

## 맛두릅 나무 줄기의 성분

권용수<sup>1\*</sup> · 유지혜<sup>4#</sup> · 유남호<sup>2#</sup> · 김명조<sup>2</sup> · 김현표<sup>1</sup> · 양희정<sup>1</sup> · 전완주<sup>3</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 약학대학, <sup>2</sup>강원대학교 농업생명과학대학,  
<sup>3</sup>강원대학교 의학전문대학원, <sup>4</sup>강원대학교 한방바이오연구소

## Chemical Constituents of *Oplopanax elatus* Stem

Yongsoo Kwon<sup>1\*</sup>, Ji Hye Yoo<sup>4#</sup>, Nam Ho Yoo<sup>2#</sup>, Myong Jo Kim<sup>2</sup>, Hyun Pyo Kim<sup>1</sup>,  
Heejung Yang<sup>1</sup> and Wanjoon Chun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>College of Pharmacy, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

<sup>2</sup>College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

<sup>3</sup>School of Medicine, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

<sup>4</sup>Bioherb Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

**Abstract** – Five compounds were isolated from the water extract of *Oplopanax elatus* stem. On the basis of spectral data, the structure of isolated compounds were identified as scoparone (1), uracil (2), protocatechuic acid (3), syringin (4), and adenosine (5). Among the these compounds, scoparone (1), uracil (2), protocatechuic acid (3), and adenosine (5) were isolated for the first time from this plant.

**Keywords** – *Oplopanax elatus*, Stem, Scoparone, Uracil, Adenosine

맛두릅나무(*Oplopanax elatus*)는 두릅나무과(Araliaceae)에 속하는 낙엽활엽 교목으로 우리나라의 지리산 이북의 고지대와 만주 등에 분포한다.<sup>1)</sup> 중국에서는 맛두릅나무의 뿌리 및 줄기를 자인삼(刺人參)이라하여 허약체질, 사지냉통, 성기능 부진, 당뇨병 및 고혈압 등의 치료제로 이용하고 있다.<sup>2)</sup> 최근 Shikov 등은 맛두릅나무의 성분, 약리 등에 관한 문헌을 자세하게 정리하여 보고하였으며,<sup>3)</sup> 이 보고에 따르면 맛두릅나무에는 정유, saponins, flavonoids, anthraquinones, polyactylenes 등 다양한 종류의 화합물이 뿌리, 근경, 잎, 줄기 등에 함유되어 있음을 알 수 있었다. 저자 등은 맛두릅나무의 뿌리와 줄기가 약용되고 있는 점에 주목하고 재료를 구하기가 상대적으로 쉬운 줄기를 이용한 기능성 소재를 개발하기 위하여 맛두릅나무 줄기를 일반적으로 한약이나 식품으로 섭취하기 위하여 사용하는 방법인 열수를 이용하여 추출한 후 이를 대상으로 연구에 착수하였다. 맛두릅나무 줄기만을 대상으로 한 연구로는 Wang 등이

줄기의 MeOH 추출물로부터 3-*O*-caffeoyl quinic acid, 1-*O*-caffeoyl quinic acid, rhein, syringin, sucrose, glucose 등 6종의 화합물을 분리 보고하였고,<sup>4)</sup> Yang 등은 줄기의 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 추출물로부터 oploxynes A, oploxynes B, oplopandiol 및 falcariindio 등 4종의 polyacetylene계열의 화합물을 분리하고, 항염증활성을 측정하여 보고하였다.<sup>5)</sup> 이 연구는 맛두릅나무 줄기의 열수 추출물의 품질관리를 위한 지표성분을 설정하기 위하여 열수 추출물에 함유된 성분을 분리하였으며, 그 결과 약간의 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

**실험재료** – 연구에 사용한 맛두릅나무의 줄기는 화악산에서 2012년 채집하여 강원대학교 약학대학 권용수교수가 정확하게 감정한 후 실험에 사용하였으며, 확장표본은 강원대학교 약학대학 표본실(KNUPH-S-12-2)에 보관 중이다.

