioresources, Gyeongbuk Agricultural Research & Extension Services, Andong, 760-349, Korea – Yam (*Dioscorea* spp.) has been used as important edible and medicinal natural resource in worldwide and *D. alata* L. is most popular nourishment among the yam. In this study the composition, color, antioxidation and antimicrobial activity of *D. alata* Gyeongbuk No. 6 (GB-6), which was established in Gyeongbuk Agricultural Research & Extension Services, Andong, Korea, was compared to those of *D. batatas* Gyeongbuk No. 1 (GB-1), a major domestic cultivation species. Water content of GB-6 was 78.02±0.16%, which is slightly lower than that of GB-1 (82.61±0.07%). The contents of crude protein, crude fat, crude fiber and ash of GB-6 were 0.95, 0.26, 0.85 and 0.70%, whereas those of GB-1 were 1.58, 0.15, 1.39 and 0.88%, respectively. Analysis of color using colormeter showed that the GB-6 is slight dark-yellow than GB-1, and total polyphenol content of GB-6 was 2-fold higher compared than that of GB-1. Sequential organic solvent fractions from methanol extract of GB-6 showed that the ethylacetate fraction has highest total polyphenol (144.1±3.20 mg/g). Determination of antioxidation activity showed that the ethylacetate fraction and water fraction has strong DPPH radical scavenging activity (IC₅₀=78.32 µg/mL) and reducing power, respectively. In antimicrobial activity assay, the n-hexane and ethylacetate fraction showed antibacterial activity against *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *S. epidermidis*, *S. aureus*, *P. vulgaris*, and *S. typhimurium*. These results provide the possibility of domestic cultivated *D. alata* GB-6 as a healthy food.

Key words: *Dioscorea alata* Gyeongbuk No. 6, total polyphenol, crude fat, antibacterial, DPPH radical scavenging, reducing power

서 론

마는 백합목 마과 식물(*Dioscoreaceae*)로 전 세계적으로 10속 650여종 이상이 알려져 있으며, 한국, 일본, 중국 지역과 열대, 아열대 지역에 널리 분포하고 있는 다년생 덩굴식물이다[12, 13, 24]. 마는 전 세계적으로 오랜 기간 동안 식용 및 약용으로 사용되어 온 중요한 생물자원이며, 덩이뿌리(rhizome)의 모양, 잎의 모양 및 원산지에 따라 다양하게 분류되고 있다[3, 24]. 국내에서는 *Dioscorea batatas*, *D. opposita* Thunb., *D. japonica*, *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. nipponica* 및 *D. tokoro* 등이 분포하고 있으며, *D. opposita* Thunb. 또는 *D. batatas*로 분류되는 장마, 또는 단마 종류가 주로 육종, 재배되어 연간 5,000톤 이상이 생산되며 그 대부분이 경북 안동지역에서 생산되고 있다[12, 24].

한편, 전 세계적으로 가장 널리 식용으로 이용되는 마는 인도네시아 기원의 알라타 마(*D. alata*) 종으로 chinese

yam, tropical yam 또는 water yam으로 불리며, 국내에서는 대마, 둥근대마, 열대마 등으로 알려져 있다. 알라타 마는 자연상태에서도 유전적 변종이 매우 다양하게 나타나는 특징이 있으며[4, 23], 열대, 아열대 기후에서 생육이 왕성하다. 단위면적당 수확량도 많아 주로 중국, 일본, 동남아 지역 등의 아열대 지역에서 대량 재배되고 있으며, 식량자원으로 매우 중요한 작물중의 하나이다. 또한 국내에서는 2000년도 전후부터 시험 재배하여 왔으며, 장마에 비해 재배는 용이하나 재배기간이 길고 타작물의 후작재배가 어렵다는 문제점이 보고되어 있다[6].

