

## 두충차 추출물의 Angiotensin Converting Enzyme 저해효과

손미예<sup>1</sup> · 남상해<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 식품영양학과  
<sup>2</sup>진주산업대학교 식품과학과

### Inhibitory Effects of *Eucommia ulmoides* Extract on Angiotensin Converting Enzyme

Mi-Yae Shon<sup>1</sup> and Sang-Hae Nam<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

#### Abstract

To assess a potential possibility of *Eucommia ulmoides* (EU) as a functional food, anti-hypertensive materials of EU were isolated by silica gel column, thin layer and reverse phase column chromatographies, and then ACE (angiotensin-converting enzyme) inhibitory activities of different parts (leaf, bark, and stem) were investigated. The isolated compound, 8A, was pinorensin-4,4'-di-O-β-D-glucoside (below PDG) originating from Eucommial Cortex and its purity was 95.64%. Of all the samples tested, PDG in raw bark and roasted bark was the highest level at 135.13 mg% and 163.67 mg%, respectively. In ACE inhibitory activity at 10 mg/mL of EU extracts, roasted leaf, raw bark, and roasted bark were 77.56%, 75.73%, and 75.73%, respectively. ACE activities at 1 mg/mL were shown to be 91.87% for PDG, 97.06% for Enalapril<sup>®</sup>, and 90.32% for Captopril<sup>®</sup>.

**Key words:** *Eucommia ulmoides*, pinorensin-4,4'-di-O-β-D-glucoside (PDG), ACE inhibitory activity

#### 서 론

고혈압은 대표적 성인병의 하나로 순환기계통 질병의 근원이 되는 만성 퇴행성 질환으로 노인 인구가 증가할수록 발병율이 증가하고 있다. 고혈압은 뇌출혈, 심장병, 신장병 등과 합병증으로 나타날 경우 치사율이 높아 암, 심장병과 함께 3대 사망 원인 중의 하나이다. 대부분의 고혈압은 원인 불명으로 알려져 있는데, 이를 본태성 고혈압(primary or spontaneous hypertension)이라고 하며 약물 치료가 요구된다(1). 사람의 경우에는 식이 중 염분 섭취량, 육체적인 작업, 비만과 스트레스 등의 환경적인 요인뿐만 아니라 사회, 문화적 또는 행동적 요인이 본태성 고혈압 발현에 중요한 역할을 한다(2). 특히 고혈압의 원인은 renin-angiotensin계가 중요한 역할을 하고 있는 것으로 보고되어 있으며, 여기에는 angiotensin I converting enzyme[EC 3.4.15.1, ACE: peptidyl dipeptide hydrolase]이라는 효소가 관여하고 있는 것으로 알려져 있다(3). 생체 중에 존재하는 불활성형의 angiotensin I은 ACE에 의해 dipeptide가 떨어져 나감으로써 혈관벽 수축 작용이 있는 angiotensin II로 전환되며, 생체내 혈압강하 인자인 bradykinin을 불활성화시킴으로써 혈압이

상승하게 된다. 특히 식품의 생체조절 기능에서 혈압상승 원인 중에 하나인 angiotensin converting enzyme(ACE)에 대해 저해작용이 있다는 것이 알려지면서 이에 관해 많은 연구가 진행되고 있다(4,5).

ACE 억제제로서는 화학합성제인 에날라프릴(enalapril) 및 캡토프릴(captopril) 등이 개발되어 이용되고 있으나, 이들은 여러 가지의 신체 부작용 등이 나타날 수 있으므로 화학 합성 ACE 억제제보다는 천연물 유래 고혈압 개선제의 개발이 절실히 요구된다(6). 현재까지 천연 항고혈압 활성제는 대체로 펩타이드성 물질과 폴리페놀성 물질이 다수를 차지하는 것으로 보고되어 있다(7-9).

식물체에 함유되어 있는 생리활성 성분들은 대부분 식물체의 2차 대사산물로서 생성되는데 flavonoid, alkaloid, coumarin 및 plant sterol 등이 존재한다. 이들은 매우 적은 양으로도 생리활성을 나타내는데(10,11), 이러한 생리활성 성분들은 polyphenol류에 속하는 물질로서 다양한 생약재는 물론 과일과 곡류 등에서 볼 수 있으며, 특히 차에 많이 포함되어 있으면서 항고혈압 등의 생리활성을 나타낸다고 보고되어 있다(12). 특히 식물성 ACE 저해활성에 좋은 생리활성 물질들은 비교적 열에 안정하여 체내에 흡수가 용이한 비교

\*Corresponding author. E-mail: shnam@jinju.ac.kr  
Phone: 82-55-751-3274, Fax: 82-55-751-3279

적 저분자 물질로 항상 섭취하는 식품 중에 존재한다는 관점에서 예방의학적 유용성이 기대되고 있다.

