

오배자의 항산화 활성성분 및 자유라디칼 소거효과

차배천* · 이승배 · 임태진 · 이광희¹

삼지대학교 생명자원과학대학 응용동물과학부, ¹응용식물과학부

Constituents of Antioxidative Activity and Free Radical Scavenging Effect from Galla Rhois (*Rhus javanica* Linne)

Bae Cheon Cha,* Sung Bae Lee, Tae Jin Rhim and Kwang Hoe Lee¹

Division of Applied Animal Sciences, ¹Division of Applied Plant Sciences,
Sangji University, Wonju 220-702, Korea

Abstract – This study was carried out to investigate the structure of antioxidative constituents and the free radical scavenging effect of the main ingredients from Galla Rhois(*Rhus javanica* Linne). Antioxidative activities of *n*-hexane, EtOAc and BuOH extracts of Galla Rhois were similar or even higher than that of natural (tocopherol) or synthetic antioxidant (BHA). It is suggested that major fractions for the antioxidative activity of Galla Rhois were the *n*-hexane, EtOAc and BuOH extract compartments. In the subsequently experiment, one active compound from *n*-hexane extract, three active compounds from EtOAc extract and one active compound from BuOH extract were isolated. Their chemical structures were identified as syringic acid, protocatechuic acid, gallic acid methylester, gallic acid and 1,2,3,4,6- penta-*O*-galloyl- β -D-glucose on the basis of the speculation of spectral data and chemical reaction. Among the compounds, protocatechuic acid, gallic acid methylester and 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- β -D-glucose showed most potent radical scavenging effect using DPPH method.

Key words – Antioxidative constituents; radical scavenging effect; DPPH; Syringic acid, Protocatechuic acid, Gallic acid methylester, Gallic acid, 1,2,3,4,6-Penta-*O*-galloyl- β -D-Glucose

산업의 발달, 식생활의 변화 및 환경오염원들은 인간에게 다양한 질병을 일으키는 원인으로 알려져 있다. 이들 요인 이외에 생체내에서는 에너지 공급을 위한 생화학적 반응이 끊임없이 일어나며 이 과정에서 항상 발생하는 활성산소 및 상당량의 free radical은 근본적으로는 자기방어 기구인 생체내 제거작용에 의해 대부분 소멸되지만, 조직의 방어능을 초월한 활성산소 및 free radical의 생성은 최근 성인병이라 불리는 류마티스성 관절염, 심장병, 파킨슨씨병, 순환기 장애 뿐만 아니라 암 등과 같은 여러 질환의 원인이 되고 있다.¹⁻⁴⁾

최근 노화와 성인병 질환의 원인이 활성산소에 기인된 것이라는 학설이 점차 인정되어짐에 따라 활성산소를 조절할 수 있는 물질로 알려진 항산화제의 개

발 연구가 활발히 진행되어 효소계열인 예방적 항산화제인 SOD(superoxide dismutase), catalase, glutathione peroxidase 등과 천연 항산화제인 tocopherol, 비타민 C, 카로테노이드, catechin, glutathione 및 합성 항산화제인 BHA, BHT, Trolox-C를 필두로 한 많은 항산화제가 알려져있고, 그 외 많은 항산화제의 개발 연구가 보고되어져 있다.⁵⁻⁸⁾

따라서, 본 연구자들은 기존의 연구 개발되어진 천연 항산화제보다도 보다 안전하고 우수한 활성을 발현하는 항산화제를 천연물로부터 개발하기 위해 다양한 국내 약용식물에 대한 항산화 시험 결과 전보에서 오배자가 강력한 항산화효과를 나타내었고 오배자의 용매별 분획에 대해 DPPH법에 의한 free radical 소거효과 및 지질과산화역제 효과법에 의한 항산화 실험 결과 오배자의 *n*-hexane, EtOAc 및 *n*-BuOH 엑스가 항산화활성 주분획임을 보고하였다.⁹⁾ 본 연구에

