

마 품종별 메탄올 추출물의 항균, 항산화 및 항혈전 활성 평가

권중배·김미선¹·손호용^{1,†}

경상북도농업기술원 생물자원연구소, ¹안동대학교 식품영양학과

Evaluation of Antimicrobial, Antioxidant, and Antithrombin Activities of the Rhizome of Various *Dioscorea* Species

Jung-Bae Kwon, Mi-Sun Kim¹ and Ho-Yong Sohn^{1,†}

Experiment Station of Bioresources, Gyeongbuk Agricultural Research & Extension Services, Andong 760-349, Korea

¹Department of Food and Nutrition, Andong National University, Andong 760-749, Korea

Abstract

Yams (*Dioscorea* spp.) have been used as medicinal and edible resources worldwide. In the present study, methanol extracts were prepared from various kinds of yam, including *D. batatas* (Gyeongbuk No. 1 and No. 4), *D. alata* L. (Gyeongbuk No. 5 and No. 6), and *D. bulbifera* and *D. nipponica*, and the antioxidant, antithrombin, and antimicrobial activities of these extracts were evaluated. The water content of the various yams was 54.7-83.2% (*D. batatas* > *D. alata* L. > *D. nipponica* > *D. bulbifera*) and the methanol extracts contained 0.59-1.59% (w/v) solid matter (*D. alata* L. > *D. batatas* > *D. nipponica* > *D. bulbifera*). The mean concentrations of total polyphenols, total flavonoids, and total sugars in the different types of yam were 49.82 mg/g, 9.79 mg/g, and 173.81 mg/g, respectively. Analysis of DPPH radical-scavenging activity showed that *D. alata* L. Gyeongbuk No. 6 had a strong antioxidant capacity (IC₅₀=142.30 µg/mL), whereas the other yams showed reduced levels of activity (IC₅₀=371-486 µg/mL). *D. alata* L. Gyeongbuk No. 6 showed a strong antithrombin activity against human thrombin. Upon treatment with a *D. alata* methanol extract (1.5 mg/mL), thrombin time was increased 7.35-fold compared with that when methanol alone was used. In an antimicrobial activity assay, the *D. nipponica* extract showed moderate antibacterial activity against *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, and *Salmonella typhimurium*. Our results indicate that different varieties of *Dioscorea* spp., including *D. batatas*, have useful biochemical attributes, including antioxidant, antithrombin, and antibacterial activities.

Key words : yam, antimicrobial, antioxidant, antithrombin, *Dioscorea* spp.

서 론

마는 백합목 마과식물(*Dioscoreaceae*)로 전 세계적으로 10속 650여종 이상이 알려져 있으며, 한국, 일본, 중국 지역과 열대, 아열대 지역에 널리 분포하고 있는 다년생 덩굴식물이다(1-3). 마는 자연 상태에서도 종간 잡종으로 변형이 쉽게 발생하며, 염색체의 자연배가로 인해 다양한 유전적 변이가 고빈도로 나타나는 특성이 있다. 따라서 마는 덩이 뿌리의 모양, 잎의 모양 및 원산지에 따라 각각 장마, 단마,

둥근마, 부채마, 도꼬로마 등으로 다양하게 분류된다(1,2). 현재 식용으로 가장 널리 이용되고 있는 *Dioscorea alata* L.은 주로 중국, 일본 등지의 아열대 지역에서 재배되는 반면, 국내에서는 *D. opposita* Thunb. 또는 *D. batatas*로 분류되는 장마, 또는 단마 종류가 주로 재배되고 있으며(1,4), 최근에는 *D. bulbifera* (둥근 마) 및 *D. alata* L. (둥근 대마 또는 열대마) 등이 국내 일부 지역에서 부분적으로 시험 재배되고 있는 실정이다.

일반적으로 마의 지하괴근은 15~20%의 전분질, 1~1.5%의 단백질, 1%의 지질, 미량의 미네랄 및 비타민을 포함하고 있어 우수한 식품재료로 알려져 있다. 수확 후, 뿌리줄기의 주피를 벗겨 생으로 먹거나 또는 찌서 말려

†Corresponding author. E-mail : hysohn@andong.ac.kr,
Phone : 82-54-820-5491, Fax : 82-54-820-7804

자양, 강장, 거담 목적의 한방 약재로 사용하여 왔다(1,3,4). 최근까지 지속적인 연구를 통해 마로부터 saponin, tannin, polyphenol, allantoin, uronic acid, chellidonic acid, sitosterol, mucin, araginine, yonogenin, kryptogenin, diosgenin 등 다양한 생리활성물질들이 확인(3-6)되었으며, 이러한 유용 생리활성물질에 의한 콜레스테롤 저하효과, 항당뇨, 혈당 강화, 지질분해효소 저해 활성, 항돌연변이 활성(7-12) 및 뮤신에 의한 항비만 및 배변 증대 활성 등이 보고되어 있다(13).

