

상추 7 품종의 Quinic Acid 유도체 분석 및 Peroxynitrite 소거효과

누그로호 아궁 · 장석우¹ · 김원배¹ · 이강노² · 최재수³ · 박희준*

상지대학교 제약공학과, ¹농촌진흥청 고령지농업연구센터
²성균관대학교 약학대학, ³부경대학교 식품생명공학부

Analysis of Quinic Acid Derivatives on Seven Cultivars of the Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Peroxynitrite Scavenging Effect

Agung Nugroho¹, Suk-Woo Jang², Won-Bae Kim², Kang Ro Lee³, Jae Sue Choi⁴ and Hee-Juhn Park^{5,*}

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

¹Highland Agriculture Research Center, Rural Development Administration, Pyeongchang 232-950, Korea

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

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

Abstract – The compositional analysis and the peroxynitrite (ONOO⁻) scavenging assay were undertaken to demonstrate beneficial dietary effect of lettuce (*Lactuca sativa* L., Compositae). Quinic acid derivatives of the seven cultivars were qualitatively and quantitatively analyzed by HPLC to lead to the finding of 3,4-di-*O*-caffeoylquinic acid and 3-*O*-*p*-coumaroylquinic acid and their contents ranged over 2.72-4.47 mg/g and 8.97-23.26 mg/g, respectively. A cultivar Hacheong had the highest quantity of quinic acid derivatives. The peroxynitrite scavenging effect of the five cultivars (Jangsu, Gosina 27, Gopung, Yeolpungjeogchima, and Mipungjeogchugmyeon) were ranged over 7.45-8.26 μ g/ml as IC₅₀s while those of Hacheong and Mihong had less effect (IC₅₀ >10 μ g/ml).

Key words – *Lactuca sativa*, Compositae, peroxynitrite, quinic acid, HPLC

상추는 한국뿐 아니라 세계적으로도 널리 식용되고 있는 채소 중 하나이다. 상추는 국화과의 식물로서 그 학명이 *Lactuca sativa* L.이며 그 잎을 식용하며 약용으로 할 때는 건위, 최면, 진정, 항창종 등의 목적으로 사용한다.¹⁾ 최근에는 식생활의 변화로 인해 당뇨병, 고지혈증, 비만, 동맥경화 알츠하이머 질환 등 다양한 성인병으로 인해 채식을 통해 이러한 질병의 예방과 치료를 도모하고자 하는 사람들이 많다. 이에 따라 저자들도 넘취,²⁾ 고려엉겅퀴,³⁾ 누룩치^{4,5)} 등의 생리활성 성분에 관한 연구를 지속해 오고 있다.

Peroxynitrite(ONOO⁻)는 superoxide anion radical(O₂⁻)와 nitric oxide(NO)의 반응에 의해 생체 내에서 생성된다고 알려져 있으며, 이것은 감염성질환에 대응하기 위해 필요하다고 한다.⁶⁾ 그러나, 과량으로 생성된 peroxynitrite는 오히려 지질과 단백질을 과산화시키고 나아가 세포독성을 야기할

수 있다.⁷⁾ 그 뿐 아니라, 과량생성된 peroxynitrite는 고콜레스테롤혈증, 동맥경화, 당뇨병 및 비만을 일으킬 수 있다고 한다.⁸⁻¹⁰⁾ 그러므로, 본 연구에서는 상추 품종 추출물의 peroxynitrite 소거효과를 관찰함으로써 이러한 질병의 예방에 유효한 품종을 선발하고자 하였다.

특히, 식물의 잎에는 페놀류 등 항산화 물질이 많이 알려져 있어서 플라보노이드, 탄닌, 안토시아닌, 페닐프로파노이드, caffeoylquinic acid 등이 함유되어 있다. 이 중 quinic 유도체는 *p*-coumaric acid, ferulic acid 혹은 caffeic acid가 quinic acid에 에스테르 결합한 화합물로서 다양하게 존재하여 진통효과, 소염효과, 간보호효과, 항산화효과, 혈소판응집억제효과 등이 보고되었다.¹¹⁾

저자들은 산채 자원과 약용식물에 대하여 이러한 연구를 수행하면서 식용으로 하고 있는 상추에 대하여 quinic acid derivative의 분석과 peroxynitrite 소거효과를 규명하고자 하였다. 특히 상추 7품종에 대하여 이러한 연구를 수행하여 peroxynitrite 소거효과에 따른 성인병 예방효과가 있는지를

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

과약하기 위하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 7 품종의 특성을 설명하면 다음과 같다.

