

국내산 마 품종별 이화학적 성분 및 항산화 활성

김경미[†] · 강문경 · 김진숙 · 김기창 · 최승이

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

Physicochemical Composition and Antioxidant Activities of Korean *Dioscorea* Species

Kyung-Mi Kim[†], Moon-Kyung Kang, Jin-Sook Kim, Gi-Chang Kim and Song-Yi Choi

Dept. of Agro-Food Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the proximate composition and antioxidant activities of *Dioscorea* spp. Samples were divided into Dungeunma (*D. bulbifera* L), Danma (*D. polystachya* Turcz), Jangma (*D. batatas* Decaisne) and Danpungma (*D. quinqueloba* Thunb). The samples were extracted with 70% ethanol and analyzed for total flavonoid contents, polyphenol contents, DPPH radical scavenging activity, and ABTS radical scavenging activity. The moisture contents ranged from 11.96% to 15.01%. The crude protein contents were in the range of 7.86% to 11.55% (Dungeunma 11.55%, Danpungma 10.48%, Danma 9.43%, Jangma 7.86%). The crude fat contents were between 0.37% and 0.43% (Danpungma 0.43%, Jangma 0.37%, Dungeunma 0.37%, Danma 0.37%). In the antioxidant activities assay, total polyphenol content of Danma was significantly higher than those of other species at 115.47 mg/100 g gallic acid equivalent (GAE) ($p < 0.05$), whereas it was significantly lowest in Jangma at 66.31 mg/100 g gallic acid equivalent (GAE) ($p < 0.05$). ABTS and DPPH radical scavenging activities of Danma were significantly highest at 104.43 and 56.72 mg trolox eq/100 g ($p < 0.05$). Therefore, antioxidant activities of *Dioscorea* spp. provide a possible scientific basis for assessing the performance of functional material of *Dioscorea* spp.

Key Words: *Dioscorea* spp., antioxidant activities, Danpungma

서 론

마(*Dioscorea* spp.)는 백합목 마과의 덩굴성 여러해살이풀로 그 지상부는 덩굴이며, 지하부 뿌리는 약용 및 식용으로 사용되고 있다(Ahn JH *et al* 2012). 전세계적으로 마는 장마, 단마, 단풍마 등 10속 650여종이 알려져 있으며, 중국, 한국, 타이완, 일본 등지의 산지에서 자생한다(Kum EJ *et al* 2006; Marie A Mcanuff *et al* 2005). 특히 마는 건조시켜 말린 후 약재로 사용되는데, 이를 산약 또는 서예라 한다. 국내산 마는 2013년도 기준 재배면적이 648 ha이며, 생산량은 7,786 톤 정도를 상회하고 있으며, 이중 70% 정도는 경상북도 안동 등 북부지역을 중심으로 생산되고 있다(Kim JI *et al* 2009).

마는 덩이뿌리의 모양, 잎의 모양 및 원산지에 따라 장마, 단마, 둥근마, 단풍마 등으로 다양하게 분류된다(Yang MH *et al* 2009). 우리나라 전국의 산야에 걸쳐 자라며, 식용 또는 약용으로 쓰이는 마는 야생마가 드물고, 주로 재배를 통하여

생산한다. 대표적인 재배마의 종류로는 장마, 단마, 둥근마가 있다. 가장 많이 분포, 재배되는 장마(*Dioscorea batatas*), 덩이 뿌리의 길이가 짧아 수확이 간편한 단마(*D. polystachya* Turcz), 편평한 공 모양을 가진 둥근마(*D. bulbifera* L.)가 재배마에 속하고, 산지의 덩굴 속에서 자라며, 굵고 단단한 뿌리줄기를 가진 단풍마(*D. quinqueloba* Thunb)는 야생마에 속한다(Ahn SC *et al* 2002; Kum EJ *et al* 2006; Yang MH *et al* 2009).