본 연구에서는 국내 안동지역에서 시험 재배된 다양한 종류의 마로부터 메탄올 추출물을 조제하여 이들의 유용생리활성을 평가하고자 하였으며, 마 추출물들의 항산화 활성, 항균 활성 및 항트롬빈 활성을 평가한 결과, 국내에서 주로 재배되는 *D. batatas* 이외의 다른 종류의 마에서도 우수한 항산화 및 항트롬빈 활성을 확인하였기에 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료 및 시약

실험에 사용한 마 시료는, *D. batatas* (경북1호 및 경북4호), *D. alata* L.(경북5호 및 경북6호), *D. bulbifera* (둥근마), 및 *D. nipponica* (부채마)로서 경북 안동의 [경상북도농업기술원 생물자원연구소]에서 2009년 3월 20일경 각각의 마를 종서절단, 소독후 치상하고 이를 재배하였으며, 2009년 11월 초 지하괴근을 수확하였다. 마 시료의 상세정보는 Table 1에 나타내었으며, 경북1호와 4호는 국내에서 일반적으로 재배되고 있는 단마 및 장마 종이며, 경북5호 및 6호는 알라타 마의 개량종으로 각각 자색마 및 둥근 대마로 알려진 종류이다(이하 단마, 장마, 자색마 및 둥근 대마로 명칭함). 마의 대조구로는 2009년 경북 안동에서 수확한 고구마와 감자를 이용하였으며, 각각의 시료는 경상북도 농업기술원 생물자원연구소에 보관되어 있다(시료번호: MA032-MA039). 수확 후 통상적인 방법으로 2개월간 저온 저장하였으며, 이후 브러쉬로 이물질을 제거한 후 두께 약 0.3 cm로 절단하여 60°C에서 항량 건조시켜 수분함량을 측정하였다. 한편 마 추출물 조제를 위해서는 다양한 종류의 마 1 kg에 2 L의 메탄올을 가하여 상온에서 24시간씩 3회 추출하였으며, 추출액은 filter paper (Whatman No. 2)로 거른 후 60°C에서 감압 건조하여 조제하였다. 각각의 시료 분말은 DMSO에 녹인 후, 적당한 농도로 희석하여 항균, 항혈전 및 항산화 활성 평가에 사용하였다. 항혈전 활성 평가를 위한 thrombin time 측정 시, 혈장은 최근 1개월 동안 약물투여를 받지 않은 지원자의 전혈로부터 조제하였으며, 채혈 후 즉시 4°C에서 5,000 g로 5분 동안 원심분리하여 혈장을 분리하고 냉동한 상태로 보관하였으며 (신선동결혈장), 필요시 상온에서 해동하여 사용하였다. 기타 시약은 Sigma Co. (USA)의 제품을 구입하여 사용하였다.

Table 1. Photographs of different *Dioscorea* spp., *Ipomoea batatas* and *Solanum tuberosum* L. used in this study.

Scientific name	Korean name/ Source	Photograph (whole)	Photograph (sliced)
<i>Dioscorea batatas</i>	Jang-Ma/ Andong, Korea (Gyeongbuk No.4)		
	Dan-Ma/ Andong, Korea (Gyeongbuk No.1)		
<i>Dioscorea bulbifera</i>	Dungkun-Ma/ Andong, Korea		
<i>Dioscorea nipponica</i>	Buchae-Ma/ Andong, Korea		
<i>Dioscorea alata</i> L.	Dungkun-Daema/ Andong, Korea (Gyeongbuk No.6)		
	Jasak-Ma/ Andong, Korea (Gyeongbuk No.5)		
<i>Ipomoea batatas</i>	Goguma/ Andong, Korea		
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Gamja/ Andong, Korea		

총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 총당 정량

총 flavonoid의 함량 측정은 기존에 보고한 방법(16)에 따라 측정하였으며, 각각의 시료를 18시간 메탄올 교반 추출하고 여과한 추출 검액 400 µL에 90% diethylene glycol 4 mL를 첨가하고 다시 1 N NaOH 40 µL를 넣고 37°C에서 1시간 반응 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시약으로는 rutin을 사용하였다. 총 polyphenol 함량은 추출 검액 400 µL에 50 µL의 Folin-ciocalteu, 100 µL의 Na₂CO₃포화용액을 넣고 실온에서 1시간 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다(16). 표준시약으로는 tannic acid를 사용하였다. 총당은 phenol-sulfuric acid법을 이용하여 정량하였다(15).

