

한국 산채류 8종 추출물의 폴리페놀 함량분석 및 Peroxynitrite 소거효과

누그로호 아궁 · 김명희 · 이진하¹ · 김종대¹ · 이강노² · 최재수³ · 유명민⁴ · 박희준*

상지대학교 제약공학과, ¹강원대학교 식품공학과, ²성균관대학교 약학대학,
³부경대학교 식품생명공학부, ⁴연세대학교 보건과학대학

Polyphenol Analysis and Peroxynitrite Scavenging Effect of the Extracts from Eight Korean Mountainous Vegetable

Nugroho Agung, Myung-Hoe Kim, Jin-Ha Lee¹, Jong-Dai Kim¹, Kang Ro Lee²,
Jae Sue Choi³, Yeong-Min Yoo⁴ and Hee-Juhn Park*

Department of Pharmaceutical Engineering, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

¹Department of Food Science & Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

²College of Pharmacy, SungKyunKwan University, Suwon 440-736, Korea

³Devison of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

⁴Department of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University, Wonju, Kangwon-do, 220-710, Korea

Abstract – Mountainous vegetables are usually used in the early stage of plant growth. We attempted to identify the quantity of polyphenols (caffeoylquinic acids (CQs) and flavonoids) and peroxynitrite scavenging effect (ONOO⁻) of eight Korean mountainous vegetables. The prominent characteristics were as follows: Only the roots of two plants *Taraxacum platycarpum* and *Ixeris dentata* contained chicoric acid. Five CQs were identified in the leaves of *Cacalia firma* whereas only 3-*p*-coumaroylquinic acid in the petioles of the plant was shown. The quantities of polyphenols such as quinic acid or tartaric acid derivatives in the mountainous vegetables were generally high, though those of flavonoids were very low. The IC₅₀ of chlorogenic acid, chicoric acid and kaempferol were 0.31, 0.12 and 0.25 µg/ml, respectively.

Key words – Polyphenol, Peroxynitrite, *Aster glehni*, *Ixeris dentata*, *Cacalia firma*, HPLC

Peroxynitrite(ONOO⁻)는 superoxide anion radical과 nitric oxide의 반응으로 생성되어 단백질의 tyrosine residue와 결합하여 독성을 나타낸다.¹⁾ 그러므로 과량으로 생성된 peroxynitrite는 오히려 지질과 단백질을 과산화시키고 나아가 세포독성을 야기할 수 있다.²⁾ 그 뿐 아니라, 과량생성된 peroxynitrite는 고콜레스테롤혈증, 동맥경화, 당뇨병 및 비만을 일으킬 수 있다고 한다.³⁻⁵⁾

최근 polyphenol 화합물에 대한 peroxynitrite 소거효과가 알려져 있는 바 chwinamul polyphenol, green tea polyphenol, wine polyphenol의 성분과 peroxynitrite 소거효과가 주로 보고되었다. Peroxynitrite scavenger로는 chwinamul의 caffeoylquinic acid류가,⁶⁾ green tea의 epigallocatechin gallate (EGCG)⁷⁾ wine의 flavonoid인 catechin, epicatechin, myrice-

tin과 hydroxycinnamate인 caffeic acid, ferulic acid, chlorogenic acid 등이 잘 알려져 있다.⁸⁾

저자들은 주로 Aster 속 식물을 위주로 취나물의 caffeoylquinic acid(CQ)류 화합물 분석과 생리활성에 대해 보고해 왔다. 지속적인 연구로서 그 외에 한국에서 자주 산채류로 사용되고 있는 8종의 식물에 대한 페놀성 화합물 분석을 하고자 하였다. 본 연구에서는 CQ 이외에도 flavonoid 성분을 HPLC로 정성 및 정량하고자 하였다. 보통 성분함량이 높은 화합물이 기능성 성분으로 작용하기 때문에 flavonoid 성분과 CQ 중 어느 쪽의 함량이 높은지를 파악하려고 하였다.

분석을 위하여 7종의 quinic acid 유도체인 CQ 표준품 이외에도 tartaric acid 유도체인 chicoric acid(2,3-di-O-caffeoyltartaric acid)를 사용하였다. 플라보노이드 화합물로는 6종의 화합물을 지표물질로 사용하여 동시분석하고자

*교신저자 (E-mail): hjpark@sangji.ac
(Tel): +82-33-730-0564

하였다. 본 연구에서 분석에 사용된 산채로서 섬쑥부쟁이, 씀바귀 뿌리, 개두릅, 민들레 잎, 민들레 뿌리, 병풍쌈의 엽신 및 잎자루 그리고 두메부추를 실험재료로 사용하였다.

재료 및 방법

기기 및 시약 - HPLC 분석을 위해 사용한 기기는 Prostar 210 solvent delivery module, Prostar 325 UV-Vis detector 와 20 μ L sample loop(Rheodyne, Rohnert Park, CA, USA) 으로 구성된 Varian사의 HPLC 시스템(Walnut Creek, CA, USA)이었다. 사용한 HPLC용 컬럼은 Shiseido (Chuoku, Tokyo, Japan) Capcell Pak C18 column(5 μ L, 250 mm \times 4.6 mm I.D.)이었다. HPLC 분석에 사용된 용매는 모두 HPLC 급 용매를 사용하였다. Peroxynitrite 소거효과 실험에 사용된 시약인 dihydrohodamine 123(DHR 123)과 peroxynitrite는 각각 Molecular Probes (Eugene, OR, USA)와 Cayman Chemical Co. (Ann Arbor, MI, USA)로부터 구입한 것을 사용하였다.