마는 주성분인 전분 외 단백질, 무기질 등의 영양성분을 함유하고 있다. 약용성분으로는 아밀로스(amylose), 콜린(cholin), 사포닌(saponin), 뮤신(mucin), 아르기닌(arginine), 디오스게닌(diosgenin) 등을 함유하고 있으며(Kum EJ *et al* 2006; Kwon CS *et al* 2003; Son IS *et al* 2007), 성분 중 하나인 arginine은 준필수아미노산으로서 혈관 내피세포에서 만들어지는 혈관 반응성 조절물질을 생성하며(Lee J *et al* 2011), 증가된 물질은 혈소판과 혈관조직을 증식한다고 알려져 있다(Dohi YM *et al* 1995; Hambrecht RL *et al* 2000). 또한 사포닌은 인삼을 비롯해 더덕, 도라지 등에 많이 함유되어 항암작용, 항염증 작용, 용혈 및 자궁수축작용 등의 효능을 갖는다고 알려져 있다(Park HJ *et al* 1998, Kwak YS *et al* 2008). 현재까지 보

[†] Corresponding author : Kyung-Mi Kim, Tel: +82-63-238-3556, Fax: +82-63-238-3842, E-mail: kimkm@korea.kr

고된 주요 기능으로는 관절염 치료제의 원료, 콜레스테롤 저하작용, 항종양효과, 면역조절효과, 인체 백혈병암세포주의 성장억제효과가 있다고 보고됐다(Kwon CS *et al* 2003; Kang TH *et al* 2008; Kim MW 2001; Kwon CS *et al* 1999; Kwon EG *et al* 2001).

마는 생식으로 주로 소비되고, 즙, 분말 등 단순한 형태로만 이용되고 있었다(Shin SR 2004). 최근 건강 및 질병 예방에 대한 높은 관심과 편이성을 추구하는 트렌드에 부합되는 제품 개발이 필요하다.

마 전체적인 연구동향으로 마 품종별 메탄올 추출물의 항균 및 항혈전 활성평가, 마의 품종별 영양성분, 마의 종류별 리올로지 특성(Choi IS *et al* 1992; Lee BY *et al* 1992), 당질 분석(Chung HY 1995) 등 이화학적 비교에 관하여 연구가 이루어지고 있다.

본 실험은 국내산 재배마 3종(장마, 단마, 둥근마)과 야생마 1종(단풍마)의 일반성분과 항산화 효능을 평가함으로써 시중 유통 마의 품질 개선 및 활용도를 증진시킬 수 있는 방안을 마련하는데 대한 기초자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 마(*Dioscorea* spp.)는 경상북도 안동 지역에서 구입한 재배마 3종(장마, 단마, 둥근마), 야생마 1종(단풍마)을 4℃에서 저장하면서 시료로 사용하였다. 먼저 구입한 마를 흐르는 물에 잘 수세하여 흙과 이물질을 제거하고, 껍질을 제거하여 1 cm 크기로 세절 후 열풍건조기(DS-240BC, Dusung Co, Busan, Korea)에 40℃, 24시간 건조시켜, 분쇄기(HR1378, Philips, Karer, Slovenia)로 100 mesh로 분쇄하였다. 분말 시료는 4℃ 냉장(GC-124GHFP, LG, Changwon, Korea)보관한 후 분석용 시료로 사용하였다.

2. 일반성분 측정

마 분말의 일반성분은 수분, 조단백, 조지방의 함량을 AOAC 방법(AOAC International 1995)에 따라 측정하였다. 즉, 수분 함량은 105℃ 상압 가열 건조법, 조단백질 함량은 semi-micro-Kjeldahl 법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Teacator, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하였고, 조지방은 Soxhlet 법으로 Soxhlet 추출기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Teacator, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하여 분석하였다.

3. 유리당

마 분말의 유리당은 분말 1 g을 증류수 30 mL에 넣고 추출하여 4℃, 15,000 rpm에서 5분간 원심분리(CR21G, Hitachi

Koki Co, Japan)하여 얻은 상등액은 Whatman No.2 여과지(Whatman, Maidstone, UK)로 여과하고, 50 mL로 정용하였다. 정용한 sample을 0.2 µm membrane filter(Whatman, Clifton, NJ, USA)로 여과한 다음, HPLC(Agilent Technologies 1200 series, Palo, CA, USA)로 분석하였다. 유리당 분석을 위한 glucose, fructose, maltose, sucrose 표준품은 Sigma사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Column은 Asahipak NH₂P-504E(4.6×250 mm, Shodex, Japan), 용매는 acetonitrile : water(70:30, %(v/v), Fisher Co., USA), flow rate는 1.2 mL/min 이었고, 검출기는 ELSD(Agilent Technologies, Santa Clara, USA)를 사용하였다.