항산화 활성 평가

다양한 종류의 마, 고구마 및 감자의 메탄올 추출물들의 항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능 측정(14)에 의해 평가하였다. 먼저 다양한 농도로 희석한 시료 20 µL에 99.5% 에탄올에 용해시킨 2×10⁻⁴M DPPH용액 380 µL를 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 시료첨가구와 비첨가구의 백분율로 표시하였으며, IC₅₀는 50% 소거능을 나타내는 농도로 계산하였고 최종 결과는 3회 측정값의 평균과 편차로 나타내었다.

항혈전 활성

다양한 종류의 마, 고구마 및 감자의 메탄올 추출물들의 항혈전 활성은 thrombin time을 측정하여 평가하였다. 트롬빈 저해 활성은 기존에 보고한 Amelung coagulometer KC-1A (Japan)를 이용하여 혈액 응고시간을 측정하여 평가하였다(15,16). 37°C에서 0.5U 트롬빈 (Sigma Co., USA) 50 µL와 20 mM CaCl₂ 50 µL, 다양한 농도의 시료 추출액 10 µL를 coagulometer의 튜브에 혼합하여 2분간 반응시킨 후, 혈장 100 µL를 첨가하여 혈장이 응고될 때까지의 시간을 측정하였다. 시료 대조군으로는 항혈전제로 사용되고 있는 aspirin (Sigma Co., USA) 및 heparin (Sigma Co., USA)을, 용매 대조군으로는 시료 대신 DMSO를 사용하였다. DMSO의 경우 평균 33.0초의 응고시간을 나타내었으며, 트롬빈 저해 활성은 3회 이상 반복한 실험의 평균과 편차로 나타내었다.

항균 활성 측정

다양한 종류의 마, 고구마 및 감자의 메탄올 추출물들의 항균 활성을 평가하기 위해 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 칸디다증 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 OD값이 0.1이 되도록 조정하여 Nutrient agar (Difco Co., USA) 배지를 포함하는 멸균 petri dish (90×15 mm, Green Cross, Korea)에 100 µL 도말하고, 각각의 시료

5 µL를 멸균 disc-paper (diameter 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 µg/disc 농도로 사용하였으며, 생육저지환의 크기는 육안으로 생육이 나타나지 않는 부분의 지름을 mm 단위로 측정하였고, 3회 이상 평가 후 대표 결과로 나타내었다.

인간 적혈구에 대한 용혈 활성

다양한 종류의 마, 고구마 및 감자의 메탄올 추출물들에 대한 독성 평가의 일환으로 인간 적혈구(4%)를 이용하여 용혈 활성을 평가하였다(18). 먼저 phosphate buffered saline 용액으로 3회 수세한 인간 적혈구 100 µL를 96-well microplate에 가하고 시료용액 100 µL를 가한 다음 37°C에서 30분간 반응시켰다. 이후, 반응액을 10분간 원심분리 (1,500 rpm)하여 상등액 100 µL를 새로운 microtiter plate로 옮긴 후 용혈에 따른 헤모글로빈 유출 정도를 414 nm에서 측정하였다. 시료의 용매 대조구로는 DMSO (2%), 실험 대조구로는 triton X-100 (0.1%)을 사용하였다. 용혈활성은 다음의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Hemolysis (\%)} = \frac{[(\text{Abs. S} - \text{Abs. C}) / (\text{Abs. T} - \text{Abs. C})] \times 100}{\text{Abs. S: 시료 첨가구의 흡광도}}$$

