

꾸지뽕나무(*Cudrania tricuspidata* Bureau)의 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성

이진식[†] · 한갑조 · 한경필 · 코즈쿠에 노부유키

위덕대학교 외식산업학부

The Antioxidant Activity and Total Polyphenol Content of *Cudrania tricuspidata*

Jin-Shik Lee[†], Gab-Cho Han, Gyeong-Phil Han and Kozukue Nobuyuki

Division of Foodservice Industry, Uiduk University, Gyeongju 780-713, Korea

Abstract

The purpose of this paper is to describe the differences in mineral, ascorbic acid, and total polyphenol content, and also the relationship between polyphenol content and antioxidant activity (DPPH radical scavenging, FTC, and TBA methods) in three sizes of *Cudrania tricuspidata* leaves. For the mineral contents of the leaves, Ca was highest(17.26 mg/g.d.w.), followed by K(15.53 mg), P(2.61 mg), and Mg(1.99 mg). Ascorbic acid was found to be slightly higher(43.4 mg/100g.f.w.) in the basal parts of the medium size leaves and lowest in the whole parts(9.9 mg) of the small size leaves. Total polyphenol content was highest (1,384~1,258 mg/100g.f.w.) in the leaves, for all sizes, when extracted with 80% ethanol, followed by the stem bark(543 mg%), roots(369 mg%), stems(243 mg%), and thorns(223 g%). By determining DPPH activity, we found that antioxidant activity was higher in the ethanol extracts of the leaves than in the ethanol extracts of the thorns, stems, roots, and stem bark. While in the tea, no differences were found between the ethanol and water extracts.

Key words : *Cudrania tricuspidata*, ascorbic acid, total polyphenol content, antioxidant activity.

서 론

뽕나무과에 속하는 낙엽교목인 꾸지뽕나무(*Cudrania tricuspidata* Bureau)는 우리나라와 중국, 일본과 같은 동아시아에 주로 분포하며, 10여종이 알려져 있으나 우리나라에는 1종만이 자생하고 있다. 우리나라에서는 충청남도, 전라도, 경상도 등의 남부 지방에 분포하고 있다. 그 성상을 보면 가지에는 가시가 많으며, 어린 가지에는 털이 있고, 어린잎일 때는 양면에 모두 털이 있지만 자라면서 밑면에만 털이 조금 남아 있고, 그 외에는 광택이 나는 잎으로 성장한다. 잎은 어긋나기의 형태이고, 모양은 난형인 것과 3개로 갈라지는 것이 있다. 5~6월경에 황색의 꽃이 피며, 암꽃은 지름이 약 1 cm 정도이며 짧고 연한 털이 많은 대가 있다. 결실기는 9~10월이며, 열매는 구형에 가깝고 연한 적색이다(Lee CB 1985).

꾸지뽕나무는 우리나라에서 한방으로 사용될 때에는 잎을 습진, 유행성 이하선염, 폐결핵, 타박상, 급성관절염 등의 치료에 쓰이며, 민간에서도 열매와 껍질이 이용되고 있다(Jang IM 2003). 최근에 보고되고 있는 연구를 보면, 6-8-p-hydroxy benzenyl-

taxifolin, kaempferol, naringenin, 7-0-β-D-glucopyranoside (Kim et al 1993) 등 다양한 폴리페놀 화합물들이 분리 보고되었다(Hano et al 1990, Hano et al 1991, Lee et al 1996a). 또 꾸지뽕나무의 잎, 줄기, 뿌리를 이용한 항균 작용에 관한 연구(Lee et al 1996b), 고혈압(Kang et al 2002), 마우스에서의 지질 상승 억제(Chang et al 1994), 지질 과산화 억제 작용 등이 보고되고 있다(Cha et al 1999, Cha et al 2000, Kim et al 2000).

꾸지뽕나무는 다양한 생리활성 물질뿐만 아니라 이러한 물질 함유로 인한 항산화 활성 능력도 우수할 것으로 기대된다. 천연물 유래의 항산화제는 산패를 방지하는 식품 첨가물로도 이용이 가능하며, 생체 내에서 노화 억제와 성인병 예방에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 천연물 중 항산화 효과를 나타내는 물질은 페놀성 화합물, 토코페롤, 아스코르빈산, 셀레늄, 플라본 유도체 등이 있으며(Fukuda & Nagata 1986), 이 가운데 페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 물질로서 다양한 구조와 분자량을 가지고 있으며, ascorbic acid 또한 항산화 효과가 높은 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 꾸지뽕나무 잎의 무기질 성분 분석과 함께 ascorbic acid의 함량과 부위별 총 폴리페놀의 함량을 조사한 다음, 부위별 항산화 활성을 측정하고 이 성분들의 함량과 항산화 활성과의 관련성을 검토하였다.

