

마(*Dioscorea batatas* Decne)의 항균, 항산화 및 항혈전 활성 평가

김지인¹ · 장한수² · 김종식¹ · 손호용^{3,*}

¹안동대학교 생명과학과, ²경북바이오산업연구원, ³안동대학교 식품영양학과

Evaluation of Antimicrobial, Antithrombin, and Antioxidant Activity of *Dioscorea batatas* Decne. Kim, Jee-In¹, Han-Su Jang², Jong-Sik Kim¹, and Ho-Yong Sohn^{3,*}. ¹Dept. of Biological Science, Andong National University, Andong 760-749, Korea, ²Gyeongbuk Institute for Bioindustry, Andong 760-380, Korea, and ³Dept. of Food and Nutrition, Andong National University, Andong 760-749, Korea - Yam (*Dioscorea batatas* Decne) has been recognized as healthy food due to its various biological activities, such as anti-obesity, anti-constipation, anti-proliferation, anti-mutagenic activity, and decrease of blood glucose and cholesterol level. In this study, the methanol extract and its organic solvent fractions were prepared from dried *Dioscorea batatas* Decne, and their antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity were evaluated, respectively. The 66.7% of methanol extract was fractioned into water residue, and most of total-polyphenol/total-flavonoids were found in ethylacetate fraction. This ethylacetate fraction at 500 µg/disc concentration showed strong antibacterial activity against gram-negative and gram-positive bacteria, except *Staphylococcus aureus*. Antifungal activity was not observed in methanol extract and its fractions. But, strong antithrombin activity was found in methanol extract. At 4.8 mg/mL concentration, thrombin time was 99.5 sec, which is coincides with 30% activity of aspirin, a commercial available antithrombosis agent. The ethylacetate fraction showed strong DPPH scavenging activity (IC₅₀ of 80.5 µg/mL), compared to vitamin C (IC₅₀ of 15.2 µg/mL). Also, the ethylacetate fraction showed strong SOD-like activity and reducing power, which are coincide with 43% of vitamin C and 82.7% of butylated hydroxytoluene activity, respectively.

Key words: Antimicrobial, antioxidant, antithrombosis, *Dioscorea batatas* Decne, Yam

서 론

마는 백합목 마과식물(*Dioscoreaceae*)로 현재까지 10속 650여종이 알려져 있으며, 한국, 일본, 중국 지역과 열대, 아열대 지역에 널리 분포하고 있는 다년생 덩굴식물이다[1, 9]. 국내에서는 *D. opposita* Thunb. 또는 *D. batatas*로 분류되는 종류가 주로 재배되며, 이들의 지하괴근은 15~20%의 전분질, 1~1.5%의 단백질, 1%의 지질, 미량의 미네랄 및 비타민을 포함하고 있으며, saponin, tannin, polyphenol, allantoin, uronic acid, chellidonic acid, sitosterol, mucin, araginine, yonogenin, kryptogenin, diosgenin 등 다양한 생리활성물질들을 포함[9, 10]하여 건강기능성 식품재료로 인정받고 있다. 2008년 국내 마의 지하괴근 생산량은 5,000톤을 상회하고 있으며, 이중 약 70% 정도가 경북 안동을 중심으로 생산되고 있다. 최근, 마의 유용 생리활성 물질에 의한 콜레스테롤 저하효과, 항당뇨, 혈당 강화, 지질분해효소 저해 활성 및 항돌연변이 활성[4, 5, 6, 10-13] 등이 보고되었

으며, 항비만 및 배변 증대 활성을 나타내는 뮤신에 대한 연구도 자세히 보고[2, 3]되어 있다. 또한 식품 가공 및 제조 기술의 개발로 인해, 단순 생마소비에서 마 스낵, 유산균을 이용한 발효 마 등[14, 22, 23] 다양한 형태의 식품으로 개발되고 있으며, 유통 분야에서도 마의 부패억제를 위한 저온부패균의 분리 및 이들의 제어에 대한 연구 결과도 보고되고 있다[20, 21].