최근 항고혈압 생리활성을 나타내는 천연 식품소재에 관한 연구로는 대두와 된장 및 카제인 가수분해물(13-15), 고등어와 어육단백질, 우유 카제인을 비롯한 동물 단백질의 펩타이드류(16,17), 그리고 차류, 마늘을 포함한 일반 식물체 자원(8,9,18)과 헛개나무(19), 숙지황(20), 음양곽(21), 인삼(22,23) 등의 각종 생약재(24-26)에서 가장 많이 보고되었으며, 기타 발아메밀(27), 키토올리고당(28), 감태를 포함한 해조류(6,29), 송엽과 익모초(30), 쥘레영지버섯(31) 등에 관한 연구들이 있다.

한편 두충(*Eucommia ulmoides* Oliver)은 두충나무과에 속하는 낙엽교목으로서 원산지는 중국으로 알려져 있으며, 우리나라에는 1926년에 도입되었고 약용 가치가 높아 최근 농가의 특용작물로써 전국적으로 많이 재배되고 있다. 두충의 약리 작용으로 강장, 진정, 진통작용 등이 알려져 있고(32), 혈압강하 효과가 있어 고혈압 등의 질병을 예방한다고 알려져 있으며(33), 일부의 작용에 대하여는 과학적인 연구가 수행되어 있으나 유효성분에 관한 연구는 미진한 상황이다.

본 연구에서는 지리산권 지역에 재배되는 생약재 중에 항고혈압 약리작용이 있을 것으로 예상되는 두충의 기능성 식품으로서 이용 가능성을 평가하기 위하여, 두충의 항고혈압 활성 물질을 분리 및 확인하였고, 각 부위별(잎, 껍질, 줄기) 추출물의 활성 관련물질의 함량 및 ACE 저해활성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시약 및 기기

본 연구에 사용된 시약은 모두 특급(GR) 및 1급 시약을 사용하였으며, column chromatography는 silica gel(70~230 mesh, Merck), Lichro-prep RP-18(40~63  $\mu$ m, Merck)를 사용하였으며 preparative TLC는 Kiesel gel 60 F plate(0.5 mm, Merck)를 사용하였다.

### 실험재료

실험에 사용한 두충(*Eucommia ulmoides* Oliver)은 산청군 두충재배 농장으로부터 공급받아 사용하였다. 자연 건조된 두충의 잎, 껍질, 줄기 등을 각각 10 kg씩을 공급받아 그 중에서 5 kg씩은 200°C의 오븐에서 볶은 후에 실험에 사용하였다. 시료는 잎(LW, raw leaf; LT, roasted leaf), 껍질(BW, raw bark; BT, roasted bark) 및 줄기(SW, raw stem; ST, roasted stem)로 구분하였다.

### 추출 및 고혈압 활성 물질분리

두충의 부위별 항고혈압 활성물질의 함량을 정량하기 위하여 Fig. 1과 같이 분리 및 정제를 실시하였다. 즉 두충의 항고혈압 활성물질로 알려져 있는 pinoselinol-4,4'-di-O- $\beta$ -

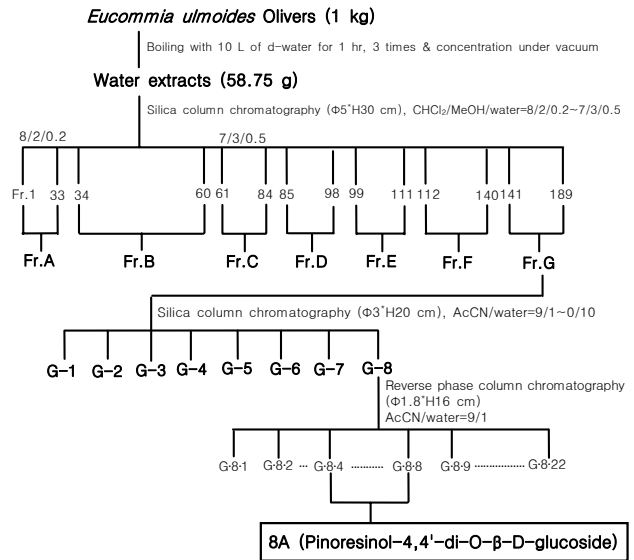


Fig. 1. The isolation procedure of pinoselinol-4,4'-di-O- $\beta$ -D-glucoside in *Eucommia ulmoides* Oliver.

