


Phenolic compounds from the leaves of eggplant (*Solanum melongena* L.)

Dong-Ryeol Baek¹ · Min-Jee Lee¹ · Nam-In Baek² · Kyeong-Hwa Seo² ·
Youn-Hyung Lee¹ 

가지(*Solanum melongena* L.) 잎으로부터 페놀 화합물의 분리 및 동정

백동렬¹ · 이민지¹ · 백남인² · 서경화² · 이윤형¹

Received: 29 December 2015 / Accepted: 18 February 2016 / Published Online: 30 June 2016
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2016

Abstract The leaves of eggplant (*Solanum melongena* L.) were extracted with 80 % aqueous MeOH, and the concentrated extract was partitioned with *n*-hexane, EtOAc, *n*-BuOH, and water fractions. From the *n*-BuOH fraction, five compounds were isolated through the repeated silica gel, octadecyl silica gel, and Sephadex LH-20 column chromatographies. On the basis of physic-chemical and spectroscopic data including mass spectrometry, infrared spectroscopy, and nuclear magnetic resonance, they were identified to be caffeic acid (1), chlorogenic acid (2), cryptochlorogenic acid (3), panasenoside (4), and (6*R*,7*E*,9*R*)-4,7-megastigmadien-3-one-9-β-D-glucopyranoside (5). Compounds 3 and 4 were isolated for the first time from the leaves of *S. melongena* L. in this study.

Keywords Caffeic acid · Chlorogenic acid · Cryptochlorogenic acid · Eggplant · Panasenoside · (6*R*,7*E*,9*R*)-4,7-megastigmadien-3-one-9-β-D-glucopyranoside · *Solanum melongena* L.

Kyeong-Hwa Seo (✉)
E-mail: kyeonghwaseo@khu.ac.kr

Youn-Hyung Lee (✉)
E-mail: younlee@khu.ac.kr

¹Department of Horticultural Biotechnology, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Republic of Korea

²Graduate School of Biotechnology and Department of Oriental Medicine Biotechnology, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Republic of Korea

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가지 잎으로부터 유용한 이차대사산물의 분리를 통해 건강 기능성 식품 및 의약품 소재로 개발하여 부산물로서의 가지 잎의 부가가치를 높이고자 본 실험을 수행하였다. 가지(*S. melongena* L.) 잎으로부터 용매추출, 용매분획 및 column chromatography를 반복 실시하여 3종의 phenylpropanoid, 1종의 flavonoid glycoside, 그리고 1종의 megastigmane 골격의 norsesquiterpenoid glycoside 화합물을 분리 동정하였다(Fig. 1).

가지 잎 생체 15 kg을 80 % MeOH 수용액(45 L×3)으로 실온에서 24시간 추출하였다. 얻어진 추출물을 여과지로 여과하여 얻어진 여액을 모두 합쳐 감압 농축하여 MeOH 추출물(672 g)을 얻었다. MeOH 추출물을 water (3 L)와 *n*-hexane (3 L×3)으로 분배 추출하였고, water 분획(3 L)을 다시 ethyl acetate (EtOAc, 3 L×3)로 분배 추출하였고, 다시 water 분획(3 L)을 *n*-butyl alcohol (*n*-BuOH, 3 L×3)로 분배 추출하였다. 각 층을 감압 농축하여, *n*-hexane 분획(SMLH, 55 g), EtOAc 분획(SMLE, 19 g), *n*-BuOH 분획(SMLB, 59 g) 및 water 분획(SMLW, 539 g)을 얻었다.