그러나 마의 다양한 생리활성 연구에도 불구하고, 마의 항균 활성, 항혈전 활성 및 항산화 활성에 대한 연구보고는 거의 없으며, 항균 활성의 경우 마의 종자인 영여자로부터 분리된 phenanthrene 화합물의 항진균 활성이 보고[9]되어 있는 정도이며, 항산화 활성의 경우에는 열수 및 70% 에탄올 추출물의 전자공여능 및 아질산염 소거능이 일부 보고[18]되어 있을 뿐이다. 또한 활성 물질의 정제 및 특성 파악을 위한 연구도 거의 이루어져 있지 않은 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 건조 마로부터 메탄올 추출물을 조제하고, 이로부터 다양한 유기용매 분획을 조제하여, 이들의 항균, 항혈전 및 항산화 활성을 평가하였다. 그 결과, 마의 메탄올 추출물에서 우수한 항혈전 활성을 확인하였으며, 메탄올 추출물의 헥산 및 에틸아세테이트 분획에서 우수한 항세균 활성 및 항산화 활성을 확인하였기에 보고하는 바이다.

*Corresponding author

Tel: 82-054-820-5491, Fax: 82-054-823-1625

E-mail: hysohn@andong.ac.kr

재료 및 방법

실험재료 및 마 시료의 조제

실험에 사용한 마 시료는 2006년 11월 경북 안동에서 재배한 장마로, 수확 후 2개월간 움 저장된 생마를 시장에서 구입하여 사용하였다. 장마 시료는 안동대학교 식품영양학과에 보관되어 있다(시료번호: A0304). 구입 직후 4°C 냉장고에 보관하며, 실험직전 말단 부분을 제거하고, 브러쉬로 이물질을 제거한 후 두께 약 0.3 cm로 절단하여 60°C에서 향량 건조시켰다. 이때 생마의 수분함량은 70.3%이었으며, 메탄올 추출물 조제를 위해 건조 마 4 kg에 8 L의 메탄올을 가하여 상온에서 24시간씩 3회 추출하였다. 이후, 추출액은 filter paper(Whatman No. 2)로 거른 후 60°C에서 감압 건조하여 조제하였다. 이때 추출효율은 1.1%(w/w)를 나타내었다. 메탄올 추출물은 물에 현탁한 후, 헥산, 에틸아세테이트 및 부탄올을 이용하여 순차적으로 분획하였으며, 분획물과 물 잔류물은 동일한 방법으로 감압건조하여 분말화 하였다. 각각의 시료 분말은 DMSO에 녹인 후 적당한 농도로 희석하여 항균 활성, 항혈전 활성 및 항산화 활성에 사용하였다. 항혈전 활성 평가를 위한 thrombin time 측정시, 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.

항균 활성 측정

마의 메탄올 추출물 및 이들의 분획물의 항균 활성을 평가하기 위해 그람 음성균으로 *Escherichia coli* KCTC 1682, *Proteus vulgaris* KCTC 2433, *Salmonella typhimurium* KCTC 1926을, 그람 양성균으로는 *Staphylococcus aureus* KCTC 1916, *Listeria monocytogenes* KACC 10550, *Bacillus subtilis* KCTC 1924를 사용하였다. 한편 항진균 활성 평가를 위해서는 *Saccharomyces cerevisiae* IF0 0233 및 캔디다 증 진균감염증 원인균 *Candida albicans* KCTC 1940를 사용하였으며, 항곰팡이 활성을 위해서는 *Botrytis cinerea* KACC 40574, *Pyricularia grisea* KACC 40414, *Rhizoctonia solani* KACC 40101, *Glomerella cingulata* KCTC 6075, *Collectotrichum gloeosporioides* KCTC 6169, *Phytophthora capsici* KACC 40157와 *Botryosphaeria dothidea*(검무늬 썩음병 분리균)을 사용하였다. 먼저, 항세균 활성 평가의 경우, Nutrient broth(Difco Co., USA)에 각각의 세균을 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 후, 각 균주를 O.D.₆₀₀ 0.1로 조정하여 Nutrient agar(Difco Co., USA) 배지를 포함하는 멸균 petri dish(90×15 mm, 녹십자, 한국)에 100 μL 도말하고, 각각의 시료 5 μL를 멸균 disc-paper(지름 6.5 mm, Whatman No.2)에 가하여, 37°C에서 24시간 동안 배양하였

으며, 효모 및 식물병원성 곰팡이의 경우에는 Sabouraud dextrose 배지 및 Potato dextrose agar(Difco Co. USA)를 이용하여 동일한 방법으로 37°C에서 24시간 동안 배양 후, 생육저지환의 크기를 측정하여 항균활성을 평가하였다[24-26]. 대조구로는 항세균제인 ampicillin과 항진균제인 miconazole(Sigma Co., USA)을 각각 5 μg/disc 농도로 사용하였으며, 생육저지환의 크기는 육안으로 생육이 나타나지 않는 부분의 지름을 mm 단위로 측정하였고, 3회 이상 평가 후 대표 결과로 나타내었다.