-D-glucoside(PDG)를 분리하기 위하여 우선 한방에서 두충을 고혈압치료에 주로 이용하고 있는 자연 건조한 껍질(raw bark) 1 kg에 10 L의 물을 가하고 1시간 동안 끓여서 3회 반복하여 추출하였으며, 추출액을 따로 모아 감압 농축하여 58.75 g의 water extract를 얻었다. 이것을  $\text{CHCl}_3/\text{MeOH}/\text{water}=8/2/0.2\sim 7/3/0.5$ 의 용매조합으로 silica gel column chromatography를 실시한 후 thin layer chromatography(TLC)로서 확인하여 7개의 분획(Fr. A~Fr. G)을 얻었다. 그 중에서 Fr. G를 다시  $\text{AcCN}/\text{water}=9/1\sim 0/10$ 의 용매조합으로 silica gel column chromatography를 실시한 후 TLC로서 확인하여 8개의 분획(G-1~G-8)을 얻었다. 다시 분획 G-8을  $\text{AcCN}/\text{water}=9/1$ 의 용매로 reverse phase column chromatography를 실시하여 22개의 소분획(G-8-1~G-8-22)으로 분리하였으며, 이를 TLC로서 확인하여 G-8-4~G-8-8을 따로 모아 감압 농축하여 pinoselinol-4,4'-di-O- $\beta$ -D-glucoside(PDG)로 추정되는 물질을 확인하여 8A라고 명명하였다(Fig. 1).

### 분리된 고혈압 활성 물질의 동정

두충의 부위별로 pinoselinol-4,4'-di-O- $\beta$ -D-glucoside 함량을 분석하기 위한 방법은 다음과 같다. 우선 두충 시료 각 10 g씩을 정확히 칭량하여 100 mL의 물을 가하여 90~95°C에서 2시간 가열한 후 추출액을 모았다. 이 과정은 3회 반복하여 실시하였으며 모은 추출액을 rotary vacuum evaporator로서 완전히 농축하고 나서 10 mL의 3차 증류수에 녹였으며, 이를 0.2  $\mu$ m membrane filter로서 여과한 후에 HPLC분석용 시료로 사용하였다. 그리고 배당체 pinoselinol-4,4'-di-O- $\beta$ -D-glucoside의 분석을 위한 HPLC의 분석조건은 Shimadzu LC-10A, 칼럼  $\text{C}_{18}$  ODS(3.9 $\times$ 300

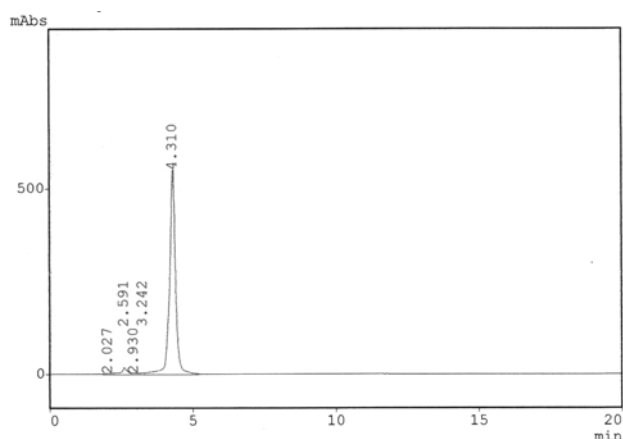


Fig. 2. The HPLC chromatogram of 8A compound isolated from *Eucommia ulmoides* Oliver.

mm), 이동상 acetonitrile : water = 70 : 30, 유속 1 mL/min, 검출기 UV 254 nm, 주입량 10 µL였으며, Fig. 2는 분리한 8A 물질을 HPLC로서 분석한 chromatogram이다.

ACE 억제 활성 측정

두충의 부위별 추출물과 이로부터 분리한 pinoresinol-4,4'-di-O-β-D-glucoside의 항고혈압 활성은 angiotensin converting enzyme(ACE)의 활성을 억제하는 효능을 검색하는 방법(이하 ACE assay)으로 측정하였다. ACE assay는 Cushman과 Cheung(34) 및 Kim 등(18)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 ACE 저해효능은 0.3 M NaCl을 함유한 0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3)에 rabbit lung acetone powder (Sigma, USA)를 1 g/10 mL(w/v)의 농도로 4°C에서 2시간 동안 추출한 후, 원심분리(4°C, 4,000 rpm, 40 min)하여 ACE 조효소액을 얻었다. ACE 저해효능은 0.1~10 mg/mL의 농도로 조제한 시료 및 positive control에 0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3) 100 µL와 ACE 조효소액 50 µL를 가한 다음 37°C에서 5분 동안 예비반응을 시킨 후, 0.3 M NaCl이 함유된 0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3) 5 mL에 HHL (hippuryl-histidyl-leucine) 25 mg을 첨가하여 만든 기질 50 µL를 첨가하여 37°C에서 정확히 30분간 반응을 시켰다. 이에 1 N HCl 250 µL를 첨가하여 반응을 정지시킨 후, ethylacetate 1.5 mL을 가해 15초 동안 교반한 후 원심분리 (3,000 rpm, 5 min, 4°C)하여 상등액 1 mL을 얻었다. 이 상등액을 완전히 건조시켜 증류수 3 mL을 넣은 후에 228 nm에서 흡광도를 측정하여 ACE 저해효능을 측정하였다. 대조구는 추출물 대신에 추출용매를 50 µL 가해 실험하였으며, ACE 저해효능효과는 다음의 계산식을 이용하여 산출하였다. 이 실험에 사용한 positive control은 현재 병원에서 고혈압 환자에게 투약하고 있는 Captopril®(보령제약)과 Enalapril®(보령제약)을 구입하여 시료와 그 활성을 비교하였으며 모든 실험은 3회 반복하여 시행하였다.