**기기 및 시약** – <sup>1</sup>H 및 <sup>13</sup>C NMR spectra는 Bruker사의 AVANCE 600을 이용하여 측정하였다. Mass spectra는 AB Sciex사의 API 3200 LC/MS/MS system을 이용하여 Electron spray ionization법을 이용하여 positive 또는 negative mode

#These authors contributed equally to this work.

\*교신저자(E-mail): yskwon@kangwon.ac.kr

(Tel): +82-33-250-6921

로 측정하였다. UV spectrum은 Jasco사의 V-539 UV/VIS spectrophotometer를 이용하여 측정하였다. IR spectra는 Jasco사의 FT/IR-4000을 이용하여 ATR법으로 측정하였다. MPLC는 Büchi사의 Büchi 682 chromatography pump system을 이용하여 실시하였으며, Flash column chromatography는 Telydyne Isco사의 CombiFlash<sup>®</sup>를 이용하여 실시하였다. HPLC 분석은 Waters사(USA)의 e2695 system을 이용하여 분석하였으며, detector는 Waters사(USA)의 2489 UV-Vis detector를 사용하여 260 nm에서 측정하였다. Column은 Phenomenex사(USA)의 Capcell pak C18(4.6×250 mm)를 사용하여 30°C에서 이동상은 ACN:0.25% acetic acid를 이용하여 유속 1.23 ml/min으로 35분간 gradient법으로 용출시켜 측정하였다. 분리한 각 화합물의 retention time은 uracil 4.912분, adenosine 9.248분, protocatechuic acid는 13.544분, syringin 18.720분 및 scoparone 31.969분으로 나타났으며 이 결과를 추출물의 chromatogram과 비교하여 각 화합물의 위치를 결정하였다. TLC plate는 Merck사의 precoated Kieselgel 60 F254s(layer thickness 0.25 mm, 20×20 cm, Merck Art. No. 5715), RP-18 F254s를 사용하였으며, column chromatography의 충진제는 Merck사의 Kieselgel 60(63-200 μm 또는 40-63 μm) 및 YMC gel ODS-A(150 μm)를 사용하였다. TLC plate의 발색은 20% ethyl alcoholic sulfuric 시액과 vanillin-phosphoric acid 시액을 사용하였다.

**추출 및 분리** - 음건하여 분쇄한 땃두릅 줄기 8 kg에 증류수를 가하고 85°C에서 4시간 씩 2회 추출하고 여과한 후 여액을 동결건조하여 열수추출물 분말 450 g을 얻었다. 얻어진 열수추출물 분말 300 g을 증류수에 현탁시킨 후 *n*-hexane을 가하고 분획하여 *n*-hexane 가용성 분획 2 g을 얻었으며, 남은 수층에 ethyl acetate를 가하고 분획하여 ethyl acetate 가용성 분획 14 g을 얻었다. 다시 남은 수층에 *n*-butyl alcohol을 가하고 분획하여 *n*-butyl alcohol 가용성 분획 33.5 g을 얻었다. 얻어진 유기용매의 가용성 분획 중 ethyl acetate와 *n*-butyl alcohol가용성 분획을 대상으로 표준품을 분리하기 위하여 두 분획을 더하여 화합물의 분리를 시작하였다. Ethyl acetate와 *n*-butyl alcohol가용성 분획 45 g을 Büchi MPLC를 이용하여 ODS(YMC gel ODS-A, 150 μm, 400 g) column(50×5 cm)에 걸고 MeOH : H<sub>2</sub>O(50:50)을 용매로 용출시켜 chromatography를 실시하고 3개의 소분획(OPEB-1-1~OPEB-1-3)으로 나누었다. 이 중 소분획 OPEB-1-1(28 g)을 대상으로 silica gel(Merck, 63-200 μm, 500 g) column(50×6 cm)에 걸고 CHCl<sub>3</sub>:MeOH=9:1에서 CHCl<sub>3</sub>:MeOH:H<sub>2</sub>O=3:1:0.1까지 순차적으로 용출시켜 9개의 소분획으로 나누었다(OPEB-2-1~OPEB-2-9). 소분획 OPEB-2-1(500 mg)에 대하여 MeOH:H<sub>2</sub>O=40:60을 용매로 ODS flash column chromatography(CombiFlash<sup>®</sup> Retrieve<sup>TM</sup>, RediSep