4. 유기산

유기산은 분말 1 g을 증류수 30 mL에 넣고 추출하여 4℃, 15,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 얻은 상등액은 Whatman No.2 여과지로 여과하고, 50 mL로 정용하였다. 정용한 sample을 0.2 µm membrane filter로 여과한 다음, HPLC(Agilent Technologies 1200 series, Palo, CA, USA)로 분석하였다. 유기산 분석을 위한 oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid의 표준품은 Sigma사(Sigma-Aldrich Co, Ltd., Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Column은 Amine X HPx-87H Ion Exclusion column(300×7.8 mm, Bio-RAD, Hercules, USA), 용매는 0.008 N H₂SO₄, flow rate는 0.6 mL/min 이었고, 검출기는 UV detector(Waters Co., Milford, MA, USA)로 210 nm에서 측정되었다.

5. 조사포닌

조사포닌 함량은 인삼 조사포닌의 분리방법으로 많이 사용되는 고온 메탄올 추출과 n-부탄올 분획에 의한 방법(Park SJ *et al* 2009)에 따라 마 분말 10 g을 취하여 70% 메탄올 200 mL로 70℃에서 3회 반복 추출하였다. 추출액은 40℃에서 감압농축기(DE/R-205V, Buchi, Swiss)로 농축하여 용액이 100 mL가 될 때까지 메탄올을 제거한 후, 물을 가하여 200 mL로 정용하였다. n-부탄올 200 mL와 함께 분획깔때기에 취하여 세차게 흔들어 혼합한 후 정치하여 유기용매 층과 물 층을 분리하였다. 물 층은 다시 200 mL의 n-부탄올로 2회 추출하였다. 3회에 걸쳐 추출한 n-부탄올 층을 합쳐 농축플라스크에 회수하여 감압 농축(HB-502L, HANBAEK, Korea)하였다. 이후 105℃에서 4시간 건조하고, 데시케이터에서 30 분간 방냉한 후, 다음 식에 따라 조사포닌 함량을 계산하였다.

조사포닌 함량(mg/g) =

$$\frac{\text{건조 후 수기의 무게(mg)} - \text{수기의 무게(mg)}}{\text{시료(g)}}$$

6. Total Polyphenol 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(Folin & Denis 1915)을 일부 변형하여 측정하였으며, 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 시료 200 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 첨가하여 2분간 방치한 후 1N Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma, St. Louis, MO, USA) 200 μL 를 가하여 30분간 암소에서 반응시켰다. 이후 반응액을 750 nm에서 UV spectrophotometer(UV 2550, SHIMADZU, Japan, Kyoto)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 1 g에 대한 mg galic acid equivalents(GAE, Sigma, St. Louis, MO, USA)로 표준 검량곡선을 작성하여 나타내었다.

7. Total Flavonoid 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Moreno MIN *et al*(2000)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료 250 μL 에 70% 에탄올 용액 1 mL, 5% NaNO_2 75 μL 를 첨가하여 5분간 방치한 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μL 를 가하여 6분 방치하였다. 이후 1 M NaOH 500 μL 를 첨가하여 11분 동안 반응시켜 510 nm 흡광도로 측정하였다. 이때, 표준물질로는 Rutin(Sigma-Aldrich Co, Ltd., Louis, MO, USA)을 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 플라보노이드 함량을 환산하여 mg RHE(rutin hydrate equivalents)/g, dry weight로 나타내었다.

8. DPPH Radical 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 시료의 추출물에 대한 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co, Ltd., Louis, MO, USA)의 전자공여 효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다 (Blois MS 1958). 시료 900 μL 에 0.25 M DPPH 용액(dissolved in 99% EtOH) 1,800 μL 를 가한 뒤 잘 혼합하여 암실에서 30분간 반응을 유도하였다. 얻어진 반응액은 517 nm에서 흡광도를 측정하여 radical scavenging activity(%)로 나타내었다.