n-BuOH 분획(SMLB, 59 g)으로부터 SiO₂ c.c. [12×15 cm, chloroform (CHCl₃)-MeOH = 5:1→3:1→1:1 CHCl₃-MeOH-water = 6:4:1, 각 13 L]를 실시하여 9개의 분획 (SMLB-1–SMLB-9)을 얻었다. SMLB-2 [2.0 g, elution volume/total volume (Ve/Vt) 0.04–0.10]을 SiO₂ c.c. (5.5×30 cm, CHCl₃-MeOH = 15:1, 5.2 L)를 실시하여 9개의 분획(SMLB-2-1–SMLB-2-9)으로 나누었다. SMLB-2-7 (260 mg, Ve/Vt 0.06–0.08)를 Sephadex LH-20 c.c. (2.5×41 cm, MeOH-water = 1:1, 1.2 L)를 실시하여 5개의 분획(SMLB-2-7-1–SMLB-2-7-5)을 얻었고, 그 중 SMLB-2-7-2 (119 mg, Ve/Vt 0.06–0.08)를 ODS c.c. (3.0×10 cm, MeOH-water = 1:2 → 1:1, 각 0.7 L)를 실시하여 11개의 분획(SMLB-2-7-2-1–SMLB-2-7-2-11)으로 나누었고, 그 중 화합물 5 [SMLB-2-7-2-4, 27 mg, Ve/Vt 0.06–0.10, TLC (RP-18 F₂₅₄) R_f 0.60, MeOH-water = 2:1]을 분리하였다. SMLB-6 (3.2 g, Ve/Vt 0.52–0.67)분

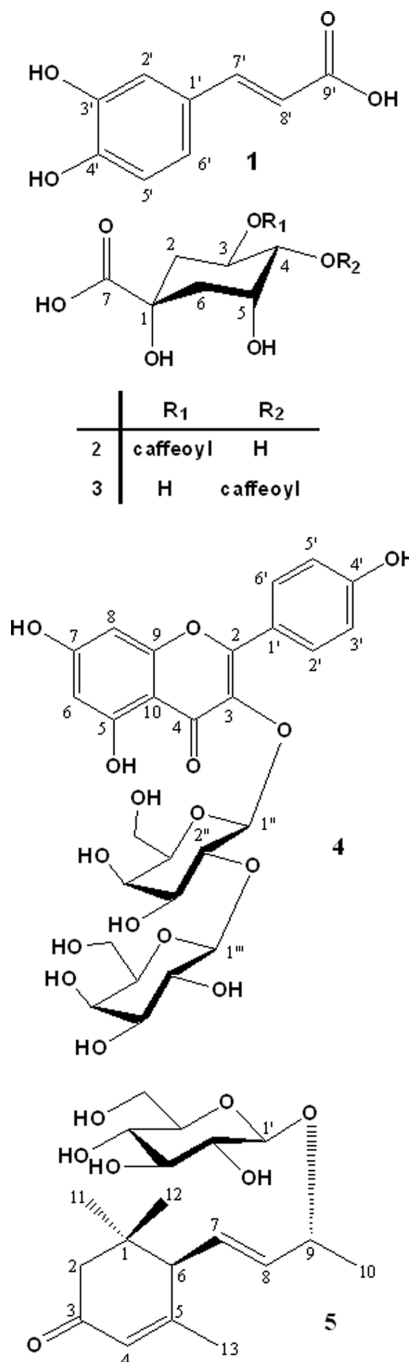


Fig. 1 Chemical structures of phenolic compounds (1-5) from the leaves of eggplant (*Solanum melongena* L.).

획 중 일부를 취한 SMLB-6(1) (218 mg, Ve/Vt 0.52–0.67)를 Sephadex LH-20 c.c. (1.5×56 cm, MeOH-water = 1:1, 0.9 L)를 실시하여 17개의 분획 [SMLB-6(1)-1–SMLB-6(1)-17]을 나누었고, 그 중 화합물 2 [SMLB-6(1)-8, 32 mg, Ve/Vt 0.10–0.12, TLC (RP-18 F₂₅₄S) R_f 0.91, MeOH-water = 1:1]와 화합물 1 [SMLB-6(1)-16, 2.3 mg, Ve/Vt 0.28–0.57, TLC (RP-18 F₂₅₄S) R_f 0.25, MeOH-water = 1:1]을 분리하였다. SMLB-6(2)