flash column 43 g) 실시하여 화합물 **1**(24 mg)을 얻었다. 소분획 OPEB-2-6(3.2 g)을 대상으로 Benzene:EtOAc:MeOH=7:2:1을 용매로 silica gel(Merck, 63-200 μm, 100 g) column(50×3.5 cm) chromatography를 실시하여 5개의 소분획(OPEB-2-6-1~OPEB-2-6-5)으로 나누었다. 이 중 소분획 OPEB-2-6-3을 MeOH로 정제하여 화합물 **2**(101 mg)를 얻었다. 소분획 OPEB-2-7(5.6 g)과 OPEB-2-8(5.0 g)을 합하여 Büchi MPLC를 이용하여 silica gel(Merck, 63-200 μm, 400 g) column(50×5 cm)에 걸고 EtOAc:MeOH:H<sub>2</sub>O=9:0.9:0.1을 용매로 용출시켜 chromatography를 실시하고 5개의 소분획(OPEB-2-7-1~OPEB-2-7-5)으로 나누었다. 소분획 OPEB-2-7-2(1.0 g)에 대하여 MeOH:H<sub>2</sub>O=10:90을 용매로 ODS flash column chromatography(CombiFlash<sup>®</sup> Retrieve<sup>TM</sup>, RediSep flash column 43 g)를 실시하여 화합물 **3**(78 mg)을 얻었다. 소분획 OPEB-2-7-5(4.5 g)를 대상으로 CHCl<sub>3</sub>:MeOH:H<sub>2</sub>O=4:1:0.1을 용매로 silica gel(Merck, 63-200 μm, 100 g) column(50×3.5 cm) chromatography를 실시하여 5개의 소분획(OPEB-2-7-5-1~OPEB-2-7-5-5)으로 나누었다. 소분획 OPEB-2-7-5-2(1.8 g)을 Sephadex LH20 column(2×50 cm, Amersham, 70 g)에 걸고 MeOH:H<sub>2</sub>O=10:90을 용매로 용출시켜 6개의 소분획(OPEB-2-7-5-2-1~OPEB-2-7-5-2-6)으로 나누었다. 이 중 소분획 OPEB-2-7-5-2-2(290 mg)을 대상으로 silica gel(Merck, 40-63 μm, 100g) column(3×50 cm)에 걸고 CHCl<sub>3</sub>:MeOH=5:1을 용매로 용출시켜 화합물 **4**(128 mg)를 얻었다. 소분획 OPEB-2-7-5-2-3(239 mg)을 MeOH로 정제하여 화합물 **5**(57 mg)를 얻었다.

화합물 **1** - <sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, MeOH-*d*<sub>4</sub>) δ: 7.87 (1H, d, *J*=9.6 Hz, H-4), 7.11 (1H, s, H-6), 6.96 (1H, s, H-8), 6.25 (1H, d, *J*=9.6 Hz, H-3), 3.91 (3H, s, OCH<sub>3</sub>), 3.87 (3H, s, OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, MeOH-*d*<sub>4</sub>) δ: 162.40

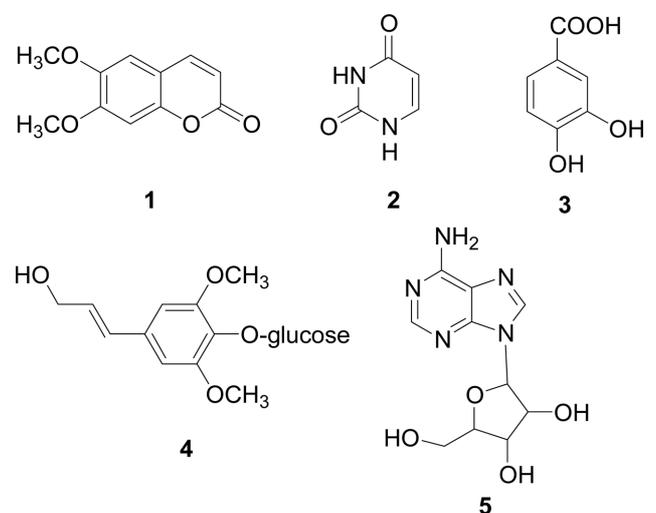


Fig. 1. The structures of 1-5.