[†] Corresponding author : Jin-Shik Lee, Tel : +82-54-760-1601, Fax : +82-54-760-1709, E-mail : jslee@uu.ac.kr

재료 및 방법

1. 실험 재료

경북 경주시 외동에서 재배된 꾸지뽕나무(*Cudrania tricuspidata*) 잎을 9월에 직접 채취하여 크기별로 대형(10 cm 이상)·중형(5~10 cm)·소형(5 cm 이하)의 세 그룹으로 분류한 생잎을 이용하였으며, 근피, 뿌리, 줄기, 가시도 잎과 함께 채취하여 바로 사용하였다. 꾸지뽕잎차는 같은 곳에서 채취한 꾸지뽕잎을 크기 구별없이 사용하여 꾸지뽕잎차 제조업체에서 제조한 잎차 티백을 이용하였다. 잎차의 제조 과정은 시중에 판매하는 제품의 제조 과정과 동일하게 세척, 건조, 덩음, 건조, 볶음, 분쇄, 티백 작업의 공정 순으로 제조하였다.

2. 무기 성분 분석

원자흡광법으로 꾸지뽕나무 잎의 무기질 함량을 측정하였다. 열풍 건조한 꾸지뽕나무 잎 시료(1.016~1.025 g)를 도가니에 넣고 105℃ 상압가열 건조법으로 수분을 측정하였고, 회분은 전기회화로(FP-31 Muffle Furnace, Yamato, Japan)를 사용하여 550℃에서 20시간 직접 회화법으로 측정하였다. 여기에 6 N HCl 4.2 mL를 넣어 용해시킨 다음 1% LaCl₃ 2.5 mL를 첨가하여 완전 용해를 확인한 다음 이온 교환수 25 mL로 정용하여 시료 원액으로 사용하였다.

3. 잎의 크기별 Ascorbic Acid 함량 분석

Ascorbic acid의 함량은 High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)법을 이용하여 분석하였다. 꾸지뽕나무의 잎은 대·중·소형으로 분류하여 사용하였으며, 시료 1 g을 막자사발에 넣고 5% meta-phosphoric acid를 첨가하여 마쇄한 후 glass filter를 이용하여 흡인 여과하였다. 추출한 용액을 25 mL 메스 플라스크에 5% metaphosphoric acid로 정용한 후

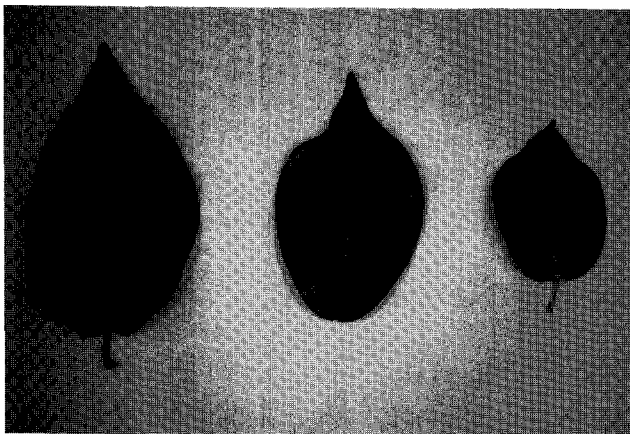


Fig. 1. Three sizes of *Cudrania tricuspidata* leaves used for this experiment.

원심분리(12,000 rpm, 3 min, Hanil MIC RO-12)하여 상등액을 고속 액체 크로마토그래피에 직접 주입하여 분석하였다. 함량은 검출 시간(Retention time)과 비교하여 동정하였으며, 피크의 면적에 의해 산출된 값을 기준으로 하여 총 함량을 구하였다. 분석 조건은 Table 1과 같다.