(3.0 g, Ve/Vt 0.52–0.67)에 대하여 Sephadex LH-20 c.c. (2.5×50 cm, MeOH-water = 1:1, 2.8 L)를 실시하여 23개의 분획 [SMLB-6(2)-1–SMLB-6(2)-23]으로 나누었다. SMLB-6(2)-15 (639 mg, Ve/Vt 0.25–0.27)를 SiO₂ c.c. (3.5×18 cm, CHCl₃-MeOH-water = 65:35:10, 1.7 L)를 실시하여 21개의 분획 (SMLB-6(2)-15-1–SMLB-6(2)-15-21)으로 나누었고, 그 중 화합물 3 [SMLB-6(2)-15-10, 5.4 mg, Ve/Vt 0.23-0.24, TLC (RP-18 F₂₅₄S) R_f 0.90, MeOH-water = 1:1]을 분리하였다. SMLB-7 (9.0 g, Ve/Vt 0.68–0.86)을 SiO₂ c.c. (7.5×15 cm, CHCl₃-MeOH-water = 5:3:1→4:3:1, 각 5.2 L)를 실시하여 9개의 분획 (SMLB-7-1–SMLB-7-9)으로 나누었다. SMLB-7-4 (600 mg, Ve/Vt 0.24–0.36)를 Sephadex LH-20 c.c. (2.0×48 cm, MeOH-water = 1:1, 0.8 L)를 실시하여 13개의 분획(SMLB-7-4-1–SMLB-7-4-13)으로 나누었고, 그 중 화합물 4 [SMLB-7-4-9, 16.0 mg, Ve/Vt 0.47–0.52, TLC (RP-18 F₂₅₄S) R_f 0.7, MeOH-water = 3:2]를 분리하였다(Fig. 2).

화합물 1 (caffeic acid): Yellow powder (MeOH); m.p. 220–222 °C; EI/MS *m/z* 180 [M]⁺; IR (KBr, ν) 3450, 1655, 1608, 1595 cm⁻¹; ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD, δ_H) 7.53 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-7), 7.02 (1H, d, *J* = 1.6 Hz, H-2), 6.93 (1H, dd, *J* = 8.0, 1.6 Hz, H-6), 6.76 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5), 6.23 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-8); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD, δ_C) 171.1 (C-9), 149.3 (C-4), 146.7 (C-3), 146.6 (C-7), 127.3 (C-1), 123.1 (C-6), 116.4 (C-5), 115.5 (C-8), 115.3 (C-2).

화합물 2 (chlorogenic acid): Yellow powder (MeOH); m.p. 210 °C; EI/MS *m/z* 354 [M]⁺; IR (KBr, ν) 3362, 1726, 1687, 1640 cm⁻¹; ¹H-NMR (400 MHz, D₂O, δ_H) 7.43 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-7'), 6.99 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-2'), 6.95 (1H, dd, *J* = 8.0, 2.0 Hz, H-6'), 6.79 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5'), 6.18 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-8'), 5.26 (1H, ddd, *J* = 9.2, 8.8, 4.4 Hz, H-3), 3.97 (1H, m, H-5), 3.58 (1H, dd, *J* = 8.8, 3.2 Hz, H-4), 2.12 (1H, dd, *J* = 13.6, 4.0 Hz, H-6a), 2.06 (1H, dd, *J* = 13.6, 8.0 Hz, H-2a), 2.02 (1H, dd, *J* = 13.6, 4.0 Hz, H-2b), 1.97 (1H, dd, *J* = 13.6, 2.0 Hz, H-6b); ¹³C-NMR (100 MHz, D₂O, δ_C) 180.7 (C-7), 168.8 (C-9'), 146.8 (C-4'), 145.8 (C-7'), 143.9 (C-3'), 126.6 (C-1'), 122.5 (C-6'), 115.8 (C-5'), 114.7 (C-2'), 114.2 (C-8'), 77.4 (C-1), 72.6 (C-4), 70.8 (C-5), 70.5 (C-3), 38.2 (C-6), 37.0 (C-2).