하청은 1999년 다수성인 하지청추면을 모본으로 하고, 추대가 늦은 오토골드(Autumn Gold)를 부분으로 하여 교배육성한 품종으로 초다수성이며, 만추대, 연녹색이며, 턱번 저항성 특성을 갖고 있는 청추면 상추이다. 장수는 2000년 추대가 늦고 다수성이나 적색발현이 문제점을 갖고 있는 열풍적치마를 모본으로 하고, 적색발현이 뛰어난 서울약치마를 교배하여 육성한 적치마 상추이다, 육성목표대로 고온기 후반까지 기존품종보다 적색발현이 좋고, 식미감, 저장성, 추대성 등도 향상된 품종으로 봄, 가을 겨울재배에 적합하다. 고풍은 2000년 적색발현이 좋으나 수량성이 떨어지는 문제점을 가진 안동적추면 모본으로 하고, 측면상추 중 수량성이 좋은 딱섬적추면을 교배하여 육성한 적추면 상추이다. 모양이 단아하고 아름다운 특성을 가지고 있으며, 저장성 및 잎 한장의 무게가 무거운 특성이 있으며 추대도 늦은 다수성 품종이다. 봄, 여름, 가을 재배에 적합한 품종이다. 미홍은 2000년 적색발현이 좋으나 수량이 적고 추대가 빠른 문제점을 가진 단홍적추면 모본으로 하고, 측면상추 중 추대성이 늦은 하지청추면을 교배하여 육성한 적추면 상추이다. 안토시아닌 발현이 매우 진하고, 모양이 아름다운 특성을 가지고 있으며 추대도 늦은 품종으로 봄, 여름, 가을 재배도 가능한 품종이다. 고시나 27호는 현재 신품종출원을 위한 전국 지적시험에 공시한 계통으로 치마형상추이면서 포기상추의 특성을 지닌 중간형 계통으로 엽색이 진홍색을 띠며, 식미감이 좋으며, 봄, 가을 재배에 적합한 계통이다. 미풍적추면과 열풍적치마는 권농종묘에서 육성한 시판품종이다.

재료 및 방법

기기 및 시약 - 분석에 사용한 HPLC는 Prostar 210 solvent delivery module, Prostar 325-Vis detector 및 20 μ L sample loop (Rheodyne, Rohnert Park, CA, USA)로 구성된 Varian HPLC system이었다. 분리를 위해 사용한 컬럼은 Hamilton (Reno, Nevada, USA)에서 구입한 Shiseido (Chouku, Tokyo, Japan) 사의 Capcell Pak C18 column (5 μ L, 250 mm \times 4.6 mm I.D.)이었다. HPLC 분석용 이동상의 용매는 J.T. Baker (Philipsburg, NJ, USA)사로부터 구입한 HPLC급 용매이었다. 표준 화합물로 사용한 3,4-di-O-caffeoylquinic acid(3,4-DQ), 3,5-Di-O-dicaffeoyl-muco-quinic acid(3,5-DeQ), 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)의 7종 화합물은 *Lactuca indica*에서 분리된 것이다.¹²⁾ Dihydrorhodamine 123(DHR 123)과

peroxynitrite는 생리활성 실험을 위하여 각각 Molecular Probes (Eugene, OR, USA)와 Cayman Chemical Co. (Ann Arbor, MI, USA)로부터 구입하여 사용하였다.

식물재료 - 하청, 장수, 고풍, 미홍, 고시나 27호는 농촌진흥청 고령지농업연구센터에서 육성한 품종을, 미풍적추면, 열풍적치마는 권농종묘(주)에서 육성한 품종이다.

추출 - 500 ml 삼각 플라스크에 10 g의 상추 7품종 식물 재료를 각각 넣고 400 ml의 MeOH을 넣어서 ultrasonic cleaner (Branson 8510)을 이용하여 60°C에서 24시간 sonication하였다. 추출액을 여과하여 진공농축기를 이용하여 감압 하에 농축한 다음 이들을 각각 동결건조기를 이용하여 24시간 동결건조하였다. 그 수득률을 계산한 결과 다음과 같다. 괄호 안에 수득률을 나타내어 미홍(13.0%), 고풍(12.3%), 고시나 27(12.6%), 미풍적추면(13.5%), 장수(13.0%), 열풍적치마(12.5%), 하청(11.5%)의 수득률을 보였다.