ACE 억제 활성율(%)=(1-ACE test/ACE control)×100

결과 및 고찰

두충에서 항고혈압의 물질 분리

고혈압치료에 이용하는 자연 건조한 두충 껍질에 10배 정도의 물을 가하고 1시간 동안 열수 추출하여 3회 반복한 전체 추출액을 감압 농축하여 58.75 g의 water extract를 얻은 후, silica gel column chromatography, thin layer chromatography(TLC), reverse phase column chromatography를 순차적으로 실시하여 각각의 소 분획으로 분리·확인과정을 통하여 pinoresinol-4,4'-di-O-β-D-glucoside(PDG)로 추정되는 물질 약 16 mg을 분리·정제하였다(실험방법 참조). 그 결과로 Fig. 2의 HPLC chromatogram에 나타난 바와 같이 두충에서 분리한 항고혈압 활성을 갖는 8A 물질의 순도는 95.64%로서 상당히 순수한 상태까지 분리·정제되었음을 알 수 있었다.

두충 부위별 물 추출물의 수득율 및 PDG의 함량

두충의 각 부위별 물 추출물의 수득율 및 PDG 함량은 Table 1과 같다. 표에서 나타난 바와 같이 두충 생시료의 물 추출물 수득율은 5.02~5.36% 범위로 큰 차이가 없었으며, 그리고 붉은 두충의 경우 잎과 껍질은 각각 5.87%와 6.01%로서 줄기의 5.22%에 비하여 약간 높은 수득율을 나타내었다. 이는 가열에 의하여 불용성 고분자 화합물로부터 유리되어 각 부위별 물 추출에 약간 용이한 것으로 생각되었으며(35), 대체로 생약재는 그 구성성분들이 상당히 차이가 나타나기 때문에, 그에 따른 물 추출의 경우에도 각각의 수율이 0.3~5.9°Brix까지 다양한 것으로 보고되어 있다(25).

또한 두충의 부위별로 PDG 함량은 자연건조 상태의 껍질 및 붉은 껍질에서 각각 135.13 mg%, 163.67 mg%로서 잎과 줄기에 비하여 껍질에서 가장 높은 함량을 나타내었으며, 이는 자연건조 두충 껍질이 그 잎 85.14 mg%와 줄기 70.49 mg%에 비하여 각각 1.59배, 2.17배 높은 함량이었고, 붉은 두충 껍질은 그 잎 69.72 mg%와 줄기 106.37 mg%에 비하여 각각 2.35배, 1.54배 높은 함량이었다. 특히 두충은 붉음공정

Table 1. Pinoresinol-4,4'-di-O-β-D-glucoside (PDG) contents in different parts of *Eucommia ulmoides* Oliver analyzed by HPLC

Samples <sup>1)</sup>	Yields of water extracts (% , w/w)	PDG contents (mg%, w/w)
LW	5.36±0.009 <sup>2)3)</sup>	85.14±0.018 <sup>c</sup>
LT	5.87±0.030 <sup>c</sup>	69.72±0.457 <sup>c</sup>
BW	5.26±0.011 <sup>ab</sup>	135.13±0.025 <sup>b</sup>
BT	6.01±0.011 <sup>c</sup>	163.67±0.352 <sup>a</sup>
SW	5.02±0.014 <sup>a</sup>	70.49±0.016 <sup>f</sup>
ST	5.22±0.024 <sup>ab</sup>	106.37±0.206 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>LW: raw leaf, LT: roasted leaf, BW: raw bark, BT: roasted bark, SW: raw stem, ST: roasted stem.