화합물 3 (cryptochlorogenic acid): Yellow powder (MeOH); m.p. 182–184 °C; EI/MS *m/z* 354 [M]⁺; IR (KBr, ν) 3370, 1725, 1666, 1650 cm⁻¹; ¹H-NMR (400 MHz, D₂O, δ_H) 7.56 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-7'), 7.07 (1H, d, *J* = 1.6 Hz, H-2'), 6.99 (1H, dd, *J* = 8.0, 1.6 Hz, H-6'), 6.80 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5'), 6.36 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-8'), 4.79 (1H, dd, *J* = 8.8, 3.2 Hz, H-4), 4.20 (1H, ddd, *J* = 5.6, 4.0, 3.2 Hz, H-5), 4.17 (1H, ddd, *J* = 8.8, 8.0, 4.0 Hz, H-3), 2.04 (1H, dd, *J* = 13.6, 8.0 Hz, H-2a), 2.02 (2H, dd, *J* = 13.6, 4.0 Hz, H-2b, H-6a), 1.90 (1H, dd, *J* = 13.6, 2.0 Hz, H-6b).

화합물 4 (panasenoside): Yellow needles; m.p. 225–228 °C; EI/MS *m/z* 610 [M]⁺; IR (KBr, ν) 3380, 1650, 1610; ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD, δ_H) 8.07 (2H, d, *J* = 8.4 Hz, H-2',

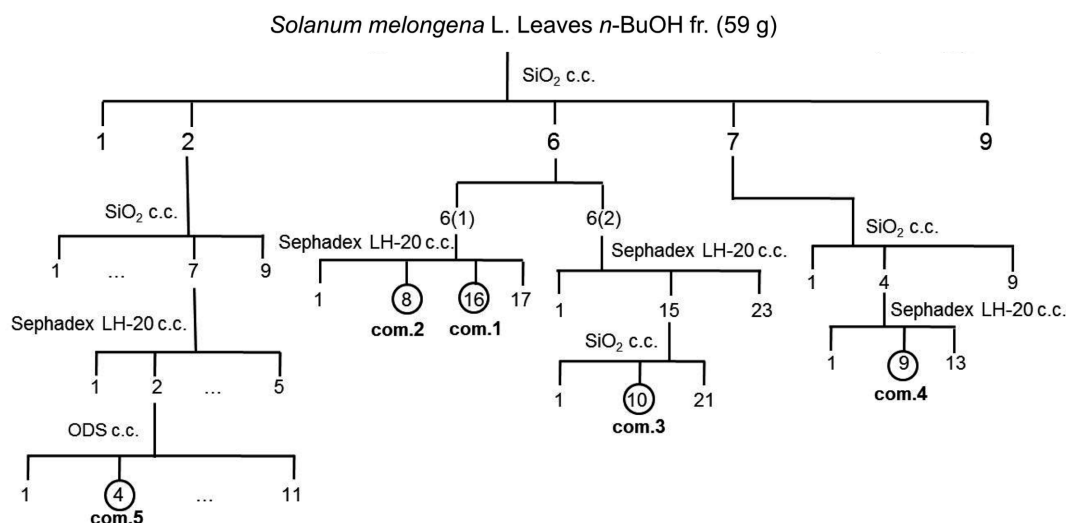


Fig. 2 Isolation procedure of *n*-BuOH fraction from the leaves of eggplant (*Solanum melongena* L.)

H-6'), 6.89 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', H-5'), 6.38 (1H, br.s, H-8), 6.18 (1H, br.s, H-6), 5.31 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-1", 4.75 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-1'''), 4.05 (1H, dd, $J = 9.6, 8.0$ Hz, H-2''), 3.86–3.30 (11H, overlapped, H-3''–H-6'', H-2'''–H-6'''); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CD_3OD , δ_{C}) 179.8 (C-4), 166.1 (C-7), 163.0 (C-5), 161.5 (C-4'), 158.8 (C-2), 158.5 (C-9), 134.9 (C-3), 132.4 (C-2', C-6'), 122.7 (C-1'), 116.4 (C-3', C-5'), 105.6 (C-10), 104.7 (C-1'''), 101.5 (C-1''), 99.9 (C-6), 94.8 (C-8), 80.2 (C-2''), 78.2 (C-3'''), 77.9 (C-5'''), 76.9 (C-5''), 75.5 (C-2'''), 74.8 (C-3'''), 71.3 (C-4'''), 70.0 (C-4''), 64.9 (C-6''), 62.6 (C-6''').