*교신저자 : Fax : 033-730-0503

서는 오배자의 항산화 활성 주분획인 n-hexane, EtOAc 및 n-BuOH 엑스로부터 항산화활성 주성분을 분리하고, 이들의 라디칼 소거효과를 DPPH법을 이용하여 검토한 결과 다음과 같은 지견을 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 - 본 실험에 사용한 오배자는 강원도 원주의 생약판매상에서 구입하여 음건하고 세절하여 사용하였다. 이 식물들의 표본은 상지대학교 응용동물과학부 응용천연물표본실에 보관중이다.

시약 - 성분 분리를 위한 순상 column chromatography용 silica gel은 Kiesel gel 60(partical size 70-230 mesh, ASTM, Merck)을 사용하였고, 역상 column chromatography용 충전제는 Sephadex LH-20 (Bead size 25-100 μ m, Sigma)를 사용하였으며, 성분 확인용 TLC plate는 Kiesel gel 60F₂₅₄(Art. 5715, Merck)를 사용하였다. 자유라디칼 소거효과 측정용 시약인 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)는 Aldrich사 제품을 구입하여 사용하였고, EtOH 등은 모두 특급시약을 사용하여 측정하였다. 표준품인 tocopherol 및 BHA(butylated hydroxyanisole)는 Sigma사 제품을 구입하여 사용하였고, 기타 용매는 1급 시약을 사용하여 실험하였다.

기기 - NMR spectra는 Bruker AC200 spectrometer를 이용하여 TMS를 내부표준 물질로 사용하여 측정하였으며 chemical shift는 δ unit로 나타내었다. Infrared spectra는 MB-100 FT-IR 분광광도계를 사용하여 KBr disk법으로 측정하였고, Melting point는 Mettler FP 5 용점측정기를 사용하였고 보정은 하지 않았다. 흡광도는 Milton-Roy spectronic Genesys-5 UV spectrophotometer를 사용하여 측정하였다.

추출 및 분획 - 오배자는 각 분획을 얻기 위하여 음건한 오배자 484 g을 추출용기에 넣고 MeOH 1000 ml로 3회 환류 추출하여 얻어지는 용액을 농축하여 오배자 MeOH 엑스(351 g)를 얻었고, 이를 n-hexane과 H₂O 1:1로 분배하여 얻어지는 n-hexane 용액을 농축하여 n-hexane 엑스(24 g)를 얻었다. 계속하여 얻어진 H₂O 층에 EtOAc 용액을 H₂O층과 1:1이 되게 가한 후 분배하여 얻어지는 EtOAc용액을 농축하여 EtOAc 엑스(148 g)를 얻고 잔여의 H₂O층에 n-BuOH을 H₂O층과 1:1이 되도록 가한 후 분배시켜

얻어지는 n-BuOH 용액과 H₂O층을 농축하여 n-BuOH 엑스(35 g)와 H₂O 엑스(45 g)를 각각 얻었다.

항산화 활성물질의 분리 - 우수한 항산화효과를 나타낸 n-hexane, EtOAc 및 n-BuOH 엑스의 활성 주성분을 다음과 같이 분리하였다. n-Hexane 엑스(5 g)를 silica gel을 이용하여 흡착시킨 후 n-hexane : acetone=2:1을 이용하여 column chromatography를 실시하여 화합물 1(920 mg)을 얻었다. EtOAc 엑스(10 g)도 silica gel을 이용하여 흡착시킨 후 n-hexane : acetone=2:1, CHCl₃ : MeOH=5:1 및 CHCl₃ : MeOH : H₂O=65:35:10(하층)의 용매를 단계적으로 사용하여 분리하여 화합물 2(1.2 g), 화합물 3(750 mg) 및 화합물 4(980 mg)를 얻었다. 계속하여 n-BuOH 엑스(10 g)를 silica gel에 흡착시킨 후 CHCl₃ : MeOH : H₂O=65:35:10(하층)과 EtOAc : MeOH : H₂O=100:15.6:13.5의 전개용매를 순차적으로 사용하여 1차 분리한 후 MeOH를 용매로 하여 역상 column chromatography를 실시하여 화합물 5(870 mg)를 분리하였다.