항산화 활성 평가

마의 메탄올 추출물 및 이의 분획물의 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능[7, 8, 17], superoxide dismutase 유사활성 및 환원력 측정[15, 16, 24]에 의해 평가하였다. 먼저 DPPH 소거능의 경우, 다양한 농도로 희석한 시료 20 μL에 99.5% 에탄올에 용해시킨 2×10⁻⁴ M DPPH 용액 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, 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. Superoxide dismutase(SOD) 유사활성 평가는 superoxide와 반응하여 갈변물질을 만드는 pyrogallol 자동산화를 측정하는 Marklund와 Marklund의 방법[15]을 변형하여 측정하였다. 즉 시료용액 0.2 mL에 Tris-HCl buffer(50 mM tris, 10 mM EDTA, pH 8.5) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고, 25°C에서 10분간 반응시킨 후, 1 N HCl 1 mL로 반응을 정지시킨 후, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 첨가구와 무첨가구와의 흡광도 비로 나타내었다. 한편 환원력 평가는 Oyaizu 등의 방법을 변형하여 측정하였다[16, 24]. 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 butyl hydroxytoluene을 사용하였다. SOD 유사활성 평가 및 환원력 평가 결과는 3회 반복실험 후, 평균과 표준편차로 나타내었다.

항혈전 활성

항혈전 활성은 시료의 thrombin time을 측정하여 평가하

였다. 트롬빈 저해 활성은 기존의 보고한 Amelung coagulometer KC-1A(Japan)를 이용하여 혈액 응고시간을 측정하여 평가하였다[19, 24, 25]. 37°C에서 0.5 U 트롬빈(Sigma Co., USA) 50 µL와 20 mM CaCl 250 µL, 다양한 농도의 시료 추출액 10 µL를 coagulometer의 튜브에 혼합하여 2분간 반응시킨 후, 혈장 100 µL를 첨가한 후 혈장이 응고될 때까지의 시간을 측정하였으며, 시료 대조군으로는 아스피린(Sigma Co.)을, 용매 대조군으로는 시료 대신 DMSO를 사용하였다. DMSO의 경우 평균 33.0초의 응고시간을 나타내었으며, 트롬빈 저해 활성은 3회 이상 반복한 실험의 평균과 편차로 나타내었다.

기타 분석

총 flavonoid의 함량 측정은 기존의 보고한 방법[19, 24, 25]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-ciocalteau, 100 µL의 Na₂CO₃ 포화용액을 넣고 실온에서 1시간 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다[19, 24, 25]. 표준시약으로는 tannic acid를 사용하였다. 총당 정량의 경우에는 phenol-sulfuric acid법을, 환원당 정량의 경우에는 DNS 변법을 이용하였다[19, 24].

결과 및 고찰

마의 메탄올 추출물 조제 및 이의 유기용매 분획물 조제

생마 30 kg을 세절 및 건조하여 건조 마 8.9 kg을 회수하였으며, 이 중 4 kg을 이용하여 메탄올 추출물 44 g을 조제하였다(추출율 1.1% w/w). 메탄올 추출물의 순차적 분획 결과는 Table 1에 나타내었으며, 물 잔류물이 66.71%를 차지하여 마 메탄올 추출물이 다량의 수용성 성분을 함유하고 있음을 알 수 있었다. 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 총당 함량은 모두 에틸아세테이트 분획에서 가장 높게 나타났으며, 에틸아세테이트 분획 효율도 17.52%로, 다른 용매 분획보다 2.4배 높게 나타났다.

