

Anti-coagulation and Platelet Aggregation Inhibitory Activities of the Ethanol Extract of Aerial Bulbils of *Dioscorea alata* L.

Su-Gyeong Jeon¹, So-Young Choe¹, Kyung-Ran Im¹, Jong-Pil Lee¹, Jun-Hong Park¹ and Ho-Yong Sohn^{2*}

¹Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services Bioresources, Research Institute, Andong 36614, Korea

²Department of Food and Nutrition, Andong National University, Andong 36729, Korea

Received October 18, 2023 / Revised March 4, 2024 / Accepted March 11, 2024

Dioscorea alata L, commonly known as "tropical yam" is the most widely consumed yam species among the 650 yam species belonging to the *Dioscoreaceae* family. It is extensively cultivated in tropical and subtropical regions and is a major food source in Africa and India. Also, it is used for medicinal purposes, particularly in China and Taiwan, for its anti-inflammatory properties. In comparison to other yam varieties such as *D. batatas* or *D. opposita*, the tropical yam has gained popularity in Korea due to its higher yield per unit area. In this study, the nutritional characteristics and anti-thrombosis activity of the aerial bulbils of *D. alata* L. tropical yam were compared to those of *D. opposita*. The results showed that the aerial bulbils of tropical yam exhibited nutritional characteristics and potent anticoagulant activity compared to those of domestic yam varieties. The bulbils extract of tropical yam showed superior anticoagulant activities against thrombin, prothrombin and blood coagulation factors. Furthermore, the bulbils extract of tropical yam exhibited strong platelet aggregation inhibition at 0.25 mg/ml and showed no hemolytic activity up to a concentration of 2.5 mg/ml. These findings suggest the potential development of high-value anti-thrombosis agents utilizing the aerial bulbils of tropical yam.

Key words : Aerial bulbils, anti-thrombosis, *Dioscorea alata* L, *D. opposita*, hemolysis

서 론

마(yam)는 백합목 마과의 덩굴성 여러해살이풀로 높이는 1 m 정도이며, 그 지상부는 덩굴이며, 지하부 뿌리는 약용 및 식용으로 사용된다. 마는 형태와 모양에 따라 장마(*Dioscorea batatas*), 단마(*Dioscorea opposita*), 환마, 둥근마, 산마, 부채마, 단풍마 등 650 여종으로 구분되고 있으며, 그 중 10 여종이 전 세계적으로 식용 및 약용으로 사용되고 있다[7]. 마의 뿌리를 건조시켜 말린 것을 한방에서는 “산약” 또는 “서예”라고 부르며, 당뇨, 설사, 대하증 등에 이용되고 있다[11, 27]. 마의 성분으로는 수분 74~76%, 전분 15~20%, 단백질 1~1.5%, 총지질 ~1%, 회분 ~1.25%, 총질소 ~0.4%이며, 점질 다당류(acetylated glucmannan), 비타민, 미네랄, 기타 다양한 생리 활성물질 등을 포함하고 있으며[7], 혈중 콜레스테롤 감소[19], 항당뇨

활성[8, 9, 20], 항산화 활성 및 항혈전 활성[21, 22], lipase 저해활성[18] 등이 보고되어 있다. 또한 마의 주요 약용 성분으로는 choline, saponin, mucin, arginine, yonogenin, kryptogenin 및 diosgenin 등이 알려져 있다[18].

한편 마의 주아인 “영여자”는 마 지하부 생산량의 절반 정도로 대량 생산되어 왔으나 용도를 찾지 못하다가, 2016년 식약처의 식품 원료로 등재되면서 다양한 식품, 조리에 사용되고 있다. 영여자와 관련된 학술 연구로는 대부분이 마의 재배, 기내배양, 종묘로의 이용 및 휴면타과 관련 호르몬인 gibberellin 유도와 관련된 연구[1, 15]이며, 기능 및 용도와 관련한 경우는 단마 영여자의 항균, 항산화 및 항혈전 활성[2], 단마 및 장마 영여자의 항산화 및 항돌연변이원성 효과[24], 장마 영여자로부터 항균 phenanthrene 유도체 분리[17], 단마 영여자로부터 항균 활성 물질 분리 확인[6], 둥근마 영여자의 항세균 활성[16] 등이 알려져 있다. 그러나 최근 국내에서 재배가 증가되고 있는 열대마 영여자에 대한 연구는 거의 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 재배된 단마 영여자와 열대마 영여자의 에탄올 추출물을 조제하고 이의 항응고, 혈소판 응집 저해활성 및 적혈구 용혈활성을 평가하여, 영여자의 혈행 개선활성을 확인하고자 하였다.