4. 꾸지뽕나무의 부위별 총 폴리페놀 함량 분석

꾸지뽕나무의 잎, 근피, 뿌리, 줄기, 가시 부위의 추출물과 꾸지뽕잎 차의 총 폴리페놀 화합물의 함량은 Folin-Denis법으로 하였다(Swain *et al* 1959). 꾸지뽕나무의 생잎을 대·중·소형의 세 종류로 분류하여 사용하였다. 꾸지뽕나무의 잎 약 5 g을 환류 냉각 장치가 있는 250 mL의 삼각플라스크에 넣고, 약 50 mL의 80% 에탄올 용액을 첨가한 후, 시료의 효소 활성을 억제하기 위하여 냉각관이 있는 항온조에서 80℃에서 5분간 중탕하여 실활시킨 후, 파쇄(Homogenizer drives, Janke & Kunkel, IKA-Labortechnik, ULTRA-TURRAX T25)하고, glass filter로 흡인 여과한 후, 잔사는 2회 소량의 80% 에탄올로 세척을 한 후, 여액을 합쳐서 100 mL로 정용하였다.

이 샘플 용액 100 μ L에 증류수 1 mL와 페놀시약 100 μ L를 첨가한 후, 6분간 실온에 방치하고 10% Na₂CO₃ 2 mL, 증류수 2 mL를 첨가하여 혼합한 후 60분간 실온에 방치한 다음 분광광도계를 이용하여 725 nm에서 총 폴리페놀 함량을 측정하였다.

5. 꾸지뽕나무의 부위별 항산화 활성 측정

1) 시료 제조

꾸지뽕나무의 잎, 근피, 뿌리, 줄기, 가시의 각 시료 5 g을 250 mL의 삼각 플라스크에 넣고 80% 에탄올 100 mL를 첨가한 후 시료의 효소 활성을 파괴하기 위하여 냉각관이 있는 항온조 80℃에서, 5분간 중탕하여 실활시킨 후, 파쇄(Homogenizer drives, Janke & Kunkel, IKA-Labortechnik, Ultra-Turrax

Table 1. Analysis conditions of ascorbic acid

Instrument	HITACHI 655A-11
Column	Inertsil NH ₂ (5 μ m, 4×250 mm, GL Science)
Solvent	Acetonitrile: 10 mM KH ₂ PO ₄ (85:15, v/v)
Detector	SHIMADZU UV-VIS SPD-10Avp
Flow rate	0.7 mL/min
Injection volume	20 μ L
Detection wavelength	254nm
Injector	HITACHI 655A-40 Auto Sampler

T25)하고, glass filter를 이용하여 흡인 여과한 다음 그 여액을 측정용 시료로 이용하였다. 꾸지뽕나무 잎차는 에탄올, 물 두 가지 용매로 추출하였다. 에탄올 추출물은 100 mL의 삼각플라스크에 80% 에탄올 50 mL를 넣고 60°C에서 10분간 가열한 후 5분간 초음파 처리하여 잎차 성분을 추출하고, 흡인 여과한 후 그 여과액을 이용하였다. 물 추출물은 100 mL의 삼각 플라스크에 증류수 50 mL를 넣고 가열한 후 물이 끓기 시작하면 잎차를 넣고 5분간 가열한 후, 식힌 다음 그 여과액을 측정용 시료로 사용하였다.

2) DPPH법에 의한 전자 공여능의 측정

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)을 에탄올에 용해시켜 1 mM 용액을 제조하였다. 이 용액을 시료 100 µL와 혼합한 후, 실온에서 20분 방치한 후, 자외선-가시광선 분광 광도계(UV-VIS spectro photometer, UV-MINI 1240, Shimadzu)를 이용하여 525 nm에서 측정하였다(Kanatt *et al* 2007).

3) Fe²⁺/Ascorbate(FTC법)에 의한 항산화 활성 측정

시료 추출액 4 mL에 2.51% linoleic acid 4.1 mL, 50 mM 인산 완충 용액(pH 7.0) 8 mL, 증류수 3.9 mL를 첨가하여 용액을 잘 혼합한 후 40°C의 어두운 곳에서 항온처리하여 과산화물을 유도시켰다. 이 혼합 용액 0.1 mL, 75% 에탄올 9.7 mL, 30%-ammonium thio-cyanate 0.1 mL를 순서대로 첨가한 후 잘 혼합하였다. 여기에 2×10^{-2} M ferrous chloride (3.5% HCl에 녹인 것)를 0.1 mL 가한 후, 충분히 혼합하여 3분 후에 자외선-가시광선 분광광도계 500 nm에서 일정한 간격(24시간)을 두고 흡광도를 측정하였다. 꾸지뽕잎차는 에틸알코올로 추출하여 시료로 사용하였으며, 이때 시료를 첨가하지 않은 것을 대조구로 하였고 항산화 물질로 알려진 α -tocopherol과 ascorbic acid를 첨가하여 시료와 함께 비교 분석하였다. 대조구의 흡광도가 최대치에 도달할 때까지 측정하였다(Zin *et al* 2006).