그리고 분석을 위해 사용된 표준 화합물인 3,4-di-O-caffeoylquinic acid (3,4-DQ), 3,5-Di-O-dicaffeoyl-muco-quinic acid (3,5-DmQ), 3,5-di-O-caffeoylquinic acid (3,5-DQ), 4,5-

di-O-caffeoylquinic acid (4,5-DQ), 5-O-caffeoylquinic acid (5-CQ), 3-O-caffeoylquinic acid (3-CQ), 3-O-p-coumaroyl-caffeoylquinic acids (3-pCQ)은 성균관대학교 약학대학의 이강노 교수에게서 제공받은 것을 사용하였다. flavonoid 성분은 본 실험실에서 분리하여 동정한 표품이며, chicoric acid는 Sigma사에서 구입한 것을 사용하였다. 실험에 사용한 표준 화합물의 화학구조는 Fig. 1에 나타내었다.

식물재료 - 실험에 사용한 식물재료는 섬쑥부쟁이(*Aster glehni*) 잎, 개두릅(the leaf shoot of *Kalopanax pictus*), 씀바귀 잎(the leaf of *Ixeris dentata*), 민들레 잎과 뿌리(the leaf and root of *Taraxacum platycarpum*), 병풍쌈의 엽신과 잎자루(the blade and petioles of *Cacalia firma*) 및 두메부추의 잎(the leaf of *Allium senescens*)이었다. 이들은 강원도 원주시 일대에서 5월경 채집하여 건조하여 세절한 후 실험에 사용하였다. 이들 식물들은 산림과학과 김갑태 교수의 동정을 받아 실험에 사용하였으며, 표본은 현재 상지대학교 제약공학과 천연물화학 실험실에 보관 중이다.

추출 - 8종의 식물재료는 500 ml 삼각 플라스크에 10 g을 각각 넣고 400 ml의 MeOH을 넣어서 ultrasonic cleaner (Branson 8510)을 이용하여 60C에서 6시간 sonication하였다. 추출액을 여과하여 진공농축기를 이용하여 감압 하에

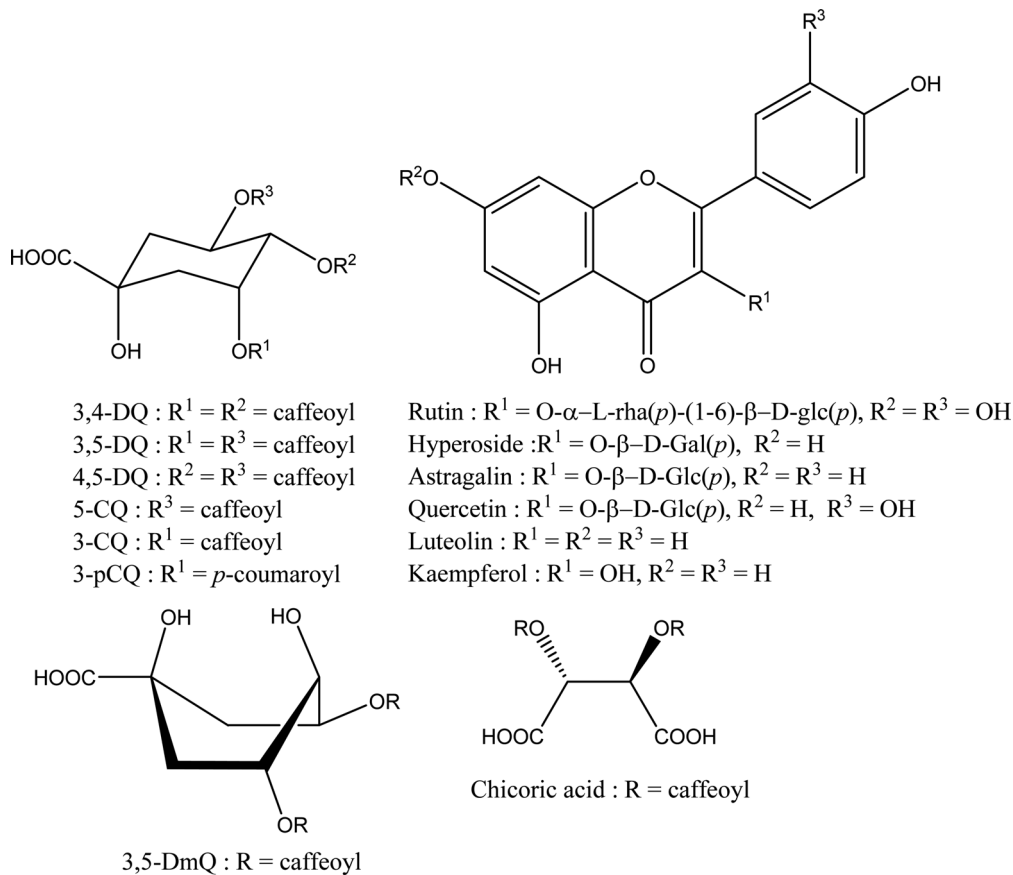


Fig. 1. Structure of standard compounds used for HPLC analysis.

