

염생식물 갯방풍의 화학적 성분연구

염영란[†]·이정임·이진혁·김해진·예성수[‡]·서영완^{*}

한국해양대학교 해양환경·생명과학부

[†]한국한의학연구원 신한방제제연구센터

[‡]인제대학교 의과대학 생화학교실

(접수 2010. 8. 21; 수정 2010. 9. 27; 게재확정 2010. 9. 29)

Chemical Constituents of the Halophyte *Glehnia littoralis*

Young Ran Um[†], Jung Im Lee, Jinhyeok Lee, Haejin Kim, Sung Su Yea[‡], and Youngwan Seo^{*}

Division of Marine Environment and Bioscience, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

[†]Center for Herbal Medicine Improvement Research, Korea Institute of Oriental Medicine, Daejeon 305-811, Korea

[‡]Department of Biochemistry, College of Medicine, Inje University, Busan 614-735, Korea

(Received August 21, 2010; Revised September 27, 2010; Accepted September 29, 2010)

요약. 우리나라 동해안에 서식하는 염생식물인 갯방풍으로부터 2개의 polyacetylene 화합물인 falcarindiol(1)과 falcarinol(2), 4개의 coumarin 화합물인 bergapten(3), xanthotoxin(4), umbelliferone(5), scopoletin(6) 및 1개의 sesquiterpene 화합물인 (5 β ,10 α)-lasidiol angelate(7)가 분리되었다. 이들 화합물 중 scopoletin(6)과 (5 β ,10 α)-Lasidiol angelate(7)는 갯방풍으로부터 처음 분리 되어진 것이다. 분리된 화합물의 구조결정은 ¹H COSY, HMQC 그리고 HMBC와 같은 2D NMR 분광학적 실험과 문헌에 보고 된 값을 비교하여 이루어졌다.

주제어: 염생식물, 갯방풍, Coumarin, Polyacetylene, Sesquiterpene

ABSTRACT. Two polyacetylenes (1 and 2), four coumarins (3-6), and one sesquiterpene (7) were isolated from the halophyte *Glehnia littoralis*. Particularly, compound 6 and 7 were isolated for the first time from *Glehnia littoralis*. Their chemical structures have been determined by extensive 2-D NMR experiments such as ¹H, COSY, HMQC and HMBC and by comparison with the reported data in the literature.

Keywords: Halophyte, *Glehnia littoralis*, Coumarin, Polyacetylene, Sesquiterpene

서론

우리나라에 자생하는 갯방풍(*Glehnia littoralis* Fr. Schm. ex Miq.)은 산형과(Umbelliferae) 갯방풍속(*Glehnia*)의 다년생 초본으로 우리나라를 포함한 일본, 중국, 만주, 사할린, 오츠크, 큐릴열도 및 북미 캘리포니아에서 알래스카까지 주로 태평양 연안에 분포한다.¹ 갯방풍의 서식지는 해양의 영향을 강하게 받는 바닷가 해안사구로써 바닷물로부터 직간접적으로 염분이 유입되어 일반적으로 다른 육상식물들이 생존하기 어려운 염분함량이 높은 독특한 생태계이므로 갯방풍에는 기존 육상식물들과는 다른 이차 대사물질들이 존재할 것으로 예상되었다.

갯방풍은 한방에서 중풍, 해열, 진통, 신경통 등에 자주 이용되어져 왔으며 선행 연구에서도 이들 효능이 검증된 바 있다.² 현재 갯방풍의 자생지는 해수욕장이나 위락시설의 개발로 인해 대부분 사라져 가고 있는 실정이며,³ 환경부에서는

이를 막기 위해 보호가 필요한 희귀 자원식물 종으로 선정하였다.⁴ 지금까지 갯방풍의 이차 대사물질에 대한 수 편의 논문이 발표된 바 있으나 우리나라에 자생하는 갯방풍의 이차 대사물질에 대한 연구는 지방산이나 스테롤 또는 정유성분을 제외하고는 거의 연구가 이루어지지 않았다.⁵⁻¹⁰ 최근에 본 연구그룹에서는 한국에서 자생하는 갯방풍으로부터 3 개의 glucopyranosides와 4 개의 furanocoumarins 그리고 2 개의 polyacetylenes을 분리하여 암세포 증식억제 효과를 보고한 바 있다.¹¹⁻¹²

갯방풍 추출물 시료의 크로마토그래피 분석을 자세히 분석해 본 결과 구조적으로 또 다른 형태의 화합물들이 미량으로 존재하는 것이 확인되어 갯방풍 시료를 대량으로 채집하였으며 이러한 미량성분들의 분리를 시도하였다. 본 연구에서는 우리나라에 자생하는 갯방풍에서 추가적으로 분리된 3 가지 화합물과 이들의 구조결정 및 생리활성에 대하여 보고하고자 한다.