4) TBA (2-Thiobarbituric Acid)에 의한 항산화 활성 측정

시료 추출액 (꾸지뽕나무의 잎, 근피, 뿌리, 줄기, 가지 및 잎차의 알코올 추출물) 4 mL에 2.51% linoleic acid 4.1 mL, 50 mM 인산 완충 용액 (pH 7.0) 8 mL, 증류수 3.9 mL를 첨가한 용액을 잘 혼합하여 40°C의 어두운 곳에서 항온 처리하면서 일정한 간격으로 측정하였다. 각 시료 용액 1 mL를 원심 분리 튜브에 넣고, 20% trichloroacetic acid(TCA) 2 mL와 1% 2-thiobarbituric acid(TBA) 2 mL를 가하여 혼합한 후 열탕에서 10분간 가열 처리한 다음 흐르는 물에서 냉각하였다. 그 후에 5°C, 3,000 rpm에서 20분간 원심 분리하고 그 상등액을 532 nm에서 측정하여 TBA값을 나타내었다(Zin *et al* 2006).

결과 및 고찰

1. 무기질 함량

꾸지뽕나무의 생잎과 꾸지뽕잎차 추출물로 무기질 함량을 분석하였다. 무기질은 생체에서 합성할 수 없는 물질로 그 중요성이 부각되고 있다. 꾸지뽕나무 잎과 잎차에 함유되어 있는 각 무기질의 함량은 Table 2와 같다. 무기질 성분 중에는 칼슘의 함량이 가장 많았으며, 칼륨, 인, 마그네슘 및 철의 순으로 함량이 많았다. 한편, 꾸지뽕잎차 추출물의 무기질 함량도 생잎과 비슷한 경향을 보여 잎을 가공하여 차로 제조하여도 무기질의 함량에는 영향이 없음을 알 수 있었다.

2. Ascorbic Acid 함량

꾸지뽕나무 잎의 크기에 따른 ascorbid acid의 함량 결과는 Table 3과 같다. 잎을 대·중·소 세 그룹으로 나누어 ascorbic acid의 함량을 살펴 본 결과, 함량은 대형>중형>소형의 순으로 나타났다. 잎의 크기가 큰 것과 중간 것의 함량은 잎 100 g당 41.08 mg에서 37.30 mg으로 큰 차이를 보이지 않았으나, 작은 잎은 9.93 mg으로 큰 잎의 1/4 정도였다.

3. 부위별 총 폴리페놀 함량

꾸지뽕나무의 잎에 함유된 폴리페놀의 양을 일반적인 차 종류에 많이 함유되어 있는 페놀 화합물인 카테킨(chatechin)의 양으로 환산하여 표시하였다. 꾸지뽕나무 잎, 근피, 뿌리,

Table 2. Mineral contents in *Cudrania tricuspidata* leaf and leaf tea

	Minerals	Content ¹⁾	Minerals	Content
Leaf	Al	0.03±0.20	K	15.53±0.09
	B	0.03±0.00	Mg	1.99±0.02
	Ba	0.02±0.00	Mn	0.33±0.00
	Ca	17.26±0.15	Na	0.13±0.04
	Cu	0.01±0.01	P	2.61±0.06
	Fe	0.05±0.01	Zn	0.01±0.00
	Leaf tea	Al	0.16±0.06	K
B		0.03±0.00	Mg	2.01±0.04
Ba		0.02±0.00	Mn	0.05±0.00
Ca		13.26±0.26	Na	0.15±0.02
Cu		0.01±0.01	P	2.29±0.07
Fe		0.37±0.01	Zn	0.02±0.00

¹⁾ Each value is the mean(mg/g)±standard deviation(n=3).

Table 3. Ascorbic acid content of *Cudrania tricuspidata* leaf in different sizes

Leave size	Parts	Ascorbic acid ¹⁾
Large	whole	41.08±0.13
Medium	whole	37.30±3.75
Small	whole	9.93±0.04

¹⁾ Each value is the mean(mg/100g)±standard deviation(n=3).

줄기, 가시의 80% 알코올 추출물의 총 폴리페놀 화합물의 함량은 카테킨을 표준 곡선으로 하였으며 측정 결과는 Table 4와 같다. 잎에 함유되어 있는 총 폴리페놀의 함량은 생잎 100 g당 약 1,258 mg에서 1,293.33 mg이었다. 잎 이외의 부분인 근피, 뿌리, 줄기, 가시의 총 폴리페놀 화합물 함량은 가시가 223.13 mg으로 가장 적었으며 잎 함유량의 약 1/6 정도였고, 가장 많은 근피의 경우도 약 543.1 mg으로 잎에 함유되어 있는 총 폴리페놀 화합물 함량의 1/2에도 미치지 못하는 양이었다.

