

## DAD/UV HPLC를 이용한 뽕잎과 오디(*Morus alba* L.)에 함유된 Stilbenoids 조성 및 함량 분석

- 연구노트 -

김지선 · 하태열 · 안지윤 · 김현구 · 김선아<sup>†</sup>  
한국식품연구원

### Composition and Quantitative Analysis of Stilbenoids in Mulberry (*Morus alba* L.) Leaves and Fruits with DAD/UV HPLC

Ji-Sun Kim, Tae-Youl Ha, Ji-Yun Ahn, Hyun-Ku Kim, and Suna Kim<sup>†</sup>

Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

#### Abstract

This study was aimed to analyze the composition and to quantify the contents of stilbenoids in the leaves and fruits of *Morus alba* L. using high performance liquid chromatography with photodiode array detector and UV detector. Optimal wavelength for the detection of various stilbenoids such as resveratrol, piceatannol, rhapontigenin, astringin, pterostilbene, piceid, rhaponticin and vitisin A was screened by DAD detector and set to 308 nm. Seven kinds of stilbenoids except vitisin A were identified in fruits, while 5 kinds of stilbenoids in leaves. Total stilbenoids contents were  $609.15 \pm 7.24$  mg/100 g d.w. in fruits and  $188.57 \pm 1.70$  mg/100 g d.w. in leaves. Stilbenoids contents in fruits were 3 times higher than those in leaves. Rhaponticin was the most profound stilbene, analyzed to  $389.26 \pm 5.22$  mg/100 g d.w. (63.8% of total stilbenoids) in fruits and  $99.17 \pm 2.79$  mg/100 g d.w. (52.5% of total stilbenoids) in leaves. Astringin and piceatannol were only detected in fruits and vitisin A was not detected. Contents of piceid and rhaponticin were higher than those of aglycone forms, rhapontigenin and resveratrol.

**Key words:** *Morus alba* L., mulberry fruit, mulberry leaves, rhaponticin, photodiode array detector

#### 서 론

뽕나무는 열대지방에서부터 온대지역에 걸쳐 널리 분포하는 뽕나무과(Moraceae), 뽕나무속(Morus)에 속하는 식물자원으로, 예로부터 뽕잎과 그 열매인 오디는 항당뇨, 항염증, 항고지혈을 위한 식용 혹은 약용 자원으로 이용되어 왔다(1-5). 유효성분으로는 flavonoids, stilbenes, prenylflavonoids, coumarin 등이 보고(6)되고 있으나 유효성분 및 효능에 대한 연구는 아직 미진한 실정이다. 제품화 측면에서는 최근 뽕잎 분말을 첨가한 국수와 아이스크림(7,8), 오디를 활용한 잼, 주스, 술 등의 가공식품이 일부 보고되고 있다(9-11).

Stilbenoids는 최근 주목받고 있는 기능성 소재로 구조상 chalcone보다 탄소 하나가 적은 C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 화합물로 2개의 벤젠기가 이중결합에 의해 연결되어 있는 구조의 물질로 고등식물의 잎, 나무껍질, 목질 부분에 함유되어 있다(12). Stilbenoids의 가장 대표적인 물질은 resveratrol로 포도 및

와인류에 다량 함유되어 있으며, 이외에도 piceatannol, rhapontigenin 등이 기능성 소재로 보고되고 있으나 아직까지 확인되지 않은 stilbenoids가 더 많을 것으로 추정되고 있다(13). Stilbenoids의 주요 효능은 지방 과산화 억제 및 라디칼 소거능 등의 항산화 작용, 혈당 저하 효과에 의한 항당뇨 작용, cyclooxygenase 저해에 의한 항염증 작용, 암세포 성장 억제 및 암 예방 효능 등 다양한 생리활성이 보고되고 있다(14). 따라서 식품소재로부터 stilbenoids를 탐색하여 기능성 식품이나 의약품의 원료로 활용하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

이에 본 연구에서는 전통적으로 식품 및 한약재 소재로 활용되어 온 뽕잎과 오디로부터 다양한 stilbenoids를 탐색하고자 DAD/UV HPLC를 활용하여 8종의 stilbenoids의 동시 정량 분석 조건을 확립하고 이를 활용하여 오디와 뽕잎 추출물에 함유되어 있는 stilbenoids의 조성 및 함량을 분석하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: suna@kfri.re.kr  
Phone: 82-31-780-9301, Fax: 82-31-780-9225