Peroxyntirite 소거활성 실험 - Peroxyntirite scavenging activity를 측정하기 위하여 Kooy의 방법¹³⁾ 준하여 수행하였다. 이 방법은 Peroxyntirite 존재 하에 비형광성의 DHR 123으로부터 생성되는 강한 형광성의 rhodamine 123을 monitoring하는 방법이다. Rhodamine buffer (pH 7.4) 용액은 50 mM sodium phosphate dibasic, 50 mM sodium phosphate monobasic, 90 mM sodium chloride, 5 mM potassium chloride, and 100 μ M DTPA 용액이다. 마지막 DHR 123 농도는 5 μ M이었다. 이 완충액은 사용 직전에 조제하여 빙상에 보관하면서 사용하였다. 상추 품종 추출물은 10% DMSO에 녹여 검액으로 하였다. 0.2N sodium hydroxide에 용해된 peroxyntirite (10 μ M)을 첨가한 후 5분 지나서 마지막 형광 강도를 측정하였다. 바탕 값(background)를 측정하기 위하여 같은 방법으로 peroxyntirite 용액의 첨가 없이 마지막 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. Peroxyntirite 소거활성은 DHR 123 산화의 검출을 통하여 마지막 형광 값에서 배경 형광 값을 빼서 산출하였다. 그 결과는 이 검색법을 3회 실시하여 IC₅₀ 값으로 평균 \pm 표준오차(SEM)으로 나타내었다.

HPLC 분석 - 7종 추출물과 표준 화합물을 각각 80% 메탄올에 녹이고 HPLC에 주입하기 전 0.50 μ m 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 0.70 mL min⁻¹이었다. 50, 100 and 200 µg/mL의 세 농도에서 각각의 피크 면적을 얻은 회귀직 선방정식을 얻었다.

결 과

실험에 사용된 7종의 상추 품종에 대하여 quinic acid 유도체 표준 화합물 7종으로 HPLC에서 분석한 결과 3,4-dicaffeoylquinic acid와 3-p-coumaroylquinic acid만이 각각 retention time 3.5분과 3.8분에서 검출되었다. Retention time 이 3.5분에 나타난 3,4-di-O-caffeoylquinic acid는 회귀방정 식이 $Y = 66.84X - 526.7$ 로서 그 R² 값이 0.996이었으며 3.8분에 나타난 3-O-p-coumaroylquinic acid는 $Y = 23.02X - 112.2$ 로서 그 R² 값이 0.999이었다. 각 추출물 HPLC chromatogram에서 상기 두 화합물 피크 면적을 얻은 다음 각 화합물의 함량을 계산하였으며 그 결과를 Table I에 나타내었다.

그 화학구조는 Fig. 1에 나타내었으며 각 품종 HPLC chromatographic profile을 Fig. 2에 나타내었다. 표준 화합 물로 사용된 다른 5종의 quinic acid 유도체는 관찰되지 않 았다. 그 함량 값을 Table I에 나타내었듯이, 3,4-dicaffeoylquinic acid는 2.72-4.47 mg/g의 값으로 큰 차이를

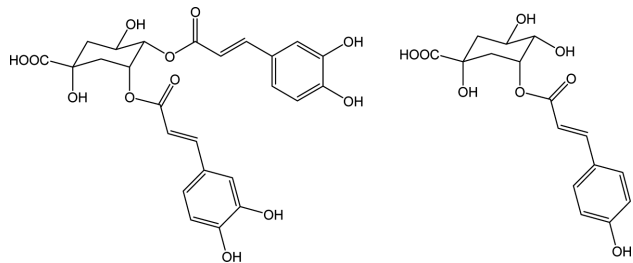


Fig. 1. Structure of 3,4-di-O-caffeoylquinic acid (the left) and 3-O-p-coumaroylquinic acid (the right) identified from HPLC analysis.