조제된 메탄올 추출물 및 유기용매 분획물의 항균 활성

먼저 항세균계 대조구로 사용된 ampicillin의 경우, 사용한 6종의 세균에 대해 모두 강한 항균활성을 나타냈으며, 항진균제인 miconazole의 경우 *Collectotrichum gloeosporioides*을 제외한 *C. albicans*, *S. cerevisiae* 및 식물 병원성 곰팡이에 대해 강력한 활성을 나타내었다(Table 2). 조제된 마의 메탄올 추출물은 500 µg/disc 농도에서 *Salmonella typhimurium*에는 강한 항균력을 나타내었으며, *Listeria monocytogenes* 및 *Bacillus subtilis*에 대해서는 미약한 항균 활성이 나타났으며, 그 외의 실험군주에서는 항균력이 인정되지 않았다. 그러나 헥산 및 에틸아세테이트 분획에서는 *Proteus vulgaris* 및 *Escherichia coli*에 대한 항세균 활성이 부가적으로 나타났으며, 특히 에틸아세테이트 분획의 경우 *Staphylococcus aureus*를 제외한 5종의 세균에 모두 활성이 인정되었다. 시료 모두에서, 마의 영여자에서 보고된 항진균 활성[9]과 같은 항균 활성은 나타나지 않았다. 물 잔류물의 경우에는 항세균 및 항진균 활성이 전혀 나타나지 않았다. 한편, 250 µg/disc 농도에서는 항균활성을 확인할 수 없었으며(결과 미제시), 마의 추출물 및 각각의 분획물은 500 µg/disc의 고농도에서 부분적인 항세균 활성을 나타냄을 확인하였다.

조제된 메탄올 추출물 및 유기용매 분획물의 항혈전 활성

활성 대조구로 사용된 아스피린은 1.5 mg/mL 농도에서, 용매 대조구로 사용된 DMSO에 비해 트롬빈 타임을 약 3배 증대(103.0초)시켜 항혈전제로의 우수성을 확인할 수 있었다(Table 3). 마의 메탄올 추출물의 경우에는, 4.8 mg/mL 농도에서 아스피린 1.5 mg/mL에 해당하는 99.5초의 트롬빈 타임을 나타내어, 우수한 항혈전 활성을 확인하였다. 분획물의 경우에는 헥산 및 에틸아세테이트 분획에서 항혈전 활성이 나타났으나, 메탄올 추출물보다 상대적으로 약하여 활성성분이 각각의 용매 분획으로 나뉘어졌음을 추측할 수 있었다. 부탄올 분획물 및 물 잔류물에서는 4.8 mg/mL의 고농도에서도 미미한 활성을 나타내었다. 이러한 결과는 항혈전 활성이 강력한 메밀의 메탄올 추출물이 0.5 mg/mL 농도에서 83초의 트롬빈 타임을 나타냄을 고려할 때[25], 마 추출물이 메밀 추출물과 유사한 항혈전 활성을 나타내기 위해서는, 메밀 추출물의 약 10배의 고농도 추출물 시료가 필요함을 의미한다. 그러나, 마 추출물은 기타의 식품소재의 항혈전 활

Table 1. The organic solvent fraction yields from methanol extract of *Dioscorea batatas* Decne and composition of the fractions.

Extract/Fractions	Fraction yield (%)	Content (mg/g)			
		Total polyphenol	Total flavonoid	Reducing sugar	Total sugar
Methanol ex.	-	5.05	4.85	171.3	197.4
n-Hexane fr.	7.65	2.61	4.85	29.5	243.9
Ethylacetate fr.	17.52	48.31	42.55	36.3	789.7
Butanol fr.	7.26	8.49	1.71	174.1	301.9
Water residue	66.71	3.81	0.66	258.8	290.3

Table 2. Evaluation of antimicrobial activity of methanol extract and its organic solvent fractions of *Dioscorea batatas* Decne against different pathogenic and food-spoilage bacteria and fungi.