화합물 1 - m.p : 208°C; ¹H-NMR(200MHz, DM SO-d₆) δ : 3.80(6H, s, OCH₃), 7.15(2H, s, H-2,6); ¹³C-NMR(50MHz, CDCl₃+DMSO-d₆) δ : 55.95 (CH₃), 106.9 (C-2,6), 120.5(C-1), 140.1(C-4), 147.3 (C-3,5), 167.5(COO); UV λ max : 214, 265(EtOH); IR(KBr)cm⁻¹ : 3400(OH), 1650(CO)

화합물 2 - m.p : 200°C; ¹H-NMR(200MHz, DM SO-d₆) δ : 3.86(3H, s, COOCH₃), 7.18(2H, s, H-2,6); ¹³C-NMR(50MHz, acetone-d₆+D₂O) δ : 51.9 (CH₃), 109.6(C-2,6), 121.3(C-1), 138.7(C-4), 145.9 (C-3,5), 167.6(COO); UV λ max : 226, 277(EtOH); IR(KBr)cm⁻¹ : 3400(OH), 1655(CO)

화합물 3 - m.p : 199-200°C; ¹H-NMR(200MHz, DMSO-d₆) δ : 6.92(1H, d, J=1.7Hz, H-5), 7.48 (1H, dd, J=1.7, 8.2Hz, H-6), 7.58(1H, d, J=1.7 Hz, H-2); ¹³C-NMR(50MHz, DMSO-d₆) δ : 115.7 (C-2), 117.0(C-5), 122.5(C-1,6), 145.7 (C-3), 150.5 (C-4), 169.6(COO); UV λ max : 211, 259, 295 (EtOH); IR(KBr)cm⁻¹ : 3405(OH), 1710(CO), 1640 (aromatic C=C)

화합물 4 - m.p : 249-251°C; ¹H-NMR(200MHz, DMSO-d₆) δ : 7.14(2H, s, H-2,6); ¹³C-NMR(50MHz, acetone-d₆+D₂O) δ : 109.8(C-2,6), 121.8(C-1), 138.6 (C-4), 145.8(C-3,5), 168.5(COO); UV λ max : 217, 265(EtOH); IR(KBr)cm⁻¹ : 3402(OH), 1650(CO)

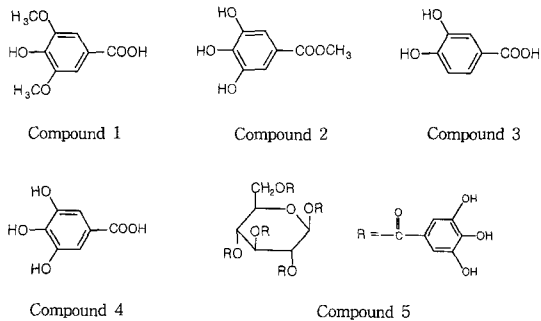


Fig. 1. Chemical structures of isolated compounds from *Galla Rhois*.