DPPH radical 소거능(%) =

$$\left(1 - \frac{\text{시료 처리구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}} \times 100\right)$$

9. ABTS Radical 소거능

시료 추출물에 대한 ABTS radical 소거활성은 Re 방법(Re R *et al* 1999)을 일부 변형하여 측정하였다. 2,2-azino-bis(3-ethyl benzthiazoline-6-sulfonic acid) (Sigma-Aldrich Co, Ltd., Louis, MO, USA)를 100 mM PBS(pH 7.4)에 녹인 7 mM의 ABTS와 2.5 mM potassium persulfate를 혼합한 후, 빛을 차

단시키면서 실온에서 24시간 반응시켜 라디칼을 생성시켰다. 생성시킨 ABTS solution 950 μL 와 시료 추출물 50 μL 를 넣어 잘 혼합한 후 암소에서 10분간 반응시켜 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거능은 시료 처리구와 무처리구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

ABTS radical 소거능(%) =

$$\left(1 - \frac{\text{시료 처리구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}} \times 100\right)$$

10. 통계처리

본 연구의 결과는 Statistical Package for Social Sciences 12.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균 \pm 표준편차로 나타내었고, 시료 간의 유의성 검증은 *t*-test에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 마 품종별 일반성분

실험에 사용된 재배마 3종(장마, 단마, 둥근마)과 야생마 1종(단풍마)의 일반성분을 분석한 결과(Table 1) 수분 함량은 단마 > 단풍마 > 둥근마 > 장마 순으로 각각 15.01%, 13.34%, 12.97%, 11.96%로 거의 비슷한 함량을 보였다. Kwon JB *et al*(2010) 연구결과에서 마 수분함량이 50~83.2%의 결과를 보인 것과는 차이를 보였으나, 이러한 차이는 마의 재배조건, 재배지역, 저장시기 등의 환경적 차이와 물리적 특성 및 주피를 제외한 가식부분의 상대적 양과 시료 건조방법 차이에 의한 것이라 사료된다.

조단백질 함량은 둥근마가 가장 높았고(11.55%), 단풍마 10.48%, 단마 9.43%, 장마 7.86%로 재배마 중에서는 둥근마

Table 1. Proximate composition of the *Dioscorea* spp. (%)

Korean name	Moisture	Crude protein	Crude fat
Jangma	11.96 \pm 0.01 ^{b1)}	7.86 \pm 0.02 ^d	0.37 \pm 0.05 ^{ns2)}
Danma	15.01 \pm 0.05 ^a	9.43 \pm 0.05 ^c	0.37 \pm 0.02
Dungkunma	12.97 \pm 0.12 ^b	11.55 \pm 0.03 ^a	0.37 \pm 0.04
Danpungma	13.34 \pm 1.80 ^{ab}	10.48 \pm 0.66 ^b	0.43 \pm 0.03
<i>F</i> -value	5.929 ^{*3)}	67.649 ^{***}	2.578

1) Values with different superscripts (a~d) within the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

2) ns Not significant.

3) * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$.

> 단마 > 장마 순이었다. Jang SM(2009)의 보고에 의하면 장마와 단마의 조단백질 함량은 유의적 차이는 없었으며, 등근마는 13.64%로 가장 높은 것으로 나타나, 본 연구 결과와 일부 유사한 경향을 보였다. 또한 Choi WS(2012)의 연구결과에 따르면 등근마가 탄수화물, 열량, 단백질 함량이 장마보다 높은 값을 나타내고 있다.

마의 조지방 함량은 품종간의 유의적 차이를 보이지 않았으나, 단풍마가 0.43%로 조금 높은 함량을 나타냈다.

2. 마 품종별 유리당

마의 품종에 따른 유리당 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 2와 같다. 유리당 분석 결과, Kim HS *et al*(1992) 결과와 마찬가지로 마에서의 유리당은 fructose, glucose 및 sucrose가 확인되었으며, maltose는 검출되지 않았다. Fructose와 glucose는 단풍마가 가장 높았고, 등근마가 가장 낮은 함량을 보였다. 반면에 sucrose는 등근마가 가장 높은 함량(9.5%)을 보이고, 단풍마가 가장 낮은 함량(6.05%)을 보여 fructose와 glucose와는 반대 경향을 나타냈다. Jang SM(2009)은 장마, 단마 및 등근마의 유리당류는 glucose, fructose 및 sucrose로 구성되어 있었으며, 등근마의 glucose 함유비율이 장마 및 단마에 비해 적은 경향이었으나, sucrose는 그 반대의 경향을 보였다고 보고하여 유사하였다.