$$\text{Abs. C: DMSO 첨가구의 흡광도}$$

$$\text{Abs. T: triton X-100 첨가구의 흡광도}$$

결과 및 고찰

다양한 종류의 마 추출물의 성분 분석

실험에 사용된 장마(*D. batatas*), 단마(*D. batatas*), 둥근마(*D. bulbifera*), 부채마(*D. nipponica*), 둥근 대마(*D. alata* L.) 및 자색마(*D. alata* L.)의 수분함량은 각각 83.2%, 80.3%, 54.7%, 68.4%, 71.7% 및 72.3%이었다. 한편 마의 대조구로 사용된 고구마(*Ipomoea batatas*)와 감자(*Solanum tuberosum* L.)의 수분함량은 각각 67.6% 및 81.7%이었다. 즉, 장마, 단마, 및 감자에서는 80.3%~83.2%, 둥근 대마 및 자색마에서 71.7%~72.3%, 부채마 및 고구마에서 67.6%~68.4%, 그리고 둥근마에서 가장 낮은 54.7%의 수분함량을 나타내어, *D. batatas* > *D. alata* L. > *D. nipponica* > *D. bulbifera* 순의 수분함량이었다(Table 2). 이러한 특성은 Table 1의 사진에서와 같이 지하괴근의 주피의 물리적 특성 및 주피를 제외한 가식부분의 상대적 양과 관련되며, 각 종의 고유특성으로 이해된다. 한편 다양한 마, 고구마, 감자의 메탄올 추출물을 조제한 결과 추출효율은 0.11%~1.59%로 다양하게 나

타났다. 자색마의 낮은 추출율(0.83%)을 제외하면, 메탄올 추출효율은 *D. alata* L. > *D. batatas* > *D. nipponica* > *D. bulbifera* 순으로 나타났다.

조제된 다양한 마 메탄올 추출물의 평균 총폴리페놀, 평균 총플라보노이드 및 평균 총당 함량은 각각 49.82, 9.79 및 173.81 mg/g 이었다. 총폴리페놀 함량 측정 결과, 둥근 대마에서 가장 높은 87.05 mg/g가 확인되었으며, 총플라보노이드의 경우에는 둥근 대마 및 둥근마에서 각각 12.67 및 13.99 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 총당의 경우 장마에서 281.96 mg/g의 높은 함량을 확인하였다.

Table 2. The methanol extraction yields and its content of different *Dioscorea* spp., *Ipomoea batatas* and *Solanum tuberosum* L.

Rhizome	Korean name	Extraction yield (%)	Content (mg/g)		
			Total polyphenol	Total flavonoid	Total sugar
<i>D. batatas</i>	Jang-Ma	1.39	34.86±0.15 ¹⁾	6.67±0.22 ¹⁾	281.96±0.08 ¹⁾
	Dan-Ma	1.59	45.84±0.34	7.33±0.14	140.86±0.21
<i>D. bulbifera</i>	Dungkun-Ma	0.59	52.08±0.24	13.99±0.11	147.67±0.09
<i>D. nipponica</i>	Buchae-Ma	0.65	51.11±0.16	10.33±0.09	179.79±0.14
	Dungkun-Daema	1.63	87.05±0.11	12.67±0.34	184.98±0.14
<i>D. alata</i> L.	Jasak-Ma	0.83	27.98±0.25	7.75±0.23	107.61±0.32
	Goguma	0.83	15.28±0.23	8.29±0.08	195.36±0.05
<i>I. batatas</i>	Gamja	0.11	66.28±0.17	21.78±0.11	127.24±0.22

¹⁾Values are means±SD of triplicate determinations.

다양한 종류의 마 추출물의 항산화 활성

마 추출물들의 다양한 농도에서의 DPPH 소거능을 평가한 결과는 Fig. 1 및 Table 3에 나타내었다. 대조구로 사용된

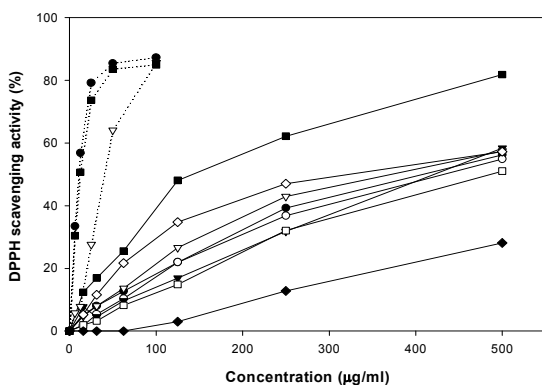


Fig. 1. DPPH scavenging activity of the methanol extracts of different *Dioscorea* spp., *Ipomoea batatas* and *Solanum tuberosum* L.