Table I. Regression equation of flavonoids

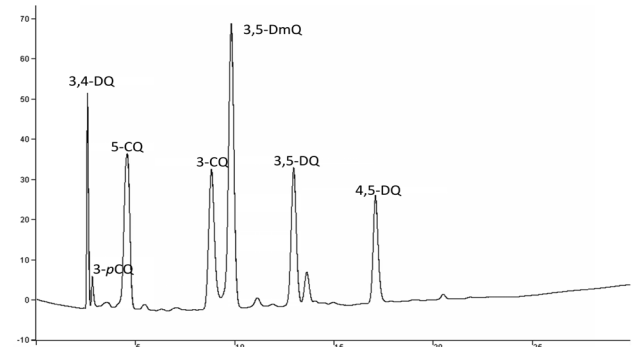
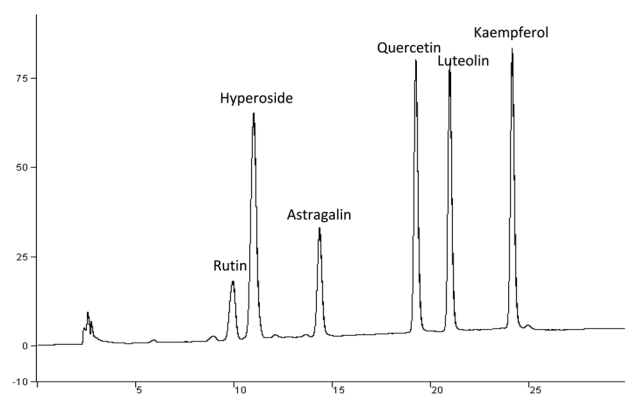
No	Flavonoid	Retention time (min)	Regression Equation	R^2
1	Rutin	10.1	$y=18.72x+32.50$	0.997
2	Hyperoside	11.1	$y=70.71x+71.00$	0.999
3	Astragalin	14.4	$y=27.10x+50.50$	0.998
4	Quercetin	19.3	$y=58.42x+72.00$	0.999
5	Luteolin	21.1	$y=55.44x+136.50$	0.997
6	Kaempferol	24.3	$y=54.85x+287.01$	0.999

The UV detector was fixed at 246 nm. The mobile phase was a mixed solvent of 0.05% phosphoric acid in water (solvent A) and methanol (solvent B). The gradient system was: 0-15 min, 60% A : 40% B; 15-20 min, 50% A : 50% B; 20-30 min, 60% A : 40% B. Chromatography was performed at a flow rate of 1.00 mL min⁻¹. Regression equations were obtained by calculating peak areas for each concentration (18, 32 and 72 µg/mL).

농축한 다음 이들을 각각 동결건조기를 이용하여 24시간 동결건조하였다.

HPLC 분석 - 8종 추출물과 표준 화합물을 각각 80% 메탄올에 녹이고 HPLC에 주입하기 전 0.50 µm syringe filter로 여과하였다. 자외선 검출기의 고정 파장 246 nm를 사용하여 검출하였다. 이동상으로 solvent A로서 0.05% phosphoric acid 수용액을, solvent B로서 MeOH를 사용하여 다음과 같이 기울기 용리법으로 용출하였다. 0-15 min, 60% A : 40% B; 15-20 min, 50% A : 50% B; 20-26 min, 45% A : 55% B; 26-30 min, 60% A : 40% B로 설계하여 전개하였으며 흐름속도는 1.00 mL min⁻¹이었다. 50, 100 and 200 µg/mL의 세 농도에서 각각의 피크 면적을 얻은 회귀직선방정식을 얻었다. 플라보노이드 화합물 6종의 회귀방정식은 Table I에 나타내었고, chicoric acid의 회귀방정식은 $y = 235.0x + 35285$ 로 나타났다. 여기서, y는 피크 면적이며 x는 농도(µg/ml)이며 r^2 값은 0.993이었다. 그리고 CQ와 flavonoid 표준 화합물을 이용해서 얻은 HPLC chromatogram은 Fig. 2에 나타내었다.

Peroxynitrite 소거효과 실험 - Peroxynitrite (ONOO⁻) 소거효과 활성은 변형된 Kooy의 방법을⁹⁾ 사용하여 측정하였다. 이 방법은 peroxynitrite의 존재 하에 비형광성의 DHR 123으로부터 급속히 생성되는 강한 형광성의 rhodamine 123을 모니터링하는 것이다. Rhodamine buffer(pH 7.4)는 50 mM sodium phosphate dibasic, 50 mM sodium phosphate monobasic, 90 mM sodium chloride, 5 mM potassium chloride, and 100 µM DTPA로 구성되어 있다. 마지막 DHR 123 용액 농도는 5 iM이다. 이 검색법에서 완충액은 사용 전에 조절하였으며 병상에 보관하고 사용하였다. 식물 추출물은 10% DMSO(f.c. 5 µg/mL)에 녹여 사용하였다. 0.3 N NaOH 용액에 10 µM peroxynitrite의 추가 여하에 따른 처

Standard caffeoylquinic acids**Standard Flavonoids****Fig. 2.** HPLC chromatogram of standard compounds of caffeoylquinic acids and flavonoids.

리 후 최종의 형광 강도를 측정하였다. 산화된 DHR 123의 형광강도는 microplate fluorescence reader FL 500 (Bio-Tek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)를 이용하여 각각 480 nm와 530 nm의 excitation과 emission에서 측정하였다. Peroxynitrite 소거활성은 DHR 123 산화의 검출을 통하여 최종 형광강도 값에서 background fluorescence 값을 빼서 산출하였다. L-Penicillamine은 양성 대조약물로 사용하였다. 이 활성실험의 데이터를 평균 ± SEM으로 나타내었다.

결 과

CQ는 한국의 산채인 취나물에서 높은 함량으로 나타나며, 이 성분이나 이를 함유한 추출물 혹은 분획물의 peroxynitrite 소거효과,⁶⁾ 항궤양효과,¹⁰⁾ 항비만효과¹¹⁾ 등에 대해 보고해 오고 있다. 특히 취나물에 이러한 성분의 함량이 높은 것으로 나타났기 때문에 현 8종 산채에 대하여 CQ 뿐 아니라 플라보노이드 함량을 함께 분석하였다.