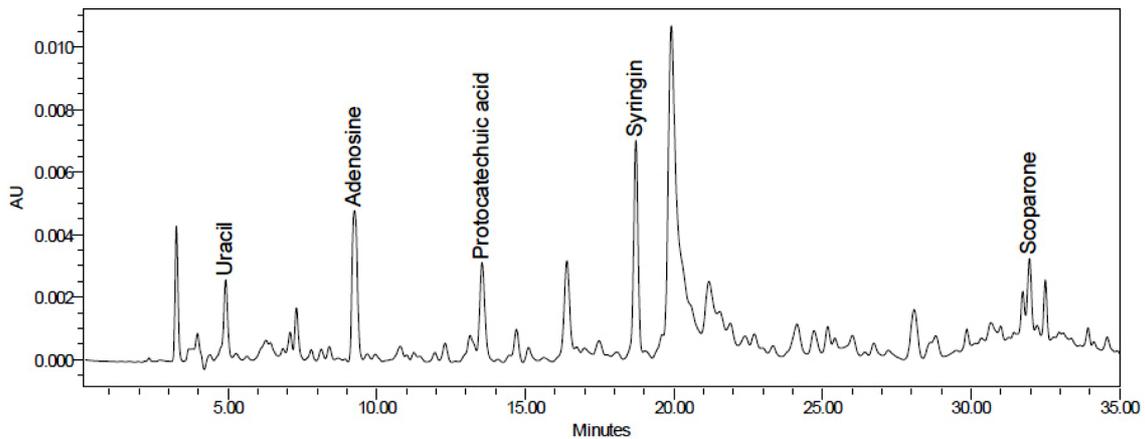


Fig. 2. HPLC chromatogram of hot-water extracts of the stems of *Oplonanax elatus*.

(C-2), 153.36 (C-7), 149.86 (C-9), 146.70 (C-6), 144.49 (C-4), 112.14 (C-5), 111.65 (C-10), 108.52 (C-3), 99.56 (C-8), 55.44 ( $\text{OCH}_3 \times 2$ ); ESI-MS (positive mode),  $m/z$  207  $[\text{M}+\text{H}]^+$ , 229  $[\text{M}+\text{Na}]^+$

화합물 2 - IR,  $\nu_{\text{max}}^{\text{ATR}}$  1713 (C=O), 1658, 1641 (NH), 1416, 1232 (C-O)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 10.99 (1H, s, 3-NH), 10.82 (1H, s, 1-NH), 7.37 (1H, d,  $J=7.4$  Hz, H-6), 5.44 (1H, d,  $J=7.4$  Hz, H-5);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 164.83 (4-C=O), 151.98 (2-C=O), 142.66 (C-6), 100.99 (C-5); ESI-MS (negative mode),  $m/z$  111  $[\text{M}-\text{H}]^-$

화합물 3 -  $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{MeOH-}d_4$ )  $\delta$ : 7.43 (1H, d,  $J=2.1$  Hz, H-2), 7.42 (1H, dd,  $J=8.2, 2.1$  Hz, H-6), 6.79 (1H, d,  $J=8.2$  Hz, H-5);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{MeOH-}d_4$ )  $\delta$ : 168.93 (C=O), 150.09 (C-4), 144.65 (C-3), 122.47 (C-6), 121.84 (C-1), 116.32 (C-2), 114.34 (C-5); ESI-MS (negative mode),  $m/z$  153  $[\text{M}-\text{H}]^-$