보이지 않았고, 이 중 가장 낮은 값을 보인 품종은 고평이 었으며 가장 높은 값을 보인 품종은 열풍적치마이였다. 3- p-coumaroylquinic acid는 8.97-23.26 mg/g의 값을 나타내 큰 차이를 보이지 않았고, 이 중 가장 낮은 값을 보인 품종은 역시 고평이었으며 가장 높은 값을 보인 품종은 역시 열풍 적치마이였다. 총함량에서도 고평은 가장 낮은 함량을, 열

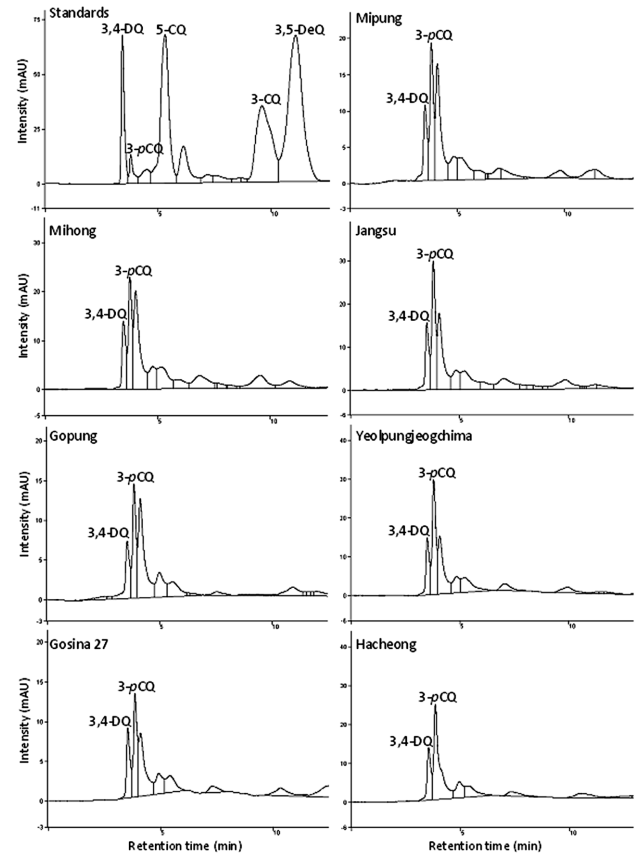


Fig. 2. HPLC chromatographic profiles of seven cultivars of *L. sativa* and a mixture of seven standard compounds
Abbreviation : Mipung (Mipungjeogchugmyeon)

Table I. Content of the two quinic acid derivatives (mg/g of dried weight) in the MeOH extract of seven cultivars of *L. sativa*

Sample	Caffeoylquinic acid (mg/g of dried weight)			% of extract
	3,4-DQ	3-pCQ	Sum	
Mihong	4.42±0.15 ^a	15.64±0.50	20.06±0.61	15.43±0.47
Gopung	2.72±0.13	8.97±0.69	11.69±0.70	9.50±0.57
Gosina 27	3.40±0.10	11.44±0.31	14.84±0.38	11.78±0.30
Mipungjeogchukmyeon	3.70±0.23	13.02±0.67	16.73±0.77	12.39±0.57
Jangsu	4.78±0.16	21.23±0.83	26.01±0.99	20.01±0.76
Yeolpungjeogchima	4.47±0.20	17.35±0.26	21.83±0.06	17.46±0.05
Hacheong	3.78±0.04	23.26±0.49	27.04±0.52	23.51±0.45

^aValues represent mean ± S.D. based on three experiments.
Abbreviation: 3,4-DQ (3,4-di-O-caffeoylquinic acid), 3-pCQ (3-p-coumaroylquinic acid)

Table II. IC₅₀ value (µg/mL) on peroxynitrite scavenging activity of the MeOH extracts of seven cultivars of *L. sativa*

Crude drug	IC ₅₀ (µg/ml)	Crude drug	IC ₅₀ (µg/ml)
Jangsu	7.45±0.02	Mipungjeokchuk-myeon	8.26±0.35
Gosina 27	7.77±0.59	Hacheong	>10
Gopung	7.74±0.39	Mihong	>10
Yeolpungjeog-chima	7.90±0.47	L-penicillamine*	0.29±0.01

ONOO⁻ scavenging activity was measured by monitoring the oxidation of DHR 123 as described in materials and methods. Data are mean±SEM of triplicate experiments. *used as a positive control.

풍적치마는 가장 높은 함량을 보였다. 메탄올 추출물 중 함량은 9.50-23.51%로서 비교적 고른 함량을 보였다.

Peroxynitrite 소거활성의 결과는 Table II에 나타내었다. 장수, 고시나 27, 고평, 열풍적치마, 미풍적측면, 하청 등은 그 IC₅₀ 값이 7.45-8.26 µg/ml의 값을 보여 그 활성이 비교적 강함을 보여주었다. 한편 대조약물로 사용된 L-penicillamine은 그 IC₅₀ 값은 0.29 µg/ml로 나타났다.