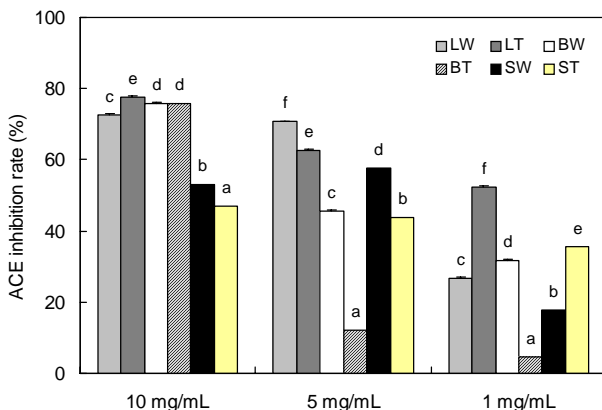
<sup>2)</sup>Values are given as mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means in the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

을 통하여 혈압강하 효과를 나타내는 생리활성 물질인 PDG의 함량이 껍질과 줄기에서 유의적으로 각각 1.21배, 1.51배 증가는 경향을 나타내었으나 잎은 오히려 18% 감소하였다. Takamura 등(36)은 녹색 두충 잎의 주요 천연물질로 geniposidic(2.53%), aucubin(2.99%), chlorogenic acid(0.16%) 등이 많이 함유되어 있으며, 녹색 잎이 열처리한 붉은 잎보다 그 함량이 높다고 보고하였다. 본 실험에서도 붉은 공정을 통하여 두충 잎은 PDG 함량이 약간 감소현상을 나타내었는데, 두충 껍질과 줄기의 경우는 잎에 비하여 열처리에 의하여 그 함량이 오히려 증가되었다. 이는 잎과 줄기 및 껍질의 목질부 조직 특성과 열처리에 의한 불용성 고분자 화합물로부터 유리형 화합물로 전환 등에 차이로 생각되지만(35), 추후 두충 부위별 전 처리 공정에 따른 주요 성분들의 변화를 구체적으로 조사하고자 한다.

### 두충 부위별 추출물의 항고혈압 활성

두충의 부위별로 추출한 시료의 항고혈압 활성을 검색한 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 나타난 바와 같이 추출물의 처리농도별 ACE 저해활성은 10 mg/mL씩을 처리하였을 때에는 두충 잎과 껍질에서 각각 72.70~77.56%, 75.68~75.73% 범위로 비슷한 활성을 나타내었으나, 줄기에서는 46.80~53.19%로서 비교적 낮은 저해활성을 나타내었다. 또한 5 mg/mL 처리하였을 때에는 잎과 줄기에서는 큰 변화가 없었으나, 껍질에서는 항고혈압 활성(자연건조 껍질 45.62%, 붉은 껍질 12.09%)이 10 mg/mL에서보다 각각 60.25, 15.98%까지 저하되었으며, 1 mg/mL 처리하였을 때 모든 시료의 저해활성 평균은 28.05%로서, 그 저해활성 범위가 낮은 붉은 껍질 4.68%에서 높은 붉은 잎 52.23% 범위로 다른 부위에 비하여 추출물 농도 저하에 따라 활성이 현저하게 떨어지는 것을 알 수 있었다.



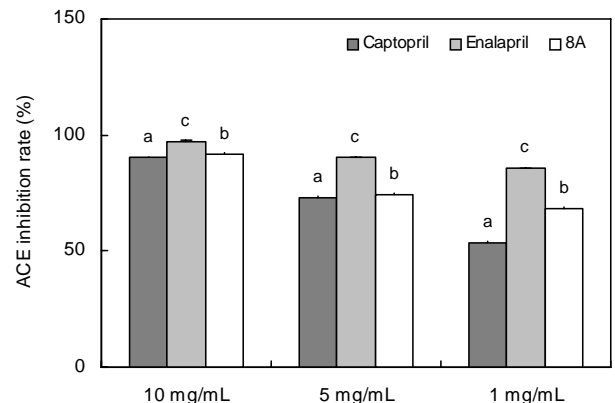
**Fig. 3.** ACE inhibition effects of extracts from the raw and roasted *Eucommia ulmoides* Oliver leaf, bark and stem. LW: raw leaf, LT: roasted leaf, BW: raw bark, BT: roasted bark, SW: raw stem, ST: roasted stem. ACE: angiotensin converting enzyme. Values are given as mean  $\pm$  SD (n=3). Means in the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

한편 이상의 결과에서 두충의 부위별 ACE 저해활성은 10 mg/mL 농도에서 잎과 껍질이 높았고, 줄기는 상대적으로 저해활성이 낮았는데, 두충의 대표적인 혈압강하 물질 PDG 함량과는 다소 일치하지 않은 부분이 있었다. 특히 두충 잎에는 본 연구에서 분리한 PDG 이외에 플라보노이드 화합물인 isoquercitrin을 포함한 각종 알칼로이드와 배당체 화합물 등이 함유되어 있어(37,38), 두충 잎 추출물의 경우에는 그 껍질과 줄기의 추출물에 비하여 항고혈압 활성이 다소 높게 나타난 것으로 생각된다. 그리고 Kawasaki 등(39)은 두충 잎은 polyphenolics, flavonoids, triterpines 등도 많이 함유하고 있어 항고혈압 활성이 높다고 하였으며, 또한 Nakamura 등(40)은 두충 잎에 12가지의 phenolics, Tanaka 등(41)은 triterpenoid를 함유한다는 보고를 하였다. 이런 점을 고려하여 두충의 항고혈압 기능성을 갖는 음료화를 위해서 껍질은 자원 재생산이라는 점에서 어려움 점이 많기 때문에 자원이용 측면에서 두충 잎을 이용하는 방법도 여러 가지 건강기능성 음료 개발에 유리한 점으로 작용될 것으로 판단된다(37).