화합물 4 -  $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 6.73 (2H, s, H-2, H-6), 6.46 (1H, d,  $J=15.9$  Hz, H-7), 6.34 (1H, dt,  $J=5.0, 15.9$  Hz, H-8), 4.91 (1H, d,  $J=7.0$  Hz, H-1'), 4.11 (2H, t-like,  $J=4.1$  Hz, H-9), 3.77 (6H, s,  $\text{OCH}_3 \times 2$ );  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 153.18 (C-3, C-5), 134.31 (C-4), 133.06 (C-7), 130.64 (C-1), 128.90 (C-8), 104.92 (C-2, C-6), 103.02 (C-1'), 77.67 (C-5'), 77.01 (C-3'), 74.64 (C-2'), 70.40 (C-4'), 61.93 (C-9), 61.35 (C-6'), 56.81 ( $\text{OCH}_3 \times 2$ ); ESI-MS (positive mode),  $m/z$  395  $[\text{M}+\text{Na}]^+$

화합물 5 - IR,  $\nu_{\text{max}}^{\text{ATR}}$  3520 (NH<sub>2</sub>), 3133 (OH), 1698, 1653, 1604 (NH), 1416, 1232 (C-O)  $\text{cm}^{-1}$ ; UV,  $\lambda_{\text{max}}$  (MeOH) nm (log  $\epsilon$ ) 204 (4.19), 253 (3.88);  $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 8.35 (1H, s, H-8), 7.04 (1H, s, H-2), 7.35 (2H, s, 4-NH<sub>2</sub>), 5.88 (1H, d,  $J=6.1$  Hz, H-1');  $^{13}\text{C-}$

NMR (150 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 156.63 (C-6), 152.85 (C-2), 149.53, 140.41 (C-8), 119.82 (C-5), 88.38 (C-1'), 86.37 (C-4'), 73.90 (C-2'), 71.14 (C-3'), 62.14 (C-6'); ESI-MS (positive mode),  $m/z$  268  $[\text{M}+\text{H}]^+$ , 290  $[\text{M}+\text{Na}]^+$

## 결과 및 고찰

화합물 1의  $^1\text{H-NMR}$  spectrum의  $\delta$  7.87과 6.25에서 각각 나타나는  $J=9.6$  Hz의 doublet,  $\delta$  7.11과 6.96에서 나타나는 각각의 singlet으로부터 이 화합물은 simple coumarin의 6번과 7번에 치환기가 존재하는 화합물임을 알 수 있었고,  $\delta$  3.91과 3.87에서 나타나는 각각의 methoxyl기에 의한 signal 들로부터 6번과 7번에 치환된 치환체는 methoxyl기임을 알 수 있었다. 이는  $^{13}\text{C-NMR}$  spectrum의  $\delta$  55.44에서 두 개의 methoxyl기의 탄소 signal이 나타나는 것으로부터도 확인할 수 있었으며, ESI-MS로 측정된 분자량이  $m/z$  207  $[\text{M}+\text{H}]^+$ 에서 나타나는 것에 의해서도 확인할 수 있었다. 위의 사실을 문헌<sup>6,7)</sup>과 비교하여 화합물 1을 scoparone으로 동정하였으며, 이 화합물은 다양한 활성을 함유하고 있는 것으로 보고되었으며 주요 활성으로는 간장보호효과,<sup>8)</sup> 항염증효과,<sup>9)</sup> 항암 활성,<sup>10)</sup> 당뇨합병증 억제 활성<sup>11)</sup> 등이 보고되어 졌다. 화합물 2의  $^1\text{H-NMR}$  spectrum을 보면  $\delta$  10.99와 10.82에서 나타나는 각각의 broad singlet,  $\delta$  7.37과 5.44에서 각각 나타나는  $J=7.4$  Hz의 doublet이 나타날 뿐 다른 signal을 확인할 수 없었으므로 이 화합물의 모핵을 결정하기 위하여 IR spectrum을 측정된 결과 1713  $\text{cm}^{-1}$ 에서 C=O의 흡수대가 나타나고, 1658, 1641  $\text{cm}^{-1}$ 에서 NH에 의한 흡수대를 확인할 수 있었으며, 1416, 1232  $\text{cm}^{-1}$ 에서 C-O에 의한 흡수대가 나타나므로 이 화합물은 pyrimidine계열의 화합물로 추정할 수 있었고,  $^{13}\text{C-NMR}$  spectrum의  $\delta$  164.83와 151.98에서 두 개의 C=O에 의한 signal들이 나타나고 ESI-MS로 측정된