화합물 5 - m.p : 193 - 195°C; $^1\text{H-NMR}$ (200 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 5.75(1H, t, $J=8\text{Hz}$, H-2), 5.83(1H, t, $J=8\text{Hz}$, H-4), 6.12(1H, t, $J=8\text{Hz}$, H-3), 6.36(1H, d, $J=8\text{ Hz}$, H-1), 7.07, 7.11, 7.14, 7.16, 7.20(each 2H, s, galloyl H); $^{13}\text{C-NMR}$ (50 MHz, $\text{acetone-}d_6+\text{D}_2\text{O}$) δ : 65.2(glc, C-6), 71.5(glc, C-4), 73.9(glc, C-2), 75.6(glc, C-3,5), 95.6(glc, C-1), 112.6(galloyl, C-2,6), 120.9, 121.5, 121.7(X2), 122.7(galloyl, C-1), 141.8, 142.2, 142.3, 142.9(galloyl, C-4), 148.0(galloyl, C-3,5), 168.1, 168.8, 169.2, 169.6, 169.8(COO); $\text{UV}\lambda_{\text{max}}$: 217, 283(EtOH); $\text{IR(KBr)}\text{cm}^{-1}$: 3401(OH), 1652(CO), 1618(aromatic C=C)

오배자분획 주성분 화합물 1, 2, 3, 4 5의 DPPH 라디칼 소거작용의 측정 - Uchiyama 등¹⁰⁾의 방법을 약간 변형시킨 Yoshikawa 등¹¹⁾의 방법에 의해 다음과 같이 측정하였다. 0.1M의 초산 완충액(pH 5.5, 2.0 ml)에 시료의 EtOH 용액(2.0 ml) 및 2×10^{-4} M DPPH EtOH 용액(1.0 ml)을 가하여 전량을 5 ml로 하고 실온에 방치한 후, 30분 후 517 nm에서의 흡광도 감소를 측정하였다. 시료 무첨가의 control의 흡광도를 1/2로 감소시키는데 필요한 시료의 양(mg)을 tocopherol 및 BHA와 같은 기존의 항산화제를 대조군으로 하여 시험하였다.

결과 및 고찰

상업적으로 널리 이용되는 항산화제 가운데 식품의 가공 또는 저장 중에 일어나는 산화를 방지하기 위한 수단으로 가장 많이 사용되는 항산화제 중 하나인 tocopherol은 항산화 효과가 비교적 낮은 편이고,¹²⁾ 합성 항산화제인 BHA와 BHT는 효과는 뛰어나지만

그의 변이원성 및 독성이 지적되면서¹³⁾ 보다 안전하고 효력이 강한 천연 항산화제의 개발이 절실히 요청되고 있다.

오배자(*Galla Rhois*)는 붉나무(*Rhus javanica* Linne)의 잎에 오배자 진딧물 (*Melaphis chinensis* Bell)이 산란함에 의해 생긴 벌레집으로서, 예로부터 수렴지사제, 외상출혈 치료에 사용되어져 왔으며, 그들의 높은 탄닌의 함량 덕분에 tannic acid나 pyrogallol의 제조원료나 색소, 잉크의 제조에 이용되어져 왔다.¹⁴⁾ 한편 오배자의 약효 및 성분에 관한 연구는 오배자의 MeOH엑스에 대한 항암효과, 장내세균에 대한 억제 효과, 항당뇨효과가 연구 검토되었고 이들 약효의 주성분은 gallic methylester임이 보고되어져 있다.^{15,16)} 그러나 항산화효과에 대한 연구는 MeOH 엑스에 대한 항산화효과를 검토한 보문¹⁷⁾만 있을 뿐 이들에 대한 분획별, 성분별의 상세한 항산화효과에 대한 연구는 이루어져 있지 않다. 따라서 본 연구는 오배자의 항산화 활성 주성분을 규명하기 위하여 오배자의 MeOH 엑스로부터 얻어지는 오배자의 항산화 활성분 확인 n-hexane, EtOAc, BuOH엑스로부터 주성분을 분리하여 그 구조를 명확히 하였다.

n-Hexane으로부터 분리된 화합물 1은 백색분말로서 FeCl_3 시험에서 청남색을 나타내고, IR spectrum에서 수산기와 카르보닐기가 확인되고 UV에서 벤젠환의 존재를 확인함에 의해 방향족 화합물임을 알 수 있었다. $^1\text{H-NMR}$ 에서 δ 7.15에서 2H분의 singlet 피크와 δ 3.80에서 6H분의 methoxy 피크가 관측되고, $^{13}\text{C-NMR}$ 에서 δ 167.5에서 카르복실기의 피크가 관측됨에 의해 2개의 methoxy기를 가진 4치환된 벤젠화합물임을 추정할 수 있었고, 표준품 및 문헌치¹⁸⁾와의 spectral data의 비교에 의하여 화합물 1은 4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzoic acid 즉 syringic acid로 동정하였다.