알라타 마에 대한 연구로는 전분 및 색소(anthocyanins) 이용에 대한 연구[5, 11, 14, 21]가 최근까지 이루어져 왔으며, 유용 생리활성으로는 항산화 활성[7], X선에 의한 DNA 손상방지 활성[22], phyto-estrogen 활성[8], 항고혈압 활성[10, 17], 간 및 신장독성 억제 활성[15], 껍질부의 항곰팡이 활성[2]이 보고되어 있으며, 저장단백질의 일종인 dioscorins에 의한 면역력 증강 활성[9, 16, 18]도 지속적으로 보고되고 있다. 본 연구팀에서는 다양한 마의 유용생리활성을 검토하여 고부가가치 식품소재 개발하고자 하는 일련의 연구 중, 최근 국내에서 재배되고 있는 알라타 마에서 우수한

*Corresponding author

Tel: 82-54-820-5491, Fax: 82-54-820-7804

E-mail: hysohn@andong.ac.kr

항산화 활성 및 항균 활성을 확인하였기에 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

마 시료, 마 추출물 조제 및 시약

실험에 사용한 마 시료는 경북 안동에서 수확한 *D. alata* L. 경북 6호(이하 경북 6호로 명칭)로, 2009년 3월 20일경 종서절단, 소독 후 치상하고 이를 재배하였으며 2009년 11월 통상의 방법으로 수확 후 한달 동안 15°C에서 보존한 시료를 사용하였다. 대조구로 사용된 *D. batatas* 경북 1호(이하 경북 1호로 명칭)는 동일하게 수확 후 5°C에서 한달 동안 저장한 시료를 사용하였다(Fig. 1). 각각의 시료는 경상북도농업기술원 생물자원연구소에 보관되어 있다(시료번호: MA032~MA039). 이들의 수분함량은 적외선 수분 측정기(HG53 Halogen Moisture Analyzer, Mettler-Toledo International Inc., Zurich, Switzerland)로 측정하였으며, 조단백, 조지방, 조섬유 및 회분 함량은 AOAC법에 따라 분석하였다[1]. 마 추출물 조제를 위해서는 각각의 마 1 kg을 두께 3~5 mm로 절단한 후 이를 1주일간 상온에서 음건하였으며, 건조된 마 절편에 2 L의 메탄올을 가하여 상온에서 24시간씩 3회 추출하였다. 이후, 추출액은 filter paper(Whatman No. 2)로 거른 후 60°C에서 감압농축하여 분말로 제조하고 사용 전까지 저온 밀봉 보관하였다. 분획물 제조의 경우 methanol 추출물을 물에 현탁한 후 n-hexane, ethylacetate, butanol을 이용하여 순차적으로 분획하고 물 잔류물을 회수하였으며, filter paper(Whatman No. 2)로 거른 후 감압 건조하여 분말화 하였다. 각각의 시료 분말은 DMSO에 녹인 후, 적당한 농도로 희석하여 항산화 및 항균 활성 평가에 사용하였다. 사용한 시약은 시약급 이상으로 Sigma Co.(USA)의 제품을 구입하여 사용하였다.

항산화 활성 평가

조제된 *D. alata* L. 및 *D. batatas* 메탄올 추출물 및 분획물들의 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능 및 환원력 측정에 의해 평가하였다[20]. 먼저 DPPH radical 소거능의 경우, 다양한 농도로 희석한 시료 20



Fig. 1. *Dioscorea alata* L. Gyeongbuk No. 6 (left) and *D. batatas* Gyeongbuk No. 1 (right) used in this study.

μL 에 99.5% 에탄올에 용해시킨 2×10^{-4} M DPPH용액 380 μL 를 넣고 혼합하여 37°C에서 30분 동안 반응시킨 후, 516 nm에서 microplate reader(Asys Hitech, Expert96, Asys Co., Austria)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 butyl hydroxytoluene(BHT), vitamin C 및 vitamin E(Sigma Co., USA)를 사용하였다. DPPH free radical 소거능은 시료 첨가구와 비첨가구의 백분율로 표시하였으며, IC_{50} 는 50% 소거능을 나타내는 농도로 계산하였고 최종 결과는 3회 측정값의 평균과 편차로 나타내었다. 환원력 평가는 Oyaizu 등의 방법을 변형하여 측정하였다[20]. 에탄올에 용해한 시료 2.5 mL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 10% potassium ferricyanide 2.5 mL를 첨가하고 50°C에서 20분간 반응시킨 후, 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 첨가하여 반응을 종료하고 4000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 회수한 상등액은 증류수로 2배 희석한 후, 신선하게 조제된 0.1% ferric chloride 용액과 5:1 (v/v) 비율로 혼합하고 700 nm에서 흡광도를 측정하여 평가하였으며, 대조구로는 vitamin C와 BHT를 사용하였다. 측정 결과는 3회 반복실험 후, 평균과 표준편차로 나타내었다.