분자량이  $m/z$  111 [M-H]<sup>-</sup>에서 나타나므로 이를 문헌<sup>12)</sup>과 비교하여 화합물 2는 uracil로 동정하였다. 화합물 3은 연구결과 얻어진 결과와 문헌<sup>13)</sup>을 비교하여 protocatechuic acid로 동정하였으며, 이 화합물의 활성으로는 항산화,<sup>14)</sup> 항혈전,<sup>15)</sup> 항바이러스작용<sup>16)</sup> 등이 보고되었다. 화합물 4는 얻어진 결과를 문헌<sup>17)</sup>과 비교하여 이미 이 식물에서 분리, 보고된 바 있는 syringin으로 동정하였으며, 세포독성,<sup>18)</sup> 간장보호효과,<sup>19)</sup> 면역조절작용,<sup>20)</sup> 신경보호효과<sup>21)</sup> 등의 활성이 보고되었다. 화합물 5의 IR spectrum을 보면 3520 cm<sup>-1</sup>에서 NH<sub>2</sub>에 의한 흡수를 확인할 수 있었고, 3133 cm<sup>-1</sup>에서 OH에 의한 흡수를 확인할 수 있었다. 1698, 1653, 1604 cm<sup>-1</sup>에서 NH에 의한 흡수, 1416, 1232 cm<sup>-1</sup>에서 C-O에 의한 흡수를 확인할 수 있었고, UV spectrum의 204와 253 nm에서 흡수극대가 나타나는 것으로 보아 이 화합물은 purine nucleoside임을 알 수 있었다.<sup>22)</sup> <sup>1</sup>H-NMR spectrum의  $\delta$  8.35와 7.04에서 각각 나타나는 singlet,  $\delta$  7.35에서 나타나는 NH<sub>2</sub>에 의한 singlet으로부터도 이 화합물이 purine계열의 화합물임을 알 수 있었고, 또한  $\delta$  5.88에서  $J=6.1$ Hz의 doublet이 나타나고 positive mode로 측정된 ESI Mass spectrum에서 분자량이  $m/z$  268 [M+H]<sup>+</sup>로 나타나고 여기에서 pentose 한 분자가 떨어져서 생긴 fragmentation ion이  $m/z$  136에서 나타나는 것으로부터 이 화합물은 purine nucleoside임을 확실함을 알 수 있었으므로 이를 문헌<sup>23)</sup>과 비교하여 화합물 5를 adenosine으로 동정하였다. Uracil과 adenosine은 세포내에 존재하는 1차 대사산물로 물에 열을 가하여 추출하는 과정에서 추출되어 분리된 것으로 생각되며, uracil은 보이차에서 분리되어  $\alpha$ -amylase를 억제하는 활성을 가지는 것으로 보고 되었으며,<sup>24)</sup> adenosine은 동충하초에 다량으로 함유되어 있어 동충하초의 활성성분으로 인정되어 이들의 함량이나 추출법 등에 관한 연구가 보고되었다.<sup>25,26)</sup> 이상에서 분리한 화합물들을 땃두릅나무 줄기 열수 추출물의 품질관리를 위한 표준품으로 사용 가능성을 알아 보기 위하여 Fig. 2와 같이 HPLC 분석을 실시한 결과 이들 화합물은 화합물들을 땃두릅나무 줄기 열수 추출물의 품질관리를 위한 표준품으로 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