국내산 식품의 총 폴리페놀 함량 분석을 보고한 결과를 보면 밤속 껍질, 감잎 등에서 높은 농도를 보였고 사과 등에서 함량도 보고되어 있다(Lee *et al* 1999, Lee & Lee 1994). Table 5에 나타난 것과 같이 꾸지뽕나무 잎을 가공하여 만든 잎차의 총 폴리페놀 함량을 보면 잎차 1 g당 13.12 mg에서 14.16 mg으로 생잎과 같은 100 g 당량으로 환산할 경우, 생잎에 함유되어 있는 양과 큰 차이를 보이지 않았다.

이상과 같이 꾸지뽕나무의 부위별 총 폴리페놀 함량은 잎>근피>뿌리>줄기>가시의 순으로 많았다. 그리고 잎을 가공한 차에서도 폴리페놀 화합물의 양은 많았다. 특히, 차는 실생활에서 간단하게 마실 수 있어 폴리페놀 화합물을 섭취하려

Table 4. Total polyphenol content of several parts of *Cudrania tricuspidata*

Parts	Size	Content of Polyphenol ^{1),2)}
Leaves	Large	1293.33±29.91
	Medium	1281.67±24.91
	Small	1258.00±18.36
Stem bark		543.10± 4.44
Root		369.17± 9.39
Stem		243.33± 2.05
Thorn		223.13±14.22

¹⁾ This value is presented as catechin content.

²⁾ Each value is the mean(mg/100g)±standard deviation(n=3).

Table 5. Total polyphenol content in *Cudrania tricuspidata* leaf tea

Extract method	Polyphenol ^{1),2)}
Alcohol extract	1416.23±0.13
Water extract	1312.58±0.50

¹⁾ Polyphenol content is presented as catechin content.

²⁾ Each value is the mean(mg/100g)±standard deviation(n=3).

고 할 때 좋은 방법이라고 생각된다.

4. 꾸지뽕나무의 부위별 항산화 활성

1) 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH법)에 의한 부위별의 항산화 활성 및 잎차의 항산화 활성

DPPH는 아스코르빈산, 토코페롤, 방향족 아민류에 의해서 환원되어 짙은 보라색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자 공여능을 측정하는 유용한 방법으로 알려져 있다(Swain *et al* 1959). 꾸지뽕나무의 잎을 비롯한 각 부위의 항산화 활성을 Table 6에 나타내었고, Table 7에는 꾸지뽕나무 잎차의

Table 6. DPPH radical scavenging activity of the several part of *Cudrania tricuspidata*

Parts	Size	Inhibition rate(% ²⁾	α -Tocopherol ^{1),2)}
Leaves	Large	29.86±1.23	37.84± 0.15
	Medium	35.22±1.56	44.81± 0.20
	Small	30.90±0.36	39.30± 0.05
Stem bark		5.18±0.00	65.93± 0.25
Root		4.56±0.28	57.99±35.49
Stem		3.26±0.31	41.44±40.30
Thorn		3.17±0.18	40.34±23.12

¹⁾ This value is presented as α -Tocopherol.

²⁾ Each value is the mean(mg/g)±standard deviation (n=3).

Table 7. DPPH radical scavenging activity of *Cudrania tricuspidata* leaf tea

Extract method	Inhibition rate(% ²⁾	α -Tocopherol ^{1),2)}
Alcohol extract	29.01±0.47	37.01±0.59
Water extract	29.97±0.69	38.23±0.88

¹⁾ This value is presented as α -Tocopherol.

²⁾ Each value is the mean(mg/g)±standard deviation(n=3).

알코올과 물 추출물의 항산화 활성의 결과를 표시하였다. 유리 라디칼로서 산화 작용을 일으키는 DPPH의 소거능(저해율)을 보면 근피, 뿌리, 줄기, 가지보다는 잎의 효과가 매우 좋았다. 잎 이외의 부분의 저해율을 보면 가지, 줄기가 약 3%, 뿌리가 약 4%, 저해율이 가장 높았던 근피가 약 5%인데 비하여 잎은 약 30~35%로 다른 부위의 6~11배 정도의 저해율을 나타내었다. 또한, 꾸지뽕나무 잎차의 저해율도 생잎과 비슷한 29.97%의 저해율을 나타내었다. 이것은 Table 4의 총 폴리페놀 함량과 깊은 관계를 나타내었는데, 폴리페놀의 함량이 많았던 생잎과 잎차에서 항산화 효과가 큰 것으로 나타났다. 또, 부위별 폴리페놀의 함량은 근피>뿌리>줄기>가지 순으로 나타났는데 저해율도 동일한 순으로 나타나 폴리페놀의 함량이 높을수록 항산화 활성이 강한 것을 알 수 있었다.