항균 활성 측정

조제된 경북 6호 및 경북 1호의 메탄올 추출물 및 분획물들의 항균 활성은 disc diffusion법으로 평가하였다[20]. 대상균주로는, 그람 음성균으로 *Escherichia coli* KCTC 1682, *Proteus vulgaris* KCTC 2433, *Pseudomonas aeruginosa* KACC 10186, *Salmonella typhimurium* KCTC 1926, 그람 양성균으로는 *Staphylococcus aureus* KCTC 1916, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Listeria monocytogenes* KACC 10550 및 *Bacillus subtilis* KCTC 1924를 사용하였다. 한편 항진균 활성 평가를 위해서는 *Saccharomyces cerevisiae* IF0 0233 및 캔디다증 진균감염증 원인균 *Candida albicans* KCTC 1940를 사용하였다. 먼저, 항세균 활성 평가의 경우 Nutrient broth(Difco Co., USA)에 각각의 세균을 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 후, 각 균주를 0.1(O.D.₆₀₀)로 조정하여 Nutrient agar(Difco Co., USA) 배지를 포함하는 멸균 petri dish(90×15 mm, 녹십자, 한국)에 100 μL 도말하고, 각각의 시료 5 μL 를 멸균 disc-paper(지름 6.5 mm, Whatman No.2)에 가하여 37°C에서 24시간 동안 배양하였으며, 진균의 경우에는 Sabouraud dextrose 배지(Difco Co. USA)를 이용하여 동일한 방법으로 30°C에서 24시간 동안 배양 후 생육저지환의 크기를 측정하여 항균활성을 평가하였다[17]. 대조구로는 항세균제인 ampicillin 및 streptomycin sulfate, 항진균제인 miconazole 및 amphotericin B(Sigma Co., USA)를 각각 1 $\mu\text{g}/\text{disc}$ 농도로 사용하였으며, 생육저지환의 크기는 육안으로 생육이 나타나지 않는 부분의 지름을 mm 단위로 측정하였고, 3회 이상 평가 후 대표 결과로 나타내었다.

색차 및 기타 분석

마의 색차 분석은 색차계(Super color SP-80 Colormeter, Tokyo Denshoku Co., Japan)을 이용하였으며, 절편의 표면 명도(lightness, *L*), 적색도(redness, *a*), 황색도(yellowness, *b*)를 측정하였다. 먼저 보관중인 마 시료들을 상온에서 30분간 안정화 시킨 후, 밀균 칼로 0.3 cm 두께로 절단하여 생마 절편을 준비하여 색차를 측정하였다. 표준 백색판은 *L*값이 92.27, *a*값이 -0.11, *b*값이 1.45로 기준을 정하였으며, 시료당 3회 측정하여 평균값을 구하여 나타내었고 색차(ΔE)는 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

한편 총 flavonoid의 함량 측정은 기존의 보고한 방법[12]에 따라 측정하였으며, 각각의 시료를 18시간 메탄올 교반 추출하고 여과한 추출 검액 400 μ L에 90% diethylene glycol 4 mL를 첨가하고 다시 1 N NaOH 40 μ L를 넣고 37°C에서 1시간 반응 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시약으로는 rutin을 사용하였다. 총 polyphenol 함량은 추출 검액 400 μ L에 50 μ L의 Folin-ciocalteu, 100 μ L의 Na₂CO₃포화용액을 넣고 실온에서 1시간 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시약으로는 tannic acid를 사용하였다. 총당 정량의 경우에는 phenol-sulfuric acid법을 이용하였다[12].