*Corresponding author

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

E-mail : hysohn@anu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

재료 및 방법

영여자 및 시약

본 실험의 단마 및 열대마 영여자는 2021년 경북 안동에서 수확된 단마 및 열대마의 영여자를 회수하여 사용하였으며 시료는 안동대학교 식품영양학과에서 보관하고 있다(voucher specimen 2022-AB1, 2022-AB-3). Dimethyl sulfoxide (DMSO), Triton X-100 및 기타 사용 시약은 Sigma Co. (St. Louis, MO, USA)의 시약급 이상의 제품을 구입하여 사용하였다.

단마 및 열대마 영여자의 영양성분 및 이화학적 특성

단마 및 열대마 영여자의 영양성분을 대한민국 식품공전(Food code 2015)에서 규정한 방법대로 분석하였으며 [10], 수분, 조단백, 조지질, 조회분 함량 분석 이후 조탄수화물 함량은 계산법으로 나타내었다. 단마 및 열대마 영여자의 평균 크기는 무게로 나타내었으며, 절단면의 색도를 명도, 적색도, 황색도를 측정하여 평가하였다. 색차 분석은 Hunter Color Difference meter(Super color SP-80 Colormeter, Tokyo Denshoku Co., Japan)를 이용하여 측정하였으며, 명도(백색 100~0 검정색), 적색도(적색 100~-80 녹색), 황색도(황색 70~-80 검정색)를 측정하였다. 표준백판의 색도는 L값이 92.44, a값이 -0.06, b값이 1.35로 기준을 정하였으며, 시료 당 3회 측정하여 평균값을 구하여 나타내었고 색차(ΔE)는 다음의 식을 이용하여 계산하였다[23].

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

영여자 추출물의 조제 및 추출물의 성분 분석

영여자 추출물 조제를 위해 단마 및 열대마 영여자 100 g에 각각 4 L의 95% methanol (Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd. Korea)을 가하고 상온에서 8시간씩 3회 추출하였으며, 추출액은 filter paper (Whatman No. 2, 185 mm, GE healthcare UK limited, UK)로 거른 후 감압 농축(Eyela Rotary evaporator N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)하여 분말로 조제하였다[26]. 이후 분말 시료들은 DMSO 용액에 녹여 성분 분석, 항혈전 활성 및 적혈구 용혈 활성 평가에 사용하였다. Total polyphenol 및 Total flavonoid 함량 측정은 기존 보고된 방법[28]에 따라 측정하였으며, 각각 rutin과 tannic acid를 표준시약으로 사용하였다. 총당 정량은 phenol-sulfuric acid법[23]을 사용하였으며, 표준 시약은 sucrose를 사용하였다[30]. 각각의 분석결과는 3회 반복한 실험의 평균과 편차로 나타내었다.

영여자 추출물의 혈액응고 저해 활성

단마 및 열대마 영여자 추출물의 혈액응고 저해 활성은 thrombin time (TT), prothrombin time (PT) 및 activated par-

tial thromboplastin time (aPTT)을 각각 측정하여 평가하였다[3, 13]. 모든 실험은 3회 반복하여 평균과 편차로 나타내었으며, 각각의 저해 활성은 시료 첨가 시 혈액 응고시간의 평균치를 용매 대조구 DMSO (최종농도 4.7%) 첨가 시의 혈액 응고시간의 평균치의 비로 나타내었다[13, 14]. 사용 혈장은 기존 보고와 동일하게 시판 control plasma (MD Pacific Technology Co., Ltd, Huayuan Industrial Area, China)를 사용하였으며, PT reagent와 aPTT reagent는 MD Pacific Hemostasis (MD Pacific Technology Co., Ltd, Huayuan Industrial Area, China)의 분석시약을 사용하였다.

