

산겨릅나무 수피의 페놀성 화합물*¹

권 동 주*² · 배 영 수*^{2†}

Phenolic Compounds from *Acer tegmentosum* Bark*¹

Dong-Joo Kwon*² · Young-Soo Bae*^{2†}

요 약

산겨릅나무 수피의 성분 연구를 위해 수피를 채취하여 70% 아세톤 용액으로 추출하고 농축한 후 분획깔때기로 hexan, dichloromethane, ethylacetate 및 수용성으로 순차 추출하여 동결건조하였다. 에틸아세테이트용성 분획에 대하여 Sephadex LH-20 칼럼크로마토그래피를 반복적으로 수행하여 5개의 페놀성 화합물을 분리하였다. 화합물의 구조는 ¹H-NMR, ¹³C-NMR, 2D-NMR 및 MS 스펙트럼을 분석하여, (+)-catechin (1), (-)-epicatechin (2), (-)-epicatechin-3-O-gallate (3), gallic acid (4) 및 6''-O-galloylsalidroside (5)으로 동정하였다. (-)-epicatechin-3-O-gallate (3), gallic acid (4), 6''-O-galloylsalidroside (5)는 산겨릅나무 수피에서 처음 분리되었다.

ABSTRACT

To investigate the chemical constituents of *Acer tegmentosum*, the bark were collected, air-dried and extracted with 70% aqueous acetone. Then it was successively partitioned with *n*-hexane, CH₂Cl₂, EtOAc and H₂O. Repeated Sephadex LH-20 column chromatography on the EtOAc soluble fraction gave five phenolic compounds. Their structures were elucidated as (+)-catechin (1), (-)-epicatechin (2), (-)-epicatechin-3-O-gallate (3), gallic acid (4) and 6''-O-galloylsalidroside (5) on the basis of spectroscopic evidences using ¹H-NMR, ¹³C-NMR, 2D-NMR and MS spectroscopy. (-)-epicatechin-3-O-gallate (3), gallic acid (4), 6''-O-galloylsalidroside (5) have not been reported in this plant yet.

Keywords: phenolic compounds, *Acer tegmentosum*, NMR, Sephadex LH-20

*¹ 접수 2007년 8월 28일, 채택 2007년 9월 17일

*² 강원대학교 산림환경과학대학 임산공학과, Dept. of Wood Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

† 주저자(corresponding author) : 배영수(e-mail: bae@kangwon.ac.kr)

1. 서 론

산겨릅나무(*Acer tegmentosum* Max.)는 단풍나무과(*Aceraceae*)로 우리나라의 지리산 천왕봉 일대, 중부이북의 고산지대와 만주, 아무르와 우수리강 유역의 일부 산지에만 분포하고 있는 낙엽소교목으로 산겨릅나무, 참겨릅나무, 봉목이라고도 부르며 민간에서는 산청목, 벌나무로 잘 알려져 있는 수종이다. 산겨릅나무는 해발 600 m 이상 되는 고지대의 물기 있는 골짜기나 계곡가에 매우 드물게 자라는 나무로, 높이 10~15 m쯤 자라고 잎은 오동나무 잎처럼 넓다. 목재는 재질이 질기고 단단하여 기구재, 약기재로 사용되고, 수피는 녹색으로 백색 줄이 있으며, 매끄럽고 섬유가 발달되어 있어 새끼 대용으로도 사용한다. 한약명으로는 청해축(靑楷軸)이라 하여 소종과 외상출혈 치료에 사용하고 있으며, 최근에 간암, 간경화 등의 탁월한 효능이 있다고 하여 민간에서 널리 유통되고 있으며 무차별한 도벌로 인해 사라질 위기에 처해 있는 수종이다(김, 1996; 조 등, 2003).

산겨릅나무 수피의 성분 및 생리활성에 대한 연구로는 Shin 등(2006)이 수피 추출물이 위암, 간암, 폐암 및 유방암세포 성장 억제 효과가 있다고 보고하였으며, Park 등(2006)이 flavonoid, quinone 및 coumarin 등 10개의 다양한 페놀성 화합물을 분리하여 암세포주에 대한 세포독성을 보고한바 있다. 또한, Hur 등(2006, 2007)은 methyl gallate 4-O- β -D-glucopyranoside, salidroside, β -sitosterol, β -sitosterol-3-O- β -D-glucopyranoside 및 epifriedelinol을 수피에서 분리하여 보고하였다.