3. 마 품종별 유기산

마 품종별 유기산 함량을 측정한 결과(Table 3), 마의 유기산으로는 oxalic acid, citric acid, succinic acid, fumaric acid가 검출되었다. 특히 succinic acid가 그 함량이 높은 편이었으나, 등근마의 경우는 예외로 검출되지 않았다. 총 유기산 함량은 재배마는 19.23~112.51 mg/g, 야생마는 179.29 mg/g 범위였고, 야생마인 단풍마가 유기산 함량이 높은 편이었다.

4. 마 품종별 조사포닌 함량

사포닌은 인삼을 비롯해 더덕, 도라지 등에 많이 함유되어 항암작용, 항염증작용, 용혈 및 자궁수축작용 등의 효능을 갖는다고 알려져 있다(Park HJ *et al* 1998, Kwak YS *et al* 2008).

마 품종별 조사포닌 함량은 Fig. 1과 같았다. 조사포닌 함량은 장마 42.8 mg%, 단마 38.9 mg%, 등근마 66.3 mg%, 단풍마 630.3 mg%인 것으로 확인되었으며, 재배마 3종에 비해 야생마가 상대적으로 높은 경향이였다. 재배마 중에서는 장마와 단마의 조사포닌 함량은 비슷하였고, 그에 비해 등근마의 함량이 높은 편이었다. Jang SM(2009)은 단마 및 등근마에 비해 장마의 함량이 상대적으로 낮은 경향을 보였다고 했으나, 본 연구결과와는 상이하였다. 그러나 단풍마의 조사포닌 함량이 상대적으로 높은 경향을 보인 것은 Son KH *et al* (1993)의 연구결과와 일치하였다. 이와 같은 연구결과로 재배마에 비해 야생마가 조사포닌 함량이 높은 것을 확인하였다. 이는 야생마가 재배마보다 diosgenin 3-O- α -L-rhamnopyranosyl- β -D-glucopyranoside, dioscin 및 gracillin 등의 스테로

Table 2. Free sugar contents of the *Dioscorea* spp. (mg/g)

Korean name	Fructose	Glucose	Sucrose	Sum
Jangma	8.88±0.14 ^{b1)}	7.10±0.02 ^b	9.00±0.07 ^b	24.98
Danma	6.57±0.11 ^c	6.18±0.08 ^c	7.75±0.08 ^c	20.50
Dungkunma	5.42±0.03 ^d	5.48±0.06 ^d	9.50±0.28 ^a	20.40
Danpungma	11.61±0.25 ^a	10.47±0.67 ^a	6.05±0.37 ^d	28.13

¹⁾ Values with different superscripts (a~d) within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Organic acids content of the *Dioscorea* spp. (mg/g)

Korean name	Oxalic	Citric	Succinic	Fumaric	Sum
Jangma	40.19±0.25 ^{a1)}	17.79±3.23 ^a	53.46±0.75 ^b	1.07±0.02 ^a	112.51
Danma	7.07±0.59 ^c	14.31±1.79 ^a	66.68±6.44 ^b	0.66±0.05 ^b	88.72
Dungkunma	1.27±0.07 ^d	17.65±1.17 ^a	ND ²⁾	0.31±0.01 ^d	19.23
Danpungma	24.26±0.74 ^b	8.16±4.47 ^b	146.51±18.29 ^a	0.36±0.00 ^c	179.29

¹⁾ Values with different superscripts (a~d) within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾ Not detected.

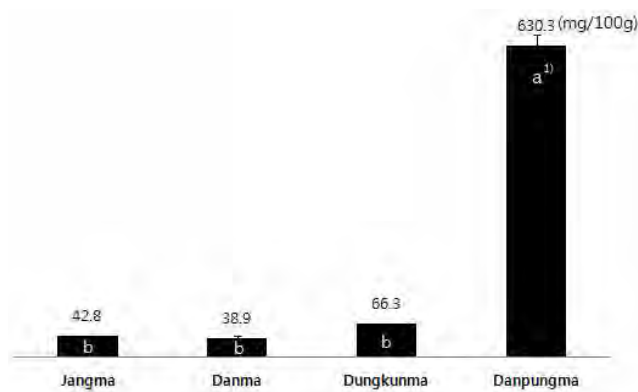


Fig. 1. Crude saponin contents of the *Dioscorea* spp.

¹⁾ Values with different superscripts (a,b) within the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

이드성 사포닌이 많기 때문이라 사료된다(Son KH *et al* 1993).