영여자 추출물의 혈소판 응집저해활성

혈소판 응집저해 활성은 수세된 농축 혈소판에 영여자 시료를 첨가한 후, Whole Blood Aggregometer (Chrono-log, PA, U.S.A)의 미세전극에 혈소판이 부착, 응집됨에 따라 발생하는 전기 저항값의 변화를 측정하여 평가하였다[29]. 자세하게는 10 mM CaCl₂ 50 μ l, suspending buffer 147.5 μ l, 영여자 시료 5 μ l 가 포함된 반응 cuvette에 50 μ l의 인간 유래 혈소판(5×10^8 cells/ml)을 첨가하고 3분 동안 37 $^{\circ}$ C로 가온 후, 응집유도제로 collagen (1 mg/ml)을 2.5 μ l를 넣고 혈소판 응집을 측정하였다. 응집반응은 Whole Blood Aggregometer의 교반 장치를 이용하여 반응액을 500 rpm으로 교반시키면서 collagen 첨가 후 12분간 측정하였다. 이후 얻어진 응집곡선으로부터 amplitude, slope, area under 를 측정하여 혈소판 응집을 평가하였다[10]. 이때, amplitude (Ω)는 응집유도제를 첨가하였을 때 일어나는 혈소판의 최대 응집도를 나타내며, slope는 응집유도제를 첨가한 직후부터 1분 동안의 응집곡선의 기울기를 나타내며, area under는 전체적인 혈소판 응집 정도를 표시하는 것으로 전기저항 증가에 따른 slope 곡선의 하강면적을 나타낸다[25, 29]. 최종적으로 영여자 추출물을 혈소판 응집도 (PAR: Platelet Aggregation Ratio)는 시료 첨가시의 area under 값과 용매대조구인 DMSO 첨가시의 area under값의 비를 백분율로 나타내었다[25].

영여자 추출물의 적혈구 용혈활성

단마 및 열대마 영여자의 인간 적혈구 용혈 활성은 기존 보고된 방법[13, 26]으로 측정하여 평가하였다. 용혈 활성은 다음의 수식을 이용하여 계산하였다.

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

Abs. S: 시료 첨가구의 흡광도, Abs. C: DMSO 첨가구의 흡광도, Abs. T: Triton X-100 첨가구의 흡광도.

통계분석

분석결과는 SPSS 27.0 버전을 사용하여 mean \pm SD로 나타내었으며, 각 군 간의 차이는 ANOVA로 분석하였으며 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

Table 1. Approximate nutritional composition of the aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L.

Aerial bulbils	Average weight (g)	Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)	Color Difference (ΔE)
<i>D. opposita</i>	1.53±0.31 ^a	66.09±0.05 ^a	-2.70±0.01 ^a	9.91±0.03 ^a	28.32±0.06 ^a
<i>D. alata</i> L.	35.92±11.36 ^b	51.98±0.03 ^b	3.15±0.03 ^b	27.83±0.06 ^b	48.26±0.05 ^b

Data are presented as the mean ± SD of three determinations. Different superscripts within a column differ significantly ($p < 0.05$). $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$

결과 및 고찰

단마 및 열대마 영여자의 특성 비교

경북 안동의 경북생물자원연구소에서 수확된 단마 영여자 및 열대마 영여자의 평균 크기 및 절단면의 색차는 Table 1에 나타내었다. 열대마 영여자는 국내 단마 영여자와 달리 평균 27배 이상의 무게를 보였으며, 절단면은 단마 영여자의 흰색과는 달리 진한 황색을 나타내었다(Fig. 1). 황색도 측정 결과, 단마 영여자의 9.91에 비해, 열대마 영여자는 27.83의 매우 높은 황색도를 나타내는 특성을 보였다.

