

추출방법에 따른 백단향의 항산화 및 생리활성

김태훈[†]

대구한의대학교 한약재약리학과

Antioxidative and Biological Activities of *Santalum album* Extracts by Extracting Methods

Tae-Hoon Kim[†]

Department of Herbal Medicinal Pharmacology, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea

Abstract

Santalum album has been used as a folk medicine for treatment of skin diseases, inflammation, gonorrhea, gleet, and cystitis in India and other Asian countries. In a search for possible bioactive agents from natural sources, we found that the various solvent extracts of *S. album* showed significant antioxidative effect in 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity test and moderate other biological functions submitted to the several bioassay systems for whitening and cytotoxicity evaluations. Among the tested extracts displayed DPPH radical scavenging activity, and the 70% acetone extract showed the most potent activity with an IC₅₀ value of 18.6 µg/ml, more potent than a positive control, L-ascorbic acid (IC₅₀, 28.7 µg/mL). Also, anti-lipid peroxidation, tyrosinase inhibitory, and cytotoxic effects were determined in each experiment. Total phenolic content of 70% acetone extract was found to be 117.1 mg equivalent of gallic acid per g of extract. Previous phytochemical investigation reveals the presence of phenolic compounds. The results indicate that *S. album* possess potential antioxidant activity and phenolic constituents are responsible for this capacity.

Key words : *Santalum album*, antioxidant, DPPH, TBARS, tyrosinase, B16F10, phenolic compounds

서 론

최근 인구 고령화에 따른 현대인의 건강에 대한 관심 증가 및 삶의 질에 대한 인식변화와 더불어 노화 억제 및 질병예방에 대한 관심이 증가되고 있다. 노화에 대한 많은 연구로부터 얻어진 학설 중, 노화 및 노화관련 각종 질환은 활성산소에 기인한다는 설이 있으며, 이는 superoxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, hydroxyl, peroxy nitrite 등과 같은 활성 산소종들이 인간의 대사과정 중에 끊임없이 발생되어 생체를 노화시키는 주요 인자로 작용하고 있다고 알려져 있다(1). 이런 활성산소생성을 억제하기 위한 항산화 활성 물질로서 아스코르빈산, 토코페롤, 카로티노이드, 플라보노이드, 탄닌 등의 천연 항산화제와 함께 butylated hydroxy

anisole (BHA) 및 butylated hydroxy toluene (BHT) 등의 합성 항산화제가 개발되어 식품, 화장품 등에 산화방지제로 많이 사용되고 있다. 천연 항산화제들은 항산화력이 비교적 낮고 합성 항산화제의 경우는 생체 효소 및 지방의 변이원성 및 독성으로 인체에 암을 유발할 수 있다는 보고(2)가 있어, 보다 안전하고 강한 항산화제의 개발이 요구되고 있는 실정이다. 따라서 최근에는 각종 천연소재에서 보다 안전하고 항산화활성이 뛰어난 천연항산화제를 개발하기 위한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다(3).

단향나무과(Santalaceae)에 속하는 백단향(*Santalum album* L.)은 인도, 인도네시아 등의 동남아시아 및 오스트레일리아, 아프리카에 자생하는 방향성의 자원으로서 그 향이 향기롭고 지속성이 우수함이 잘 알려져 방향제로 많이 이용되고 있다(4). 특히 인도에서는 예로부터 종교적 행사의 향료, 불상 등의 재료로서 신성하게 여겨져 온 향목이다. 다양한 공예품의 원료로 사용되어져온 용도 이외에, 백단유라고

[†]Corresponding author. E-mail : skyey7@dhu.ac.kr,
Phone : 82-53-819-1371, Fax : 82-53-819-1272