2) Fe²⁺/Ascorbate(FTC법)에 의한 항산화 활성

FTC법에 따라 측정된 항산화 활성을 Fig. 2에 나타내었다. 꾸지뽕나무 시료나 항산화제(토코페롤, 아스코르빈산)를 첨가하지 않은 대조구는 1일째부터 산화가 급격하게 진행되어

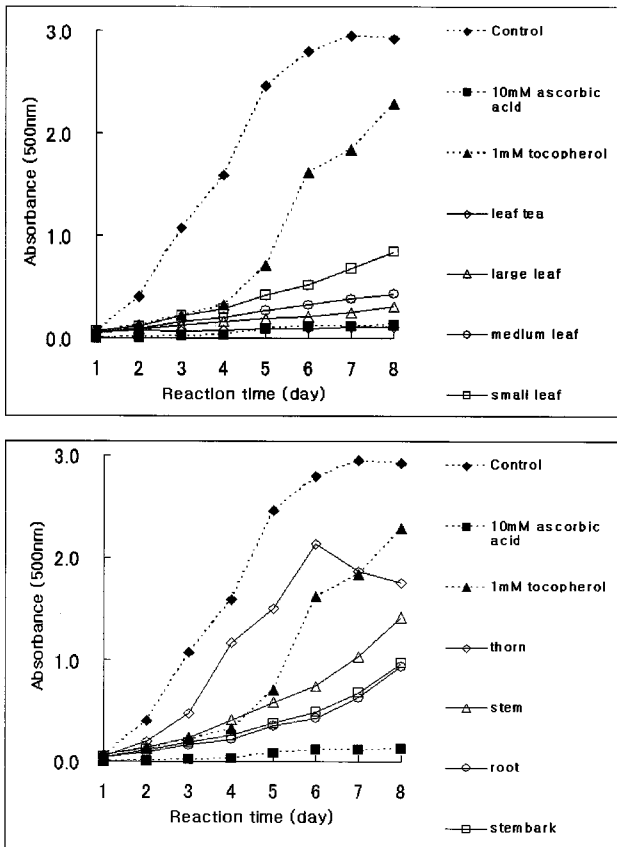


Fig. 2. Antioxidative activities of extracts of *Cudrania tricuspidata* as measured by FTC method.

Table 8. Correlation coefficients between ascorbic acid, total polyphenol and DPPH, FTC, TBA method

	Ascorbic acid	Poly-phenol	DPPH	FTC	TBA
Ascorbic acid	1	0.976	0.226	0.750	-0.808
Polyphenol		1	0.10	0.876	-0.916
DPPH			1	-0.474	0.392
FTC				1	-0.996
TBA					1

6일째 최대치를 나타내었다. 잎의 크기에 따른 항산화 활성은 대형>중형>소형의 순으로 활성이 높았고 부위별 항산화 활성은 근피>뿌리>줄기>가시의 순으로 나타났다.

이러한 결과는 폴리페놀의 함량이 많은 순서와 동일한 결과를 보였고 아스코르빈산의 함량 결과와도 일치하였다. 특히 잎차의 에틸알코올 추출물이 높은 항산화 활성을 나타내었는데 이것은 아스코르빈산 10 mM과 비슷한 효과를 보였다.

3) TBA (2-thiobarbituric acid)에 의한 항산화 활성 측정

TBA법을 이용하여 항산화 활성 측정 기간 7일간 중에서 시료에 따른 활성의 차이가 크게 나타나기 시작하는 5일째의 대조구를 100으로 하여 상대적인 활성% 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 잎의 크기에 따른 항산화 활성은 대형>중형>소형 순으로 대형 잎의 효과가 큰 것을 알 수 있었다. 부위별 항산화 활성의 결과도 근피, 뿌리, 줄기, 가시의 순으로 높은 활성을 보여 잎의 크기와 부위별에 따른 항산화 활성이 폴리페놀의 함량 결과와 아스코르빈산의 함량 결과, 다른 항산화 측정 방법의 결과와도 일치하였다. 즉, 아스코르빈산의 함