Microorganism	Clear zone (mm)							
	¹ Amp (5 µg/disc)	² Mic (5 µg/disc)	<i>Dioscorea batatas</i> Decne					
			³ M. ex.	⁴ H. fr.	⁵ EA. fr.	⁶ B. fr.	⁷ W. res	
Gram negative	⁸ EC	23.0	⁹ -	-	-	8.0	8.0	-
	PV	32.5	-	-	7.0	9.5	-	-
	ST	33.0	-	13.0	12.0	13.0	-	-
Gram positive	SA	19.0	-	-	-	-	-	-
	LM	28.0	-	7.5	7.5	8.0	-	-
	BS	27.5	-	8.0	8.5	9.0	-	-
Fungi	SC	-	29.0	-	-	-	-	-
	CA	-	27.5	-	-	-	-	-
	BC	-	28.0	-	-	-	-	-
	PG	-	40.0	-	-	-	-	-
	RS	-	32.0	-	-	-	-	-
	GC	-	18.0	-	-	-	-	-
	CG	-	-	-	-	-	-	-
	PC	-	34.5	-	-	-	-	-
	BD	-	32.0	-	-	-	-	-

¹AMP, ampicillin; ²Mic, miconazole; ³M. ex., methanol extract of *Dioscorea batatas* Decne; ⁴H. fr.; ⁵EA. fr.; ⁶Butanol fr. and ⁷W. res., n-hexane fraction; ethylacetate fraction; butanol fraction and water residue of the methanol extract of *Dioscorea batatas* Decne; ⁸EC, *Escherichia coli*; PV, *Proteus vulgaris*; ST, *Salmonella typhimurium*; SA, *Staphylococcus aureus*; LM, *Listeria monocytogenes*; BS, *Bacillus subtilis*; BC, *Botrytis cinerea*; PG, *Pyricularia grisea*; RS, *Rhizoctonia solani*; GC, *Glomerella cingulata*; CG, *Collectotrichum gloeosporioides*; PC, *Phytophthora capsici*; BD, *Botryosphaeria dothidea*; ⁹- , No inhibition.

The concentrations of methanol extract and organic solvent fractions used were 500 µg/disc, respectively. The clear zone expressed was included a size of disc-paper (6.5 mm of diameter).

Table 3. Antithrombin activities of methanol extract and its organic solvent fractions of *Dioscorea batatas* Decne against human thrombin.

Concentration (mg/mL)	Thrombin time (sec)	
Vehicle (DMSO)	33.0±0.8	
Aspirin	1.0	84.7±0.4
	1.5	103.0±2.9
<i>Dioscorea batatas</i> Decne		
Methanol ex.	1.2	27.6±1.8
	2.4	37.4±3.2
	4.8	99.5±5.1
Hexane fr.	1.2	36.4±1.5
	2.4	51.5±3.9
	4.8	75.9±0.9
Ethylacetate fr.	1.2	29.4±1.6
	2.4	52.4±7.3
	4.8	60.6±4.4
Butanol fr.	1.2	31.2±1.6
	2.4	38.9±2.7
	4.8	46.1±5.8
Water residue	1.2	31.0±1.3
	2.4	36.3±1.8
	4.8	35.6±0.7

성과 비교하면 우수한 항혈전 활성을 가진 것으로 판단된다 [19, 24].

조제된 메탄올 추출물 및 유기용매 분획물의 항산화 활성

마 추출물 및 이의 분획물의 항산화 활성을 DPPH 소거능으로 평가한 결과는 Table 4에 나타내었다. 먼저 vitamin C, BHT 및 vitamin E의 IC₅₀들은 각각 15.2, 18.6, 및 35.6 µg/mL를 나타내어 강력한 DPPH 소거능이 나타났으며, 반면 마의 메탄올 추출물은 602.2 µg/mL의 IC₅₀를 나타내어, 기존의 우수한 항산화 활성이 보고된 토사자, 목향, 당귀, 목통, 골담초, 호이초[7, 24] 등에 비해서는 미약한 활성을 보였다. 분획물 중, 헥산 분획물 및 물 잔류물에서는 510.6 µg/mL 및 1,000 µg/mL 이상의 IC₅₀를 각각 나타내어 DPPH 소거능이 인정되지 않았으며, 부탄올 분획의 경우 263.0 µg/mL의 IC₅₀로 미미한 소거능을 나타낸 반면, 에틸아세테이트 분획은 80.5 µg/mL의 IC₅₀로 우수한 소거능을 나타내었다 (Table 4). 이는, 헥산 분획 및 물 잔류물에서 폴리페놀 성분 함량이 낮으며, 에틸아세테이트 분획 및 부탄올 분획에서는 상대적으로 높은 폴리페놀 함량을 나타내므로 (Table 1), DPPH 소거능은 마의 폴리페놀 성분에 기인한다고 추측된다. 한편 메탄올 추출물 및 각각의 분획물을 대상으로 SOD 유사활성을 측정된 결과, 모두 농도 의존적으로 활성의 증

Table 4. DPPH scavenging activities of methanol extract and its organic solvent fractions of *Dioscorea batatas* Decne.