블리어 지는 Sandal oil은 고가의 화장품 및 비누 등으로 이용되어지고 있다(5). 백단향에는 강한 항바이러스 및 암 예방작용을 나타내며, 이 추출물로 부터 bicyclo환의 독특한 구조의 santalol-type의 세스퀴터펜 이 약 40종 이상 분리 되었으며, 그 주성분인 α -santalol에는 강한 진통 및 항발암 프로모션 작용 등의 생리 활성이 보고(6,7) 되어져 있다. 또한 이들 독특한 구조의 세스퀴터펜류 이외에도 dihydrodehydrodiconiferyl alcohol, (7S,8S)-3-methoxy-3', 7-epoxy-8,4'-oxyneoligna-4,9,9'-triol, (7'S,8R,8'R)-lyonesinol, 2,3-bis[(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-methyl]-1,4-butanediol, (-)-secoisolariciresinol 등의 페놀성 화합물의 존재가 보고(8)되어져있으나, 생리활성에 대한 연구는 전무한 실정이며 이들 화합물을 포함하고 있는 백단향의 생리활성을 다양하게 탐색할 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서는 백단향추출시 유기용매별 생리활성변화 검토 및 각종 활성개발을 통해 백단향의 천연소재로서의 이용가치를 규명하고, 한방 및 민간요법에서 알려진 임상효과를 과학적으로 검증하여 천연물 신약 및 건강기능성 식품소재로서 산업적으로 이용할 수 있는 고부가가치성 소재개발을 위한 기초적 연구 자료로서 활용하고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용된 백단향(*Santalum album*)은 2005년 6월에 인도네시아 티모르 지역에서 수확하여 건조된 것을 대구 영남약업사로부터 구입하여 사용하였다.

추출물제조

추출물 제조는 열수추출의 경우 백단향 100 g에 증류수 10배를 가한 후 70°C에서 3 hr 동안 환류냉각 추출하였으며, 각각의 유기용매(MeOH, EtOH, *n*-Hexane 및 70% Acetone) 추출은 100 g의 백단향에 대해 500 mL 유기용매를 상온에서 24 hr 침지추출을 3회 반복 후 추출물을 얻었다. 각추출물을 Watman No.1 filter paper로 여과한후, 여과액을 40°C에서 감압 농축하여 건조 중량을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

백단향 추출물의 전자공여능은 Blois의 방법(9)을 변형하여 측정하였다. 각 시료 1.0 mL에 2 x 10⁻⁴M α, α' -diphenyl- β -picryl-hydrazyl(DPPH) 1.0 mL을 넣고 교반한 후 실온에서 30분 동안 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료용액의 실험구와 대조구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

Thiobarbutic acid reactive substances(TBARS) 측정

본 실험은 Buege와 Aust의 방법(10)으로 측정하였으며, 먼저 pH6.5로 보정한 0.1 M maleic acid buffer 8 mL를 넣은 다음 50 mL의 Tween-20과 0.25ml의 fish oil을 넣고 15분간 magnetic bar를 사용하여 교반 후 KOH 2 g을 넣고 150 mL까지 물을 가한 후 교반하면서 2N HCl로 pH 6.5가 되도록 조절하여 사용한 oil emulsion 용액 1 mL를 37°C 수욕상에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝나자마자 50 μ L dibutylhydroxytoluene(BHT) 7.2%를 시료에 가하여 산화반응을 정지시켰다. 반응 혼합물을 잘 섞은 다음 2 mL TCA/TBA 시약을 가하고 다시 혼합한 후 끓는 물에서 15분간 끓인 다음 원심분리 시켜 상등액을 분광광도계로 531 nm에서 흡광도를 측정하였고, 대조군은 시료대신 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다.

$$\text{저해율 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

Tyrosinase 저해활성 측정

Tyrosinase의 작용 결과 생성되는 DOPA chrome을 비색법에 의해 측정하는 Yagi 등의 방법(11)에 따라 실시하였다. 즉, 반응구는 0.175M phosphate buffer(pH 6.8) 0.2 mL에 L-DOPA(10 mM)을 녹인 기질액 0.2 mL 및 시료용액 0.5 mL의 혼합액에 mushroom tyrosinase(110 unit/mL) 0.1 mL 첨가하여 35°C에서 2분간 반응시켜 반응액 중에 생성된 DOPA chrome을 475 nm에서 측정하여 저해율을 구하였다.