## 결 론

땃두릅나무(*Oplopanax elatus*)의 줄기를 산업화의 재료로 사용하기 위한 연구의 하나로 줄기로부터 표준품을 분리하기 위하여 연구에 착수하고 줄기의 물 추출물 중 ethyl acetate 가용성 분획과 *n*-butyl alcohol 가용성 분획으로부터 5종의 화합물을 각각 분리하고 <sup>1</sup>H- 및 <sup>13</sup>C-NMR 등의 기기 분석 자료를 이용하여 분리된 화합물의 구조를 동정하였으며 각각의 구조는 scoparone(1), uracil(2), protocatechuic acid(3), syringin(4) 및 adenosine(5)이었다. 이 화합물들 중

scoparone(1), uracil(2), protocatechuic acid(3) 및 adenosine(5)은 이 식물로부터 처음으로 분리되었다. 본 연구의 결과로 얻어진 이 화합물들은 땃두릅나무의 물 추출물의 품질관리를 위한 표준물질로 사용할하는 것 뿐 아니라 기타 자원식물로서 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 사 사

이 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발 사업(2017038B10-1819-BA01)의 지원에 의하여 이루어 졌음.

## 인용문헌

1. 이우철 (1996) 원색 한국기준식물 도감, 251, 아카데미서적, 서울.
2. 國家中醫藥管理局 <中華本草> 編委會 (1999) 中華本草 5, 804-805, 上海科學技術出版社, 上海.
3. Shikov, A. N., Pozharitskaya, O. N., Makarov, V. G., Yang, W. Z. and Guo, A. D. (2014) *Oplopanax elatus* (Nakai) Nakai : chemistry, traditional use and pharmacology, *Chin. J. Nat. Med.* **12**: 721-729.
4. Wang, H. J., Yan, M. M., Wu, X., Shao, S. and Zhao, D. Q. (2009) Study on the chemical constituents of the stocks of *Oplopanax elatus* Nakai, *Lishizhen Med. Mater. Med.* **20**: 678-679.
5. Yang, C. M., Kwon, H. C., Kim, Y. J., Lee, K. R. and Yang, H. O. (2010) Oploxynes A and B, polyacetylenes from the stems of *Oplopanax elatus*, *J. Nat. Prod.* **73**: 801-805.
6. Steck, W. and Mazurek, M. (1972) Identification of natural coumarins by NMR spectroscopy. *Lloydia* **35**: 418-439.
7. Kim, M. A., Kim, M. J., Chun, W. and Kwon, Y. (2015) Chemical constituents and their acetylcholinesterase inhibitory activity of underground parts of *Clematis heracleifolia*. *Kor. J. Pharmacogn.* **46**: 6-11.
8. Liu, X. and Zho, X. (2017) Scoparone attenuates hepatic stellate cell activation through inhibiting TGF- $\beta$ /Smad signaling pathway. *Biomed. Pharmacother.* **93**: 57-61.
9. Cho, D. Y., Ko, H. M., Kim, J., Kim, B. W., Yun, Y. S., Park, J. I., Ganesan, P., Lee, J. T. and Choi, D. K. (2016) Scoparone inhibits LPS-simulated inflammatory response by suppressing IRF3 and ERK in BV-2 microglial cells. *Molecules* **21**: E1718.
10. Kim, J. K., Kim, J. Y., Kim, H. J., Park, K. G., Harris, R. A., Cho, W. J., Lee, J. T. and Lee, I. K. (2013) Scoparone exerts anti-tumor activity against DU145 prostate cancer cells via inhibition of STAT3 activity. *PLoS One* **8**: e80391.
11. Jung, H. A., Park, J. J., Islam, M. N., Jin, S. E., Min, B. S., Lee, J. H., Sohn, H. S. and Choi, J. S. (2012) Inhibitory activity of coumarins from *Artemisia capillaris* against advanced