## 재료 및 방법

### 실험 재료

뽕잎과 오디는 경동시장(Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 표준품으로 사용된 resveratrol, piceatannol, pterostilbene, rhaponticin은 Sigma Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며, astringin과 piceid는 Sequoia (Sequoia Research Products Ltd., Pangbourne, UK)에서 구입하여 사용하였다. Rhapontigenin과 vitisin A는 한국화학연구원(Daejeon, ROK)에서 제공받아 사용하였다. Acetonitrile과 methanol은 Burdick and Jackson(SK Chemicals, Ulsan, ROK)사의 HPLC용 용매를 사용하였고, phosphoric acid는 Sigma Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 증류수는 Simplicity Water Purification System (Millipore Corporation, USA)을 이용하여 18.2 MΩ으로 정제된 물을 사용하였다.

### 전처리

각 시료는 수세 및 건조, 분쇄한 뒤 분쇄된 시료 4 g에 80% 에탄올 20 mL을 가하여 현탁시킨 후 상압형 마이크로 추출장치(MAP, Soxwave-100, Prolabo, France)로 90 W에서 15분간 추출하였다. 추출액은 Whatman filter paper No. 2(Madison, England)로 여과하여 진공농축한 후 80% 에탄올을 이용하여 20 mL로 정용한 후 0.45 µm syringe filter(PVDF, Whatman International Ltd, Maidstone, England)로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. 총 8종의 stilbenoids 표준품은 각각 800 µg/mL의 stock 용액을 만든 후 동일 비율로 혼합하여 분석에 이용하였다.

### DAD/UV HPLC

뽕잎과 오디에 함유되어 있는 stilbenoids의 조성 및 함량은 Babette 등의 방법(15)을 이용하여 HPLC로 분석하였다. 컬럼은 ZORBAX Eclipse XDB-C18(4.6 mm×250 mm, 5 µm, Agilent, Santa Clara CA, USA)을 사용하였으며, 이동상은 용매 A(1.5% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O), 용매 B(40%(H<sub>2</sub>O-CH<sub>3</sub>OH-CH<sub>3</sub>CN)(1:1:1, by vol) in 1.5% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O)와 용매 C(H<sub>2</sub>O-CH<sub>3</sub>OH-CH<sub>3</sub>CN)(1:1:1, by vol))를 사용하였으며 용매 조건은 40분까지 용매 A에서 용매 B로, 80분까지 용매 B에서 용매 C로 변화를 주었으며, 90분까지 다시 용매 A로 변화를 주어 분석하였다. 컬럼 오븐(Jasco CO-2065)의 온도는 35°C, 시료 주입량은 20 µL, 유속 1.0 mL/min(Jasco PU-2089)로 측정하였다. 표준용액은 DAD(Jasco MD-2010)로 최적 파장을 탐색하였고 UV 검출기(Jasco UV-2075) 및 Bowin software(Version 1.50)를 활용하여 총 8종의 stilbenoids를 동시에 정량분석하였다.

### 통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하였으며 SAS 8.02 프로

그램을 이용하여 평균±표준편차로 기술하였다. Stilbenoids 표준품은 단순회귀분석을 수행하여 표준검량곡선과 결정계수( $r^2 > 0.95$ )를 산출하여 이용하였고, 시료간 유의성은 군간 비교 분석(t-test)을 이용하여 검증하였다( $\alpha = 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

Stilbenoids는 2개의 벤젠기가 이중결합으로 연결된 구조로 수산기의 개수와 위치, 당의 결합 유무, stilbenoids의 중합 등으로 인해 구조적 차이와 그에 따른 다양한 특성을 보인다(Fig. 1). 구조적으로 살펴보면, resveratrol(MW 228)은 stilbene 기본구조에 3,5,4'-OH, piceatannol(MW 244)은 3,5,3',4'-OH, rhapontigenin(MW 258)은 3,3',5-OH와 4'-CH<sub>3</sub>, pterostilbene(MW 256)은 3,5-CH<sub>3</sub>와 4'-OH가 위치하는 비배당체이며, piceid(MW 390)와 rhaponticin(MW 420)은 resveratrol과 rhaponticin에 3-β-d-glucoside가, astringin(MW 406)은 3',4',5-OH와 3-β-D-glucoside가 위치한 배당체 구조이다. Vitisin A(MW 561, malvidin 3-glucoside pyruvate)은 안토시아닌과 ferulic acid의 반응에 의해 형성되며 stilbene 구조를 기본으로 하고 주로 와인류에서 검출