Table II에 나타낸 바와 같이 섬쭉부쟁이는 그 함량이 66.32 mg/g에 달하여 가장 CQ 함량이 높았다. Fig. 3에 나타내었듯이, 섬쭉부쟁이의 HPLC 분석결과 3,5-DQ, 5-CQ, 3-CQ, 3-pCQ가 나타났다. 오갈피나무과 식물인 엄나무 새순인 개

Table II. Content of caffeoylquinic acids and chicoric acid in eight Korean mountainous vegetables

Compounds	Samples							
	<i>A. glehni</i>	<i>K. pictus</i> (leaf shoot)	<i>I. dentata</i> (root)	<i>T. platycarpum</i> (leaf)	<i>T. platycarpum</i> (root)	<i>C. firma</i> (blade)	<i>C. firma</i> (petioles)	<i>A. senescens</i>
3,4-DQ (1)	5.59±0.70 ^a	trace	0.46±0.03	0.48±0.06	0.52±0.08	0.80±0.01	trace	trace
3,5-DmQ (2)	ND	ND	ND	ND	ND	0.23±0.01	ND	ND
3,5-DQ (3)	12.1±0.64	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,5-DQ (4)	8.54±0.93	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5-CQ (5)	18.81±0.63	14.61±0.30	8.36±0.09	0.90±0.07	7.64±0.42	19.5±0.49	55.20±1.09	trace
3-CQ (6)	16.46±0.73	ND	3.43±0.05	ND	ND	0.86±0.01	ND	ND
3-pCQ (7)	4.81±1.24	14.28±0.79	11.93±1.28	16.6±0.91	9.84±0.27	4.31±0.03	16.2±0.26	44.3±1.98
Chicoric acid (8)	ND	ND	3.31±0.93	ND	4.85±0.14	ND	ND	ND
Sum (mg/g)	66.32±2.23	28.89±0.98	28.1±1.21	18.0±0.88	14.7±0.16	25.7±0.11	71.35±1.22	44.3±1.98
% of dried weight	6.63±0.23	2.89±0.1	2.81±0.12	1.80±0.09	1.47±0.02	2.57±0.01	7.14±0.12	4.43±0.20
% of extract	41.20±1.42	16.4±0.56	9.15±0.39	14.2±0.46	5.95±0.07	49.4±0.20	13.7±0.22	21.4±0.95

^aValues represent mean±S.D. based on three experiments, ^bND : not detected, trace: <0.10

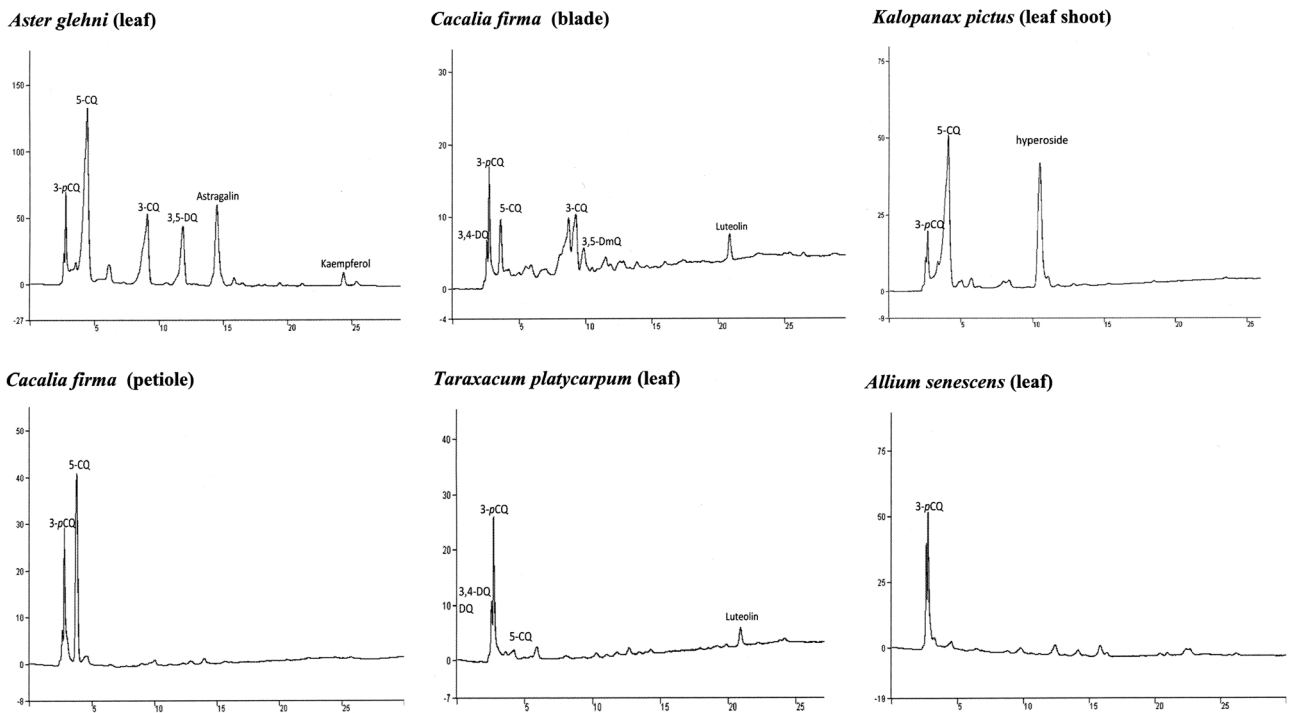


Fig. 3. HPLC chromatogram of six Korean mountainous vegetables that chicoric acid has not been detected.