$$\text{저해율 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

MTT assay

암세포 주에 대한 증식 억제효과는 Carmichael의 방법(12)에 따라 측정하였다. 피부암세포 주를 96 well plate에 0.6~8 x 10³ cells/well이 되게 0.18 mL 분주하고 시료를 농도별로 조절하여 0.02ml 첨가한 후 37°C, 5% CO₂ incubator에서 24시간 배양하였다. 여기에 5 mg/mL 농도로 제조한 MTT 용액 0.02 mL를 첨가하여 4시간 배양한후 배양액을 제거하고 각 well당 DMSO:EtOH(1:1) 0.15 mL를 가하여 실온에서 30분간 반응시킨뒤 ELISA reader로 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 피부암세포주의 성장 억제효과는 시료용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

$$\text{Growth inhibition effect (\%)} =$$

$$\left(1 - \frac{\text{대조구의 흡광도} - \text{시료처리구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

총 페놀함량

총 페놀함량은 Folin-Denis법(13)을 이용하여 측정하였으며, 추출액 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 5mL를 첨가하고 1N Folin-ciocalteu reagent 0.5 mL를 넣어 잘 혼합하여 5분간방치한 후, 5% Na₂CO₃ 1 mL를 가해서 흡광도 725 mL에서 1시간 이내에 측정하여 gallic acid를 이용한 표준곡선으로부터 양을 환산하였다.

결과 및 고찰

DPPH 라디칼 소거활성

백단향 추출물들의 항산화활성을 검토한 결과를 Table 1에 나타내었으며, 그 결과 백단향의 함수 acetone 추출물의 항산화 효과(IC₅₀, 18.6 µg/mL)가 positive control인 L-Ascorbic acid 보다 뛰어났다. 그 다음으로 MeOH(IC₅₀, 35.8 µg/mL), EtOH추출물(IC₅₀, 47.2 µg/mL)의 순으로 강한 라디칼 소거작용을 나타내었으며 주로 극성용매 추출물에서 비교적 높은 활성을 나타내었다. DPPH에 대한 라디칼 소거작용이 높은 이들 극성용매 추출물의 경우, 대부분 페놀성 화합물의 함량이 높은 것으로 추정되었으므로 백단향에 존재하는 페놀성 화합물이 항산화 활성을 나타냄을 시사하였고, 70% acetone 추출물속에는 L-Ascorbic acid 보다 강한 항산화활성 화합물이 존재함을 확인하였다.

Table 1. DPPH radical scavenging activity of *S. album* extracts by extraction conditions

Extracts	IC ₅₀ (µg/mL) ^a
<i>n</i> -Hexane ext.	871.2±0.8
MeOH ext.	35.8±0.4
EtOH ext.	47.2±0.1
70% Acetone ext.	18.6±0.6
Hot water ext.	57.8±0.9
L-Ascorbic acid ^b	28.7±1.0

^aConcentration giving a 50% decrease of DPPH radical, each value represents the mean±SD(n=3).

^bPositive control.

LDL 산화 억제 활성 측정

천연 자원으로부터 동맥경화, 고지혈증 예방 및 치료용 천연소재를 탐색하기 위하여 백단향의 각추출물에 대해 LDL 산화 억제 활성(14)을 평가하였으며, 그 결과 양성대조군인 L-ascorbic acid와 비교하여 다소 약한 활성을 보였으나, 70% acetone, MeOH, EtOH, hot water 및 *n*-hexane추출물 순으로 LDL에 대한 높은 산화 억제활성을 보였다. DPPH를 이용한 항산화 활성 시험에서의 결과와 동일하게 페놀성 화합물의 함량이 가장 높은 70% acetone추출물(IC₅₀, 58.3 µg/mL)에 가장강한 활성을 확인하였다. 최근 육두구

(*Myristica fragrans*)의 씨에서 LDL 산화를 강하게 억제하는 diarylbutane타입의 리그난류가 보고(15)되었으며, 백단향 추출물에서도 이들과 유사한 화합물의 존재가 보고(8)되어져있으므로 물질분리를 통하여 활성물질에 대한 연구가 진행되고 있으며 이에 관한 연구는 추후에 보고하고자 한다.