Chemical/ extract/fractions	Vitamin C	¹ BHT	Vitamin E	<i>Dioscorea batatas</i> Decne				
				² M. ex.	H. fr.	EA. fr.	Butanol fr.	W. res.
DPPH scavenging activity (IC ₅₀ µg/mL)	15.2 ±2.96	18.6 ±4.05	35.6 ±5.12	602.2 ±71.92	510.6 ±25.02	80.5 ±12.37	263.0 ±56.47	> 1,000

¹BHT, butylated hydroxytoluene; ²M. ex., The abbreviations used are the same as in the Table 2.

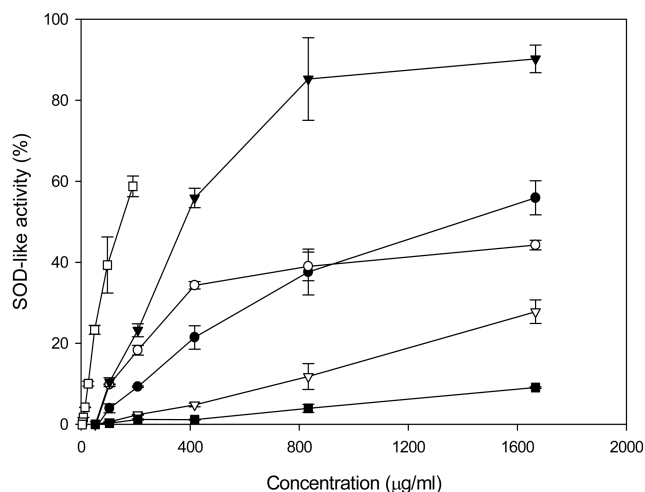


Fig. 1. SOD-like activity of methanol extract and its organic solvent fractions of *Dioscorea batatas* Decne. ●, methanol ex.; ○, hexane fr.; ▼, ethylacetate fr.; ▽, butanol fr.; ■, water residue and □, vitamin C.

가가 나타났다(Fig. 1). 에틸아세테이트 분획에서 가장 우수한 활성이, 물 잔류물에서는 거의 활성이 나타나지 않았으며, 0.8 mg/mL 농도에서 에틸아세테이트 분획이 85.2%, 헥산 분획이 38.9%, 메탄올 추출물은 37.6%의 활성을 나타내었다. 대조구로 사용된 vitamin C가 0.18 mg/mL 농도에서 58%의 활성을 나타낸 것과 비교하면, 동일 활성을 위해, 에틸아세테이트 분획은 vitamin C의 2.3배, 헥센 분획 및 메탄올 추출물은 vitamin C의 10배 이상의 농도가 필요함을 알 수 있었다. 메탄올 추출물 및 각각의 분획물을 대상으로 환원력을 평가한 경우는 Fig. 2에 나타내었다. 대조구로는 BHT를 사용하였으며, 0.05 mg/mL 농도에서 0.84의 흡광도를 나타내어 강력한 환원력을 나타내었다. 마의 메탄올 추출물 및 각각의 분획물들은 농도 증가에 따라 환원력이 증가되었으며, 헥산 및 에틸아세테이트 분획에서 가장 강력한 활성이, 그리고 물 잔류물에서 가장 미약한 활성이 나타났다. BHT의 환원력과 비교할 경우, 메탄올 추출물, 헥산, 에틸아세테이트, 부탄올 분획물 및 물 잔류물은 각각 35.7%, 73.4%, 82.7%, 27.8% 및 20.2%의 환원력을 나타내었다(Fig. 2). 이상의 결과는 마 추출물의 에틸아세테이트 분획이 강력한 항산화 활성물질을 포함하고 있음을 나타내며, 현재 에틸아세테이트 분획물을 대상으로 활성물질의 정제가 진행 중에 있다. 본 연구결과는 마의 메탄올 추출물이