두릅은 5-CQ와 3-pCQ를 함유하고 있었다. Fig. 4에 나타내었듯이, 씀바귀 뿌리는 3,4-DQ, 5-CQ, 3-pCQ 및 chicoric acid를 함유하고 있었다. 민들레 잎은 3-pCQ만을 함유하고 나머지 6종 CQ는 확인되지 않았던 반면 민들레 뿌리는 CQ 이외에도 chicoric acid를 함유하고 있었다. 이러한 실험결과는 민들레의 경우 뿌리가 chicoric acid를 함유하며 잎에는 함유되어 있지 않음을 나타내는 것이다. 본 실험에서

chicoric acid가 나타난 식물은 뿌리를 사용한 씀바귀와 민들레였으며 다른 식물도 뿌리에 이 화합물이 함유되어 있는지 확인해 보는 과정이 필요하다고 생각된다. 병풍쌈의 CQ 함량은 이미 이전에 보고하였으나 본 연구에서는 추가적으로 엽신과 잎자루를 나누어 분석할 뿐 아니라 CQ와 flavonoid를 동시에 분석하고자 하였다. 그 결과, 병풍쌈 엽신은 3,4-DQ, 3,5-DQ, 5-CQ, 3-CQ, 3-pCQ를 함유하고 있

음이 나타났으나 잎자루는 3-pCQ만이 나타났다. CQ 총합량으로서 병풍쌈 엽신은 25.7 mg/g을 나타낸 반면 잎자루는 71.3 mg/g에 달하였다. 한편, 단자엽식물의 백합과에 속하는 두메부추는 3-pCQ만이 나타났으며 그 함량은 44.3 mg/g으로서 매우 높았다. 이상에서 특기할 점은 실험에 사용된 산채류 3-pCQ는 모두 함유하고 있었고 chicoric acid는 뿌리를 이용한 식물에서만 확인된 점이였다.

8종 식물재료에 대한 플라보노이드 성분분석 결과가 Table III이다. 산채로 이용되고 있는 8종 식물재료는 모두 flavonoid의 함량이 낮은 것으로 나타났다. 6종의 플라보노이드 성분으로 분석하였을 때 가장 총합유량이 높은 산채는 섬쭉부

쟁이였으며(8.38 mg/g), 개두릅은 두 번째로 높았다(1.84 mg/g). 섬쭉부쟁이는 astragalin과 kaempferol을 함유하였으며 개두릅은 hyperoside를 함유하였다. 민들레는 뿌리에 플라보노이드가 확인되지 않았으나 잎에는 소량 함유되어 있었다(luteolin, 0.08 mg/g). 또, 병풍쌈은 엽신은 luteolin을 0.08 mg/g으로서 매우 소량이었고 잎자루에서는 검출되지 않았다. 이상과 같은 사실에서 8종 식물재료만 고려하면 산채의 생리활성 성분으로서 CQ 함량이 중요한 것으로 추측된다. 이에 따라 산채의 폴리페놀 함량에 따른 약리작용에서 CQ는 플라보노이드보다 더 중요하게 작용할 것으로 예측된다.

Table IV에 나타낸 바와 같이 전반적으로 8종의 산채류

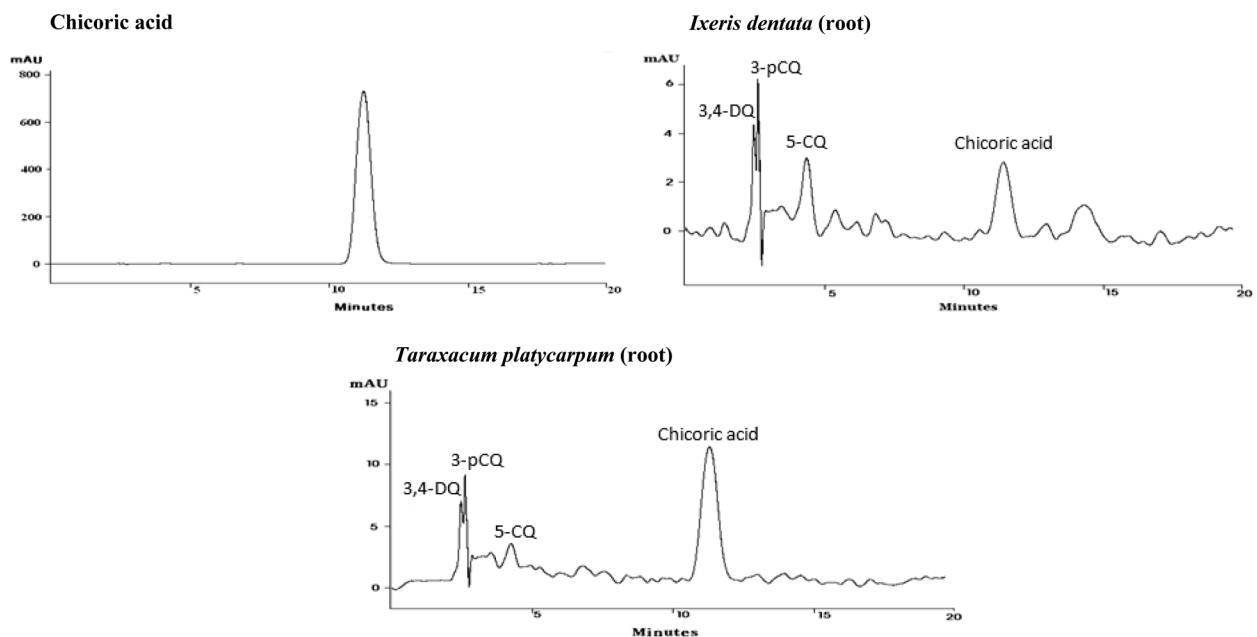


Fig. 4. HPLC chromatogram of the extracts of a standard compound (chicoric acid), and *I. dentata* leaves, and *T. platycarpum* roots containing chicoric acid.