Symbols: --●--: Vitamin C, --▽--: Vitamin E, --■--: BHT, ●: *D. batatas* (Jang-Ma), ○: *D. batatas* (Dan-Ma), ▼: *D. bulbifera* (Dungkun-Ma), ▽: *D. nipponica* (Buchae-Ma), ■: *D. alata* L. (Dungkun-Daema), □: *D. alata* L. (Jasak-Ma), ◆: *I. batatas* and ◇: *S. tuberosum* L.

vitamin C, BHT 및 vitamin E의 경우에는 10.77, 11.92 및 40.24 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어 우수한 항산화능을 알 수 있었으며, 둥근 대마를 제외한 마 시료들에서는 371~486 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어 미약한 항산화능을 나타내었다. 그러나 둥근 대마에서는 142.30 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어 다른 종류의 마보다 매우 강력한 항산화능을 확인하였다. 둥근 대마의 경우, 실험에 사용한 다른 품종보다 약 1.8배의 높은 총폴리페놀을 함유하는 것을 고려할 때(Table 2), 항산화 활성 성분은 페놀성 화합물에 기인하는 것으로 추측되며 향후 항산화 활성물질의 규명이 필요하리라 판단된다. 한편 실험에 사용된 장마(경북4호) 추출물의 경우 403.16 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어 김(4) 등이 보고한 장마 추출물의 IC₅₀ (602.2 µg/mL) 보다 다소 낮은 값을 나타내었으며, 대조구로 사용된 고구마와 감자는 각각 500 µg/mL 이상 및 322.8 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어, 감자의 경우 마와 유사한 DPPH 소거능을 나타내었다.

Table 3. DPPH scavenging activity of the methanol extracts of different *Dioscorea* spp., *Ipomoea batatas* and *Solanum tuberosum* L.

Rhizome	Korean name	DPPH scavenging activity (IC ₅₀ : µg/mL)
<i>D. batatas</i>	Jang-Ma	403.16±14.59
	Dan-Ma	432.66±8.07
<i>D. bulbifera</i>	Dungkun-Ma	421.70±17.24
<i>D. nipponica</i>	Buchae-Ma	371.64±12.30
	Dungkun-Daema	142.30±2.58
<i>D. alata</i> L.	Jasak-Ma	486.43±8.45
	Goguma	> 500
<i>I. batatas</i>	Gamja	322.80±2.43
<i>S. tuberosum</i>	Gamja	322.80±2.43
Vitamin C	-	10.77±0.13
Vitamin E	-	40.24±6.98
BHT*	-	11.92±10.67

*BHT: butyl hydroxytoluene

다양한 종류의 마 추출물의 항트롬빈 활성

마 추출물들의 다양한 농도에서의 인간 thrombin 저해능을 평가한 결과는 Table 4에 나타내었다. Thrombin은 혈전 생성의 필수적 효소로서 이의 저해는 혈전 생성을 억제하여 심혈관계 질환에 따른 위험성을 감소시킬 수 있음이 알려져 있다(4,15,16). 먼저 항혈전제로 이용되고 있는 aspirin의 경우, 1.5 mg/mL의 농도에서 약 2.7배 thrombin time을 연장시켜 혈전생성을 억제하였으며, heparin의 경우에는 0.25 mg/mL 농도에서도 14배 이상 thrombin time을 연장시켜 혈전 생성이 나타나지 않았다. 한편 마 추출물들은 1.5 mg/mL 농도에서 대부분 미약한 혈전 생성 억제효과를 나타내었으며, 5.0 mg/mL의 고농도에서 장마가 유의적인 혈전생성억제효과를 나타내었다. 이러한 현상은 고구마와

Table 4. Thrombin inhibitory activity of the methanol extracts of different *Dioscorea* spp., *Ipomoea batatas* and *Solanum tuberosum* L.

Rhizome (Korean name)	Thrombin Time (× control)							
	5.0 ¹⁾	2.5	1.5	1.25	0.625	0.5	0.25	0
Jang-Ma	1.55±0.09 ²⁾	1.35±0.10	1.20±0.06	1.09±0.04	1.02±0.07	ND ³⁾	1.00±0.10	1.00±0.10
Dan-Ma	1.14±0.02	1.12±0.03	1.02±0.14	1.01±0.07	1.00±0.04	ND	1.00±0.10	1.00±0.10
Dungkun-Ma	1.33±0.02	1.32±0.09	1.17±0.24	1.07±0.11	1.04±0.08	ND	1.00±0.10	1.00±0.10
Buchae-Ma	1.12±0.01	1.02±0.08	1.01±0.14	1.00±0.02	1.01±0.01	ND	1.00±0.10	1.00±0.10
Dungkun-Daema	> 14.0	> 14.0	7.35±0.97	3.18±0.05	2.12±0.24	1.41±0.11	1.00±0.10	1.00±0.10
Jasak-Ma	2.06±0.12	2.00±0.09	1.88±0.01	1.48±0.15	1.19±0.05	ND	1.00±0.10	1.00±0.10
Goguma	1.70±0.04	1.58±0.24	1.34±0.04	1.08±0.06	1.02±0.04	ND	1.00±0.10	1.00±0.10
Gamja	1.74±0.07	1.51±0.11	1.22±0.13	1.11±0.11	1.01±0.07	ND	1.00±0.10	1.00±0.10
Aspirin	> 14.0	> 14.0	2.70±0.09	1.33±0.25	ND	ND	1.00±0.10	1.00±0.10
Heparin	> 14.0	> 14.0	> 14.0	> 14.0	> 14.0	> 14.0	> 14.0	1.00±0.10