고 찰

국화과의 야생 산채 식물에는 다양한 식물 성분이 함유되어 있지만 caffeoylquinic acid류 화합물들이 왕고들빼기 (*Lactuca indica*),^{12,14)} 울릉미역취(*Solidago virga-aurea* var. *gigantea*),¹⁵⁾ 참취(*Aster scaber*)¹⁶⁾ 등에 함유되어 있다. 이와 같이 국화과 산채류에 quinic acid 유도체가 풍부하게 함유되어 있음에 따라 본 연구에서는 식용채소인 상추 7종의 표준 화합물을 이용하여 quinic acid 유도체의 동정과 함유량을 HPLC를 이용하여 밝혔다. 본 연구 중 3,4-di-O-caffeoylquinic acid와 3-*p*-coumaroylquinic acid의 단 2종의 quinic acid 유도체 성분이 밝혀졌고 그 함유량도 취나물류에 비하여 매우 낮은 것으로 평가되었다.

레몬, 오렌지 등의 Citrus속 식물의 과일^{17,18)} 큰 peroxynitrite 소거활성을 가지는 hesperetin을 풍부히 함유¹⁹⁾ 모세혈관 투과성 억제,²⁰⁾ 항발암, 항종양, 항염, 항산화작용 등²⁰⁻²³⁾ 다양한 작용을 나타낸다고 하였다. 또, 과일, cereals, 채소, legume, 포도주 등의 polyphenol 성분이 비만과 관련하여 연구 수행이 된 바 있다. 특히, luteolin, kaempferol, quercetin, epigallocatechin galate (EGCG) 등의 항비만 효과가 보고되어 있다.²⁴⁾ Caffeoylquinic acid의 대표적 성분인 chlorogenic acid의 peroxynitrite 소거활성으로 그 IC₅₀ 값이 2.78 µM로 보고된 바 있다.²⁵⁾

Kim 등은²⁶⁾ 항산화물질이 풍부한 상추 등을 포함하는 채

소 혼합물 섭취가 마우스 식이성 고지혈증을 감소시킨다고 하였다. Lettuce에 함유된 cyanidin-3-*O*-(6"-malonyl-β-D-glucopyranoside)와 여기서 즉시 바뀐 화합물인 cyanidin-3-*O*-(6"-malonyl-β-D-glucopyranosidemethyl ester)는 cyclooxygenase-2와 지질과산화를 억제하는 효능이 크다고 하였다. 그리고, 상추로부터 chicoric acid, quercetin glucoside, ferulic acid, caffeic acid가 분리되었다고 한다.²⁷⁾ 상추의 성분으로 그 왁스의 주성분이 oleanolic acid와 ursolic acid로 구성되어 있음이 밝혀졌으며,²⁸⁾ 색소 성분인 cyanidin 3-*O*-(6"-malonylglucoside),²⁹⁾ carotenoid로서 lactucaxanthin,³⁰⁾ sesquiterpene lactone으로서 lactucin, 11β,13-dihydrolactucin, lactupicrin, melampolide, 3β,14-dihydroxy-11β,13-dihydrocostunolide 등이 알려져 있다.³¹⁾ 이 이외에도 red leaf lettuce (*L. sativa* L.)로부터 mono- and dicaffeoyltartaric acid, mono- and dicaffeoylquinic acid, quercetin 3-malonylglucoside, quercetin 3-glucoside, cyanidin 3-malonylglucoside, cyanidin 3-malonylglucoside를 분리하여 alkylperoxyl radical scavenging effect를 측정할 바 있다.³²⁾

한편, Peroxynitrite 과량생성은 고콜레스테롤혈증, 동맥경화, 비만과 당뇨병 같은 여러 질환을 일으키는 것으로 알려져 있다.⁸⁻¹⁰⁾ 본 연구 중에서도 상추가 이러한 peroxynitrite 소거활성이 관찰되어있으므로 상기 질환의 예방과 치료에 유익한 것으로 예상된다. 7 품종 중 미홍과 하청은 효과가 상대적으로 약하여 peroxynitrite 소거효과로서 그 IC₅₀ 값이 10 µg/ml 이상이었으나 그 외 장수, 고평, 고시나 27호, 미풍적측면, 열풍적치마는 7.45-8.26 µg/ml 범주에서 관찰되었으므로 비만, 고지혈증, 동맥경화, 당뇨병 등에 유익할 것으로 예상된다. 또, HPLC 분석에서 확인된 3,4-di-O-caffeoylquinic acid와 3-*p*-O-coumaroylquinic acid는 상추로부터 처음 밝혀진 것이다.