화합물 5 [(6*R*,7*E*,9*R*)-4,7-megastigmadien-3-one-9- β -D-glucopyranoside]: Amorphous white powder; $[\alpha]_{\text{D}} +105.4$ (c 0.6, MeOH); EI/MS m/z 370 $[\text{M}]^+$; IR (KBr, ν) 3400, 1657; $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ_{H}) 5.87 (1H, s, H-4), 5.71 (1H, dd, $J = 15.6, 6.8$ Hz, H-8), 5.64 (1H, ddd, $J = 15.6, 9.2, 0.8$ Hz, H-7), 4.39 (1H, ddq, $J = 6.8, 6.0, 0.8$ Hz, H-9), 4.34 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-1'), 3.81 (1H, dd, $J = 12.0, 2.4$ Hz, H-6'a), 3.65 (1H, dd, $J = 12.0, 5.2$ Hz, H-6'b), 3.32–3.21 (3H, overlapped, H-3'-5'), 3.17 (1H, dd, $J = 8.0, 7.6$ Hz, H-2'), 2.66 (1H, d, $J = 9.2$ Hz, H-6), 2.42 (1H, d, $J = 16.8$ Hz, H-2a), 2.03 (1H, d, $J = 16.8$ Hz, H-2b), 1.93 (3H, s, H-13), 1.28 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-10), 1.02 (3H, s, H-12), 1.00 (3H, s, H-11); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CD_3OD , δ_{C}) 202.1 (C-3), 165.9 (C-5), 138.2 (C-8), 128.8 (C-7), 126.1 (C-4), 102.4 (C-1'), 78.1 (C-3'), 78.0 (C-5'), 77.0 (C-9), 75.3 (C-2'), 71.5 (C-4'), 62.7 (C-6'), 56.8 (C-6), 48.3 (C-2), 37.1 (C-1), 28.0 (C-12), 27.6 (C-11), 23.8 (C-13), 21.0 (C-10).

화합물 3 (yellow powder)은 TLC에 전개시킨 후, 10% 황산을 분무하고 가열했을 때 노란색으로 발색되었다. EI/MS에서 m/z 354 $[\text{M}]^+$ 의 분자이온 peak가 관측되어 분자량을 354로 결정하였다. IR 스펙트럼으로부터 수산기(3370 cm^{-1})와 carboxyl기(1725 cm^{-1}), 공역 ester (1666 cm^{-1}), 이중결합(1650 cm^{-1})을

확인하였다. $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, D_2O)과 $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, D_2O) 스펙트럼에서 화합물 2와 매우 비슷한 양상의 signal을 확인할 수 있었다. 산소가 치환된 영역에서 oxygenated methine proton signal (δ_{H} 4.79, 1H, dd, $J = 8.8, 3.2$ Hz, H-4)의 chemical shift 값이 esterification 효과에 의하여 저자장으로 shift된 것을 확인하였다. 따라서 화합물 3은 quinic acid의 4번 위치에 caffeic acid가 결합한 화합물 2번의 구조 이성질체를 확인하였고, 이를 토대로 문헌과 비교하여(Choi 등, 2010) cryptochlorogenic acid (3)로 구조 동정하였다.