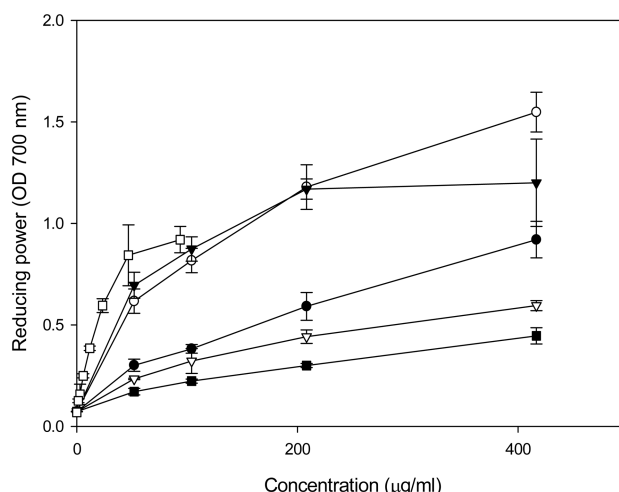


Fig. 2. Reducing power of methanol extract and its organic solvent fractions of *Dioscorea batatas* Decne. ●, methanol ex.; ○, hexane fr.; ▼, ethylacetate fr.; ▽, butanol fr.; ■, water residue and □, butylated hydroxytoluene.

우수한 항혈전 활성을, 또한 마 추출물의 에틸아세테이트 분획물이 우수한 항세균 및 항산화 활성을 가지고 있음을 나타내며, 마의 또 다른 유용 생리활성의 가능성을 제시하고 있다.

요 약

본 연구에서는 마의 부가적인 생리활성 탐색을 위해 건조 마로부터 메탄올 추출물을 조제하고, 이로부터 헥산, 에틸아세테이트, 부탄올의 다양한 유기용매 분획물 및 물 잔류물을 조제하여 각각의 항균, 항혈전 및 항산화 활성을 평가하였다. 마 추출물의 66.7%는 물 잔류물로서, 메탄올 추출물의 상당량이 수용성 성분임을 확인하였으며, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 에틸아세테이트 분획에서 가장 높게 나타났다. 항균 활성의 경우, 에틸아세테이트 분획물 500 µg/disc에서 *Staphylococcus aureus*를 제외한 실험세균 모두에서 우수한 항세균 활성이 나타났으며, 항진균 활성은 모든 시료에서 나타나지 않았다. 항혈전 활성은 메탄올 추출물에서 우수하였으며, 4.8 mg/mL 농도에서 99.5초의 트롬빈 타임을 나타내어 아스피린과 동일 활성을 위해서는 3.2배 농도가 필요하였다. 메탄올 추출물 및 유기용매 분획물의 항산화 활성 평가 결과, 에틸아세테이트 분획이 80.5 µg/mL의