결 론

세계적으로 이용되는 채소인 상추(*Lactuca sativa* L., 국화과) 섭취가 미치는 건강상의 유익한 점을 밝히고 우수 품종을 밝히기 위한 일환으로 peroxynitrite 소거효과와 HPLC 분석을 수행하였다. 상추 7 품종에 대해 HPLC에 의한 정성 및 정량 분석을 수행하여 3,4-di-O-caffeoylquinic acid and 3-*O*-*p*-coumaroylquinic acid의 존재를 확인하고 전자가 2.72-4.47 mg/g dried weight의 함량을 보였고 후자가 8.97-23.26 mg/g의 함량을 보였다. 특히 하청 품종은 quinic acid 유도체가 가장 많이 함유하는 것으로 나타났다. 장수, 고시나 27호, 고평, 열풍적치마, 미풍적측면은 peroxynitrite 소거효과의 IC₅₀가 7.45-8.26 µg/ml 수준에서 나타나고 하청과 미홍은 10.0 µg/ml 이상의 값을 나타냄으로써 그 효과가 상대적으로 낮은 것으로 밝혀졌다.

인용문헌

- Kim, T. J. (1996) Korean Resources of Plants, Publishing Center of Seoul National University, Seoul, p. 317.
- Choi, J. W., Park, J. K., Lee, K. T., Park, J. K., Park, K. K., Kim, W. B., Lee, J. H., Jung, H. J. and Park, H. J. (2005) In Vivo Antihepatotoxic effect of *Ligularia fischeri* var. *spiciformis* and of the active component, 3,4-dicaffeoylquinic acid. *J. Med. Food* **8**: 348-352.
- Yoo, Y. M., Nam, J. H., Kim, M. Y., Choi, J. W., Park, H. J. (2008) Pectolinarin and pectolinarigenin of *Cirsium setidens* prevent the rat hepatic injury caused by D-galactosamine via antioxidant mechanism. *Biol. Pharm. Bull.* **31**: 760-764 (2008).
- Jung, H. J., Kim, S. G., Nam, J. H., Park, K. K., Chung, W. Y., Kim, W. B., Lee, K. T., Won, J. H., Choi, J. W. and Park, H. J. (2005) Isolation of saponins with the inhibitory effect on nitric oxide formation from *Pleurospermum kamschaticum*. *Biol. Pharm. Bull.* **28**: 1668-1671.
- Won, J. H., Im, H. T., Kim, Y. H., Yun, K. J., Park, H. J., Choi, J. W. and Lee, K. T. (2006) Anti-inflammatory effect of budlejasaponin IV through the inhibition of iNOS and COX-2 expression in RAW 264.7 macrophages via the inactivation of NF- κ B. *Brit. J. Pharmacol.* **148**: 216-225.
- 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.
- Haenen, G. R., Paquay, J. B., Korthouwer, R. E. and Bast, A. (1997) Peroxynitrite scavenging by flavonoids. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **236**: 591-593.
- 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.
- 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.
- 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.
- Zhao, Y. and Zhao, J. (2006) Advances in caffeoylquinic acid research. *Zhongguo Zhongyao Zazhi* **31**: 869-874.
- Kim, K. H., Lee, K. H., Choi, S. U., Kim, Y. H. and Lee, K. R. (2008) Terpene and phenolic constituents of *Lactuca indica* L. *Arch. Pharm. Res.* **31**: 983-988.
- Kooy, N. W., Royall, J. A., Ischiropoulos, H. and Beckman, J. S. (1994) Peroxynitrite-mediated oxidation of dihydrododamine 123. *Free Radic. Biol. Med.* **16**: 149-156.
- Kim, K. H., Kim, Y. H. and Lee, K. R. (2007) Isolation of quinic acid derivatives and flavonoids from the aerial parts of *Lactuca indica* L. and their hepatoprotective activity in vitro. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **17**: 6739-6743.
- Choi, S. Z. and Choi, S. U. and Lee, K. R. (2004) Phytochemical constituents of the Aerial parts from *Solidago virga-aurea* var. *gigantea* Miq.. *Arch. Pharm. Res.* **27**: 164-168.
- Kwon, H. C., Jung, C. M., Shin, C. G., Lee, J. K., Choi, S. U., Kim, S. Y. and Lee, K. R. (2000) A new caffeoyl quinic acid from *Aster scaber* and its inhibitory activity against human immunodeficiency virus-1 (HIV-1) integrase. *Chem. Pharm. Bull.* **48**: 1796-1798.