화합물 4 (yellow needles)는 TLC에 전개시킨 후, 10% 황산을 분무하고 가열했을 때 노란색으로 발색되었다. EI/MS에서 m/z 610 $[\text{M}]^+$ 의 분자이온 peak가 관측되어 분자량을 610으로 결정하였다. IR 스펙트럼으로부터 수산기(3380 cm^{-1})와 공역 ketone기(1650 cm^{-1}), 이중결합(1610 cm^{-1})을 확인하였다. $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ_{H}) 스펙트럼의 저자장 영역에서 4개의 olefin methine proton signal (δ_{H} 8.07, 2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'; δ_{H} 6.89, 2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5')로부터 para-이치환 벤젠 링이 하나 존재함을 알 수 있었고, 2개의 olefin methine proton signal (δ_{H} 6.38, 1H, br.s, H-8; δ_{H} 6.18, 1H, br.s, H-6)이 관측되어 long range coupling (J)하는 1,2,3,5-사치환 벤젠링이 하나 존재함을 알 수 있었다. 또한 당부에서 유래한 2개의 hemiacetal proton signal (δ_{H} 5.31, 1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-1"; δ_{H} 4.75, 1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-1''')이 관측되었으며, 8개의 oxygenated methine proton signal 및 2개의 oxygenated methylene proton signal (δ_{H} 4.05, 1H, dd, $J = 9.6, 8.0$ Hz, H-2"; δ_{H} 3.86–3.30, 11H, overlapped, H-3''–6'', H-2'''–6''')이 중첩되어 관측되었다. 이를 통해 flavonol diglycoside임을 예상할 수 있었다. $^{13}\text{C-NMR}$ 및 DEPT (100 MHz, CD_3OD , δ_{C}) 스펙트럼에서 총 27개의 carbon signal과 다중도를 각각 확인하여 flavonol 골격에 hexose 두 분자가 결합한 화합물임을 확인하였다. 저자장 영역에서 1개의 공역 ketone carbon signal (δ_{C} 179.8, C-4), 6개의 oxygenated olefin quaternary carbon signal (δ_{C} 166.1, C-7; δ_{C} 163.0, C-

5; δ_C 161.5, C-4'; δ_C 158.8, C-2; δ_C 158.5, C-9; δ_C 134.9, C-3), 2개의 olefin quaternary carbon signal (δ_C 122.7, C-1'; δ_C 105.6, C-10), 6개의 olefin methine carbon signal (δ_C 132.4, C-2', 6'; δ_C 116.4, C-3', 5'; δ_C 99.9, C-6; δ_C 94.8, C-8)이 관측되었다. 이를 통하여 aglycone이 kaempferol임을 확인하였다. 당으로부터 유래한 2개의 hemiacetal carbon signal (δ_C 104.7, C-1''; δ_C 101.5, C-1'''), 8개의 oxygenated methine carbon signal (δ_C 80.2, C-2''; δ_C 78.2, C-3'''; δ_C 77.9, C-5''; δ_C 76.9, C-5''; δ_C 75.5, C-2''; δ_C 74.8, C-3''; δ_C 71.3, C-4''; δ_C 70.0, C-4''), 2개의 oxygenated methylene carbon signal (δ_C 64.9, C-6''; δ_C 62.6, C-6''')의 chemical shift 값으로부터 결합된 당이 각각 β -galactopyranose와 β -glucopyranose로 판명되었다. β -Galactopyranose의 [C-2'' (δ_C 80.2)] carbon signal이 저자장으로 glycosidation shift되어 관측됨에 따라 말단 glucose가 galactose의 2번 위치에 결합한 것으로 예상하였다. gHMBC 스펙트럼에서 말단 glucose의 hemiacetal proton signal (δ_H 4.75, H-1''')이 galactose의 2번 oxygenated methine carbon signal (δ_C 80.2, C-2'')과 cross-peak를 보이고, galactose의 hemiacetal proton signal (δ_H 5.31, H-1'')이 kaempferol의 3번 oxygenated olefin quaternary carbon signal (δ_C 134.9, C-3)과 cross-peak를 보여 각 당의 결합 위치를 확인하였다. 이를 토대로 문헌과 비교하여(Abe 등, 1995; Lu 등, 2000) panasenoside (4)로 구조 동정하였다.

화합물 3과 4는 가지 잎에서는 이번 연구에서 처음으로 분리하였다. 화합물 1은 항산화(Gendaram 등, 2011) 활성이, 화합물 2는 항산화(Yan 등, 2013), 항염증(Yesilada, 1997) 활성이, 화합물 3은 항산화(Takeoka 등, 2003) 활성이, 화합물 4는 항산화(Sylwia 등, 2011)와 항당뇨(Zang 등, 2011) 활성이, 화합물 5는 항종양(Ito 등, 2002) 활성이 보고되어 있다. 이와 같은 결과를 통해 가지 잎을 이용하여 고부가가치 기능성 소재로서의 가능성을 확인하였으며 부산물 활용 및 농가소득 증대에 기여할 것으로 여겨지며, 추후 이의 활용과 관련된 연구를 추진하고자 한다.