¹⁾Concentration of the methanol extract (mg/mL).

²⁾Values are means±SD of triplicate determinations.

³⁾ND: Not detected.

감자 추출물에서도 유사하게 나타나, 장마, 단마, 부채마, 둥근마에 의한 실제적 항혈전 효과를 기대하기는 어려우려 판단되었다. 그러나, *D. alata*에 속하는 둥근 대마 및 자색마 추출물에서는 1.5 mg/mL 농도에서 7.35배 및 1.88배 증가된 thrombin time을 나타내어 우수한 항혈전 효과를 확인할 수 있었다. 혈전생성 억제활성이 매우 강력한

heparin의 경우 지혈억제에 따른 출혈위험의 문제점이 있으며, aspirin의 경우 위장장애 등의 부작용으로 사용의 제한이 있음을 고려할 때(15), 이러한 *D. alata* L.추출물의 항트롬빈 저해 활성은 매우 의미 있는 결과라고 판단된다. 특히 최근 보고된 *D. alata* L.의 고혈압 조절 활성(19), 면역증강 활성(20), estrogen 유사 활성(21)등을 고려할 때, *D. alata*

Table 5. Antimicrobial activity of the methanol extracts of different *Dioscorea* spp., *Ipomoea batatas* and *Solanum tuberosum* L.

Rhizome (Korean name)	Growth inhibition zone (mm)									
	Gram positive bacteria					Gram positive bacteria			Fungi	
	BS ¹⁾	LM	SE	SA	EC	PV	PA	ST	CA	SC
Jang-Ma	7.5	- ²⁾	-	-	-	-	-	8.0	-	-
Dan-Ma	7.5	-	-	-	-	-	-	7.5	-	-
Dungkun-Ma	7.5	9.0	-	-	-	9.0	-	10.0	-	-
Buchae-Ma	9.0	-	-	11.0	-	9.0	-	11.0	-	-
Dungkun-Daema	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jasak-Ma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goguma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gamja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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

¹⁾BS: *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. ³⁾SS: streptomycin sulfate, ⁴⁾Amp: ampicillin, ⁵⁾Mic: miconazole, ⁶⁾AmpB: amphotericin B.

The concentrations of methanol extract and antibiotics used were 500 µg/disc, and 1 µg/disc, respectively. The growth inhibition zone expressed was included a size of disc-paper (6.5 mm of diameter). The data represent a representative result of three independent determinations.

L.추출물은 향후 심혈관계 질환의 예방 및 치료, 각종 성인 병 예방에 효율적으로 사용 가능하리라 판단된다.

다양한 종류의 마 추출물의 항균활성

마 추출물들의 항균 활성을 평가한 결과는 Table 5에 나타내었다. 대조구로 사용된 항생제들은 우수한 활성을 나타내었으며, streptomycin sulfate의 경우, *E. coli*와 *S. typhimurium*에 대해 항균활성이 나타나지 않았다. 마 추출물들은 전반적으로 미약한 항균 활성을 나타내었으며, 둥근마와 부채마에서 일부 그람양성 및 그람음성세균에 대한 항균력을 나타내었다. 특히 부채마에서는 *B. subtilis*, *S. aureus*, *P. vulgaris* 및 *S. typhimurium*에 대한 양호한 항균 활성을 나타내었다. 이는 마의 steroidal saponin에 의한 항균 활성을 고려할 때 부채마의 saponin 유도체에 의한 항균활성으로 추측된다(2,22).