Table III. Content of flavonoids in eight Korean mountainous vegetables

Compounds	Samples							
	<i>Aster glehni</i>	<i>K. pictus</i> (leaf shoot)	<i>I. dentata</i> (root)	<i>T. platycarpum</i> (leaf)	<i>T. platycarpum</i> (root)	<i>C. firma</i> (blade)	<i>C. firma</i> (petioles)	<i>A. senescens</i> (leaf)
Rutin (9)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hyperoside (10)	ND	1.84±0.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Astragalin (11)	8.18±0.55	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Quercetin (12)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Luteolin (13)	ND	ND	ND	0.08±0.01	ND	0.08±0.01	ND	ND
Kaempferol (14)	0.2±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sum (mg/g)	8.38±0.56	1.84±0.06	-	0.08±0.01	-	0.08±0.01	-	-
% of dried weight	0.84±0.06	0.18±0.01	-	0.01±0.00	-	0.01±0.00	-	-
% of extract	5.21±0.34	1.04±0.03	-	0.01±0.00	-	0.16±0.01	-	-

^aValues represent mean±S.D. based on three experiments, ^bND : not detected

Table IV. Peroxynitrite scavenging effect of eight Koran mountainous vegetables

Treatment	IC ₅₀ (µg/ml)	Treatment	IC ₅₀ (µg/ml)
<i>T. platycarpum</i> (root)	1.35±0.09	<i>I. dentata</i> (leaf)	10.83±1.32
<i>T. platycarpum</i> (leaf)	11.40±1.83	<i>C. firma</i> (blade)	12.53±1.06
<i>A. senescens</i> (leaf)	3.92±0.07	<i>C. firma</i> (petiole)	43.87±2.15
<i>K. pictus</i> (leaf shoot)	2.83±0.36	penicillamine	1.01±.15
<i>A. glehni</i> (leaf)	3.97±0.07		

Data represent mean±S.D. (n=3).

Table V. Peroxynitrite scavenging effect of chlorogenic acid, chicoric acid and kaempferol

Treatment	Conc.	% Scavenging effect	IC ₅₀ (µg/ml)
Chlorogenic acid	2.00	85.8±0.55	0.31±0.02
	0.40	61.0±3.33	
	0.08	21.3±3.18	
Chicoric acid	2.00	85.5±0.71	0.12±0.01
	0.40	70.1±1.07	
	0.06	46.6±1.11	
	0.016	21.0±1.66	
Kaempferol	2.00	86.9±0.33	0.25±0.008
	0.40	69.6±1.54	
	0.08	25.6±3.20	
Penicillamine	5.00	78.0±0.88	1.30±0.21
	1.00	48.4±2.35	
	0.20	15.7±0.21	

Data represent mean±S.D. (n=3).

추출물은 그 IC₅₀ 값이 20 µg/ml 이하로 나타나 산채류 추출물은 peroxynitrite를 잘 소거하는 것으로 생각된다. 효과가 우수한 추출물로는 민들레 뿌리(IC₅₀, 1.35 µg/ml), 개두릅(2.83 µg/ml), 두메부추(2.26 µg/ml)이었다. Caffeoylquinic acid, caffeoyltartaric acid, flavonoid 간의 활성 비교를 위하여 chlorogenic acid, chicoric acid, kaempferol의 활성 검정을 했을 때 chicoric acid, kaempferol, chlorogenic acid의 활성 순서로 나타났다(Table V).

고 찰

본 실험에서의 분석에서 8종의 식물재료 중 섬쭉부쟁이의 CQ함량이 가장 높은 사실을 알 수 있었다. 개두릅은 산채로 식용하는 엄나무의 순을 지칭한다. 엄나무 잎과 뿌리의 성분들 함량이 비교된 바 있다.¹²⁾ 섬쭉부쟁이가 여러 종류의 CQ 화합물을 함유하고 있음에 비해 개두릅은 5-CQ와 3-pCQ만 CQ로서 함유하고 있는 점이 달랐고, 그 외 hyperoside란 flavonoid 화합물을 함유하였다.

씀바귀 뿌리는 5-CQ, 3-CQ, 3-pCQ 이외에도 chicoric acid를 함유하고 있었다. 씬바귀 추출물은 뇌조직의 산화적 스트레스를 예방하는 특성이 밝혀져 있고¹³⁾ 흰씀바귀의 라디칼 소거활성이 보고되어 있으므로,¹⁴⁾ 이 식물 중 확인된 이들 폴리페놀성 화합물이 그러한 작용을 나타낼 것으로 예상된다.

서양에서는 서양민들레(*Taraxacum officinale*)를 질병치료에 널리 이용하며 dandelion이라고 불리고 있다. 한국에도 이 서양민들레가 전파하여 귀화식물로 야생하므로 국산의 민들레(*T. platycarpum* 혹은 *T. mongolicum*)과 함께 자생하고 있다. 민들레는 포공영(*Taraxaci Herba*)이라 하여 건위, 진정, 해열, 창종, 완하, 간질환 등에 이용해 왔다.¹⁵⁾ *Taraxacum*속 식물로부터 steroid, sesquiterpenoid, triterpenoid, flavonoid, caffeoylquinic acid, caffeoyltartaric acid 성분이 알려졌다.^{16,17)} Liu 등은¹⁸⁾ dandelion이 에탄올 유도 마우스 간독성에 대한 보호효과를 보고하였고, Park 등은¹⁹⁾ *T. officinale* 잎 추출물이 luteolin과 chicoric acid가 HPLC 분석 중 나타났다고 보고하였다. Heo 등은²⁰⁾ *T. mongolicum* 물 추출물의 라디칼 소거능을 보고하였다. 그러나 본 연구 결과에서 보듯이 민들레 지상부에는 3,4-DQ, 5-CQ, 3-pCQ만이 확인되며 지하부에서는 이 화합물 이외에도 chicoric acid를 주로 함유하고 있음을 알 수 있었다. 한편 flavonoid인 luteolin은 지상부에서만 관찰되었으며 지하부에는 확인되지 않았다. 이상과 같이 민들레 뿌리를 이용한다면 민들레 지상부와는 다른 chicoric acid에 의한 생리활성이 나타날 것으로 생각된다. Chicoric acid에 대해서는 human immunodeficiency virus (HIV)-1에 대한 억제효과^{21,22)} 이외에도 인슐린 분비 증강효과,²³⁾ 혈관이완작용,²⁴⁾ 항염 및 항산화 작용이²⁵⁾ 주로 보고되어 있다. 본 실험 중 뿌리를 이용한 분석에서만 chicoric acid가 나타난 점이 특이하다.