본 연구는 간질환, 항암 등의 치료제로 널리 이용되고 있으나 성분연구 및 생리활성 연구가 미진한 산겨릅나무 수피를 대상으로 칼럼크로마토그래피를 이용하여 5개의 페놀성 화합물을 분리하고 NMR 등의 분광학적 기기분석을 이용하여 구조를 동정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 실험에 사용한 산겨릅나무 수피는 2005년 9월 화악산(경기도 가평군)과 발왕산(강원도 평창군)에서 벌채한 산겨릅나무의 수피부를 박피하여 실험실에서 2주 이상 기건시킨 후 분쇄기로 분쇄하여 추출용 시료로 사용하였다.

2.2. 시약 및 기기

화합물의 구조를 규명하기 위해 강원대학교 공동 실험실습관의 Bruker Avance DPX 400 MHz spectrometer (Germany)를 사용하여 ^1H -(400 MHz), ^{13}C -NMR (100 MHz)을 측정하였으며, 분석용매로는 TMS를 첨가한 CD_3OD 와 $\text{DMSO}-d_6$ 를 사용하였다. 화합물의 분자량은 질량분석기(Micromass Autospec M363, UK)를 이용하여 EI-MS는 ion source 250°C, electron energy 70 eV 조건에서 분석하였으며, FAB-MS는 heater current 2.5 A, gun focus 17 kV, *m*-nitro benzyl alcohol (NBA)를 matrix로 사용하여 positive ion mode에서 분석을 실시하였다.

Column chromatography용 충전물질은 lipophilic Sephadex LH-20 (Sigma, Sweden), TLC plate는 DC-Plastikfolien Cellulose F (Merck, Germany)을 사용하였다. TLC 전개용매는 TBA (*t*-butanol : AcOH : H_2O (3 : 1 : 1, v/v/v))와 6% aqueous AcOH를 사용하였고 vanillin 발색제(vanillin : HCl : EtOH (4.8 : 12 : 480, w/v/v))와 1% FeCl_3 (in EtOH)를 분무하여 TLC에 반응하는 색을 관찰하였다. 용매 및 기타 시약은 일급 및 특급 시약을 사용하였다.

2.3. 추출물의 조제 및 분획

분쇄한 산겨릅나무 수피 1.5 kg을 acetone- H_2O (7 : 3, v/v) 혼합용액에 침지하여 약 3일간, 총 3회 반복

추출하였으며, 추출액은 감압농축기를 이용하여 40 °C 이하에서 농축하였다.

농축한 추출용액은 분획할때기상에서 헥산(*n*-hexane), 디클로로메탄(dichloromethane), 에틸아세테이트(ethyl acetate) 및 수용성으로 순차 분획하였으며, 각각의 분획물은 동결 건조하여 조추출물 22.19 g, 헥산용성 5.46 g, 디클로로메탄용성 7.70 g, 에틸아세테이트용성 23.58 g 및 수용성 114.08 g을 얻었으며 본 실험에서는 에틸아세테이트용성 12.66 g을 사용하였다.

2.4. 화합물의 분리

산겨릅나무 수피의 에틸아세테이트용성 분획 12.66 g을 MeOH-H₂O (5 : 1, v/v) 혼합용액을 용리용매로 사용해 Sephadex LH-20 칼럼크로마토그래피를 실시하여 4개의 fraction으로 분리하여 ATBE로 표기하였으며, 농축 후 동결건조된 양은 ATBE-1 1.74 g, ATBE-2 7.23 g, ATBE-3 1.19 g, ATBE-4 1.69 g을 얻었다. 그 중 ATBE-2 fraction을 MeOH-H₂O (1 : 3, 1 : 7, 1 : 10, 1 : 20, v/v)과 EtOH-Hexane (2 : 1, 3 : 1, 4 : 1, v/v)로 Sephadex LH-20 칼럼크로마토그래피를 연속적으로 실시하여 ATBE-22와 ATBE-222 fraction에서 생성된 흰색의 결정성 원심 분리하여 순수한 결정성 화합물 1(949 mg)을 얻었으며, ATBE-222223 fraction에서 화합물 2 (17 mg), ATBE-2212 fraction에서 화합물 4 (34 mg) 및 ATBE-2213과 ATBE-222222 fraction에서 화합물 5(136 mg)을 분리하였다. 또한, ATBE-3 fraction을 MeOH-H₂O (1 : 1→1 : 4, v/v)로 Sephadex LH-20 칼럼크로마토그래피를 실시하여 ATBE-32 fraction에서 화합물 1 (21 mg)과 ATBE-36 fraction에서 화합물 3 (243 mg)을 분리하였다.