다양한 종류의 마 추출물의 인간적혈구 용혈활성

마 추출물들을 이용하여 인간적혈구에 대한 용혈 활성을 평가한 결과, 마 추출물들은 500 ug/mL 농도까지 용혈이 나타나지 않아 급성독성은 없는 것으로 확인되었다(결과 미제시). 이는 일부 개인적인 알러지를 제외하면, 마 자체가 오랜 기간 동안 식용으로 사용되어 오면서 독성이 보고되지 않은 것(1)과 일치되는 결과이다. 본 연구결과는 국내에서 주로 재배되고 있는 *D. batatas* 이외의 *D. alata* L. 에서도 우수한 항산화 및 항혈전 활성을 기대할 수 있으며, 다양한 종류의 마 재배 및 이에 따른 제품 개발이 필요함을 제시하고 있다.

요 약

마는 전 세계적으로 오랜 기간 동안 식용 및 약용으로 사용되어 온 중요한 생물자원이다. 본 연구에서는 2009년 경북 안동지역에서 재배된 *D. batatas* (경북1호 및 4호), *D. alata* L.(경북5호 및 6호), *D. bulbifera* (둥근마) 및 *D. nipponica* (부채마)로부터 메탄올 추출물을 조제하고, 이들의 항산화, 항혈전, 항균 활성을 평가하였다. 먼저 수분함량의 경우 마의 종류에 따라 54.7%~83.2%로 다양하게 나타났으며 *D. batatas* > *D. alata* L. > *D. nipponica* > *D. bulbifera* 순으로 나타났으며, 메탄올 추출효율은 0.59%~1.59%로 *D. alata* L. > *D. batatas* > *D. nipponica* > *D. bulbifera* 순으로 나타났다. 다양한 마들의 평균 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 총당의 경우 각각 49.82, 9.79 및 173.81 mg/g이었으며, 총 폴리페놀은 둥근 대마(경북6호)에서(87.05 mg/g), 총 플라보노이드는 둥근 대마(12.67 mg/g) 및 둥근마(13.99 mg/g)에서, 총당은 장마(경북4호, 281.96 mg/g)에서 가장 높게 나타났다. DPPH radical 소거능 평가결과, 대부분의 마 시료

가 371~486 µg/mL의 IC₅₀를 나타내었으나, 둥근 대마의 경우 142.30 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어 우수한 항산화력을 확인하였다. 또한 둥근 대마는 1.5 mg/mL 농도에서 7.35배 증가된 thrombin time을 보여 강력한 트롬빈 저해활성을 나타내었다. 한편 항균력의 경우 부채마에서 우수하였으며, *B. subtilis*, *S. aureus*, *P. vulgaris* 및 *S. typhimurium*에 대한 양호한 항세균 활성을 나타내었다. 본 연구결과는 국내에서 주로 재배되고 있는 *D. batatas* (경북1호 및 4호) 이외의 다양한 마의 유용성을 제시하고 있다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Yang, M.H., Yoon, K.D., Chin, Y.W. and Kim, J.W. (2009) Phytochemical and pharmacological profiles of *Dioscorea* species in Korea, China and Japan. Korean J. Pharmacogn., 40, 257-279
2. Ahn, J.H., Son, K.H., Sohn, H.Y. and Kwon, S.T. (2005) *In vitro* culture of adventitious roots from *Dioscorea nipponica* Makino for the production of steroidal saponins. Korean J. Plant Biotechnol., 32, 317-323
3. Kum, E.J., Park, S.J. Lee, B.H. Kim, J.S., Son, K.H. and Sohn, H.Y. (2006) Antifungal activity of phenanthrene derivatives from aerial bulbils of *Dioscorea batatas* Decne. J. Life Sci., 16, 647-652
4. Kim, J.I., Jang, H.S., Kim, J.S. and Sohn, H.Y. (2009) Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of *Dioscorea batatas* Decne. Korean J. Microbiol. Biotechnol., 37, 133-139
5. Kwon, C.S., Sohn, H.Y., Kim, S.H., Kim, J.H., Son, K.H., Lee, J.S., Lim, J.K. and Kim, J.S. (2003) Anti-obesity effect of *Dioscorea nipponica* Makino with lipase-inhibitory activity in rodents. Biosci. Biotechnol. Biochem., 67, 1451-1456
6. Son, I.S., Kim, J.I., Sohn, H.Y., Son, K.H., Kim, J.S. and Kwon, C.S. (2007) Antioxidative and hypolipidemic effects of diosgenin, a steroidal saponin of yam (*Dioscorea spp*), on hing-cholesterol fed rats. Biosci. Biotechnol. Biochem., 71, 3063-3071
7. Kang, T.H., Choi, S.Z., Lee, T.H., Son, M.W. and Kim, S.Y. (2008) Characteristics of antidiabetic effect of