EtOAc로부터 분리된 화합물 2는 백색분말로서 FeCl_3 시험에서 청남색을 나타내고, IR spectrum에서 수산기와 카르보닐기가 확인되고 UV에서 벤젠환의 존재를 확인함에 의해 방향족 화합물로 추정하였다. $^1\text{H-NMR}$ 에서 δ 7.18에서 2H분의 singlet 피크와 δ 3.86에서 3H분의 methylester 유래의 methyl 피크가 관측되고, $^{13}\text{C-NMR}$ 에서 galloyl기에 해당하는 피크와 δ 167.6의 고자장에서 카르보닐 피크와 δ 51.9에서 methyl 유래 피크가 관측됨에 의해 gallic acid의 카르복실기에 methyl기가 에스테르 결합된 화합물임을 확인할 수 있었고, 표준품 및 문헌치^{19,20)}와의 spectral

data의 비교에 의하여 화합물 2는 gallic acid methylester로 동정하였다. 화합물 3은 백색분말로서 FeCl_3 시험에서 청남색을 나타내고, IR spectrum에서 수산기와 카르보닐기가 확인되고 UV에서 벤젠환의 존재를 확인함에 의해 방향족 화합물로 추정하였다. $^1\text{H-NMR}$ 에서 δ 7.58에서 1H분($J=1.7\text{Hz}$)의 doublet가 관측됨에 따라 meta 결합하는 것으로 추정되고 δ 6.92 및 7.48에서 2H가 각각 $J=8.2\text{Hz}$ 로 ortho 결합하는 것으로 추정할 수 있었다. $^{13}\text{C-NMR}$ 에서 δ 169.6에서 카르보닐 유래의 피크가 관측됨에 의해 3 치환 벤젠화합물로 추정하였고 표준품 및 문헌치²¹⁻²²⁾와의 spectral data의 비교에 의하여 화합물 3은 3,4-dihydroxy benzoic acid 즉 protocatechuic acid로 동정하였다.

화합물 4는 무색침상 결정으로서 FeCl_3 시험에서 청남색을 나타내고, IR spectrum에서 수산기와 카르보닐기가 확인되고 UV에서 벤젠환의 존재를 확인함에 의해 방향족 화합물로 추정하였다. $^1\text{H-NMR}$ 에서 δ 7.14에서 2H분의 singlet peak가 관측되고, $^{13}\text{C-NMR}$ 에서 galloyl기에 해당하는 피크와 δ 168.5의 고자장에서 카르보닐 유래 피크가 관측됨에 의해 gallic acid로 추정할 수 있었고, 표준품과 및 문헌치¹⁹⁻²⁰⁾와의 spectral data의 비교에 의하여 화합물 4는 gallic acid로 동정하였다.