단마 및 열대마 영여자의 영양성분 평가

단마 영여자 및 열대마 영여자의 영양성분을 분석한

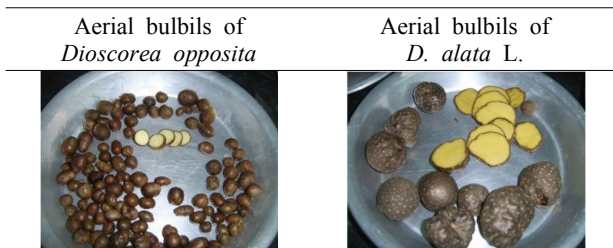


Fig. 1. Photography of aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L.

결과, 열대마 영여자는 water yam이라는 이름에 어울리게 높은 수분함량(80.8%)을 보였으며, 단마 영여자보다 낮은 조단백질(1.19%), 조지질(0.12%), 조회분 함량(0.57%)을 보였다. 반면, 조탄수화물 함량은 단마 영여자보다 높은 1.46%를 나타내었다(Table 2). 이러한 특성은 향후 열대마 영여자의 영양 용도, 식품가공 및 장기 저장 시 고려되어야 할 것으로 판단된다.

영여자 추출물의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석

단마 및 열대마 영여자의 에탄올 추출효율 및 추출물의 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 총 당 함량을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 열대마 영여자 추출효율 1.45 %로 단마 영여자의 에탄올 추출효율 1.99%로 비해 낮게 나타났다. 반면 열대마 영여자 추출물은 281.4 mg/g의 총 폴리페놀 함량을 보여 단마 영여자 추출물보다 4.6배 높은 함량을 보였으며, 총 플라보노이드 함량도 90.9 mg/g으로 단마 영여자 추출물보다 5.5배 높게 나타났다. 반면 총 당의 경우 열대마 영여자 추출물은 93.75 mg/으로, 단마 영여자의 174.2 mg/g보다 낮게 나타났다 따라서 열대마 영여자 추출물이 단마 영여자 추출물보다 다양한 유용 생리활성을 나타내리라 예상되었다[4, 5, 13, 25].

영여자 추출물의 혈액응고 저해 활성

단마 및 열대마 영여자 추출물의 항응고 활성을 fibrin

Table 2. Approximate nutritional composition of the aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L.

Aerial bulbils	Contents (%)				
	Water	Crude protein	Crude lipid	Crude carbohydrate	Ash
<i>D. opposita</i>	69.10±0.664 ^a	4.00±0.180 ^a	0.26±0.011 ^a	1.23±0.136 ^a	1.71±0.044 ^a
<i>D. alata</i> L.	80.80±0.234 ^b	1.19±0.015 ^b	0.12±0.005 ^b	1.46±0.051 ^b	0.57±0.010 ^b

Data are presented as the mean ± SD of three determinations. Different superscripts within a column differ significantly ($p < 0.05$).

Table 3. Component analysis of the ethanol extracts prepared from the aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L.

Aerial bulbils	Extraction (%)	Contents (mg/g)		
		Total Polyphenol	Total flavonoid	Total Sugar
<i>D. opposita</i>	1.99±0.4 ^a	60.60±0.25 ^a	16.40±1.52 ^a	174.2±6.50 ^a
<i>D. alata</i> L.	1.45±0.1 ^b	281.4±0.23 ^b	90.90±0.19 ^b	93.75±0.29 ^b

Data are presented as the mean ± SD of three determinations. Different superscripts within a column differ significantly ($p < 0.05$).

Table 4. *In vitro* anticoagulation activities of the ethanol extracts prepared from aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L.