결과 및 고찰

일반성분 및 색차 분석

경북 6호 및 경북 1호의 일반성분 및 색차를 비교 평가하였다. 먼저 수분함량의 경우 경북 6호는 78.02±0.159%, 경북 1호는 82.61±0.070로 약간의 차이가 있었으나, 이는 마 종류에 따른 특성 및 수확 후 마의 저장방법(15°C 및 5°C 저장)에 따른 영향으로 판단되며, 일반적으로 80% 전후의 수분함량을 가지는 것으로 생각된다(Table 1). 한편 조단백질 및 조섬유는 경북 1호에서 경북 6호 보다 1.6배 정도 높게 나타났으나, 조지방의 경우에는 경북 6호에서 약 1.7배 정도 높게 나타났다. 회분의 함량은 거의 동일하였다. 이는 기존의 알라타 마의 조섬유 분석결과와 유사하며[6], 알라타 마가 영양적으로 우수함을 알 수 있다. 또한 알라타 마의 경도가 단마에 비해 1/2 정도라는 점을 감안하면[6] 노약자를 대상으로 한 제품으로 개발이 용이하리라 판단된다. 한편 마 절단면의 색차를 비교한 결과, 경북 6호의 명도는 60.72로

Table 2. Comparison of colors between the rhizome of *Dioscorea alata* L. Gyeongbuk No. 6 and *D. batatas* Gyeongbuk No. 1.

Rhizome	<i>L</i> ¹	<i>a</i> ²	<i>b</i> ³	ΔE ⁴
<i>D. alata</i> L.	60.72	-3.51	11.01	33.14
<i>D. batatas</i>	65.33	-2.38	6.48	27.24

¹*L*: degree of lightness (white +100~0 black).

²*a*: degree of redness (red +100~80 green).

³*b*: degree of yellowness (yellow +70~80 black).

⁴ ΔE : overall color difference, $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$.

경북 1호의 65.33보다 약간 낮았으며, 황색도는 11.01로 경북 1호의 4.85보다 높게 나타나, 알라타 마는 단마보다 약간 어두운 황색을 나타내었다(Table 2). 그러나 이는 관능성에 영향을 미치는 색차는 아니었다.

추출물의 성분

생리활성 평가를 위한 경북 6호의 추출물을 조제하였으며, 메탄올 추출 효율은 1.59% 정도로 일반적으로 재배되는 경북 1호의 추출율 1.51%와 거의 유사하였다(Table 3). 경북 6호 추출물의 총 polyphenol함량은 89.45 mg/g으로 경북 1호의 43.91 mg/g의 2배에 해당하였으며, 총 flavonoid 및 총당 함량은 경북 1호와 거의 유사하였다. 따라서 경북 6호가 경북 1호보다 항산화 활성 등의 생리활성이 우수하리라 예측되었다. 한편 경북 6호 메탄올 추출물의 순차적 유기용매 분획결과, n-hexane, ethylacetate, butanol 및 물 분획율은 각각 9.56, 4.61, 14.80 및 68.86%로 80% 이상이 butanol분획과 물 분획으로 나누어짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 *D. batatas*(장마)의 n-hexane, ethylacetate, butanol 및 물 분획율이 각각 7.63, 17.52, 7.26 및 65.71%임을 고려[12]하면, 경북 6호는 butanol에 추출되는 성분을 상대적으로 많이 가지고 있음을 알 수 있었다. 또한 각 분획물의 총 polyphenol, 총 flavonoid 및 총당 분석결과, ethylacetate 분획에서 가장 높은 총 polyphenol 함량(144.1 mg/g) 및 총 flavonoid 함량(97.3 mg/g)을 보였으며, 물 분획에서 가장 높은 총당 함량(118.5 mg/g)을 나타내었다(Table 3). 일반적인 재배마 *D. batatas*의 ethylacetate 분획의 총 polyphenol 및 총 flavonoid 함량이 48.31 및 42.55 mg/g임을 고려[12]한다면, 경북 6호의 ethylacetate 분획은 일반 재배마의 ethylacetate 분획보다 총 polyphenol은 약 3배, 총 flavonoid함량은 약 2.3배 함유하고 있었다.

Table 1. Composition of rhizome of *Dioscorea alata* L. Gyeongbuk No. 6 and *D. batatas* Gyeongbuk No. 1.