취나물 중 하나로 이용되고 있는 병풍쌈의 CQ 화합물이 동정된 적이 있지만²⁶⁾ 본 연구에서는 그 엽신과 잎자루의 CQ 뿐 아니라 플라보노이드 화합물을 동시분석하고자 하였다. 그 결과, 엽신은 dicaffeoylquinic acid류 등 CQ와 플라보노이드 성분으로서 luteolin을 함유하였지만 잎자루에는 3-pCQ만 함유하므로 엽신과 잎자루의 페놀성 화합물 조성이 상이함이 확인되었다. 두메부추에 대한 superoxide

dismutase (SOD)-like activity 등 항산화효과가 보고되었으나²⁷⁾ 그 활성성분은 보고된 바 없다. 본 실험에서 두메부추 앞에서는 3-pCQ가 44.1 mg/g에 달하였으므로 이 성분이 항산화작용을 담당할 것으로 예측되었다. 폴리페놀 화합물의 약리작용은 취나물과 dandelion 성분에서 알 수 있듯이 항당뇨, 항염, 고지혈증, 이뇨, 이담, 항산화, 진통, 해열, 항혈전, 항알러지 등 일반적인 약리작용을 나타낸다.¹⁷⁾ 그러므로, 식물 다양성에서 따른 산채의 이용법 모색을 강구할 수 있을 것이다.

이상과 같이 산채 종류 혹은 부위에 따라 페놀성 화합물 조성이 달랐으며, 일반적으로 산채는 CQ 함량과 플라보노이드 등 폴리페놀 화합물 함량이 높은 것으로 나타났다. 이중 취나물로 이용되는 섬썩부쟁이의 CQ 함량이 가장 높고, 민들레와 씀바귀의 경우 뿌리에서 chicoric acid가 나타나며, 병풍쌈은 엽신에 비해 잎자루에서 5-CQ 유도체의 CQ는 확인되지 않는 것이 특기할만한 것이었다. 산채의 중요한 일반적 특성으로 주로 폴리페놀의 높은 함량인 것으로 제시할 수 있었다.

Peroxynitrite 소거활성은 테스트한 산채 추출물의 높은 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 생각된다. 특히 민들레 뿌리, 개두릅, 두메부추의 활성이 높아 peroxynitrite 과다생성에 따르는 당뇨병, 고지혈, 동맥경화, 비만 및 심혈관질환의 예방과 치료에 이용될 수 있는 기능성 식품으로서의 전망이 밝다고 생각된다. 또 활성검색된 3종 화합물 중 chicoric acid는 대조 화합물로 이용된 penicillamine보다 활성이 크게 나타난 사실에 따라 상기 질병 치료에 유익하게 작용할 것으로 예측된다.

결 론

한국산 8종의 산채류에 대해 폴리페놀 화합물의 함량을 비교했을 때 일반적으로 CQ 함량은 높았으며 상대적으로 플라보노이드 함량은 낮았다. 실험에 사용된 8종 산채류의 추출물의 peroxynitrite 소거효과도 높은 편으로 이는 주로 CQ의 높은 함유량에 따른 것으로 보인다. 특히, chicoric acid는 그 IC₅₀ 값이 평균치 0.12 µg/ml로서 매우 낮았으며 이를 함유하는 산채는 민들레 뿌리와 씀바귀 뿌리였다. 민들레 뿌리의 peroxynitrite 소거활성이 강하여 이것과 관련된 비만, 고지혈, 동맥경화, 당뇨병 등에 적용할 수 있는 건강기능식품으로서 전망이 좋다고 생각된다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림수산기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