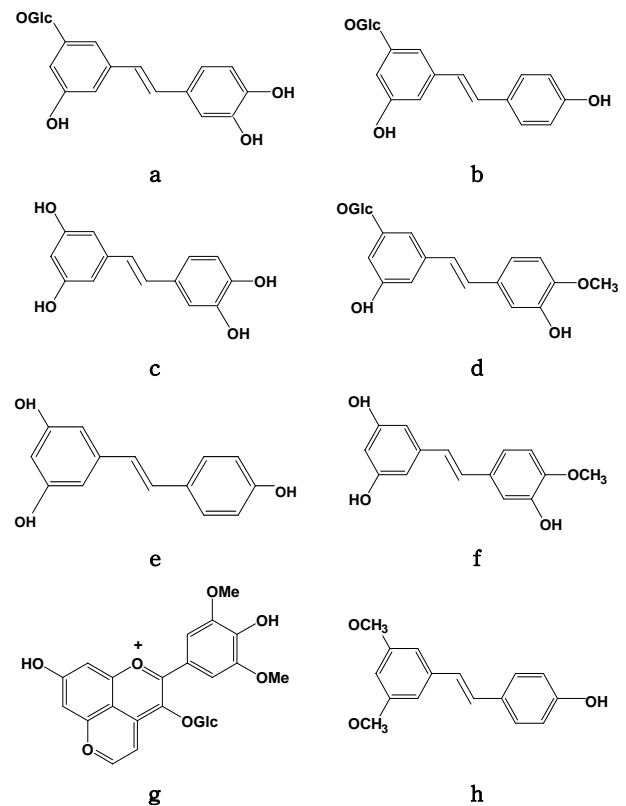


Fig. 1. Structure of various stilbenoids.

a, astringin; b, piceid; c, piceatannol; d, rhaponticin; e, resveratrol; f, rhapontigenin; g, vitisin A; h, pterostilbene.

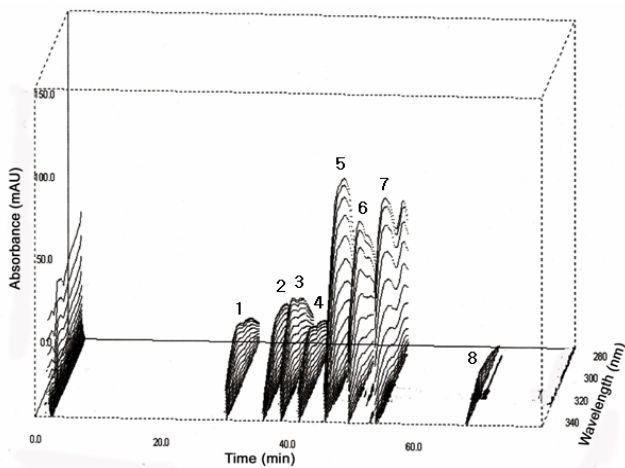


Fig. 2. 3D chromatogram of various stilbenoid standard samples by DAD HPLC.

1, astringin; 2, piceid; 3, piceatannol; 4, rhaponticin; 5, resveratrol; 6, rhapontigenin; 7, vitisin A; 8, pterostilbene.

되고 있다(16).

8종의 stilbenoids를 동시에 분석하기 위해 이동상으로 1.5%  $H_3PO_4/H_2O$ (A)와 40%( $H_2O-CH_3OH-CH_3CN=1:1:1$ , by vol)/1.5%  $H_3PO_4/H_2O$ (B),  $H_2O-CH_3OH-CH_3CN=1:1:1$ , by vol)(C)를 사용하여 DAD로 190~800 nm의 파장에서 absorbance를 탐색한 결과, Fig. 2와 같이 3차원의 UV spectra의 pattern으로 나타났으며 absorbance가 가장 높은 두 파장은 285 nm와 308 nm였고 이 두 파장에서 표준품의 검출 패턴은 Fig. 3과 같다. Vitisin A는 두 파장에서의 흡광 패턴이 유사하였으나 이외에 7종의 표준품은 모두 308 nm에서의 흡광도가 높게 나타나 최적파장으로 결정하였다. Fig. 4는 뽕잎과 오디 추출물의 stilbenoids 조성 분석 결과로, 뽕잎은 piceid, rhaponticin, resveratrol, rhapontigenin, pterostilbene이, 오디는 astringin, piceid, piceatannol, rhaponticin, resveratrol, rhapontigenin, pterostilbene이 검출되