Extract/Chemicals	Conc. (mg/ml)	Anti-thrombosis activity (x control)		
		TT ¹	PT ²	aPTT ³
DMSO	-	1.00±0.02 ^a	1.00±0.01 ^a	1.00±0.00 ^a
Aspirin	5.0	>15 ^e	>15 ^d	>15 ^e
	1.5	1.57±0.06 ^d	1.42±0.05 ^c	1.63±0.03 ^c
<i>D. opposita</i>	5.0	2.81±0.05 ^c	1.11±0.01 ^b	1.83±0.10 ^d
	2.5	1.41±0.11 ^b	1.05±0.02 ^{ab}	1.15±0.02 ^b
	1.25	1.15±0.04 ^{ab}	1.02±0.01 ^a	1.05±0.04 ^a
<i>D. alata</i> L.	5.0	>15 ^e	>15 ^d	>15 ^e
	2.5	>15 ^e	>15 ^d	>15 ^e
	1.25	>15 ^e	>15 ^d	>15 ^e

¹TT (thrombin time), ²PT (prothrombin time), and ³aPTT (activated partial thromboplastin time). Data are presented as relative clotting time based on solvent control (x control). The solvent control (dimethylsulfoximide) of TT, PT, and aPTT were 28.5 sec, 16.5 sec, and 40.1 sec, respectively. Different letters within a panel differ significantly ($p < 0.05$).

polymer 생성에 관여하는 트롬빈의 저해 정도를 나타내는 TT, 프로트롬빈 활성화에 관련되는 PT 및 내인성 혈전 생성과 연관된 혈액응고인자의 저해 정도를 확인하는 aPTT [26, 30]를 측정하여 평가한 결과는 Table 4에 나타내었다. 먼저 임상에서 항혈전제로 사용되고 있는 아스피린은 5.0 mg/ml 농도에서 용매 대조구보다 15배 이상 연장된 TT, PT, aPTT를 나타내었으며, 1.5 mg/ml 농도에서는 용매 대조구보다 각각 1.57배, 1.42배 및 1.63배 연장된 TT, PT, aPTT를 보여 우수한 항혈전 효과가 나타남을 확인하였다. 한편 단마 영여자 추출물의 경우에도 5 mg/ml 농도에서 용매 대조구보다 각각 2.81배, 1.11배 및 1.83배 연장된 TT, PT, aPTT를 보여 우수한 트롬빈 저해 및 혈액응고인자 저해가 확인되었다. 한편, 열대마 영여자 추출물의 경우 1.25 mg/ml 농도에서도 모두 15배 이상 연장된 TT, PT, aPTT를 보여 아스피린보다 우수한 항응고 활성을 보였다. 이러한 열대마 영여자 추출물의 항응고 활성은 향후

아스피린과 같은 부작용이 알려진 항혈전제[25]를 보완할 수 있으리라 판단된다.

영여자 추출물의 혈소판 응집저해활성

혈소판은 혈관내벽에 노출된 콜라겐 등과 응집하여 1차 지혈플러그를 형성하는 혈전생성을 개시하는 무핵 세포이다. 단마 및 열대마 영여자 추출물의 항혈전 활성 평가의 일환으로 인간 혈소판 응집저해 활성을 평가하였으며 그 결과는 Table 5 및 Fig. 2에 나타내었다. 먼저 활성 대조구로 사용된 아스피린은 농도 의존적으로 혈소판 응집을 저해하였으며, 0.25 mg/ml 농도에서 무처리구에 비해 68.7%, 0.5 mg/ml 농도에서 42.2%의 응집도를 나타내었다. 열대마 영여자 추출물의 경우에는 0.25 mg/ml 농도에서 89.3%의 응집도를 나타낸 반면, 단마 영여자의 경우 178.2%의 응집도를 보여 오히려 혈소판 응집을 촉진함을 알 수 있었다.

Table 5. *In vitro* platelet aggregation inhibitory activities of the ethanol extracts prepared from aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L.

Sample /chemical	Conc. (mg/ml)	Aggregation Curve				PAR ¹
		Amplitude (ohm)	Slope	Lag time: (sec)	Area under Curve	
DMSO	-	24	5	38	142.4	100±2.9
	-	24	4	39	150.0	
Aspirin	0.5	11	2	37	61.7	42.2
	0.25	16	2	32	100.5	68.7
<i>D. opposita</i>	0.25	27	7	4	261.6	178.7
<i>D. alata</i> L.	0.25	19	2	27	130.6	89.3

¹PAR : Platelet Aggregation ration. Data are presented as representative result relative of independent three determinations. Amplitude is expressed as ohms by maximum extent of platelet aggregation, and slope (rate of reaction) is determined by drawing a tangent through the steepest part of curve. Area under the curve (AUC) was calculated from the platelet aggregation curve.