2.4.1. 화합물 1 : (+)-catechin

R_f : 0.53 (TBA), 0.33 (6% AcOH). ¹H-NMR (400 MHz, δ , CD₃OD) : 2.50 (1H, *dd*, J = 8.1 Hz and J = 16.1 Hz, H-4ax), 2.84 (1H, *dd*, J = 5.4 Hz and J = 16.1 Hz, H-4eq), 3.97 (1H, *m*, H-3), 4.57

(1H, *d*, J = 7.5 Hz, H-2), 5.86 (1H, *d*, J = 2.4 Hz, H-6), 5.93 (1H, *d*, J = 2.3 Hz, H-8), 6.72 (1H, *dd*, J = 1.7 Hz and J = 8.1 Hz, H-6'), 6.76 (1H, *d*, J = 8.1 Hz, H-5'), 6.84 (1H, *d*, J = 1.8 Hz, H-2'). ¹³C-NMR (100 MHz, δ , CD₃OD) : 28.55 (C-4), 68.84 (C-3), 82.88 (C-2), 95.53 (C-8), 96.32 (C-6), 100.85 (C-10), 115.28 (C-2'), 116.12 (C-5'), 120.08 (C-6'), 132.24 (C-1'), 146.26 (C-3'), 146.28 (C-4'), 156.95 (C-9), 157.61 (C-5), 157.86 (C-7).

2.4.2. 화합물 2 : (-)-epicatechin

R_f : 0.37 (TBA), 0.31 (6% AcOH). ¹H-NMR (400 MHz, δ , CD₃OD) : 2.73 (1H, *dd*, J = 2.8 Hz and J = 16.8 Hz, H-4ax), 2.86 (1H, *dd*, J = 4.5 Hz and J = 16.8 Hz, H-4eq), 4.17 (1H, *m*, H-3), 4.81 (1H, *s*, H-2), 5.91 (1H, *d*, J = 2.3 Hz, H-6), 5.94 (1H, *d*, J = 2.3 Hz, H-8), 6.75 (1H, *d*, J = 8.1 Hz, H-5'), 6.80 (1H, *dd*, J = 1.8 Hz and J = 8.3 Hz, H-6'), 6.97 (1H, *d*, J = 1.7 Hz, H-2'). ¹³C-NMR (100 MHz, δ , CD₃OD) : 29.31 (C-4), 67.54 (C-3), 79.92 (C-2), 95.93 (C-8), 96.43 (C-6), 100.11 (C-10), 115.37 (C-2'), 115.93 (C-5'), 119.44 (C-6'), 132.34 (C-1'), 145.83 (C-3'), 145.99 (C-4'), 157.42 (C-9), 157.73 (C-5), 158.05 (C-7).

2.4.3. 화합물 3 : (-)-epicatechin-3-O-gallate

R_f : 0.47 (TBA), 0.35 (6% AcOH). FAB-MS : Calculated for C₂₂H₁₈O₁₀ 442, Found m/z 443 [M+H]⁺. ¹H-NMR (400 MHz, δ , CD₃OD) : 2.84 (1H, *dd*, J = 2.2 Hz and J = 17.4 Hz, H-4ax), 2.99 (1H, *dd*, J = 4.5 Hz and J = 17.4 Hz, H-4eq), 5.02 (1H, *s*, H-3), 5.52 (1H, *s*, H-2), 5.95 (2H, *s*, H-6,8), 6.89 (1H, *d*, J = 8.2 Hz, H-5'), 6.80 (1H, *dd*, J = 1.9 Hz and J = 8.2 Hz, H-6'), 6.92 (1H, *d*, J = 1.9 Hz, H-2'), 6.94 (2H, *s*, H-2', 6''). ¹³C-NMR (100 MHz, δ , CD₃OD) : 25.47 (C-4), 68.58 (C-3), 77.23 (C-2), 94.50 (C-8), 95.15 (C-