BuOH 엑스로부터 단리된 화합물 5는 담황색 무정형 분말로서 FeCl_3 시험에서 청남색을 나타내고, IR spectrum에서 수산기와 카르보닐기가 확인되고 UV에서 벤젠환의 존재를 확인함에 의해 방향족 화합물로 추정하였다. $^1\text{H-NMR}$ 에서 δ 7.07, 7.11, 7.14, 7.16 및 7.20에서 각각 galloyl기에 기인하는 2H분의 singlet 피크가 관측되고, 지환족 영역에서는 저자장으로 이동한 6H분의 proton 피크가 관찰되어 glucose의 1, 2, 3, 4, 6번 탄소에 결합된 수산기들이 gallic acid에 의해 ester화되었음을 추정할 수 있었다. 또한 δ 6.36에서 1H분의 glucose의 anomeric proton에 기인하는 피크가 $J=8\text{Hz}$ 의 doublet로 관측되어짐에 따라 glucose는 β 형임을 알 수 있었다. $^{13}\text{C-NMR}$ 에서 galloyl기에 해당하는 피크가 5쌍씩 관측되고 glucose에 기인하는 탄소 피크도 관측됨에 따라 화합물 5는 5개의 galloyl기가 glucose에 ester 결합한 화합물로 추정되었으며, 문헌치²³⁻²⁵⁾와의 spectral data의 비교에 의하여 화합물 5는 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glucose로 동정하였다.

한편 단리된 오배자의 항산화 활성 주성분에 5종에

Table I. Radical scavenging effect of isolated compounds from *Galla Rhois* using DPPH radical method

Sample	50% reduction ^a
Tocopherol	0.021
BHA	0.015
Syringic acid	0.015
Gallic acid methylester	0.013
Gallic acid	0.015
Protocatechuic acid	0.013
1,2,3,4,6-Penta-O-galloyl- β -D-glucose	0.014

^aAmount required for 50% reduction of DPPH(2×10^{-7} ml, 0.079 mg) solution

대하여 DPPH법 의한 라디칼 소거효과를 검토한 결과 Table I에 나타낸 바와 같이 5종 화합물 모두 천연 항산화제인 tocopherol보다 강하고 합성 항산화제인 BHA와는 유사한 우수한 자유라디칼 소거효과를 나타내었으며 특히 오배자의 EtOAc 엑스로부터 단리된 gallic acid methylester와 protocatechuic acid 및 BuOH 엑스로부터 단리된 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glucose는 합성 항산화제인 BHA 보다 우수한 강력한 자유라디칼 소거효과를 나타내었다.

결 론

인류의 수명이 연장되고 노령화 사회로 발전됨에 따라 다양한 성인병이 야기되고 있다. 이들 성인병의 발생 원인이 활성산소에 의한 것으로 밝혀짐에 따라 이들로부터 유발되는 다양한 성인병을 예방 치료할 수 있는 안전하고 우수한 항산화 물질을 천연물로부터 개발하기 위한 연구의 일환으로 오배자의 분획에 대한 항산화 활성 주성분의 구조연구 및 이들 주성분의 라디칼 소거효과를 연구한 결과 다음과 같은 지견을 얻었다.

1. 강력한 항산화 활성을 나타낸 오배자의 분획에 대해 주성분을 검토한 결과 n-hexane 엑스로부터는 syringic acid, EtOAc엑스로부터는 gallic acid methyl ester, protocatechuic acid 및 gallic acid, BuOH 엑스로부터는 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glucose를 단리하여 그들의 구조를 명확히 하였다.

2. DPPH법을 사용하여 단리된 5종 화합물에 대하여 자유라디칼 소거작용 검색 시험을 한 결과 gallic acid methylester, protocatechuic acid 및 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glucose가 합성 항산화제인 BHA 보다 우수한 강력한 자유라디칼 소거효과를 나타내었다.