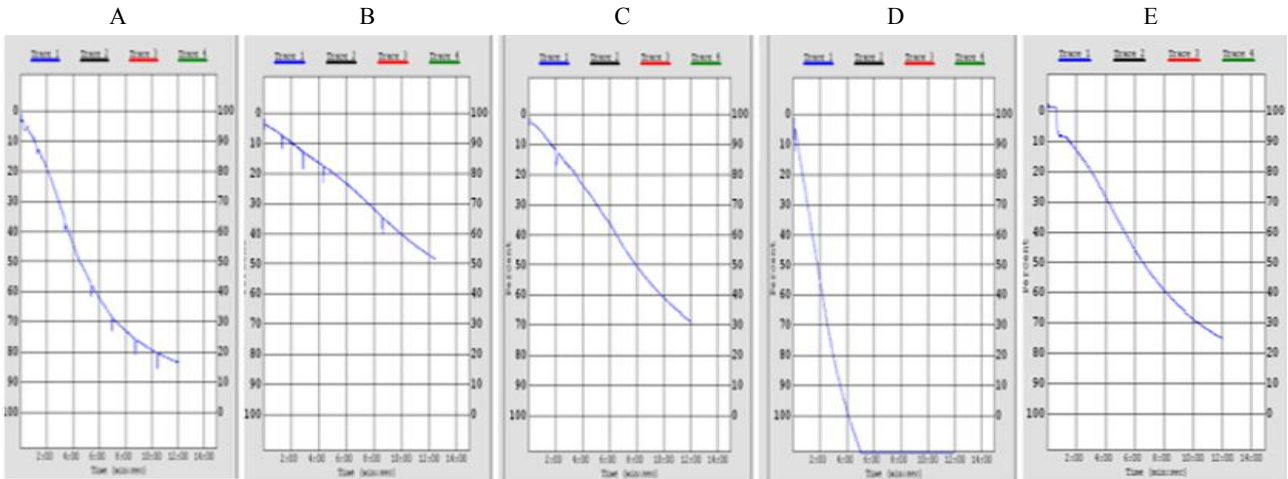


Fig. 2. *In vitro* platelet aggregation inhibitory activities of the ethanol extracts of aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L. (A) DMSO, (B) aspirin (0.25 mg/ml), (C) aspirin (0.5 mg/ml), (D) ethanol extract of aerial bulbils of *D. opposita*, (E) ethanol extract of aerial bulbils of *D. alata* L.

Table 6. Hemolytic activities of the ethanol extracts prepared from aerial bulbils of *Dioscorea opposita* and *D. alata* L. against human red blood cells

Chemicals/Samples	Conc. (mg/ml)	Hemolysis (%)	
DMSO	-	0.90±1.3 ^a	
Triton X 100	1.0	100.0±0.1 ^f	
	0.1	95.4±1.2 ^e	
	0.05	80.7±7.3 ^d	
	0.025	59.5±6.3 ^{cd}	
	0.013	48.2±5.9 ^c	
Amphotericin B	0.007	38.0±0.7 ^b	
	<i>D. opposita</i>	2.5	-2.5±1.9 ^a
	<i>D. alata</i> L.	2.5	-1.7±1.6 ^a

Data are presented as the mean ± SD of three determinations. Different superscripts within a column differ significantly ($p < 0.05$).

영여자 추출물의 적혈구 용혈활성

단마 및 열대마 영여자 추출물의 급성독성 평가의 일환으로 적혈구 용혈활성을 평가하였으며, 그 결과는 Table 6에 나타내었다. 먼저 활성 대조군으로 사용된 Triton X-100 및 amphotericin B는 각각 1.0 및 0.1 mg/ml 농도에서도 95% 이상의 용혈활성을 나타내었다. 반면 단마 및 열대마 영여자 추출물은, 2.5 mg/ml 농도까지 용혈활성을 전혀 나타내지 않았다. 이러한 결과는 열대마 영여자추출물이 항응고, 혈소판 응집저해 활성을 가진 신규의 항혈전 소재로 개발 가능성을 제시하고 있다.