그리고 Lee 등(19)은 헛개나무(*Hovenia dulcis*)의 물 추출물 4 mg/mL 농도에서 ACE 저해활성이 75.8%로 보고하였고, Ahn 등(20)은 건지황과 숙지황 에탄올 추출물 1 g/L 농도에서 각각 55.24%, 56.58%로 보고하였으며, 그리고 Do 등(25)은 32가지 생약재의 물추출물을 동결건조한 시료를 10 mg/mL 농도에서 ACE저해작용은 파고지(*Psoralea corylifolia*)가 65.2%의 억제율로 가장 좋았으며, 다음으로 소목(*Caesalpinia sappan*)과 죽엽(*Phyllostachys nigra*)이 좋았다고 하였다.

### PDG의 항고혈압 활성

두충에서 분리한 8A(pinoresinol-4,4'-di-O- $\beta$ -D-glu-



**Fig. 4.** ACE inhibition effect of 8A (pinoresinol-4,4'-di-O- $\beta$ -D-glucoside) isolated from *Eucommia ulmoides* Oliver. Antihypertensive drugs from Boryung Pharmacy (Captopril) and DongKwang (Enalapril) Pharm. Co. Ltd., Seoul, Korea. Material (8A) isolated from *Eucommia ulmoides* Oliver in this study. Values are given as mean  $\pm$  SD (n=3). Means in the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

coside)의 항고혈압 활성을 알아보기 위하여 병원에서 고혈압 환자에게 투약하고 있는 Captopril<sup>®</sup>(보령제약) 및 Enalapril<sup>®</sup>(동광제약)과 그 혈압강하 활성을 비교한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 동일한 농도를 처리하였을 때 혈압강하 활성을 비교하여 보면, 1 mg/mL 처리에서 분리물질 8A의 활성은 91.87%로서 Enalapril<sup>®</sup>의 97.24%보다는 조금 낮았지만, Captopril<sup>®</sup>의 90.32%보다 약간 높은 항고혈압 활성을 나타내었다. 그리고 8A 성분의 농도를 0.5 mg/mL 및 0.1 mg/mL로 처리한 실험에서도 8A는 Captopril<sup>®</sup>보다 높은 74.29%, 68.57%의 억제율을 나타내었다.

이상에서 언급한 두층의 혈압강하 작용은 오래 전부터 민간요법으로 사용되어 왔으며, 동물실험 및 임상실험으로 입증되고 있다. 특히 두층 추출물을 토끼(34) 및 쥐(42)의 혈압강하작용에 대한 실험에서 혈압이 높은 실험동물들이 현저히 혈압이 낮아진다는 결과가 보고되어 있으며, 사람을 대상으로 한 임상실험의 결과에도 두층 함유 음료수를 섭취한 그룹에서 혈압 강하작용이 유효하다는 보고가 있다(43).

그러나 대부분은 두층의 추출물에 대한 활성 탐색에 관한 결과로서, 고혈압 예방에 유용한 활성물질 개발의 기초 자료로는 미비하였으며, 본 실험을 수행한 결과로 활성물질 개발의 기초자료로서 활용성이 기대된다. 또한 앞으로 활성물질에 대한 순도 확인과 실험이 수행되어야 하며, 동물모델을 이용한 효능 검증이 추가적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

### 요 약

두층의 기능성 식품으로서 이용 가능성을 평가하기 위하여, 두층의 항고혈압 활성 물질을 분리 및 확인하였고, 각 부위별(잎, 껍질, 줄기) 추출물의 관련물질의 함량 및 ACE 저해활성을 조사하였다. 두층에서 분리한 항고혈압성 물질로 추정되는 8A는 순도 95.64%의 pinoselinol-4,4'-di-O-β-D-glucoside(PDG)로서 자연건조 및 볶은 껍질에서 가장 높았으며, 각각 135.13 mg%와 163.67 mg%였다. 또한 두층 추출물의 ACE 저해활성은 10 mg/mL 농도로 처리하였을 때 볶은 잎, 자연건조 껍질 및 볶은 껍질에서 각각 77.56%, 75.73%, 75.73%로 높은 활성을 나타내었으며, 줄기는 상당히 낮게 나타났다. 두층에서 분리한 PDG를 1 mg/mL 처리할 때, ACE 저해활성은 91.87%로서 Enalapril<sup>®</sup>의 97.06%보다는 조금 낮았지만, Captopril<sup>®</sup>의 90.32% 보다는 약간 높은 항고혈압 활성을 나타내었다.