참고문헌

1. Halliwell, B. (1991) Drug antioxidant effects. *Drugs* **42**: 569-605.
2. 木村善行, 奥田拓道(1988) 抗酸化劑としての和漢藥. *日本臨床* **46**: 2286-2292.
3. Fukuzawa, K. and Takaishi, Y. (1990) Antioxidants. *J. Act. Oxy. Free Rad.* **1**: 55-70.
4. 皆川信子 (1993) 活性酸素が關與する代表的疾患. *ファルマシア* **29**: 1029-1030.
5. Kitahara, K., Matsumoto, Y., Ueda, H. and Ueoka, R. (1992) A remarkable antioxidation effect of natural phenol derivatives on the autoxidation of -irradiated methyl linoleate. *Chem. Pharm. Bull.* **40**: 2208-2209.
6. Hatano, T. (1995) Constituents of natural medicines with scavenging effects on active oxygen species - Tannins and related polyphenols-. *Natural Medicines* **49**: 357-363.
7. 大澤俊彦 (1995) 野菜の機能性成分の開発. *食品加工技術* **15**: 201-209.
8. Masaki, H., Sakaki, S., Atsumi, T. and Sakurai, H. (1995) Active-oxygen scavenging activity of plant extracts. *Bull. Pharm. Bull.* **18**: 162-166.
9. 차배천, 이승배(1998) 오배자의 항산화 및 자유라디칼 소거효과. *약용자물학 회지* **6**: 181-187.
10. Uchiyama, M., Suzuki, Y. and Fukuzawa, K. (1968) Biochemical studies of physiological function of tocopheronolactone.1. *Yakugaku Zasshi* **88**: 678-683.
11. Yoshikawa, M., Harada, E., Miki, A., Tsukamoto, K., Liang, S. Q., Yamahara, J. and Murakami, N. (1994) Antioxidant constituents from the fruit hulls of Mangosteen(*Garcinia mangostana* L.) originating in vietnam. *Yakugaku Zasshi* **114**: 129-133.
12. Corl, M. M. (1974) Antioxidant activity of tocopherol and ascorbyl palmitate and their mode of action. *JAOCS* **51**: 321-325.
13. Branen, A. L. (1975) Toxicological and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *JAOCS* **52**: 59-63.
14. 생약학연구회 (1994) 현대생약학, 235-236. 학창사, 서울.
15. 정인홍 (1996) 수종의 한방식물체, 버섯류 그리고 동충하초의 항암활성 및 오배자의 항암성분. 서울대학교 석사학위논문, 서울.
16. 권정현 (1994) 오배자면층에 의해 형성된 오배자의 농약활성 및 약리활성. 서울대학교 석사학위논문, 서울.
17. 김태철, 이기동, 윤형식 (1992) 오배자(*Rhus japonica* Linne) Methanol 추출 물의 항산화효과. *한국식품위생안전성학회지* **7**: 107-112.
18. Hussein, S. A. M. (1997) New dimeric phenolic conjugates from the wood of *Tamarix tetragyna*. *Natural Product Sciences* **3**: 127-134.
19. 정선채, 황방연, 오갑진, 강신정, 김미정, 최우희, 이경순, 노재섭 (1999) 붉나 무 수피의 성분. *생약학회지* **30**: 295-300.
20. 권오근, 김성환, 천병열, 박채규, 손건호 (1999) 목단피로부터 항균활성 성분의 분리. *생약학회지* **30**: 340-344.
21. 박용양, 이상철, 안병태, 이승호, 노재섭, 이경순 (1993) 깨풀의 phenolic 화합 물에 관한 화학적 연구(I). *생약학회지* **24**: 20-25.
22. 안중수, 권용수, 김창민 (1999) 권삼의 소염활성성분(I). *생약학회지* **30**: 345-349.
23. Saijo, R., Nonaka, G. and Nishioka, I. (1990) Gallic acid esters of bergenin and norbergenin from *Malotus japonicus*. *Phytochemistry* **29**: 267-270.
24. Khanbabaee, K. and Lotzerich, K. (1997) Efficient total synthesis of the natural products 2,3,4,6-tetra-O-galloyl-D-glucopyranose, 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glucopyranose and the unnatural 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-α-D-glucopyranose. *Tetrahedron* **53**: 10725-10732.
25. Nishizawa, M. and Yamagishi, T. (1982) Tannins and related compounds. part 5. Isolation and characterization of polygalloylglucose from chinese galotannin. *J. Chem. Soc. Perkin Trans.* **1**: 2963-2968.

(2000년 5월 10일 접수)