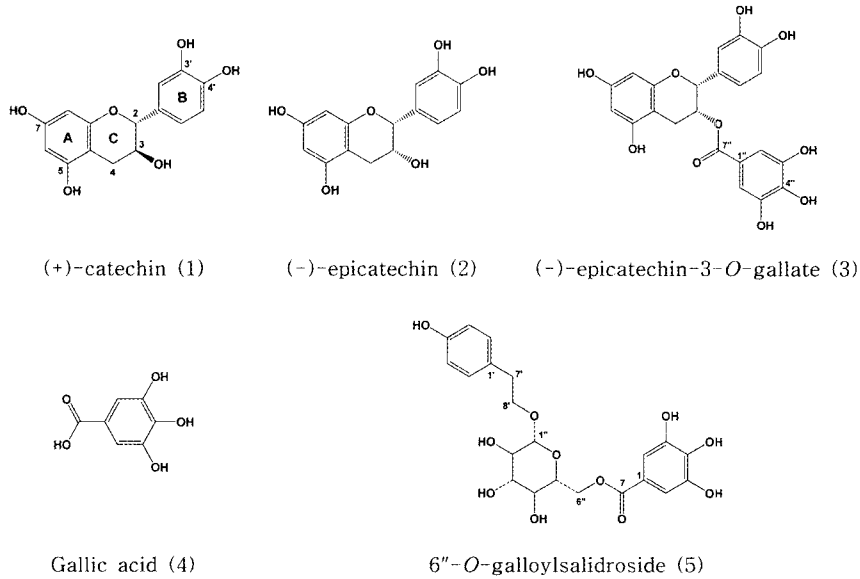


Fig. 1. Chemical structures of the isolated compounds.

6), 105.50 (C-10), 108.82 (C-2'', 6''), 113.71 (C-2'), 114.61 (C-5'), 117.99 (C-6'), 120.08 (C-1''), 130.06 (C-1'), 138.39 (C-4''), 144.54 (C-3'), 144.91 (C-3'', 5''), 145.28 (C-4'), 155.83 (C-9), 155.88 (C-5), 156.45 (C-7), 166.21 (C-7'').

2.4.4. 화합물 4 : gallic acid

R_f : 0.54 (TBA), 0.42 (6% AcOH). EI-MS : Calculated for $C_7H_6O_5$ 170, Found m/z 170 $[M]^+$. 1H -NMR (400 MHz, δ , CD_3OD) : 7.06 (2H, *s*, H-2, 6), ^{13}C -NMR (100 MHz, δ , CD_3OD) : 109.35 (C-2, 6), 120.94 (C-1), 137.92 (C-4), 145.38 (C-3, 5), 169.45 (C-7).

2.4.5. 화합물 5 : 6''-O-galloylsalidroside

R_f : 0.52 (TBA), 0.53 (6% AcOH). FAB-MS : Calculated for $C_{21}H_{24}O_{11}$ 452, Found m/z 453 $[M+H]^+$. 1H -NMR (400 MHz, δ , CD_3OD) : 2.79 (2H, *m*, H-7'), 3.70 (2H, *m*, H-8'), 3.22~3.93 (4H, *m*, H-2'', 3'', 4'', 5''), 4.33 (1H, *d*, $J = 7.8$ Hz, H-1''), 4.44 (1H, *dd*, $J = 5.5$ Hz and $J = 11.8$

Hz, H-6a''), 4.52 (1H, *dd*, $J = 2.2$ Hz and $J = 11.9$ Hz, H-6b''), 6.65 (2H, *d*, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.98 (2H, *d*, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 7.10 (2H, *s*, H-2, 6). ^{13}C -NMR (100 MHz, δ , CD_3OD) : 36.48 (C-7'), 64.81 (C-6''), 71.80 (C-8'), 72.31 (C-4''), 75.12 (C-2''), 75.50 (C-5''), 78.00 (C-3''), 104.55 (C-1''), 110.23 (C-2, 6), 116.18 (C-3', 5'), 121.49 (C-1), 130.66 (C-1'), 130.93 (C-2', 6'), 139.90 (C-4), 146.57 (C-3, 5), 156.71 (C-4'), 168.41 (C-7).