- glycation endproduct formation. *Arch. Pharm. Res.* **35**: 1021-1035.
12. Murakami, T., Tanaka, N., Satake, T., Saiki, T. and Chen, C. M. (1985) Chemical and chemotaxonomical studies on Filices. LVII. Chemical studies on the constituents of *Colysis hemionitidea* (Wall) Presl. and *Microsorium fortunei* (Moore) Ching. *Yakugaku Zasshi* **105**: 655-658.
  13. Woo, K. W., Sim, M. O., Park, J. E., Kim, M. S., Suh, W. S., Cho, H. W., Kwon, H. C., Park, J. C. and Lee, K. R. (2016) Chemical constituents from the stems of *Lagerstroemia indica* and their anti-oxidant effect. *Kor. J. Pharmacogn.* **47**: 204-210.
  14. Yu, H., Yang, G., Sato, M., Yamaguchi, T., Nakano, T. and Xi Y. (2017) Antioxidant activities of aqueous extract from *Stevia rebaudiana* stem waste to inhibit fish oil oxidation and identification of its phenolic compounds. *Food Chem.* **232**: 379-386.
  15. Park, J., Lee, B., Choi, H., Kim, W., Kim, H. J. and Cheong, H. (2016) Antithrombosis activity of protocatechuic and shikimic acids from functional plant *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc needles. *J. Nat. Med.* **70**: 492-501.
  16. Dai, X. Q., Cai, W. T., Wu, X., Chen, Y. and Han F. M. (2017) Protocatechuic acid inhibits hepatitis B virus replication by activating ERK1/2 pathway and down-regulating HNF4 $\alpha$  and HNF1  $\alpha$  *in vitro*. *Life Sci.* **180**: 68-74.
  17. Kim, T. W., Min, K. M., Yu, S. J., Lee, M. J., Jung, H. M., Cho, W. J., Kim, M. J., Chun, W. and Kwon, Y. (2015) Chemical constituents of the twigs of *Paulownia coreana*. *Kor. J. Pharmacogn.* **46**: 99-104.
  18. Lall, N., Kishore, N., Binneman, B., Twilley, D., van de Venter, M., du Plessis-Stoman, D., Boukes, G. and Hussein, A. (2015) Cytotoxicity of syringin and 4-methoxycinnamyl alcohol isolated from *Foeniculum vulgare* on selected human cell lines. *Nat. Prod. Res.* **29**: 1752-1756.
  19. Gong, X., Zhang, L., Jiang, R., Wang, C. D., Yin, X. R. and Wan, J. Y. (2014) Hepatoprotective effects of syringin on fulminant hepatic failure induced by D-galactosamine and lipopolysaccharide in mice. *J. Appl. Toxicol.* **34**: 265-271.
  20. Sharma, U., Bala, M., Kumar, N., Singh, B., Munshi, R. K. and Bhalerao, S. (2012) Immunomodulatory active compounds from *Tinospora cordifolia*. *J. Ethnopharmacol.* **141**: 918-926.
  21. Yang, E. J., Kim, S. I., Ku, H. Y., Lee, D. S., Lee, J. W., Kim, Y. S., Seong, Y. H. and Song, K. S. (2010) Syringin from stem bark of *Fraxinus rhynchophylla* protects Abeta(25-35)-induced toxicity in neuronal cells. *Arch. Pharm. Res.* **33**: 531-538.
  22. Dey, P. M. and Harborne, J. B (1991) Methods in plant biochemistry. In Rogers, L. J. (ed.) Vol. 5. Amino acids, Proteins and Nucleic acids, 53-90, Academic Press, New York.
  23. Son, K. H., Do, J. C. and Kang, S. S. (1991) Isolation of Adenosine from the Rhizomes of *Polygonatum sibiricum*. *Arch. Pharm. Res.* **14**: 193-194.
  24. Zhang, D. Y., Shao W. F., Liu, Z. H., Huang, Y. W. and Shi, Z. P. (2010) Chemical constituents of Pu-erh tea and its inhibition effect on  $\alpha$ -amylase *in vitro*. *Agric. Sci. Technol.* **11**: 130-132.
  25. Huang, L., Li, Q., Chen, Y., Wang, X. and Zhou, X. (2009) Determination and analysis of cordycepin and adenosine in the products of *Cordyceps* spp. *Afr. J. Microbiol. Res.* **3**: 957-961.
  26. Qian, Z., Zhen, D., Li, W., Lin W., Sun, M. Yang, F. and Xiang, L. (2016) Adenosine transformation pathway during water extraction of Chinese Cordyceps. *World Chinese Medicine.* **11**: 758-762.
- (2018. 3. 6 접수; 2018. 3. 19 심사; 2018. 3. 27 게재확정)