Rhizome	Content (%)				
	Water	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash
<i>D. alata</i> L.	78.02±0.159	0.95±0.026	0.26±0.006	0.85±0.008	0.70±0.019
<i>D. batatas</i>	82.61±0.070	1.58±0.012	0.15±0.007	1.39±0.016	0.88±0.003

Table 3. The yields and contents of methanol extraction of *Dioscorea alata* L. Gyeongbuk No. 6 and its organic solvent fractions.

Rhizome	Extraction or fraction yield (%)	Content (mg/g)			
		Total polyphenol	Total flavonoid	Total sugar	
<i>D. alata</i> L.	Methanol ex.	1.59±0.4	89.45±4.23	15.26±3.19	179.95± 4.29
	n-hexane fr.	9.56±0.2	15.3 ±2.11	28.2 ±3.38	22.5 ± 1.27
	Ethylacetate fr.	4.61±0.5	144.1 ±3.20	97.3 ±4.21	52.4 ± 2.13
	Butanol fr.	14.80±0.9	44.2 ±1.23	12.1 ±0.53	89.2 ± 4.01
	Water fr.	68.86±1.4	58.5 ±1.09	8.6 ±0.44	118.5 ± 4.29
<i>D. batatas</i>	Methanol ex.	1.51±0.7	43.91±9.14	12.06±6.23	186.65±34.68

Table 4. DPPH scavenging activities of *Dioscorea alata* L. Gyeongbuk No. 6 and *D. batatas* Gyeongbuk No. 1.

Rhizome/ Chemical	Extract/ Fraction	DPPH scavenging activity (IC ₅₀ : µg/mL)
<i>D. alata</i> L.	Methanol ex.	142.30± 2.58
	n-Hexane fr.	412.13± 6.48
	Ethylacetate fr.	78.32± 4.39
	Butanol fr.	234.61± 1.59
	Water fr.	>500
<i>D. batatas</i>	Methanol ex.	432.66±71.92
Vitamin C	-	10.8 ± 0.13
Vitamin E	-	40.2± 6.98
BHT	-	11.9±10.67

항산화 활성

조제된 경북 6호의 추출물 및 분획물의 항산화 활성을 DPPH radical 소거능을 측정하여 평가하였다. 먼저 대조구로 사용된 vitamin C, E 및 BHT의 경우 우수한 DPPH radical 소거능을 확인하였다. 경북 1호의 methanol 추출물은 432.66 µg/mL의 IC₅₀를 나타내었으나, 경북 6호의 경우에는 142.30 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어 우수한 항산화력을 확인하였다(Table 4). 경북 6호 분획물 중에서는 ethylacetate 분획 > butanol 분획 > hexane 분획 > 물 분획 순으로 DPPH radical 소거능을 나타내었다. 가장 우수한 DPPH radical 소거능을 나타낸 ethylacetate 분획의 IC₅₀는 78.32 µg/mL로 항산화력이 우수하다고 보고된 장마(*D. batatas*)의 ethylacetate 분획[12]과 거의 동일한 항산화력(IC₅₀=80.5 µg/mL)을 나타내었다. 그러나 n-hexane 및 butanol 분획에서는 알라타 마의 분획물이 다소 강한 항산화능을 나타내었다. 이러한 결과는 단마 및 알라타 마가 매우 다양한 종류의 항산화 물질을 포함하고 있으며, 이는 polyphenol성 물질에 기인함을 추측할 수 있었다[12]. 한편 경북 6호의 환원력을 평가한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 대조구로 사용된 vitamin C 및 BHT는 우수한 환원력을 나타내었으며, 시료 중에서는 물 분획 > methanol 추출물 > ethylacetate 분획 > butanol 분획 > hexane 분획 순으로 나타났다. 이는 DPPH radical 소거능과는 달리 경북 6호의 환원성이 주로 수용성 물질에 기인함을 추측하게 한다. 향후 이들의 정제 및 이용방안에 대