3. 결과 및 고찰

산겨릅나무 수피를 70% 아세톤 용액으로 추출한 후 용매의 극성에 따라 분획을 실시하여 동결 건조하였다. 그 중 에틸아세테이트용성 분획에 대한 Sephadex LH-20 칼럼크로마토그래피를 반복적으로 실시하여 5개의 페놀성 화합물을 분리하고 NMR을 이용하여 구조를 규명하였으며 화합물의 구조는 Fig. 1에 나타내었다.

3.1. (+)-catechin (1) and (-)-epi-catechin (2)

화합물 1과 2는 flavan 3-ol 화합물의 대표적인 화합물로 녹색식물에 널리 분포하고 있다. 화합물 1은 갈색분말로 R_f 는 0.53 (TBA)과 0.33 (6% AcOH)이었으며, vanillin 발색제에 강한 붉은색으로 반응하였다. $^1\text{H-NMR}$ 스펙트럼에서 flavan 3-ol의 heterocyclic C-ring의 특징적인 signal이 δ 2.50, 2.84, 3.97, 4.57에서 나타나며, catechol B-ring의 signal이 δ 6.72, 6.76, 6.84에서 나타난다. $^{13}\text{C-NMR}$ 스펙트럼에서 C-2, 3, 4의 signal이 δ 82.88, 68.84, 28.55에서 나타나는 것으로 보아 화합물 1은 (+)-catechin으로 동정하였다(Agrawal, 1989).

화합물 2는 갈색분말로 R_f 는 0.37 (TBA)과 0.31 (6% AcOH)이었으며, vanillin 발색제에 강한 붉은색으로 반응하였다. 화합물 1과 구조가 동일하나 C-ring의 입체구조가 *cis* 형태이므로 $^{13}\text{C-NMR}$ 스펙트럼에서 δ 79.92 (C-2), δ 67.54 (C-3), δ 29.31 (C-4)에서 signal이 나타나는 차이를 보이고 있으므로 화합물 2는 (-)-epicatechin으로 동정하였다(Harbone and Mabry, 1982).

3.2. (-)-epicatechin-3-O-gallate (3)

화합물 3은 갈색분말로 R_f 는 0.47 (TBA)과 0.35 (6% AcOH)이었으며, vanillin 발색제에 붉은색으로 반응하였다. Positive FAB-MS 스펙트럼에서 분자 ion peak는 m/z 433(M+H)⁺에서 나타났다. 화합물 3은 (-)-epicatechin의 C-3에 gallic acid가 ether 결합을 하고 있는 구조로 $^1\text{H-NMR}$ 스펙트럼에서 H-2'과 H-6''이 서로 대칭인 구조로 δ 6.94에서 두개의 수소 signal이 singlet으로 나타났으며, δ 5.95에서 phloroglucinol A-ring의 H-6과 H-8의 signal이 겹쳐서 하나의 singlet으로 관찰되었다. Catechol B-ring의 ABX spin system 수소들의 signal이 δ 6.89, δ 6.80, δ 6.92에서 관찰되며, C-ring의 수소들은 (-)-epicatechin과 비교할 때 약 δ 0.1~0.8 정도 downfield되어 δ 2.84 (1H, *dd*, $J = 2.2, 17.4$

Hz, H-4ax), δ 2.99 (1H, *dd*, $J = 4.5, 17.4$ Hz, H-4eq), δ 5.02 (1H, *s*, H-3), δ 5.52 (1H, *s*, H-2)에서 signal이 관찰되는 것으로 보아 C-3에 gallic acid가 결합을 하고 있음을 예측할 수 있었다(An *et al.*, 1992). $^{13}\text{C-NMR}$ 스펙트럼에서 gallic acid의 C-3'', 5''과 C-2'', 6''이 δ 144.92과 δ 108.82에서 하나의 signal로 나타나며, carbonyl group signal이 δ 166.21 (C-7'')에서 관찰되었다. (-)-epicatechin의 탄소 signal과 비교할 경우 A와 B-ring의 signal은 동일하나 C-ring의 C-2와 C-4는 각각 δ 2.69, δ 3.84 upfield되어 δ 77.23과 δ 25.47에서 signal이 관찰되며, C-3은 δ 1.04 downfield되어 δ 68.58에서 signal이 나타나는 것으로 보아 C-3에 gallic acid가 결합을 하고 있음을 알 수 있었다. 이상의 결과는 Davis 등(1996)과 조 등(1993)이 녹차로부터 분리한 화합물의 NMR data와 일치하여 화합물 3은 분자식 $\text{C}_{22}\text{H}_{18}\text{O}_{10}$ 인 (-)-epicatechin-3-O-gallate로 동정하였다. (-)-epicatechin-3-O-gallate (ECG)와 (-)-epigallocatechin-3-O-gallate (EGCG) 등과 같은 polyphenol은 녹차 등에 다량 함유되어 있고 항바이러스, 항염증, 항발암, 혈청 콜레스테롤 감소, 항돌연변이, 항HIV 등 다양한 생물학적 활성과 약리학적 효과를 가지는 것으로 보고되고 있다(Chang *et al.*, 1994; Jung and Yokozawa, 1995).