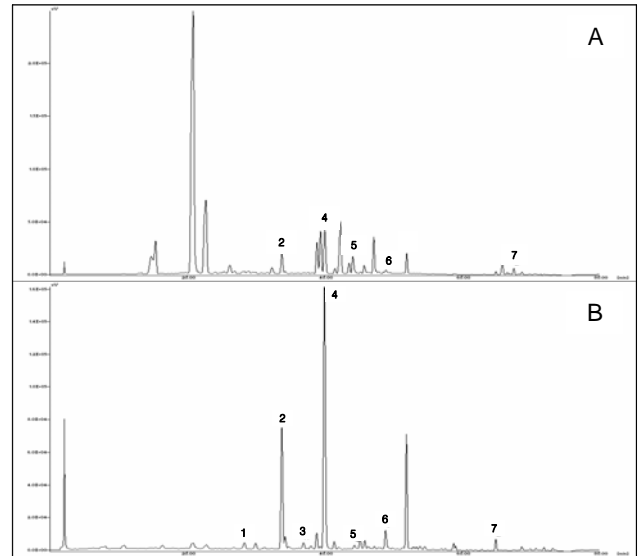


Fig. 4. Typical HPLC profile of stilbenes in (A) mulberry leaves (B) mulberry fruits at 308 nm.

Numbers show the following standard chemicals: 1, astringin; 2, piceid; 3, piceatannol; 4, rhaponticin; 5, resveratrol; 6, rhapontigenin; 7, pterostilbene.

었고 vitisin A는 두 시료 모두 검출되지 않았다. 뽕잎과 오디에 포함된 stilbenoids 함량은 Table 1과 같다. 전체 stilbenoids의 함량은 뽕잎에서  $188.57 \pm 1.70$  mg/100 g d.w., 오디에서  $609.15 \pm 7.24$  mg/100 g d.w.으로 뽕잎보다는 오디에 약 3배 이상의 높은 stilbenoids가 함유된 것으로 나타났다. 뽕잎에 포함된 stilbenoids 중 rhaponticin이  $99.17 \pm 2.79$  mg/100 g d.w.으로 가장 많이 함유되어 있었고, pterostilbene ( $39.58 \pm 0.80$  mg/100 g d.w.), piceid( $35.95 \pm 0.15$  mg/100 g d.w.), resveratrol( $13.05 \pm 0.57$  mg/100 g d.w.), rhapontigenin ( $0.82 \pm 0.01$  mg/100 g d.w.) 순으로 함유되어 있었다. 오디에는 rhaponticin이  $389.26 \pm 5.22$  mg/100 g d.w.으로 뽕잎처럼 가장 많이 함유되어 있었으며 그 함량은 뽕잎의 약 4배가

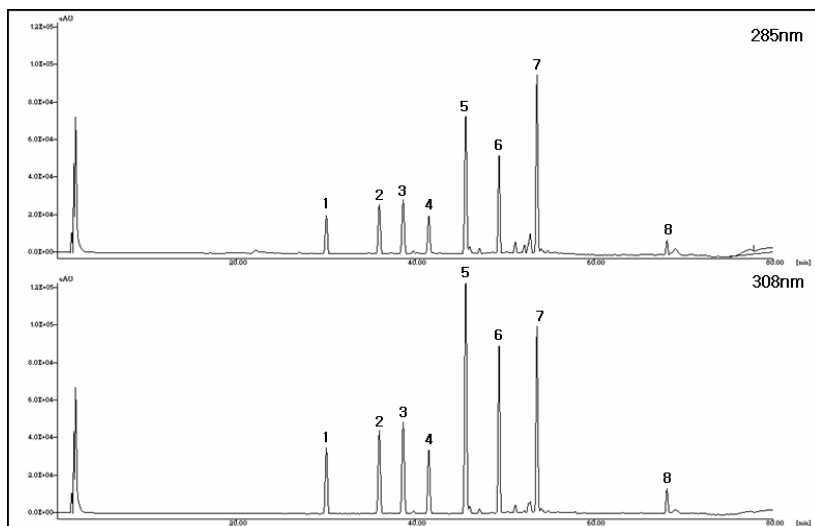


Fig. 3. HPLC chromatogram of various stilbenoid standard samples at 285 nm and 308 nm.