- Kim, J. Y., Jung, K. J., Choi, J. S. and Chung, H. Y. (2004) Hesperetin: a potent antioxidant against peroxynitrite. *Free Radic. Res.* **38**: 761-769.
- Mouly, P. P. M., Arzouyan, C. G., Gaydou, E. M. and Estienne, J. M. (1994) Differentiation of citrus juices by factorial discriminate analysis using liquid chromatography of flavanone glycosides. *J. Agric. Food Chem.* **42**: 70-79.
- Rouseff, R. L., Martin, S. F. and Youtsey, C. O. (1987) Quantitative survey of narirutin, naringin, hesperidin and neohesperidin in citrus. *J. Agric. Food Chem.* **35**: 1027-1030.
- Kimura, Y., Kubo, M., Tani, T., Arichi, S. and Okuda, H. (1981) Studies on scutellariae radix. IV. Effects on lipid peroxidation in rat liver. *Chem. Pharm. Bull.* **29**: 2610-2617.
- Bracke, M. E., Bruyneel, E. A., Vermeulen, S. J., Vennekens, K. I., Marck, V. V. and Mareel, M. M. (1994) Citrus flavonoid effect on tumor invasion and metastasis. *Food Technol.* **48**: 121-124.
- Middeton, E. and Kanadaswami, C. (1994) Potential health promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol.* **48**: 115-119.
- Attaway, J. A. (1994) Citrus juice flavonoids with anticarcinogenic and antitumor properties, In: Huang, M.T., Osawa, T., Ho, C.T. and Rosen, R.T., eds, Food phytochemicals for cancer prevention. I. Fruits and vegetables, American Chemical Society, Washington, DC, pp 240-248.
- Rayalam, S., Della-Fera, M. A. and Baile, C. A. (2008) Phytochemicals and regulation of the life cycle. *J. Nutr. Biochem.* **19**: 717-726.
- Jung, H. A., Chung, H. Y., Kang, S. S., Hyun, S. K., Kang, H. S. and Choi, J. S. (2005) A phenolic glucoside isolated from *Prunus serrulata* var. *spontanea* and its peroxynitrite scavenging activity. *Arch. Pharm. Res.* **28**: 1277-1130.
- Kim, M. Y., Cheong, S. H., Kim, M. H., Son, C., Yook, H. S., Sok, D. E., Kim, J. H., Cho, Y., Chun, H. and Kim, M. R. (2009) Leafy vegetable mix supplementation improves lipid profiles and antioxidant status in C57BL/6J mice fed a high fat and high cholesterol diet. *J. Med. Food.* **12**: 877-884.
- Mulabagal, V., Ngouajio, M., Nair, A., Zhang, Y., Gottumukkala, A. L. and Nair, M. G. (2010) In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. *Food Chemistry* **118**: 300-306.

28. Bakker, M. I., Baas, W., Sijm, D. T. H. M. and Kolloeffel (1998) Leaf wax of *Lactuca sativa* and *Plantago major*. *Phytochemistry* **47**: 1489-1493.
29. Yamaguchi, M. A., Kawanobu, S., Maki, T. and Ino, I. (2006) Cyanidin 3-malonylglucoside and malonyl-coenzyme A: Anthocyanidin malonyltransferase in *Lactuca sativa* leaves. *Phytochemistry* **42**: 661-663.
30. Harms, D. S., Hertzberg, S., Borch, G. and Liaaen-Jensen, S. (1981) Lactucaxanthin, an ϵ,ϵ -carotene-3,3'-diol from *Lactuca sativa*. *Phytochemistry* **20**: 85-88.
31. Mahmoud, Z. F., Kassem, F. F., Abdel-Salam, N. A. and Zdero, C. (1986) Sesquiterpene lactones from *Lactuca sativa*. *Phytochemistry* **25**: 747-748.
32. Caldwell, C. R. (2003) Alkylperoxyl radical scavenging activity of red leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) phenolics. *J. Agric. Food Chem.* **51**: 4589-4595.

(2009년 10월 22일 접수)