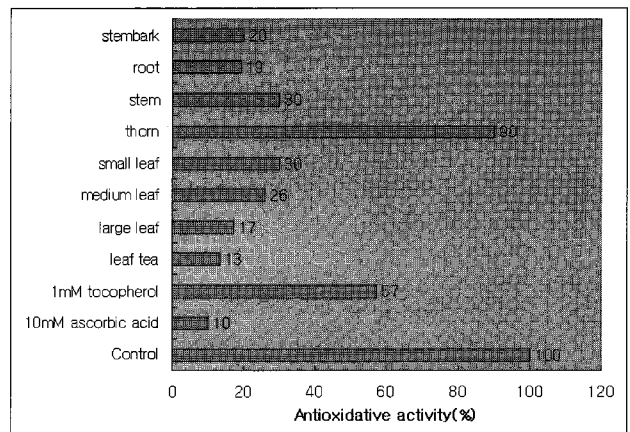


Fig. 3. Antioxidative activities of extracts of *Cudrania tricuspidata* as measured by TBA method.

량이 많을수록 또 총 폴리페놀의 함량이 많을수록 높은 항산화 활성을 보이는 일관된 결과를 나타내었다. DPPH법, FTC법, TBA법으로 항산화 활성을 측정된 결과, 꾸지뽕나무의 부위 가운데 잎이 가장 높은 활성을 보였고 잎의 크기가 클수록 활성이 좋았다. 특히 잎차의 총 폴리페놀 함량, 항산화 활성 등이 높은 것으로 나타났다. 또, 근피>뿌리>줄기>가시의 순으로 활성도를 나타내어 폴리페놀의 함량과 일치하는 결과를 보였다.

아스코르브산의 함량, 총 폴리페놀 함량과 DPPH법, FTC법, TBA법으로 측정된 항산화 활성 간의 상관계수를 조사한 결과 아스코르브산 함량과 총 폴리페놀, FTC법, TBA법의 측정 결과와는 높은 상관관계를 보였다. 총 폴리페놀 함량과 FTC법, TBA법 측정 결과와도 높은 상관관계를 보였지만 DPPH법 측정 결과와는 아스코르브산, 총 폴리페놀 함량, 다른 항산화 활성 결과와 낮은 상관관계를 보였다.

천연에 있는 항산화 물질은 대부분 식물 유래의 화합물이며 잎, 줄기, 열매, 뿌리, 씨앗 등 다양한 부분에 존재한다. 항산화 활성을 나타내는 물질은 폴리페놀 화합물인 경우가 많으며, 체내의 활성 산소의 생성을 지연 또는 저해하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 꾸지뽕나무의 각 부위 추출물 가운데에서 잎은 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 나타나 항산화 원인 물질의 탐색, 생리적 효과 확인 등 더욱 정밀한 항산화 관련 실험이 필요한 것으로 생각된다. 특히 쉽게 구입하여 마실 수 있는 꾸지뽕잎차도 높은 항산화 효과를 나타내는 것으로 나타났고 폴리페놀의 함량 결과와도 일치하였다.

요약 및 결론

경주시 외동 지역에서 재배되고 있는 꾸지뽕나무의 무기질 성분과 항산화 기능을 가지는 ascorbic acid, 총 폴리페놀 화합물의 함량을 조사하고 항산화 활성을 측정하여 꾸지뽕나무의 유효 이용에 대한 기초 자료로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 꾸지뽕나무 잎의 무기질 성분 중에서 칼슘의 함량이 가장 많았으며, 칼륨, 인, 마그네슘 및 철의 순으로 함량이 많았다. 또, 꾸지뽕나무 잎차의 무기질 함량도 잎과 같은 경향을 나타내었다.
2. 꾸지뽕나무 잎의 ascorbic acid 함량은 잎의 크기에 따라 대형>중형>소형의 순으로 높은 함량을 보였으며 대형과 중형은 차이가 작았지만 소형 잎은 큰 잎의 1/4 정도였다.
3. 꾸지뽕나무 잎, 근피, 뿌리, 줄기, 가시의 80% 에틸알코올 추출물과 꾸지뽕나무 잎차의 물과 알코올 추출물 중의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과, 잎이 가장 많았고

근피>뿌리>줄기>가시의 순으로 많았다. 그리고 잎차의 폴리페놀 함량도 생잎과 비슷하게 함유량이 많았다.