감사의 글

This study was supported by a grant Development of re-

gional specialized crop technology (RS-2022-RD010286) from Rural Development Administration, Korea.

The Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest with the contents of this article.

References

- 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. *Kor. J. Plant Biotechnol.* **32**, 317-223.
- Ahn, S. M., Jang, H. S., Kwun, I. S. and Sohn, H. Y. 2009. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of aerial bulbils of *Dioscorea batatas* Decne. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **37**, 266-272.
- Bijak, M., Bobrowski, M., Borowiecka, M., Podsedek, A., Golanski, J. and Nowak, P. 2011. Anticoagulant effect of polyphenols-rich extracts from black chokeberry and grape seeds. *Fitoterapia* **82**, 811-817.
- Bijak, M., Nowak, P., Bobrowiecka, M., Ponczek, M., Zbikowska, H. and Wacowicz, B. 2012. Protective effects of (-)-epicatechin against nitratative modifications of fibrinogen. *Thrombosis Res.* **130**, 123-128
- Chen, H., Qi, X., He, C., Yin, Z., Fan, D. and Han, G. 2013. Coagulation imbalance may not contribute to the development of portal vein thrombosis in patients with cirrhosis. *Thrombosis Res.* **131**, 173-177.
- Chin, H. S., Son, R. H., Lee, Y. H., Ham, A., Mar, W., Kim, W. K. and Nam, K. W. 2010. Antimicrobial activities of eight compounds purified from the roots of polygala tenuifolia willdenow and the aerial bulbils of *Dioscorea*

- batatas* Decene. *Yakhak Hoeji* 54, 106-111.
7. Han, Y. N. Hahn, S. H. and Lee, I. R. 1990. Purification of mucilages from *Dioscorea batatas* and *D. japonica* and their content analysis. *Kor. J. Pharmacogn.* **21**, 274-283.
 8. Kang, T. H., Choi, S., Lee, T., Son, M. and Kim, S. Y. 2008, Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma* (1) - Hypoglycemic effect. *Kor. J. Food Nutr.* **21**, 425-429.
 9. Kang, T. H., Choi, S., Lee, T., Son, M. and Kim, S. Y. 2008, Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma* (2) - prevention of diabetic neuropathy by NGF induction. *Kor. J. Food Nutr.* **21**, 430-435.
 10. Kim, H. Y., Song, H. S. and Lee, G. L. 2022. Nutritional analysis of wild *Conyza canadensis* L. extract. *J. Naturopathy* **11**, 100-108.
 11. 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. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **37**, 133-139
 12. Kim, M. S. and Sohn, H. Y. 2014. Anti-thrombosis activity of the aerial parts of *Aruncus dioicus* var *kamtschaticus*. *J. Life Sci.* **24**, 515-521
 13. Kim, M. S. and Sohn, H. Y. 2015. Anti-coagulation and anti-platelet aggregation activity of the mature fruit of *Sorbus commixta*. *Micobiol. Biotechnol. Lett.* **43**, 373-377.
 14. Kim, M. S. and Sohn, H. Y. 2016. Anti-oxidant, anti-coagulation and anti-platelet aggregation activities of black currant (*Ribes nigrum* L.). *J. Life Sci.* **26**, 1400-1408.
 15. Kim, Y. H., Lim, S. T. and Han, B. H. 2012. *In Vitro* micropropagation of chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) through the culture of micro-tuber sections and by addition of liquid medium. *Kor. J. Med. Crop. Sci.* **20**, 190-194.
 16. Kuete, V., Bertrandteponno, R., Mbaveng, A. T., Tapondjou, L. A., Meyer, J. J., Barboni, L. and Lall, N. 2012. Antibacterial activities of the extracts, fractions and compounds from *Dioscorea bulbifera*. *BMC Complement. Altern. Med.* **12**, 228. doi: 10.1186/1472-6882-12-228.
 17. 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
 18. 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.
 19. Kwon, C. S., Son, I. S., Shim, H. Y., Kwun, I. S. and Chung, K. M. 1999. Effects of yam on lowering cholesterol level and its mechanism. *Kor. J. Food Nutr.* **32**, 637-643.
 20. 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. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **33**, 795-801.
 21. Kwon, J. B., Kim, M. S. and Sohn, H. Y. 2010. Evaluation of antimicrobial, antioxidant, and antithrombin activities of the rhizome of various *Dioscorea* species. *Kor. J. Food Preserv.* **17**, 391-397.
 22. Kwon, J. E., Kwon, J. B., Kwun, I. S. and Sohn, H. Y. 2010. Antimicrobial and antioxidant activity of the *Dioscorea alata* L. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **38**, 283-288.
 23. Kwon, J. E., Baek, U. H., Jung, I. C. and Sohn, H. Y. 2010. Biological activity of fresh juice of wild-garlic, *Allium victorialis* L. *Kor. J. Food Preserv.* **17**, 541-546.
 24. 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. *Kor. J. Soc. Food Sci.* **11**, 351-355.
 25. Lee, M. H., Sung, H. J., Kwon, C. S. and Sohn, H. Y. 2018. Anti-coagulation and anti-platelet aggregation activities of black ginger (*Kaempferia parviflora*). *J. Life Sci.* **28**, 1068-1075.
 26. Lee, Y. S., Kwon, H. Y., Hwang, E. K. and Sohn, H. Y. 2022. Anti-thrombosis and anti-oxidant activities of edible flower. *J. Life Sci.* **32**, 989-996.
 27. Ryu, H. Y., Kim, Y. S., Park, S. J., Lee, B. H., Kwon, S. T. and Sohn, H. Y. 2006. Isolation and characterization of yam-putrefactive psychrotrophic bacteria from rotted yam. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **34**, 109-114.
 28. Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* **299**, 152-178
 29. Sweeney, J. D., Hoerning, L. A. and Fitzpatrick, J. E. 1989. Whole blood aggregation in Von willebrand disease. *Amer. J. Hematol.* **32**, 190-193.
 30. Valentina, U., Fabcic, J. and Stampar, F. 2007. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chem.* **107**, 185-192.