IC₅₀를 나타내어 우수한 DPPH 소거능을 나타내었으며, SOD 유사활성은 vitamin C의 43%, 환원력의 경우 BHT의 82.7%를 나타내어 매우 강력한 항산화 활성 물질을 포함하고 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- 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**: 317-223.
- Han, Y. N., S. H. Hahn, and I. R. Lee. 1990. Purification of mucilages from *Dioscorea batatas* and *D. japonica* and their content analysis. *Kor. J. Pharmacogn.* **21**: 274-283.
- Hironaka, K., K. Takada, and K. Ishibashi. 1990. Chemical composition of mucilage of chinese yam. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* **37**: 48-51.
- Kang, T. H., S. Choi, T. Lee, M. Son, and S. Y. Kim. 2008. Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma* (1) - Hypoglycemic effect. *Kor. J. Food Nutr.* **21**: 425-429.
- Kang, T. H., S. Choi, T. Lee, M. Son, J. Park, and S. Y. Kim. 2008. Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma* (2) - prevention of diabetic neuropathy by NGF induction. *Kor. J. Food Nutr.* **21**: 430-435.
- Kim M. W. 2001. Effects of H₂O-fraction of *Dioscorea japonica* Thunb and selenium on lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor. J. Soc. Food Cookery Sci.* **17**, 344-352.
- Kim, E. Y, I. H. Baik, J. H. Kim, S. R. Kim, and M. R. Rhyu. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **36**: 333-338.
- Kim, J. O., M. J. Jung, H. J. Choi, J. T. Lee, A. K., Lim, J. H. Hong, and D. I. Kim. 2008. Antioxidant and biological activity of hot water and ethanol extracts from *Phellinus linteus*. *J. Kor. Soc. Food Sci Nutr.* **37**: 684-690.
- 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.
- Kwon, C. S., H. Y. Sohn, S. H. Kim, J. H. Kim, K. H. Son, J. S. Lee, J. K. Lim, and J. S. Kim. 2003. Anti-obesity effect of *Dioscorea nipponica* Makino with lipase-inhibitory activity in rodents. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **67**, 1451-1456.
- Kwon, C. S., I. S. Son, H. Y. Shim, I. S. Kwun, and K. M. Chung. 1999. Effects of yam on lowering cholesterol level and its mechanism. *Kor. J. Food Nutr.* **32**: 637-643.
- Kwon, E. G., E. M. Choe, and S. J. Gu. 2001. Effects of mucilage from yam (*Dioscorea batatas* DECNE) on blood glucose and lipid composition in alloxan-induced diabetic mice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **33**, 795-801.
- Lee I.-S., S.-Y. Chung, C.-S. Shim, and S. J. Koo. 1995. Inhibitory effects of yam (*Dioscorea batatas* DECNE) extracts on the mutagenicity. *Kor. J. Soc. Food Sci.* **11**: 351-355.
- Lee, B. Y., and H. K. Kim. 1998. Quality properties of korean yam by various drying methods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **30**: 877-882.
- Marklund, S., and G. Marklund. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* **47**: 469-474.
- Na, M., B. S. Min, R. B. An, W. Jin, Y. H. Kim, K. S. Song, Y. H. Seong and K. Bae. 2004. Effect of the rhizomes of *Astilbe chinensis* on UVB-induced inflammatory response. *Phytother. Res.* **18**: 1000-1004.
- Park, C. S. 2005. Antioxidant and nitrite scavenging ability of medicinal plant extracts. *Kor. J. Food Preserv.* **12**: 631-636.
- Park, C. S., K. M. Yang, and M. L. Kim. 2006. Functional properties of medicinal plant extracts. *Kor. J. Food. Cookery Sci.* **23**: 720-727.
- Ryu, H. Y., E. J. Kum, K. H. Bae, Y. K. Kim, I. S. Kwon, and H. Y. Sohn. 2007. Evaluation for the antimicrobial, antioxidant and antithrombosis activity of Korean traditional liquors. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **35**: 310-315.
- Ryu, H. Y., S. J. Park, B. H. Lee, and H. Y. Sohn. 2007. Control of yam putrefactive psychrotrophic bacterium using clove oil and preparation of functional Fresh-cut. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **35**: 66-72.
- Ryu, H. Y., Y. S. Kim, S. J. Park, B. H. Lee, S. T. Kwon and H. Y. Sohn. 2006. Isolation and characterization of yam-putrefactive psychrotrophic bacteria from rotted yam. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **34**: 109-114.
- Shin, K. O., J. R. Jeon, J. S. Lee, J. Y. Kim, C. H. Lee, S. D. Kim, Y. S. Yu, and D. H. Nam. 2006. Lactic acid fermentation of chinese yam (*Dioscorea batatas* Decne) flour and its pharmacological effect on gastrointestinal function in rat model. *Biotechnol. Bioprocess Eng.* **11**: 240-244.
- Shin, S. R. 2004. Changes on the components of yam snack by processing methods. *Kor. J. Food Preservation* **11**, 516-521.
- Sohn, H. Y. H. Y. Ryu, Y. 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.
- Sohn, H. Y., C. S. Kwon, K. H. Son, G. S. Kwon, H. Y. Ryu, and E. J. Kum. 2006. Antithrombin and thrombosis prevention activity of buckwheat seed, *Fagopyrum esculentum* Moench. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **35**: 132-

- 138.
26. Sohn, H. Y., K. H. Son, C. S. Kwon, G. S. Kwon, and S. S. Kang. 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 *Echinosophora koreensis* Nakai. *Phytomedicine* **11**: 666-672.

(Received April 14, 2009/Accepted June 5, 2009)