### 감사의 글

본 연구는 2006년 산청군 약초신활력 사업비 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

### 문 헌

1. Nakamura T, Nakazawa Y, Onizuka S, Satoh S, Chiba A, Sekihashi K, Miura A, Yasugahara N, Sasaki Y. 1997. Antimutagenicity of Tochu tea: 1. The clastogen-suppressing effect of Tochu tea in CHO cells and mice. *Mutat Res* 388: 7-20.
2. Sasaki Y, Satoh S, Chiba A, Murakami M, Sekihashi K, Tanaka M, Moribayashi N, Kudou C, Hara Y, Nakazawa Y, Nakamura T, Onizuka O. 1996. Antimutagenicity of Tochu tea: 2. Suppressing effect of Tochu tea. *Mutat Res* 387: 203-214.
3. Erdos EG. 1975. Angiotensin-converting enzyme. *Circulation Research* 36: 247-255.
4. Kannel WB, Dawber TR, Sorlic P. 1976. Components of blood pressure and risk of athrothrombotic brain infarction. *Stroke* 7: 327-331.
5. Kirkendall WM, Nottebohm GA. 1977. Hypertension physiopathology and treatment. In *Essential Hypertension*. McGraw-Hill, New-York, USA. p 674-692.
6. Hong JH, Son BS, Kim BK, Chee HY, Song KS, Lee BH, Shin HC, Lee KB. 2006. Antihypertensive effect of *Ecklonia cava* extract. *Kor J Pharmacogn* 37: 200-205.
7. Yamamoto N. 1997. Antihypertensive peptides derived from food proteins. *Biopolymer* 43: 129-134.
8. Hara Y, Matsuzakai M, Suzuki T. 1987. Angiotensin-I-converting enzyme inhibiting activity of tea components. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 61: 803-808.
9. Do JR, Kim SB, Park YH, Kim DS. 1993. Angiotensin-I-converting enzyme inhibitory activity by the components of traditional tea materials. *Korean J Food Sci Technol* 25: 456-460.
10. Golovinsky EV, Maneva LS, Angelov II, Veljanova KD, Sniker DJ, Stankevich EK. 1976. Antibacterial and anti-tumor activity of some derivatives of ureidosuccinic acid. *Neoplasma* 23: 43-46.
11. Ayres HM, Payne DN, Furr JR, Russell AD. 1998. Use of Malthus-AT system to assess the efficacy of permeabilizing agents on the activity of antibacterial agents *Pseudomonas aeruginosa*. *Lett Appl Microbiol* 26: 422-426.
12. Huang Y, Zhang A, Lau CW, Chen ZY. 1998. Vasorelaxant effects of purified green tea epicatechin derivatives in rat mesenteric artery. *Life Sci* 63: 257-283.
13. Kim HS, In YM, Jeong SG, Ham JS. 2002. Antihypertensive effects of casein hydrolysate in spontaneously hypertensive rats. *J Anim Sci Technol* 44: 483-490.
14. Suh HJ, Kim YS, Chung SH, Kim YS, Lee SD. 1996. Functionality and inhibitory effect of soybean hydrolysate on angiotensin-converting enzyme. *Korean J Food Nutrition* 9: 167-175.
15. Shin ZI, Ahn CW, Nam HS, Lee HJ, Lee HJ, Moon TH. 1995. Fractionation of angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from soybean paste. *Korean J Food Sci Technol* 27: 230-234.
16. Do JR, Heo IS, Jo JH, Kim DS, Kim HK, Kim SS, Han CK. 2006. Effect of antihypertensive peptides originated from various marine proteins on ACE inhibitory activity and systolic blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Korean J Food Sci Technol* 38: 567-570.
17. Do JR. 2000. Separation and purification of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from mackerel. *J Korean Fish Soc* 33: 153-157.
18. Kim KJ, Do JR, Kim HK. 2005. Antimicrobial, anti-hypertensive and anticancer activities of garlic extracts.