5. 마 품종별 Total Polyphenol 및 Total Flavonoid 함량 측정

식물계에 널리 분포되어 있는 폴리페놀 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가진 이차대사산물로 free radical을 제거함으로써 산화를 억제(Moller JKS *et al* 1996; Madsen HL *et al* 1996)하여 활성산소의 소거 및 산화적 스트레스를 막아 항암, 항균, 노화방지 및 심장질환을 예방하는 등(Koshiura R *et al* 1985; Ahn SC *et al* 2002; Cheng JT *et al* 1993; Liu R *et al* 2005)의 생리활성물질로 알려져 있다.

마 품종별 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 분석한 결과(Table 4), 단풍마에서 가장 높은 9.5 mg/g이 확인되었으며, 단마가 3.65 mg/g, 장마와 둥근마가 2.23~2.25 mg/g 순으로 낮은 함량을 보였다.

Table 4. Total polyphenol and total flavonoid contents of the *Dioscorea* spp.

Korean name	Total polyphenol (mg GAE/g)	Total flavonoid (mg RHE/g)
Jangma	2.25±0.19 ^{c1)}	1.57±0.06 ^c
Danma	3.65±0.11 ^b	2.62±0.20 ^a
Dungkunma	2.23±0.03 ^c	1.99±0.17 ^b
Danpungma	9.50±0.38 ^a	1.30±0.16 ^c
<i>F</i> -value	750.99 ^{***2)}	41.12 ^{***}

* GAE: gallic acid equivalents, RHE: rutin hydrate equivalents.

¹⁾ Values with different superscripts (a~d) within the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾ *** $p < 0.001$.

플라보노이드의 함량은 단마 2.62 mg/g, 둥근마 1.99 mg/g, 단풍마와 장마는 각각 1.30~1.57 mg/g 순으로 낮은 함량을 보였다. Kwon JB *et al*(2010)의 보고에는 여러 품종 중 장마, 단마, 둥근마의 총폴리페놀 함량과 총플라보노이드 함량을 비교 시 둥근마 > 단마 > 장마 순으로 높은 함량을 보여, 본 연구결과와는 상이하였다.

6. 마 품종별 DPPH 및 ABTS Radical 소거능

품종에 따른 마의 항산화 활성은 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능에 의해 평가되었으며, 결과는 Table 5와 같다. DPPH radical 소거능은 항산화 활성을 지닌 성분이 라디칼을 환원시키는 능력이 크면 활성산소의 항산화 작용의 지표라고 할 수 있다. 즉, 전자공여능이 크면 항산화 활성이 높다고 할 수 있다. DPPH 소거능은 Polyphenol 및 Flavonoid 성 물질 등에 대한 항산화 작용의 지표라고 할 수 있다. 시료의 DPPH 소거능은 단풍마가 84.46%로 가장 높았고, 둥근마는 64.81%로 가장 낮은 소거능을 보였다. 이에 반해 ABTS radical 소거능은 단마와 단풍마가 각각 99.89%, 95.56%로 가장 높았고, 장마, 둥근마 순으로 각각 83.66%, 72.44% 소거능을 보였다. Osawa T(1994)는 식물로부터 추출된 phenol 부류의 화합물은 항산화능을 포함한 다양한 생리적 효능을 나타내고, 이 효능은 주로 산화·환원력에 의한 효과로 보고한 바 있으며, 페놀 함량이 높을수록 항산화능이 증가한다고 보고하였다. 따라서 단풍마의 항산화능이 높은 결과는 마 추출물에 함유된 페놀화합물에 의한 것이라고 사료된다. 하지만 정확한 원인물질의 규명이 필요하므로, 각 품종별 성분에 대한 분리 및 구조분석 등 추가적인 연구도 필요할 것이라 생각된다. Kwon JB *et al*(2010)의 보고에 따르면 마 추출물의 농도(500 µg/mL)일 때 장마, 단마, 둥근마의 DPPH radical 소거능의 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 이러한 차이를 보

Table 5. The DPPH & ABTS radical scavenging activity of the *Dioscorea* spp.