3.3. Gallic acid (4)

화합물 4는 황갈색분말로 R_f 는 0.54 (TBA)와 0.42 (6% AcOH)이었으며, 1% FeCl_3 발색제에 양성으로 반응하였다. $^1\text{H-NMR}$ 스펙트럼에서 H-2와 H-6은 서로 대칭으로 δ 7.06에서 하나의 singlet signal 나타나며, $^{13}\text{C-NMR}$ 스펙트럼에서도 C-2, 6과 C-3, 5이 δ 109.35과 δ 145.38에서 각각 겹쳐서 하나의 큰 signal이 관찰되며, carbonyl 탄소가 δ 169.45 (C-7)에서 signal이 나타났다. EI-MS 스펙트럼에서 분자 ion peak는 m/z 170(M)⁺에서 나타나 화합물 4는 gallic acid로 동정하였다(Kim and Bae, 2006).

3.4. 6''-O-galloylsalidroside (5)

화합물 5는 황색분말로 R_f는 0.52 (TBA)와 0.53 (6% AcOH)이었으며, 1% FeCl₃ 발색제에 양성으로 반응하였다. Positive FAB-MS 스펙트럼에서 분자 ion peak는 m/z 453[M+H]⁺에서 나타났다. ¹H-NMR 스펙트럼에서 δ 7.10 (2H, s)에서 aromatic ring의 H-2와 H-6의 대칭 signal이 나타났으며, H-2', 6'와 H-3', 5'는 서로 대칭인 phenol ring으로 δ 6.65와 δ 6.98에서 doublet ($J = 8.5$ Hz) signal로 나타나며, ethyl alcohol의 수소들이 δ 2.79 (2H, m, H-7')와 δ 3.70 (2H, m, H-8')에서 관찰된다. δ 4.33의 signal은 glucose의 anomeric proton으로 J 값이 7.8 Hz인 것으로 보아 β-D-glucose임을 알 수 있으며, H-6''의 두 개의 수소들이 Hur 등(2006)이 보고한 salidroside glucose의 H-6보다 downfield되어 δ 4.44와 δ 4.52에서 signal이 관찰되는 것으로 보아 C-6''이 결합을 하고 있음을 예측할 수 있었다. ¹³C-NMR 스펙트럼에서 glucose anomeric carbon이 δ 104.55, C-6''과 C-5''가 salidroside보다 각각 약 δ 2 downfield와 약 δ 3 upfield되어 δ 64.81과 δ 75.50에서 signal이 나타나는 것으로 보아 glucose의 1번과 6번 탄소가 결합을 하고 있음을 추정할 수 있었으며, 나머지 glucose 탄소들은 δ 78.00 (C-3''), 75.12 (C-2''), 72.31 (C-4'')에서 signal이 관찰되었다. 또한, Aromatic ring의 대칭 탄소들의 signal이 δ 110.23 (C-2, 6), δ 146.57 (C-3, 5), δ 116.18 (C-3', 5'), δ 130.93 (C-2', 6')에서 나타나며, ethyl alcohol의 탄소들이 δ 30.72 (C-7)와 δ 36.48 (C-8), carbonyl 탄소가 δ 168.41에서 signal이 관찰되는 것으로 보아 *p*-hydroxy phenylethyl alcohol과 gallic acid가 glucose에 결합을 하고 있음을 알 수 있었다. HMBC 스펙트럼에서 H-6''이 carbonyl 탄소인 C-7과 glucose 1번 수소인 H-1''이 C-8'과 cross peak를 관찰하여 결합위치를 확인하였다. 이상의 결과는 Nonaka 등(1982)이 *Quercus stenophylla*에서 분리한 화합물의 NMR data와 일치하여 화합물 5는 분자식 C₂₁H₂₄O₁₁인 6''-O-galloylsalidroside (*p*-hydroxyphenylethyl alcohol 1-

O-β-D-(6''-O-galloyl)-glucopyranoside)로 동정하였다.