- Dioscorea rhizoma* (1) - Hypoglycemic effect. Korean J. Food Nutr., 21, 425-429
8. Kang, T.H., Choi, S.Z., Lee, T.H., Son, M.W. and Kim, S.Y. (2008) Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma* (2)- prevention of diabetic neuropathy by NGF induction. Korean J. Food Nutr., 21, 430-435
 9. Kim M. W. (2001) Effects of H₂O-fraction of *Dioscorea japonica* Thunb and selenium on lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 17, 344-352
 10. Kwon, C.S., Son, I.S., Shim, H.Y., Kwu, I.S. and Chung, K.M. (1999) Effects of yam on lowering cholesterol level and its mechanism. Korean J. Food Nutr., 32, 637-643
 11. Kwon, E.G., Choe, E.M. and Gu, S.J. (2001) Effects of mucilage from yam (*Dioscorea batatas* DECNE) on blood glucose and lipid composition in alloxan-induced diabetic mice. Korean J. Food Sci. Technol., 33, 795-801
 12. Lee, I.S., Chung, S.Y., Shim, C.S. and Koo, S.J. (1995) Inhibitory effects of yam (*Dioscorea batatas* DECNE) extracts on the mutagenicity. Korean J. Soc. Food Sci., 11, 351-355
 13. Han, Y.N., Hahn, S.H. and Lee, I.R.. (1990) Purification of mucilages from *Dioscorea batatas* and *D. japonica* and their content analysis. Korean J. Pharmacogn., 21, 274-283
 14. Kim, J.O., Jung, M.J., Choi, H.J., Lee, J.T., Lim, A.K., Hong, J.H. and Kim, D.I. (2008) Antioxidant and biological activity of hot water and ethanol extracts from *Phellinus linteus*. J. Korean Soc. Food Sci Nutr., 37, 684-690
 15. Sohn, H.Y., Kwon, C.S., Son, K.H., Kwon, G.S., Ryu, H.Y. and Kum, E.J. (2006) Antithrombin and thrombosis prevention activity of buckwheat seed, *Fagopyrum esculentum* Moench. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 35, 132-138
 16. Sohn, H.Y. Ryu, H.Y., Jang, Y.J, Jang, H.S., Park, Y.M. and Kim, S.Y. (2008) Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of aerial part of *Saxifraga stolonifera*. Korean J. Microbiol. Biotechnol., 36, 195-200
 17. Sohn, H.Y., Son, K.H., Kwon, C.S., Kwon, G.S. and Kang, S.S. (2004) Antimicrobial and cytotoxic activity of 18 prenylated flavonoids isolated from medicinal plants: *Morus alba* L., *Morus mongolica* Schneider, *Broussonetia papyrifera* (L.) Vent, *Sophora flavescens* Ait and *Echinophora koreensis* Nakai. Phytomedicine, 11, 666-672
 18. Woo, S.S., Park, Y.K., Choi, C.H., Hahm, K.S. and Lee, D.G. (2007) Mode of antibacterial action of a signal peptide, Pep²⁷ from *Streptococcus pneumoniae*. Biochem. Biophys. Res. Commun., 363, 806-810
 19. Liu, Y.H., Lin, Y.S., Liu, D.Z., Han, C.H., Chen, C.T., Fan, M. and Hou, W.C.(2009) Effects of different types of yam (*Dioscorea alata*) products on the blood pressure of spontaneously hypertensive rats. Biosci. Biotechnol. Biochem., 73, 1371-376
 20. Liu, Y.W., Shang, H.F., Wang, C.K., Hsu, F.L. and Hou, W.C. (2009) Immunomodulatory activity of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea alata* cv. Tainong No. 1) tuber. Food Chem. Toxicol., 45, 2312-2318
 21. Cheng, W.Y., Kuo, Y.H., Huang, C.J. (2007) Isolation and identification of novel estrogenic compounds in yam tuber (*Dioscorea alata* Cv. Tainung No. 2). J. Agric. Food Chem., 55, 7350-7358
 22. Kumar, P., Sharma, B. and Bakshi, N. (2009) Biological activity of alkaloids from *Solanum dulcamara* L. Nat. Prod. Res., 23, 719-723

(접수 2010년 1월 14일, 수정 2010년 5월 26일, 채택 2010년 6월 4일)