초 록

가지 잎으로부터 3종의 phenylpropanoid, 1종의 flavonoid glycoside, 그리고 1종의 norsesquiterpenoid glycoside 화합물을 분리 동정하였다. 가지 잎을 80% MeOH로 추출하였으며, 얻어진 추출물을 *n*-hexane, EtOAc, *n*-BuOH 및 물 층으로 계통 분획을 실시하였다. 이 중 *n*-BuOH 분획에 대하여 SiO₂, ODS

및 Sephadex LH-20 column chromatography를 반복 실시하여 5종의 화합물을 분리, 정제하였다. Nuclear magnetic resonance, infrared spectroscopy 및 mass spectrometry의 spectroscopic data를 해석하여 이 화합물들을 caffeic acid (1), chlorogenic acid (2), cryptochlorogenic acid (3), panasenoside (4), 및 (6*R*,7*E*,9*R*)-4,7-megastigmadien-3-one-9- β -D-glucopyranoside (5)로 각각 동정하였다. 본 연구에서 화합물 3과 4는 가지 잎에서 처음으로 분리, 동정하였다.

Keywords 가지 · Caffeic acid · Chlorogenic acid · Cryptochlorogenic acid · Panasenoside · (6*R*,7*E*,9*R*)-4,7-megastigmadien-3-one-9- β -D-glucopyranoside · *Solanum melongena* L.

감사의 글 본 연구는 농림축산식품부 농생명 산업기술 개발사업(과제번호: 112019-5)으로 수행되었기에 감사드립니다.

References

- Abe F, Iwase Y, Yamauchi T, Yahara S, Nohara T (1995) Flavonol sinapoyl glycosides from leaves of *Thevetia peruviana*. *Phytochem* 40: 577–581
- Choi JS, Hyun SK, Jung HA, Min BS, Jung JH (2010) Isolation of phenolics, nucleosides, saccharides and an alkaloid from the root of *Aralia cordata*. *Nat Prod Sci* 16: 20–25
- Gendaram O, Choi YH, Kim YS, Ryu SY (2011) Anti-oxidative and antibacterial constituents from *Sedum hybridum*. *Nat Prod Sci* 17: 279–284
- Ito H, Kobayashi E, Li SH, Hatano T, Sugita D, Kubo N, Shimura S, Itoh Y, Tokuda H, Nishino H, Yoshida T (2002) Antitumor activity of compounds isolated from leaves of *Eriobotrya japonica*. *J Agric Food Chem* 50: 2400–2403
- Lu CM, Yang JJ, Wang PY, Lin CC (2000) A new acylated flavonol glycoside and antioxidant effects of *Hedyotis diffusa*. *Planta Med* 66: 374–377
- Sylwia C, Dorota BK, Ireneusz K, Jan O, Halina C (2011) Antioxidant potentials of polyphenolic extracts from leaves of trees and fruits bushes. *Curr Top Biophys* 34: 15–21
- Takeoka GR and Dao LT (2003) Antioxidant constituents of almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb] Hulls. *J Agric Food Chem* 51: 496–501
- Yan RQ, Zhang XL, Sun J, Liu HT, Wang YF, Zhu Y (2013) Study on scavenging activity of DPPH free radical by chemical constituents from *Euodia fructus*. *J Tradit Chin Med* 5: 301–304
- Yesilada E (1997) Evaluation of the anti-inflammatory activity of the turkish medicinal plant *Sambucus ebulus*. *Chem Nat Compd* 33: 539–540
- Zang Y, Sato H, Igarashi K (2011) Anti-diabetic effects of a kaempferol glycoside-rich fraction from Unripe Soybean (edamame, *Glycin max* L. Merrill. 'Jindai') leaves on KK-A^y mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 75: 1677–1684