1, astringin; 2, piceid; 3, piceatannol; 4, rhaponticin; 5, resveratrol; 6, rhapontigenin; 7, vitisin A; 8, pterostilbene.

**Table 1. Composition and contents of various stilbenoids in mulberry fruits and leaves<sup>1),2)</sup>** (unit: mg/100 g d.w.)

Stilbenoids	Leaves	Fruits	t value
Astringin	ND <sup>3)</sup>	16.09±0.23	-
Piceid	35.95±0.15	133.66±1.34	-72.52***
Piceatannol	ND	8.80±0.31	-
Rhaponticin	99.17±2.79	389.26±5.22	-49.05***
Resveratrol	13.05±0.57	5.27±0.05	13.63***
Rhapontigenin	0.82±0.01	13.94±0.50	26.34***
Vitisin A	ND	ND	-
Pterostilbene	39.58±0.80	42.13±0.40	-2.86*
Total	188.57±1.70	609.15±7.24	-56.52***

<sup>1)</sup>Each value was expressed as the mean±SD of triplicate assays.

<sup>2)</sup>Differences evaluated by t-test between mulberry leaves and fruits are significant at \*p<0.05 and \*\*\*p<0.001.

<sup>3)</sup>ND: Not detected.

함유된 것으로 나타났으며, 다음으로 piceid(133.66±1.34 mg/100 g d.w.), pterostilbene(42.13±0.40 mg/100 g d.w.), astringin(16.09±0.23 mg/100 g d.w.), rhapontigenin(13.94±0.5 mg/100 g d.w.), piceatannol(8.80±0.31 mg/100 g d.w.), resveratrol(5.27±0.05 mg/100 g d.w.)의 순으로 함유되어 있는 것으로 나타났다. 뽕잎과 오디의 stilbene 함량을 비교하면, 가장 높은 함량으로 분석된 rhaponticin은 rhapontigenin에 당이 결합된 glucoside 형태로 뽕잎과 오디 모두 rhaponticin이 rhapontigenin에 비해 월등히 높게 분석되었으며, resveratrol 역시 이의 당결합체인 piceid의 함량이 뽕잎과 오디 모두 높게 분석되어 비배당체보다는 배당체 형태로 분포하는 것으로 나타났다. Rhapontigenin과 rhaponticin은 대표적인 약용식물인 대황류에서 많이 검출되는 대표적인 stilbenoids로(17,18) 종대황에서 분리한 deoxy-rhapontigenin, rhapontigenin이 arachidonic acid와 콜라겐에 의해 유발된 응집에 강한 저해 활성이 있으며(19), COX-1을 효과적으로 억제하여 구어혈 작용을 하고(20), 항혈소판 응집작용(21)을 하는 등이 보고되고 있다. 따라서 rhaponticin과 rhapontigenin이 풍부한 오디는 식품소재로 활용할 경우 위와 같은 효능을 기대할 수 있는 고부가가치 소재임을 확인할 수 있었다. Lin 등(22)은 piceatannol을 분석하기 위한 시료 전처리 연구를 통해 중국의 약용식물인 *P. cuspidatum*, *A. brevipedunculata*, *V. thunbergii*의 piceatannol을 분석하였고 그 결과, 각각 약 6.6 mg/100 g, 1.7 mg/100 g, 1.7 mg/100 g이 존재하는 것으로 보고하였는데, 이는 본 실험에서 오디 중 piceatannol이 8.8 mg/100 g으로 중국의 약용식물보다 높은 함량의 piceatannol을 함유하는 것으로 나타났다. Pterostilbene은 주로 deerberry, rabbiteye blueberries에서 발견된 stilbene으로 B-16 melanoma cells, HL60 promyelocytic leukemia cells, leukemia cells에서 항산화 활성이 보고되고 있으며(23-25), 뿐만 아니라 항당뇨, 항산화 활성이 보고되고 있다(26,27). 뽕잎과 오디는 pterostilbene 역시 각각 42.13±0.40 mg/100 g d.w., 39.58

±0.80 mg/100 g d.w.으로 분석되어 비배당체 형태에서 가장 높은 함량이 함유되어 있는 것으로 나타났다.