4. 결 론

산겨릅나무 수피를 70% 아세톤 용액으로 추출하고, 추출물을 헥산, 디클로로메탄, 에틸아세테이트 및 수용성으로 순차 분획하였다. 이 중 에틸아세테이트용성 분획을 대상으로 Sephadex LH-20으로 반복적인 칼럼크로마토그래피 실시하여 5개의 페놀성 화합물을 분리하였다. 화합물의 구조는 NMR 및 MS 스펙트럼을 분석하여, (+)-catechin (1293 mg) (1), (-)-epicatechin (17 mg) (2), (-)-epicatechin-3-*O*-gallate (243 mg) (3), gallic acid (34 mg) (4) 및 6''-O-galloylsalidroside (136 mg) (5)으로 동정하였으며, 그 중 (-)-epicatechin-3-*O*-gallate (3), gallic acid (4), 6''-O-galloylsalidroside (5)는 산겨릅나무 수피에서는 처음으로 분리되었다.

참 고 문 헌

1. 김태욱. 1996. 한국의 수목. 교학사. p. 476.
2. 조재명 외 12명. 2003. 원색 약용식용 수목도설. 유성사. p. 163.
3. Agrawal, P. K. 1989. Carbon-13 NMR of flavonoids. Elsevier. pp. 437~445.
4. An, B. J., W. K. Kim, J. Y. Choi, I. B. Kwon, and C. Choi. 1992. Structure and isolation of xanthine oxidase inhibitor from Oolong Tea, *Korean J. Food Sci. Technol.* 24(6): 558~562.
5. Chang, C. W., F. L. Hsu, and J. Y. Lin. 1994. Inhibitory effects of polyphenolic catechins from chinese green tea on HIV reverse transcriptase activity. *J. Biomed. Sci.* 1: 163~166.
6. Davis, A. L., Y. Cai, A. P. Davies, and J. R. Lewis. 1996. ¹H and ¹³C NMR assignments of some green tea polyphenols. *Magn. Reson. Chem.* 34(11): 887~890.
7. Harbone, J. B. and T. J. Mabry. 1982. The flavonoids: advance in research. Chapman and Hall Ltd. pp. 421~426.

8. Hur, J. M., M. Jun, E. J. Yang, S. H. Choi, J. C. Park, and K. S. Song. 2007. Isolation of isoprenoidal compounds from the stem of *Acer tegmentosum* Max. *Kor. J. Pharmacogn.* 38(1): 67~70.
9. Hur, J. M., E. J. Yang, S. H. Choi, and K. S. Song. 2006. Isolation of phenolic glucosides from the stems of *Acer tegmentosum* Max. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 49(2): 149~152.
10. Jung, H. Y. and T. Yokozawa. 1995. Studies on Antioxidative and antimutagenic mechanisms of epicatechin 3-O-gallate isolated from green tea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(4): 46~58.
11. Kim, J. K. and Y. S. Bae. 2006. Chemical constituents of domestic *Quercus* spp. leaves. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 34(6): 61~71.
12. Nonaka, G. I., H. Nishimura, and I. Nishioka. 1982. Tannins and related compounds. IV. Seven new phenol glucoside gallates from *Quercus stenophylla* Makino. *Chem. Pharm. Bull.* 30(6): 2061~2067.
13. Park, K. M., M. C., Yang, K. H. Lee, S. U. Choi, and K. R. Lee. 2006. Cytotoxic phenolic constituents of *Acer tegmentosum* Maxim. *Arch. Pharm. Res.* 29(12): 1086~1090.
14. Shin, I. C., J. H. Sa, T. H. Shim, and J. H. Lee. 2006. The physical and chemical properties and cytotoxic effects of *Acer tegmentosum* Maxim. Extracts. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 49(4): 322~327.