초록 : 열대마 영여자 추출물의 항응고 및 혈소판 응집저해 활성

전수경¹ · 최소영¹ · 임경란¹ · 이종필¹ · 박준홍¹ · 손호용^{2*}

(¹경북농업기술원 경북생물자원연구소, ²안동대학교 식품영양학과)

열대마로 알려진 *Dioscorea alata* L.는 전 세계 650여종의 마 중에서도 가장 많이 소비되고 있으며, 적도, 아적도 지역에서 광범위하게 재배하고 있다. 실제 중국과 인도에서는 주요 식용자원 및 약용으로 이용되고 있다. 최근 국내에서는 기존의 단마 및 장마에 비해 2배 이상 높은 수확량을 나타내는 열대마 재배가 증가하고 있으며, 열대마에 높은 관심이 집중되고 있다. 그러나 현재까지 열대마의 주아(영여자)에 대한 연구는 전무한 실정이다. 본 연구에서는 국내 단마 및 열대마 영여자의 에탄올 추출물을 조제하여, 단마 영여자와 비교하여 열대마 영여자의 영양특성 및 추출물의 항혈전 활성을 평가하였다. 그 결과, 열대마 영여자는 특유의 황색과 함께 영양적으로 우수하며, 단마 영여자와는 달리, 열대마 영여자 추출물은 1.25 mg/ml 농도에서 아스피린보다 우수한 트롬빈, 프로트롬빈 및 혈액응고인자 저해를 나타내어 강력한 항응고 활성을 나타냄과 동시에 혈소판 응집저해 활성도 우수하였다. 또한 열대마 영여자 추출물은 2.5 mg/ml 농도까지 인간 적혈구에 대한 용혈활성도 전혀 나타나지 않았다. 이러한 결과는, 열대마 영여자가 새로운 항혈전 소재로 개발 가능성을 제시하고 있다.