Table 2. Effects of *S. album* extracts on the formation of TBARS in CuSO₄-induced LDL oxidation

Extracts	IC ₅₀ (µg/mL) ^a
<i>n</i> -Hexane ext.	532.1±0.4
MeOH ext.	62.3±0.0
EtOH ext.	65.2±0.1
70% Acetone ext.	58.3±0.9
Hot water ext.	137.1±0.2
L-Ascorbic acid ^b	8.3±0.7

^aConcentration giving a 50% decrease of Cu²⁺-induced LDL lipidperoxidation, each value represents the mean±SD(n=3).

^bPositive control.

Tyrosinase 저해 활성 측정

Melanin 생성 억제물질의 탐색법중 mushroom tyrosinase 효소를 사용하여 각 추출물의 농도별 tyrosinase효소활성 저해효과를 측정하여 IC₅₀값을 구한결과, 70% acetone > MeOH > EtOH > Hot water > *n*-Hexane 추출물 순으로 활성을 나타내었으며, 그 중 총 페놀 함량이 가장 높게 나타

Table 3. Tyrosinase inhibitory effect of *S. album* extracts by extraction conditions

Extracts	IC ₅₀ (µg/mL) ^a
<i>n</i> -Hexane ext.	801.2±1.0
MeOH ext.	347.1±0.8
EtOH ext.	378.6±1.2
70% Acetone ext.	337.2±0.7
Hot water ext.	573.7±0.3
Arbutin ^b	13.7±0.9
Kojic acid ^b	8.3±1.8

^aConcentration giving a 50% inhibition of tyrosinase activity, each value represents the mean±SD(n=3).

^bPositive controls.

난 70% acetone추출물 (IC₅₀, 337.2 µg/mL)의 활성이 추출물 중에서는 가장 높았으며 양성대조군인 kojic acid(IC₅₀, 8.3 µg/mL)와 arbutin(IC₅₀, 13.7 µg/mL)보다 다소 약한 활성을 나타내었다. 최근에 연구에 의해서 좀목향(*Vitex negundo*)의 뿌리로부터 백단향 리그난과 유사한 화합물이 강한 멜라닌생합성저해 활성을 나타내었으며(16), 향후 70% acetone 추출물의 분리정제를 통한 활성물질의 구조결정이 필요하다고 판단된다.

마우스피부암세포 증식억제 효과

백단향 추출물이 B16/F10 마우스멜라노마 세포의 생존율에 미치는 영향을 검토하기 위해 각 추출물의 농도를 1.0~0.01 mg/mL로 조절하여 세포에 처리하여 MTT 방법으로 세포의 생존율을 관찰하였다. 그 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 백단향의 모든 추출물에 대해서 각 농도에서 다소 약한 활성을 확인하였으며, 그중에서도 1.0 mg/mL 농도의 열수추출물에서 24.7%의 생육저해활성을 확인하였다. 최근 천연물에 존재하는 마우스피부암세포 증식억제 물질에 대한 연구 결과로서 triterpene(17), coumarin(18), tannin(19) 등이 화합물이 분리되었으며, 백단향의 열수 및 에탄올 추출물에 대해서도 물질 분리를 통하여 추출물상태일 경우보다 활성이 증강될 수 있는 단일물질의 탐색이 요구되어진다.

Table 4. Growth inhibition rate of *S. album* extracts against mouse melanoma cell (B16F10)

Extracts	Concentration (mg/mL)				
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
<i>n</i> -Hexane ext.	2.1±0.02	6.1±0.03	12.6±0.01	13.6±0.03	14.5±0.04
MeOH ext.	7.3±0.04	16.5±0.1	18.7±0.09	19.3±0.01	21.1±0.0
EtOH ext.	9.1±0.03	19.5±0.15	20.3±0.16	21.0±0.17	23.1±0.15
70% Acetone ext.	5.4±0.04	9.9±0.0	15.9±0.05	16.2±0.17	17.9±0.0
Hot water ext.	4.8±0.02	8.0±0.06	10.0±0.1	15.2±0.06	24.7±0.12

Each value represents the mean±SD(n=3).