- Korean J Food Sci Technol* 37: 228-232.
19. Lee SE, Bang JG, Seong NS. 2004. Inhibitory activity on angiotensin converting enzyme and antioxidant activity of *Hovenia dulcis* Thunb. Cortex extract. *Korean J Medicinal Corp Sci* 12: 79-84.
  20. Ahn SW, Kim YG, Kim MH, Lee HY, Seong NS. 1999. Comparison of biological activities on *Rehmannia radix* and *R. radix* Preparata produced in Korea. *Korean J Medicinal Corp Sci* 7: 257-262.
  21. Choi HI, Lee SI, Ahn DK, Kim HC. 1997. A study on the antihypertensive effect of *Epimedium herba*. *J Herbology* 12: 35-44.
  22. Lee SE, Seong NS, Bang JG, Kang SW, Lee SU, Jeong TY. 2003. Inhibitory effect against angiotensin-converting enzyme and antioxidant activity of *Panax ginseng* C.A. Meyer extracts. *Korean J Medicinal Corp Sci* 11: 236-245.
  23. Choi HJ, Zhang YB, An BJ, Choi C. 2002. Identification of biologically active compounds from *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J Food Sci Technol* 34: 493-497.
  24. Choi GP, Chung BH, Lee DI, Lee JH, Kim JD. 2002. Screening of inhibitory activities on angiotensin converting enzyme from medicinal plants. *Korean J Medicinal Corp Sci* 10: 399-402.
  25. Do JR, Kim KJ, Jo JH, Kim YM, Kim BS, Kim HK, Lim SD, Lee SW. 2005. Antimicrobial, antihypertensive and anticancer activities of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 37: 206-213.
  26. Kim HC, Park JY, Ahn DK. 2006. Anti-hypertensive effects of expelling pathogenic wind-heat drugs. *Kor J Herbology* 14: 141-147.
  27. Lee JS, Park SJ, Sung KS, Han CK, Lee MH, Jung CW, Kwon TB. 2000. Effects of germinated-buckwheat on blood pressure, plasma glucose and lipid levels of spontaneously hypertensive rats. *Korean J Food Sci Technol* 32: 206-211.
  28. Hong SP, Kim MH, Oh SW. 1998. ACE inhibitory and anti-hypertensive effect of chitosan oligosaccharides in SHR. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1476-1479.
  29. Lee HO, Kim DS, Do JR, Ko YS. 1999. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of algae. *J Korean Fish Soc* 32: 427-431.
  30. Park KK, Ryu JW, Choi EK, Ro HS. 2000. Anti-hypertensive effects of *Pini folium* and *Leonuri herba* extract on spontaneously hypertensive rat (SHR). *Korean J Medicinal Corp Sci* 8: 27-31.
  31. Song JH, Lee HS, Hwang JK, Chung TY, Hong SR, Park KM. 2003. Physiological activities of *Phellinus ribis* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 35: 690-695.
  32. Soka T. 1985. *Encyclopedia of Chinese Drugs*. Shanghai Science & Technology Press, Shogakukan, Tokyo, Japan. Vol 3, p 1964-1966.
  33. Chung MH, Park CW. 1975. Influence of *Eucommia* Cortex of Korea on the blood pressure response of rabbits. *Kor J Pharmacog* 6: 39-42.
  34. Cushman DW, Cheung HS. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol* 20: 1637-1648.
  35. Cha JY, Kim HJ, Chung CH, Cho YS. 1999. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compounds of *Cudrania tricuspidata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1310-1315.
  36. Takamura C, Hirata T, Yamaguchi Y, Ono M, Miyashita H, Ikeda T, Nohara T. 2007. Studies on the chemical constituents of green leaves of *Eucommia ulmoides* Oliv. *J Nat Med* 61: 220-221.
  37. Lee SY. 2003. Development of mixed *Eucommia ulmoides* beverage and analysis of volatile flavor compounds. *MS Thesis*. Duksung Women's University, Seoul, Korea. p 3-7.
  38. Park SJ, Kim MB. 1996. Effects of dietary supplementation of *Eucommia ulmoides* Oliver leaves on performance and meat quality in broiler chicks. *Korean J Poult Sci* 23: 71-76.
  39. Kawasaki T, Uezono K, Nakazawa Y. 2000. Antihypertensive mechanism of food for specified health use: '*Eucommia* leaf glycoside' and its clinical application. *J Health Sci* 22: 29-36.
  40. Nakamura T, Nakazawa Y, Onizuka S, Tanaka C, Yahara S, Nohara T. 1998. Twelve phenolics from leaves of *Eucommia ulmoides*. *Nat Med* 52: 460-465.
  41. Tanaka C, Nakamura Y, Nohara T. 1997. A new triterpenoid from the leaves of *Eucommia ulmoides* Oliv. *Chem Pharm Bull* 45: 1379-1380.
  42. Nakazawa Y, Odagiri N, Imai R, Yoshii T, Tagashira E, Nakata C, Nakamura T, Asaumi M, Onizuka S, Yahara S, Nohara T. 1997. Effect of *Eucommia* leaf (*Eucommia ulmoides* Oliver leaf; *Du-Zhong* yge) extract on blood pressure ( I ). *J Nat Med* 51: 392-398.
  43. Metori K, Furutsu M, Takahashi S. 1997. The prevention effect of ginseng with *Du-zhong* leaf extract on plasma and protein metabolism in aging. *Biol Pharm Bull* 20: 237-242.

(2007년 9월 27일 접수; 2007년 12월 7일 채택)