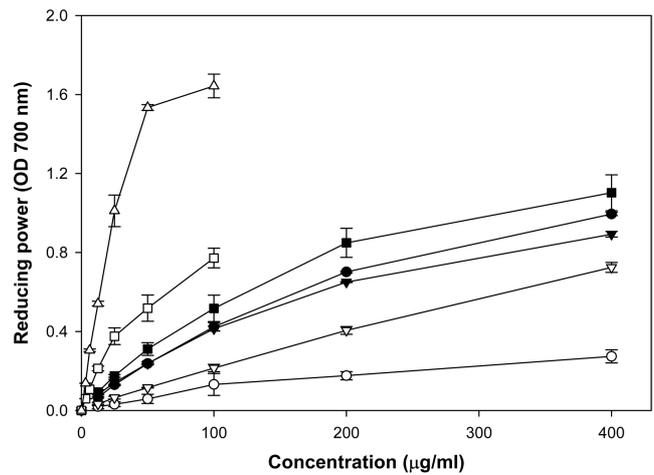


Fig. 2. Reducing power of methanol extract of *Dioscorea alata* L. Gyeongbuk No. 6, and its organic solvent fractions. Symbols: △: Vitamin C, □: BHT, ●: Methanol extract, ○: hexane fraction, ▼: ethylacetate fraction, ▽: butanol fraction, and ■: water fraction.

한 연구가 필요하리라 판단된다.

항균활성

조제된 추출물 및 분획물의 항균 활성을 평가하였다. 경북 1호의 경우 500 µg/disc 농도에서 메탄올 추출물은 매우 미약한 항균활성이 나타났으나, n-hexane 및 ethylacetate 분획에서는 *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *P. vulgaris* 및 *S. typhimurium*에 대해 7.5~13.0 mm의 생육억제환을 나타내었고, ethylacetate 및 butanol 분획에서는 *E. coli*에 대해 8.0 mm의 생육억제환을 나타내었다[12]. 동일농도에서 경북 6호의 메탄올 추출물 역시 활성이 나타나지 않았으나, n-hexane 및 ethylacetate 분획에서는 *E. coli*와 *P. aeruginosa*를 제외한 모든 실험세균에 대해 7.5~14.0 mm의 생육억제환을 나타내었다(Table 5). 즉, 경북 6호의 n-hexane 및 ethylacetate 분획에서는 단마 분획물과는 달리 *S. aureus*와 *S. epidermidis*에 대해 추가적인 항균력을 나타내었으며, *E. coli*에 대해서는 거의 활성을 나타내지 못하였다. 따라서, 알라타 마와 단마는 항균 스펙트럼의 차이는 있으나 항균력 및 항균물질의 특성은 유사할 것으로 판단된다. 이상의 결과로

Table 5. Antimicrobial activities of the methanol extract of *Dioscorea alata* L. Gyeongbuk No. 6, and its organic solvent fractions.

Rhizome/ Chemical	Extract/ Fraction	Growth inhibition zone (mm)									
		Gram positive bacteria				Gram positive bacteria				Fungi	
		BS ¹	LM	SE	SA	EC	PV	PA	ST	CA	SC
<i>D. alata</i> L.	Methanol ex.	- ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	n-hexane fr.	7.5	8.0	8.0	7.0	-	8.0	-	8.0	-	-
	Ethylacetate fr.	8.0	11.0	8.0	10.0	-	14.0	-	10.0	-	-
	Butanol fr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Water fr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SS ³	-	10.0	7.5	11.0	9.0	-	13.0	13.0	-	-	-
Amp ⁴	-	25.0	23.0	21.0	23.0	11.0	38.0	7.0	8.0	-	-
Mic ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	24.0
AmpB ⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.0	22.0

¹BS: *Bacillus subtilis*, LM: *Listeria monocytogenes*, SE: *Staphylococcus epidermidis*, SA: *Staphylococcus aureus*, EC: *Escherichia coli*, PV: *Proteus vulgaris*, PA: *Pseudomonas aeruginosa*, ST: *Salmonella typhimurium*, CA: *Candida albicans*, and SC: *Saccharomyces cerevisiae*.
² -: No activity, ³SS: streptomycin sulfate, ⁴Amp: ampicillin, ⁵Mic: miconazole, ⁶AmpB: amphotericin B.