4. DPPH법, FTC법, TBA법으로 항산화 활성을 측정된 결과 꾸지뽕나무의 부위 가운데 잎이 가장 높은 항산화 활성을 나타내었고, 다음으로 근피, 뿌리, 줄기, 가시의 순으로 활성이 높았다. 또, 잎의 크기가 클수록 활성이 높았다. 이러한 결과는 아스코르브산의 함량과 총 폴리페놀의 함량의 결과와도 일치하여 아스코르브산과 총 폴리페놀 성분이 항산화 활성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.
5. 꾸지뽕잎차는 총 폴리페놀 함량이 높고 항산화 활성도 높아 매우 효과적인 섭취원인 것으로 나타났다. 이번에 사용한 꾸지뽕나무의 생잎은 5년생 나무와 잎의 크기가 중간 정도인 시기인 9월에 채취한 것으로 채취 시기, 품종, 재배 조건 등에 의해 차이가 있을 것으로 생각된다.

문헌

- Cha JY, Kim HJ, Cho YS (2000) Effect of water soluble extract from leaves of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata* on the lipid peroxidation in tissues of rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 531-536.
- Cha JY, Kim HJ, Chung CH, Cho YS (1999) Antioxidatives and contents of polyphenolic compound of *Cudrania tricuspidata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1310-1315.
- Chang CH, Lin CC, Hattori M, Namba T (1994) Effects of anti-lipid peroxidation of *Cudrania cochinchinensis* var. *gerontogea*. *J Ethnopharmacol* 44: 179-185.
- Fukuda Y, Nagata M (1986) Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. *Agric Biol Chem* 50: 857-861.
- Hano Y, Matsumoto Y, Sun JY, Nomura T (1990) Structures of four new isoprenylated xanthenes, cudraxanthenes H, I, J, and K. *Planta Med* 56: 478-481.
- Hano Y, Matsumoto Y, Sun JY, Nomura T (1991) Structures of four new isoprenylated xanthenes, cudraxanthenes L, M, N, and O from *Cudrania tricuspidata*. *Planta Med* 57: 172-175.
- Jang IM (2003) In Treatise on Asian Herbal Medicines. Natural Products Science Seoul National University Press, Seoul.
- Kanatt SR, Chander R, Sharma A (2007) Antioxidant potential of mint(*Mentha spicata* L.) in radiation-processed lamb meat. *Food Chemistry* 100: 451-458.
- Kang DG, Hur TY, Lee GM, Oh HC, Kwon TO, Sohn EJ, Lee HS (2002) Effects of *Cudrania tricuspidata* water

- extract on blood pressure and renal functions in NO-dependent hypertension. *Life Sci* 70: 2599-2609.
- Kim HJ, Cha JY, Choi MR, Cho YS (2000) Antioxidative activities by water-soluble extracts of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata*. *J Korean Soc Agric Chem* 43: 148-152.
- Kim SH, Kim NJ, Choi JS, Park JC (1993) Determination of flavonoid by HPLC and biological activities from the leaves of *Cudrania tricuspidata* Bureau. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 22: 68-72.
- Lee CB (1985) *Daehanshikmuldogam* Hyangmoonsha, Seoul. p 285.
- Lee IK, Kim CJ, Song KS, Kim HM, Kosino H, Uramoto M, Yoo ID (1996a) Cytotoxic benzyl dihydroflavonnols from *Cudrania tricuspidata*. *Phytochemistry* 41: 213-216.
- Lee IK, Kim CJ, Song KS, Kim HM, Koshino H, Uramoto M, Yoo ID (1996b) Cytotoxic benzyl dihydroflavonnols from *Cudrania tricuspidata*. *Phytochemistry* 41: 213-216.
- Lee JH, Kim CS, Kim SH, Huh CS, Baek YJ (1999) Changes of polyphenol contents in unripe apples according to heat treatments. *Korean J Food Sci Technol* 31: 147-152.
- Lee JH, Lee SR (1994) Analysis of phenolic substances content on Korea plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26: 310-316.
- Mitsuda H, Yasumoto K, Iwami K (1966) Antioxidative action of indol compounds during the antioxidation of linoleic acid. *Eiyo to Shokuro* 19: 210-214.
- Swain T, Hillis WE, Oritega M (1959) Phenolic constituents of *Ptunus domestica*. I. Quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10: 83-88.
- Zin ZM, Hamid AA, Osman A, Saari N (2006) Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). *Food Chemistry* 94: 169-178.

(2007년 8월 1일 접수, 2007년 10월 8일 채택)