총 페놀 함량 측정

백단향에 존재하는 화합물 중 페놀성 화합물은 phenylpropanoid 및 lignan등이 포함되어 있으며 그중에서도 lignan류가 상대적으로 다량 함유되어 있음이 보고(8) 되어져 있다. 본 연구에서 극성별 유기용매 추출물에 대하여 페놀성 화합물의 함량을 조사한 결과, 70% acetone추출물 > MeOH 추출물 > EtOH 추출물 > 열수추출물 > *n*-Hexane 추출물의 순으로 나타났으며, 이는 DPPH 라디칼소거능 및 LDL 산화억제 활성이 가장 높은 결과를 나타낸 70% acetone추출물의 활성은 페놀성 화합물의 유래임을 시사하였다. 페놀성 화합물은 천연에 널리 분포되어 있는 식물 2차대사산물의 한 그룹으로서 항산화 활성을 기본으로 하여 암예방, 항염증 및 항바이러스 작용 등의 각종 생리활성을 나타내며 그중에서도 flavonoid, stilbene, lignan, tannin 등의 화합물이 잘 알려져 있다. Rice-Evans 등(20)은 flavonoid의 라디칼소거 활성의 구조와의 상관관계를 규명하였으며, 최근에는 lignan의 경우 분자내에 *ortho*-dihydroxy구조를 가지면 활성이 강해진다는 보고(21)가 있다. 현재 백단향에 존재하는 강한 항산화 활성을 가진 페놀성 화합물에 대한 구조연구가 진행 중에 있으며, 우수한 항산화활성을 가진 단일화합물의 천연소재로서의 개발이 가능하리라 사료된다.

Table 5. Contents of total phenolics in extracts obtained from *S. album* by various solvents

Extracts	Extraction yield(g/100 g)	Phenolic contents(mg/g)
<i>n</i> -Hexane ext.	0.1±0.55	58.9± 2.2
MeOH ext.	1.1±0.38	111.6±2.7
EtOH ext.	0.6±0.17	94.5±0.18
70% Acetone ext.	2.2±0.52	117.1±0.47
Hot water ext.	0.9±0.37	84.3±0.28

Each value represents the mean±SD(n=3).

요 약

본 연구에서는 백단향의 다양한 추출방법에 따른 항산화 활성, 미백 효과 및 세포 독성을 평가 하였다. DPPH 라디칼에 대한 소거능은 *n*-Hexane 추출물을 제외한 모든 추출물에서 양성대조군인 L-ascorbic acid (IC₅₀, 28.7 µg/mL)보다 강하거나 동등한 활성을 나타내었으며, 그중에서도 70% acetone추출물에는 강한 라디칼 소거능(IC₅₀, 18.6 µg/mL)을 나타내었다. 또한 LDL 산화억제 실험에서도 활성이 인정되었고 총 페놀 함량이 높게 나타난 70% acetone 추출물에 가장 강한 활성(IC₅₀, 58.3 µg/mL)이 확인되었으며, 다음으로 MeOH, EtOH, Hot water, *n*-Hexane추출물 순의 활성을 관찰할 수 있었다. Tyrosinase 저해활성을 평가한 결과 양성대조군인 arbutin (IC₅₀, 13.7 µg/mL) 및 kojic acid (IC₅₀, 8.3 µg/mL)보다 다소 약한 활성을 나타내었으며 70% Acetone을 이용하여 백단향을 추출할 경우 미백 활성이 가장 강한 결과를 얻었다. 백단향의 열수 추출물은 마우스멜라노마 세포(B16F10)에 대해서 1.0 mg/mL의 농도에서 24.7%의 성장억제효과를 나타내었다.