볼 때, 최근 국내에서 재배되고 있는 알라타 마는 기존 재배 마와 비교할 때 영양적으로 유사하며 항산화 및 항균활성에 있어서 거의 동일한 특성을 나타내는 것으로 판단된다. 특히 우수한 항산화 활성 및 항균 활성을 동시에 나타내는 경북 6호의 ethylacetate 분획에 대한 활성물질의 정제 및 이를 이용한 기능성식품 개발연구가 필요하며, 경북 6호의 재배 특성 규명, 냉해방지 대책 및 수확량 증대기술의 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

요 약

본 연구에서는 최근 국내재배가 시작한 *D. alata* L. 경북 6호의 성분 및 색차를 *D. batatas* 경북 1호와 비교 분석하였으며, 메탄올 추출물 및 이의 분획물의 항산화 및 항균력을 비교 평가하였다. 먼저 경북 6호의 경우, 수분함량은 78.02±0.16%로 경북1호의 82.61±0.07%로 다소 낮았으며, 조지질 함량은 1.7배 높았다. 반면 조단백 및 조섬유 함량은 경북 1호가 경북6호보다 1.6배정도 높았다. 회분 함량은 유사하였다. 절단면의 색차는 경북 6호의 명도가 60.7, 황색도가 11.01로 경북1호의 명도 65.33, 황색도가 4.85보다 약간 어두운 황색을 띠었다. 총 polyphenol함량은 경북 6호가 평균 89.45 mg/g으로 경북 1호의 43.91 mg/g의 2배에 해당하였으며, 특히 ethylacetate 분획은 144.1±3.20 mg/g의 매우 높은 함량을 나타내었다. 총 flavonoid 및 총당 함량은 비슷하였다. DPPH radical 소거능 평가 결과, 경북 6호는 ethylacetate 분획 > methanol 추출물 > butanol 분획 > hexane 분획 > 물 분획 순으로 우수하였으며, 가장 우수한 소거능을 나타낸 ethylacetate 분획의 IC₅₀는 78.32 µg/mL이었다. 환원성 평가 결과, 물분획 > methanol 추출물 > ethylacetate 분획 > butanol 분획 > hexane 분획 순으로 나타나 수용성 물질이 강력한 환원성을 나타내었다. 한편 경북 6호의 n-hexane

및 ethylacetate 분획에서 *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *S. epidermidis*, *S. aureus*, *P. vulgaris*, 및 *S. typhimurium*에 대해 우수한 항균력을 나타내었다. 본 연구 결과는 국내 재배된 *D. alata* L.의 기초자료로 이용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행된 연구과제의 일부로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists. Washington D.C.
2. Aderiye, B. I., S. K. Ogunjana, S. A. Adesanya, and M. F. Roberts. 1996. Antifungal properties of yam (*Dioscorea alata*) peel extract. *Folia Microbiol. (Praha)* **41**: 407-412.
3. Ahn, J. H., K. H. Son, H. Y. Sohn, and S. T. Kwon. 2005. *In vitro* culture of adventitious roots from *Dioscorea nipponica* Makino for the production of steroidal saponins. *Kor. J. Plant Biotechnol.* **32**: 317-323.
4. Arnau, G., A. Nemorin, E. Maledon, and K. Abraham. 2009. Revision of ploidy status of *Dioscorea alata* L. (*Dioscoreaceae*) by cytogenetic and microsatellite segregation analysis. *Theor. Appl. Genet.* **118**: 1239-1249.
5. Blanco-Metzler, A., J. Tovar, and M. Fernandez-Piedra. 2004. Nutritional characterization of carbohydrates and proximal composition of cooked tropical roots and tubers produced in Costa Rica. *Arch. Latinoam. Nutr.* **54**: 322-327.
6. Chang, K. J., J. I. Park, S. L. Kim, J. H. Park, and B. J. Park. 2002. Studies on the growth and enlargement of tuber in tropical yams (*Dioscorea alata* L.). *Kor. J. Plant Res.* **15**: 285-292.
7. Chen, P. Y., Y. X. Tu, C. T. Wu, T. T. Jong, and C. M.