Korean name	DPPH scavenging activity (%)	ABTS scavenging activity (%)
Jangma	75.74±0.94 ^{b1)}	83.66±9.03 ^b
Danma	77.09±0.00 ^b	99.89±1.60 ^a
Dungkunma	64.81±2.80 ^c	72.44±5.28 ^c
Danpungma	84.46±0.41 ^a	95.56±0.96 ^a
<i>F</i> -value	88.960 ^{***2)}	16.295 ^{**}

¹⁾ Values with different superscripts (a~d) within the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾ ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

는 것은 같은 품종이라고 하여도 재배시기, 환경, 저장시기 등의 차이로 여겨진다. 따라서 수확 초기에서 저장 중의 마의 영양성분 및 항산화 활성 등의 평가가 이루어진다면 마 가공 시 기본 자료로 활용될 것으로 보인다.

요 약

본 연구는 당뇨병, 콜레스테롤 저하작용, 면역조절효과, 관절염 치료 등의 효과가 있다고 알려진 마를 식품소재로써 활용하고자 국내 재배되고 있는 마 품종별 성분을 분석하고, 이용성을 조사하였다. 마 품종별 이화학적 특성 비교 결과, 유리당 함량(mg/g)은 단풍마(28.13) > 장마(24.98) > 산마(20.50) > 둥근마(20.40) 순으로 단풍마가 가장 높았으며, 유기산 함량(mg/g) 또한 단풍마(179.29) > 장마(112.51) > 산마(88.72) > 둥근마(19.23) 순으로 단풍마가 가장 높았다. 조사포닌의 함량(mg/g)은 단풍마(630.3) > 둥근마(66.3) > 장마(42.8) > 산마(38.9) 순으로 단풍마가 가장 높았다. 마의 항산화 활성 결과, 단풍마가 폴리페놀 함량과 DPPH radical 소거능이 높았다. 마의 품종별 성분 특성의 차이를 확인함으로써 마를 활용한 식품 소재화 및 제품 개발을 위한 기초 데이터 자료로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청(과제번호: PJ00940901)의 지원을 받아 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn JH, Jung LS, Yoon WB, Park SJ, Park DS (2012) Evaluation of physicochemical properties and biological activities of steamed and fermented Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). *Kor J Food Sci Technol* 44: 135-139.
- Ahn SC, Kim BY, Oh WK, Lee MS, Bae EY, Kang DW, Ahn JS (2002) Screening of inhibitory of medicinal plants against heparinase. *Korean J Pharmacognosy* 33: 144-150.
- AOAC (1995) Official methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists Washington DC.
- Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1201.
- Cheng JT, Hsu FL, Chen HF (1993) Antihypertensive principles from the leaves of *Melastome candidum*. *Planta Medicine* 59: 405-407.
- Choi IS, Lee LS, Koo SJ (1992) Study on rheological and thermal properties of *Dioscorea batatas* Decaisne starch. *Korean J Soc Food Sci* 8: 57-63.
- Choi WS (2012) Development of functional beverage using yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). *Food Industry and Nutrition* 17: 20-22.
- Chung HY (1995) Carbohydrates analyses of Korean yam (*Dioscorea*) tubers. *Korean J Food Sci Technol* 27: 36-40.
- Dohi YM, Kojima K, Sato T, Luscher F (1995) Age-related changes in vascular smooth muscle and endothelium. *Drug Aging* 7: 278-291.
- Folin AD, Denis W (1915) A colorimetric method for the determination of phenols (and phenol derivatives) in urine. *J Biological Chemistry* 22: 305-308.
- Hambrecht RL, Hilbrich S Erbs, Gielen S, Fiehn E, Schuler N, Schuler G (2000) Correction of endothelial dysfunction in chronic heart failure: Additional effects of exercise training and oral L-arginine supplementation. *J Am Coll Cardiol* 35: 706-713.
- Jang SM (2009) Contents of nutritional ingredients and diosgenin in the tubers of different *Dioscorea* spp. *Korean J Food Nutri* 22: 223-228.
- Kang TH, Choi S, Lee T, Son M, Park J, Kim SY (2008) Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma*(2)-prevention of diabetic neuropathy by NGF induction. *Korean J Food Nutri* 21: 430-435.
- Kim HS, Park YK (1992) Physicochemical properties and baking studies of yam(*Dioscorca aimadoimo*) in Korea. *Korean J Food Nutri* 5: 49-53.
- Kim JI, Jang HS, Kim JS, Sohn HY (2009) Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of *Dioscorea batatas* Decne. *Korean J Microbiol Biotechnol* 37: 133-139.
- Kim MW (2001) Effects of H₂O-fraction of *Dioscorea japonica* Thunband selenium on lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Cookery Sci* 17: 344-352.
- Koshiura R, Miyamoto K, Ikeya Y, Taguchi H (1985) Antitumor activity of methanol extract from roots of *Agrimonia pilosa* Ledeb. Japan. *J Pharmacology* 38: 9-16.
- Kum EJ, Park SJ, Lee BH, Kim JS, Son KH, Sohn HY (2006) Antifungal activity of phenanthrene derivatives from aerial bulbils of *Dioscorea batatas* Decne. *J Life Sci* 16: 647-652.
- Kwak YS, Choi KH, Kyung JS, Won JY, Rhee MH, Lee JG, Hwang MS, Kim SC, Park CK, Lee BY, Lee YC, Kim