지금까지 뽕잎과 오디에서 유래하는 stilbenoids의 조성과 이의 함량을 부위별로 유도체별로 비교하였다. 그 결과 뽕잎과 오디에서 다양한 stilbene 유도체가 상당량 검출되었으며, 특히 오디는 뽕잎에 비해 3배 이상의 높은 stilbenoids 함량을 함유하는 것으로 나타났다. 게다가 약용식물인 대황에서만 보고되던 rhaponticin과 rhapontigenin이 과량 함유되어 있는 것으로 나타나 이는 오디 및 뽕잎이 기능성 식품 소재로서의 가치가 매우 높음을 제시하였으며, 따라서 stilbenoids를 함유하는 고부가가치 식품 소재로서의 개발이 가능할 것으로 기대된다.

## 요 약

본 연구는 DAD/UV HPLC를 이용하여 뽕잎과 오디(*Morus alba* L.)에 함유되어 있는 stilbenoids의 조성과 함량을 분석하고자 수행되었다. 뽕잎과 오디추출물을 DAD를 이용하여 최대흡광파장을 탐색한 결과 308 nm로 나타났으며, stilbenoids 조성이 오디에는 resveratrol, piceatannol, rhapontigenin, astringin, pterostilbene, piceid, rhaponticin, 뽕잎에는 resveratrol, rhapontigenin, pterostilbene, piceid이 함유된 것으로 나타났다. 오디와 뽕잎의 총 stilbenoids 함량은 609.15±7.24 mg/100 g d.w.와 188.57±1.70 mg/100 g d.w.였으며, rhaponticin은 오디(389.26±5.22 mg/100 g d.w.)와 뽕잎(99.17±2.79 mg/100 g d.w.) 모두 가장 많은 함량이 함유되어 있었다. Astringin과 piceatannol은 오디에서만 검출되었으며 vitisin A는 모두 검출되지 않았다. Piceid와 rhaponticin은 이의 비배당체인 resveratrol과 rhapontigenin보다 과량 함유되어 있어 비배당체보다는 배당체의 함량이 높은 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 논문은 한국식품연구원 기관고유사업과 과학기술부 기능성식품소재기초기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Machii H, Koyama A, Yamanouchi H. 2000. FAO Electronic Conference Mulberry For animal production. <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/mulberry>.
- Kim TY, Kwon YB. 1996. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. *Korean J Seri Sci* 38: 100-107.
- Kim SY, Park KJ, Lee WC. 1988. Antiinflammatory and antioxidant effects of *Morus spp.* fruit extract. *Korean J Med Crop Sci* 6: 204-209.
- Park JC, Choi JS, Choi JW. 1995. Effects of the fractions