- Chang. 2004. Continuous hot pressurized solvent extraction of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl free radical scavenging compounds from Taiwan yams (*Dioscorea alata*). *J. Agric. Food Chem.* **52**: 1945-1949.
8. Cheng, W. Y., Y. H. Kuo, and C. J. Huang. 2007. Isolation and identification of novel estrogenic compounds in yam tuber (*Dioscorea alata* Cv. Tainung No. 2). *J. Agric. Food Chem.* **55**: 7350-7358.
 9. Fu, S. L., Y. H. Hsu, P. Y. Lee, W. C. Hou, L. C. Hung, C. H. Lin, C. M. Chen, and Y. J. Huang. 2006. Dioscorin isolated from *Dioscorea alata* activates TLR4-signaling pathways and induces cytokine expression in macrophages. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **339**: 137-144.
 10. Hsu, F. L., Y. H. Lin, M. H. Lee, C. L. Lin, and W. C. Hou. 2002. Both dioscorin, the tuber storage protein of yam (*Dioscorea alata* cv. Tainong No. 1), and its peptic hydrolysates exhibited angiotensin converting enzyme inhibitory activities. *J. Agric. Food Chem.* **50**: 6109-6113.
 11. Imbert, M. P. and C. Seaforth. 1968. Anthocyanins in *Dioscorea alata* L. *Experientia* **24**: 445-447.
 12. Kim, J. I., H. S. Jang, J. S. Kim, and H. Y. Sohn. 2009. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of *Dioscorea batatas* Decne. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **37**: 133-139.
 13. Kum, E. J., S. J. Park, B. H. Lee, J. S. Kim, K. H. Son, and H. Y. Sohn. 2006. Antifungal activity of phenanthrene derivatives from aerial bulbils of *Dioscorea batatas* Decne. *J. Life Sci.* **16**: 647-652.
 14. Lawal, O. S., M. D. Lechner, and W. M. Kulicke. 2008. Single and multi-step carboxymethylation of water yam (*Dioscorea alata*) starch: synthesis and characterization. *Int. J. Biol. Macromol.* **42**: 429-435.
 15. Lee, S. C., C. C. Tsai, J. C. Chen, J. G. Lin, C. C. Lin, M. L. Hu, and S. Lu. 2002. Effects of "Chinese yam" on hepatonephrotoxicity of acetaminophen in rats. *Acta Pharmacol. Sin.* **23**: 503-508.
 16. Lin, P. L., K. W. Lin, C. F. Weng, and K. C. Lin. 2009. Yam storage protein dioscorins from *Dioscorea alata* and *Dioscorea japonica* exhibit distinct immunomodulatory activities in mice. *J. Agric. Food Chem.* **57**: 4606-4613.
 17. Liu, Y. H., Y. S. Lin, D. Z. Liu, C. H. Han, C. T. Chen, M. Fan, and W. C. Hou. 2009. Effects of different types of yam (*Dioscorea alata*) products on the blood pressure of spontaneously hypertensive rats. *Biosci Biotechnol Biochem.* **73**: 1371-1376.
 18. Liu, Y.W., H. F. Shang, C. K. Wang, F. L. Hsu, and W. C. Hou. 2009. Immunomodulatory activity of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea alata* cv. Tainong No. 1) tuber. *Food Chem. Toxicol.* **45**: 2312-2318.
 20. Sohn, H. Y. H. Y. Ryu, Y. J. Jang, H. S. Jang, Y. M. Park, and S. Y. Kim. 2008. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of aerial part of *Saxifraga stolonifera*. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **36**: 195-200.
 21. Wanasundera, J. P. and G. Ravindran. 1994. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plant Foods Hum. Nutr.* **46**: 33-39.
 22. Wang, T. S., S. J. Liang, C. K. Lii, and S. Y. Liu. 2004. Protective effect of water yam (*Dioscorea alata* L.) extract on the copper-driven fenton reaction and X-ray induced DNA damage in vitro. *Phytother. Res.* **18**: 325-328.
 23. Wu, Z., C. Leng, Z. Tao, Y. Wei, and C. Jiang. 2009. Genetic diversity of *Dioscorea alata* based on ISSR analysis. *Zhongguo Zhong. Yao Za Zhi.* **34**: 3017-3020.
 24. Yang, M. H., K. D. Yoon, Y. W. Chin, and J. W. Kim. 2009. Phytochemical and pharmacological profiles of *Dioscorea* species in Korea, China and Japan. *Kor. J. Pharmacogn.* **40**: 257-279.

(Received April 5, 2010/Accepted August 4, 2010)