인용문헌

1. Radi, R., Beckman, J. S., Bush, K. M. and Freeman, B. A. (1991) Peroxynitrite oxidation of sulfhydryls. The cytotoxic potential of superoxide and nitric oxide. *J. Biol. Chem.* **266**: 4244-4250.
2. Haenen, G. R., Paquay, J. B., Korthouwer, R. E. and Bast, A. (1997) Peroxynitrite scavenging by flavonoids. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **236**: 591-593.
3. Korda, M., Kubant, R., Patton, S. and Malinski, T. (2008) Leptin-induced endothelial dysfunction in obesity. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* **295**: 1514-1521.
4. Patcher, P., Obrosova, I. G., Mabley, J. G. and Szabo, C. (2005) Role of nitrosative stress and peroxynitrite in the pathogenesis of diabetic complications. Emerging new therapeutic strategies. *Curr. Med. Chem.* **12**: 267-275.
5. Drel, V. R., Patcher, P., Vareniuk, I., Pavlov, I., Lyzogulbov, V. V., Grovez, J. T. and Obrosova, I. G. (2007) A peroxynitrite decomposition catalyst counteracts sensory neuropathy in streptozotocin-diabetic mice. *Eur. J. Pharmacol.* **569**: 48-58.
6. Nugroho, A., Kim, K. H., Lee, K. R., Alam, M. B., Choi, J. S., Kim, W. B. and Park, H. J. (2009) qualitative and quantitative determination of the caffeoylquinic acids on the Korean mountainous vegetables used for chwinamul and their peroxynitrite-scavenging effect. *Arch. Pharm. Res.* **32**: 1361-1367.
7. Tipce, G. L., Leung, T. M., Hung, M. W. and Fung, M. L. (2007) Green tea polyphenols as an anti-oxidant and anti-inflammatory agent for cardiovascular protection. *Cardiovasc. Hematol. Disord. Drug. Targets* **7**: 135-144.
8. Boveris, A., Validez, L. and Alvarez, S. (2002) Inhibition by wine polyphenols of peroxynitrite-initiated chemiluminescence and NADH oxidation. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **957**: 90-102.
9. Kooy, N. W., Royall, J. A., Ischiropoulos, H. and Beckman, J. S. (1994) Peroxynitrite-mediated oxidation of dihydrohodamine 123. *Free Radic. Biol. Med.* **16**: 149-156.
10. Nugroho, A., Choi, J., Lee, K. R., Bachri, M. S., Choi, J. S., Kim, W. B., Lee, K. T. and Park, H. J. (2010) Anti-ulcerogenic effect of the caffeoylquinic acid-rich extract from *Ligularia stenocephala* and HPLC analysis. *Biol. Pharm. Bull.* **33**: 493-497.
11. Nugroho, A., Bachri, M. S., Choi, J., Choi, J. S., Kim, W. B., Lee, B. I., Kim, J. D. and Park, H. J. (2010) The inhibitory effect of the caffeoylquinic acid-rich extract of *Ligularia stenocephala* leaves on obesity in the high fat diet-induced rat. *Nat. Prod. Sci.* **16**: 80-87.
12. Kim, M. Y., Yoo, Y. M., Nam, J. H., Choi, J. and Park, H. J. (2007) Quantitative determination on the constituents of the stem bark and the leaf shoot of *Kalopanax pictus* by HPLC Analysis. *Kor. J. Pharmacogn.* **38**: 270-276.
13. Oh, I. S., Sung, T. H. and Kim, M. R. (2003) *Ixeris dentata*

- extract maintains glutathione concentrations in mouse brain tissue under oxidative stress induced by kainic acid. *J. Med. Food* **6**: 353-358.
14. Hong, S., Jeong, D., Kim, K. and Hwang, E. (2010) The composition of the root of *Ixeris dentate* var. *albiflora* Nakai and cell viability and DPPH radical scavenging activities of its extract. *Korean J. Nutr.* **43**, 105-113.
 15. Ki, J.-W. (2006) Pharmacognosy, pp. 479-481, Dongmyungsa, Seoul.
 16. Schütz, K., Kammerer, D. R., Carle, R. and Schieber, A. (2005) Characterization of phenolic acids and flavonoids in dandelion (*Taraxacum officinale* Web. Ex Wigg.) root and herb by high-performance chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom* **19**: 179-186.
 17. Schütz, K., Carle, R. and Schieber, A. (2006) *Taraxacum*-A review on its phytochemical and pharmacological profile. *J. Ethnopharmacol.*, **107**: 313-323.
 18. Liu, X.-Y., Ma, J., Park C.-M., Chang, H.-K. and Song, Y.-S. (2008) Protective effect of dandelion extracts on ethanol-induced acute hepatotoxicity in C57BL/6 mice. *J. Food Sci. Nutr.* **13**: 269-275.
 19. Park, C. M., Park, J. Y. and Song, Y. S. (2010) Luteolin and chicoric acid, two major constituents of dandelion leaf, inhibit nitric oxide and lipid peroxide formation in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells. *J. Food Sci. Nutr.* **15**, 92-97.
 20. Heo, S.-I. and Wang, M.-H. (2008) Antioxidant activity and cytotoxicity effect of extracts from *Taraxacum mongolicum* H.. *Kor. J. Pharmacognosy* **39**: 255-259.
 21. McDougall, B., King, P. J., Wu, B. W., Wu, B. W., Hostomsky, Z., Reinecke, M. G. and Robinson, W. E. R.. (1998) Dicafeoylquinic acid dicaffoyltartaric acids are selective inhibitors of human immunodeficiency virus type I integrase. *Antimicrob. Agents Chemother.* **42**: 140-146.
 22. Lee, S. U., Shin, C.-G., Lee, C. K. and Lee, Y. S. (2007) Caffeoylglycolic and caffeoylamino acid derivatives, halfmers of L-chicoric acid, as new HIV-1 integrase inhibitors. *Eur. J. Med. Chem.* **42**, 1309-1315.
 23. Tusch, D., Lajoix, A.-D., Hosy, E., Azay-Milhau, J., Ferrare, K., Jahannault, C., Cros, G. and Petit, P. (2008) Chicoric acid, a new compound able to enhance insulin release and glucose uptake. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **377**: 131-135.
 24. Sakurai, N., Iizuka, T., Nakayama, S. and Funayama, H. (2003) Vasorelaxant activity of caffeic acid derivatives from *Cichorium intybus* and *Equisetum arvense*. *Yakugaku Zasshi* **123**: 593-598.
 25. Hu, W., Heo, S.-I. and Wang, M. H. (2009) Antioxidant and anti-inflammatory activity of *Kalopanax pictus* leaf. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* **52**: 360-366.
 26. Park, H.-J., Nugroho, A., Lee, J., Kim, J.-D., Kim, W.-B., Lee, K.-R. and Choi, J.-S. (2009) HPLC analysis of caffeoylquinic acids in the extract of *Cacalia firma* and peroxynitrite scavenging effect. *Kor. J. Pharmacogn.* **40**: 365-369.
 27. Lim, T.-S., Oh, H.-J., Do, J. R. and Kim, H.-S. (2006) Physiological activities of leek extracts from *Allium tuberosum* and *Allium senescens*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**: 301-306.

(2011. 1. 15 접수; 2011. 1. 31 심사; 2011. 2. 9 게재확정)