- from the leaves, fruits, stems and roots of *Cudrania tricuspidata* and flavonoids on lipid peroxidation. *Korean J Pharmacogn* 26: 377-384.
5. Kim HB, Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Moon JY. 2001. Effect of methanol extract from mulberry fruit on the lipid metabolism and liver function in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *Korean J Seri Sci* 43: 104-108.
  6. Oh H, Ko EK, Jun JY, Oh MH, Park SU, Kang KH, Lee HS, Kim YC. 2002. Hepatoprotective and free radical scavenging activities of prenylflavonoids, coumarin and stilbene from *Morus alba*. *Planta Med* 68: 932-934.
  7. Kim HB, Yang SY, Lee YK. 1996. Effects of mulberry leaves on physical properties and chemical contents of mulberry leaf noddle. *Korean J Seri Sci* 38: 1-6.
  8. Kim HB, Choung WY, Ryu KS. 1999. Sensory characteristics and blood glucose lowering effect of ice-cream containing mulberry leaf powder. *Korean J Seri Sci* 41: 129-134.
  9. Park SW, Jung YS, Ko KC. 1997. Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. *J Korean Soc Hort Sci* 38: 722-724.
  10. Kim HB. 2000. Sensory characteristics of mulberry fruit jam and wine. *Korean J Seri Sci* 42: 73-77.
  11. Kim HB, Lee YW, Lee YJ, Moon JY. 2001. Physiological effects and sensory characteristics of mulberry fruit wine with Chongilpong. *Korean J Seri Sci* 43: 16-20.
  12. Langcake P, Pryce RJ. 1977. A new class of phytoalexins from grapevines. *Experientia* 33: 151-152.
  13. Aggarwal BB, Bhardwaj A, Aggarwal RS, Seeram NP, Shishodia S, Takada Y. 2004. Role of resveratrol in prevention and therapy of cancer: preclinical and clinical studies. *Anticancer Res* 24: 2783-2840.
  14. Roupe KA, Remsberg CM, Yanez JA, Davies NM. 2006. Pharmacometrics of stilbenes: segueing towards the clinic. *Current Clinical Pharmacology* 1: 81-101.
  15. Babette M, Jürgen H, Dieter S, Ingrid K, Franz O. 1990. Phenolics of mycorrhizas and non-mycorrhizal roots of Norway spruce. *Planta* 182: 142-148.
  16. de Villiers A, Vanhoenacker G, Majek P, Sandra P. 2004. Determination of anthocyanins in wine by direct injection liquid chromatography-diode array detection-mass spectrometry and classification of wines using discriminant analysis. *J Chromatogr A* 1054: 195-204.
  17. Ko SK, Lee SM, Whang WK. 1999. Anti-platelet aggregation activity on stilbene derivatives from *Rheum undulatum*. *Arch Pharm Res* 22: 401-403.
  18. Matsuda H, Kageura T, Morikawa T, Toguchida I, Harima S, Yoshikawa M. 2000. Effects of stilbene constituents from rhubarb on nitric oxide production in lipopolysaccharide-activated macrophages. *Bioorg Med Chem Lett* 10: 323-327.
  19. Kimura Y, Okuda H, Kubo M. 1995. Effects of stilbenes isolated from medicinal plants on arachidonate metabolism and degranulation in human polymorphonuclear leukocytes. *J Ethnopharmacol* 45: 131-139.
  20. Choi SZ, Lee SO, Jang KU, Chung SH, Park SH, Kang HC, Yang EY, Cho HJ, Lee KR. 2005. Antidiabetic stilbene and anthraquinone derivatives from *Rheum undulatum*. *Arch Pharm Res* 28: 1027-1030.
  21. Oh SJ. 2001. Identification of antioxidative compounds isolated from *Rheum undulatum* L. *MS Thesis*. Kyunghee University, Seoul, Korea.
  22. Lin LL, Lien CY, Cheng YC, Ku KL. 2007. An effective sample preparation approach for screening the anticancer compound piceatannol using HPLC coupled with UV and fluorescence detection. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 853: 175-182.
  23. Ferrer P, Asensi M, Segarra R, Ortega A, Benlloch M, Obrador E, Varea MT, Asensio G, Jordá L, Estrela JM. 2005. Association between pterostilbene and quercetin inhibits metastatic activity of B16 melanoma. *Neoplasia* 7: 37-47.
  24. Roberti M, Pizzirani D, Simoni D, Rondanin R, Baruchello R, Bonora C, Buscemi F, Grimaudo S, Tolomeo M. 2003. Synthesis and biological evaluation of resveratrol and analogues as apoptosis-inducing agents. *J Med Chem* 46: 3546-3554.
  25. Tolomeo M, Grimaudo S, Di Cristina A, Roberti M, Pizzirani D, Meli M, Dusonchet L, Gebbia N, Abbadessa V, Crosta L, Baruchello R, Grisolia G, Invidiata F, Simoni D. 2005. Pterostilbene and 3'-hydroxypterostilbene are effective apoptosis-inducing agents in MDR and BCR-ABL-expressing leukemia cells. *Int J Biochem Cell Biol* 37: 1709-1726.
  26. Manickam M, Ramanathan M, Jahromi MA, Chansouria JP, Ray AB. 1997. Antihyperglycemic activity of phenolics from *Pterocarpus marsupium*. *J Nat Prod* 60: 609-610.
  27. Stivala LA, Savio M, Carafoli F, Perucca P, Bianchi L, Maga G, Forti L, Pagnoni UM, Albin A, Prosperi E, Vannini V. 2001. Specific structural determinants are responsible for the antioxidant activity and the cell cycle effects of resveratrol. *J Biol Chem* 276: 22586-22594.

(2007년 10월 11일 접수; 2007년 10월 27일 채택)