참고문헌

- Shim, J.S., Kim, S.D., Kim, T.S., Kim, K.N. (2005) Biological activities of flavonoid glycosides isolated from *Angelica keiskei*. Korean J. Food Sci. Technol., 37, 78-83
- Branen, A.L. (1975) Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxytoluene. J. Oil Chem., Soc. 52, 59-62
- Masaki, H., Sakaki, S., Atsumi, T., Sakurai, H. (1995) Active-oxygen scavenging activity of plants extracts. Biol. Pharm. Bull., 18, 162-166
- Butaud, J., Raharivelomanana, P., Bianchini, J., Baron K. (2003) A new chemotype of Sandalwood (*Santalum insulare* Bertero ex A. Dc.) from Marquesas Islands. J. Essential Oil Res., 15, 323-326

5. Kapoor, L.D. (1990) Handbook of Ayurvedic Medicinal Plants. CRC Press, Boca Raton, FL. 37-62
6. Kim, T.H., Ito, H., Hatano, T., Hasegawa, T., Machiguchi, T., Tokuda, H., Nishino, H., Yoshida, T. (2006) New antitumor sesquiterpenoids from *Santalum album* of Indian origin. *Tetrahedron.*, 62, 6981-6989
7. Kim, T.H., Ito, H., Hatano, T., Hasegawa, T., Akiba, A., Machiguchi, T., Yoshida, T. (2005) Bisabolane- and santalane-type sesquiterpenoids from *Santalum album* of Indian origin. *J. Nat. Prod.*, 68, 1805-1808
8. Kim, T.H., Ito, H., Hayashi, K., Hasegawa, T., Machiguchi, T., Yoshida, T. (2005) Aromatic constituents from the heartwood of *Santalum album* L. *Chem. Pharm. Bull.*, 53, 641-644
9. Blois, M.S. (1958) Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
10. Buege, J.A., Aust, S.D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Method in Enzymol.* 105, 302-310
11. Yagi, A., Kanbara, T., Morinobu, N. (1987) Inhibition of mushroom-tyrosinase by aloe extract. *Planta Med.*, 53, 515-517
12. Carmichael, J., DeGraff, W.G., Gazdar, A.F., Minna, J.D., Mitchell, J.B. (1987) Evaluation of tetrazolium based semiautomated colorimetric assay: assessment of chemosensitivity testing. *Cancer Res.*, 47, 936-942
13. Gao, X., Bjork, L., Trajkovski, V., Uggla, M. (2000) Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test system. *J. Sci. Food Agri.*, 80, 2021-2027
14. Bang, M.H., Song, M.C., Han, M.W., Lee, D.Y., Jo, J.-K., Chung, H.G., Jeong, T.S., Lee, K.T., Choi, M.S., Baek, N.I. (2007) Development of biological active compounds from edible plant sources-XIX. Isolation of inhibitory compound on LDL-oxidation from the aerial parts of Sajabalssuk (*Artemisia princeps*). *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 50, 224-227
15. Kwon, H.S., Kim, M.J., Jeong, H.J., Yang, M.S., Park, K.H., Jeong, T.S., Lee, W.S. (2008) Low-density lipoprotein (LDL)-antioxidant lignans from *Myristica fragrans* seeds. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 18, 194-8
16. Azhar-Ul-Haq., Malik, A., Khan, M.T., Anwar, U.H., Khan, S.B., Ahmad, A., Choudhary, M.I. (2006) Tyrosinase inhibitory lignans from the methanol extract of the roots of *Vitex negundo* Linn. and their structure-activity relationship. *Phytomedicine.*, 13, 255-60
17. Hata, K., Ogawa, S., Makino, M., Mukaiyama, T., Hori, K., Iida, T., Fujimoto, Y. (2008) Lupane triterpenes with a carbonyl group at C-20 induce cancer cell apoptosis. *Nat. Med. (Tokyo)*, 62, 332-335
18. Chaya, N., Terauchi, K., Yamagata, Y., Kinjo, J., Okabe, H. (2004) Antiproliferative constituents in plants 14. Coumarins and acridone alkaloids from *Boenninghausenia japonica* NAKAI. *Biol. Pharm. Bull.*, 27, 1312-1316
19. Zhang, Y.J., Nagao, T., Tanaka, T., Yang, C.R., Okabe, H., Kouno, I. (2004) Antiproliferative activity of the main constituents from *Phyllanthus emblica*. *Biol. Pharm. Bull.*, 27, 251-255
20. Cai, Y.Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q., Corke, H. (2006) Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sci.*, 15, 2872-2888
21. Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga, G. (1996) Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free. Radic. Biol. Med.*, 20, 933-56

(접수 2008년 3월 23일, 채택 2008년 5월 28일)