- HM, Kim CJ, Park MH (1992) Rheological properties of the gelatinized yam starch solution. *Korean J Food Sci Technol* 24: 619-622.
- Kwon CS, Sohn HY, Kim SH, Kim JH, Son KH, Lee JS, Lim JK and Kim JS (2003) Anti-obesity effect of *Dioscorea nipponica* Makino with lipase-inhibitory activity in rodents. *Biosci Biotechnol Biochem* 67: 1451-1456.
- Kwon EG, Choe EM and Gu SJ. 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.
- Kwon JB, Kim MS, Sohn HY (2010) Evaluation of antioxidant, and antithrombin activities of the rhizome of various *Dioscorea* species. *Korean J Food Preserv* 11: 391-397.
- Lee J, Kwak YS, Yoo YJ, Park S (2011) Effects of L-arginine supplementation and regular exercise in D-galactose induced aging rat aorta: Study on inflammatory factors, vasodilation regulatory factors. *J Life Science* 21: 1415-1421.
- Liu R, Ye M, Gu o H, Bi K, Guo D (2005) Liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry for the characterization of twenty-three flavonoids in the extract of *Dalbergia odorifera*. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 19: 1557-1565.
- Marie A. Mcanuff, Felix OO, Aagela SP, Helen NA (2005) Proximate analysis and some antinutritional factor constituents in selected varieties of Jamaican yams (*Dioscorea* and *Rajana* spp.). *Plant Foods for Human Nutrition* 60: 93-98.
- Madsen HL, Nielsen BR, Bertelsen G, Skibsted LH (1996) Screen of antioxidative activity of spices. A comparison between assays based on ESR spin trapping and electrochemical measurement of oxygen consumption. *Food Chem* 57: 331-337.
- Moller JKS, Madsen HL, Altonen T, Skibsted LH (1996) Dittany(*Origanum dictamnus*) as a source of water-extractable antioxidants. *Food Chem* 64: 215-219.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA (2000) Comparison of the free radical-scavenging activity of pro-polis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
- Osawa T. (1994) Novel Natural Antioxidant for Utilization in Food and Biological System. In Postharvest Biochemistry of Plant Food Material in the Tropics. Uritani I, Garcia VV, Mendoza EM, eds. Japan Scientific Societies Press Tokyo Japan 241-251.
- Park SJ, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou JG, Ahn JH, Yoon WB, Lee HY (2009) Chemical compositions of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J Kor Soc Food Sci Nutri* 38: 396-400.
- Park HJ, Kim WB, Yoo KO, Jung WT (1998) Chemical analysis on biologically active substances among habitats of *Allium victorialis* for a high income crop. *Journal of Plant Resources Society of Korea* 11: 51-60.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Shin, SR (2004) Changes on the components of yam snack by processing methods. *Korean J Food Preservation* 11: 516-521.
- Son KH, Jung KY, Do JC (1993) Saponin constituents from the rhizomes of *Dioscorea quinqueloba*. *Kor J Pharmacogn* 24: 187-191.
- Son IS, Kim JI, Sohn HY, Son KH, Kim JS, Kwon CS (2007) Antioxidative and hypolipidemic effects of diosgenin, a steroidal saponin of yam (*Dioscorea* spp.), on high-cholesterol fed rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 71: 3063-3071.
- Yang MH, Yoon KD, Chin YW, Kim JW (2009) Phytochemical and pharmacological profiles of *Dioscorea* species in Korea, China and Japan. *Korean J Pharmacogn* 40: 257-279.

Date Received Sep. 4, 2015
 Date Revised Sep. 24, 2015
 Date Accepted Sep. 26, 2015