실험방법

시약 및 기기

화합물의 분리에 사용한 칼럼 충전물질은 RP18(YMC-GEL ODS-A, 12 nm, S-75 μ M), silica gel(silica gel 60, 0.0063-0.200 mm, Merck), HP20(HP-20 supelco, 250 - 850 μ M, Sigma)을 사용하였으며, TLC plate는 Silica F254s(Merck)를 사용하였다. 추출, 분획 및 칼럼 크로마토그래피에 사용한 모든 용매는 1급 시약을 사용하였다. RI detector가 장착된 고성능 액체 크로마토그래피(HPLC, Dionex P580)를 이용하여 화합물을 분리·정제하였으며 HPLC column은 YMC pack ODS-A (250 \times 10 mm, S 5 μ M, 12 mm)을 사용하였다. 선광도는 CHCl_3 용매로 polarimeter (ATAGO, POLAX-2L)를 사용하여 측정하였다. 화합물의 구조 동정은 Varian NMR (300 MHz)을 사용하였으며 NMR 측정 용매는 CD_3OD 와 CDCl_3 (Cambridge Isotope Laboratories, Inc., USA)를 사용하였다.

실험재료

실험에 사용한 갯방풍(*Glehnia littoralis*)은 2004년 9월 경상북도 포항시 해안에서 직접 채집하여 경성대학교 문성기 박사에 의해서 동정되었으며 웅달에서 건조 후 추출하기 전까지 -25°C 에서 냉동 보관하였다.

시료의 추출 및 분획

채집하여 실온에서 음건한 갯방풍(건조 중량 1.2 kg)은 -25°C 의 냉동고에 보관하였으며 추출하기 위하여 해빙 시킨 후, CH_2Cl_2 속에서 담그고 24시간 방치한 후 여과하였다. 이 과정을 2번 반복하였으며, 얻어진 추출액은 40°C 수욕 상에서 rotary vacuum evaporator(EYELA JAPAN, N-N series)로 농축하였다. CH_2Cl_2 로 추출하고 남은 잔사에 동량의 MeOH을 부어 위와 동일한 과정을 반복하여 추출물을 얻었다. 두 용매로 추출한 양을 합하여 얻어진 추출물 340 g은 용매 극성에 따라 순차적으로 분획하여, *n*-hexane, 85% aq. MeOH, *n*-BuOH, H_2O 분획물을 각각 22.09 g, 8.95 g, 16.92 g, 125.0 g 얻었다.

화합물의 분리

갯방풍의 85% aq. MeOH 분획층 4 g을 aq. MeOH 용액(50, 60, 70, 80, 90% MeOH and 100% MeOH)을 이용하여 C_{18} 역상 진공 칼럼 크로마토그래피를 실시하였으며 7개의 fractions (rfc 1 ~ 7)를 얻었다. 그 중 50% aq. MeOH fraction(rfc 1, 1.17 g)은 HP20 column chromatography를 실시하여 5개의 sub-fractions (100% H_2O , 50% aq. MeOH, 50% aq. acetone, 100% MeOH, 100% acetone)로 다시 나누었으며 Si prep. TLC (CH_2Cl_2 :dioxane: H_2O = 9.2:0.6:0.2)를 통하여 subfraction 3에서 umbelliferone(5)과 scopoletin(6)을 각각 2.2 mg과 1.5 mg 얻었다. 60% aq. MeOH fraction(rfc 2, 0.12 g)은 Si prep. TLC

(100% CHCl_3)로 10개의 subfractions로 세분화하였으며 그 중 subfraction 1에서 bergapten(3)이 22.8 mg 얻어졌다. Sub-fraction 4를 다시 역상 HPLC(YMC-A, 2 mL/min, 65% aq. MeOH)로 분리하였으며 xanthotoxin(4) 9.2 mg이 얻어졌다. 80% aq. MeOH fraction(rfc 4, 0.25 g)은 Si prep. TLC와 역상 HPLC(YMC-A, 2 mL/min, 65% aq. MeOH)를 실시하여 falcariindiol(1)이 6.0 mg 얻어졌다. 90% aq. MeOH fraction (rfc 5, 0.53 g)은 실리카겔 칼럼 크로마토그래피(20% EtOAc in *n*-hexane)와 역상 HPLC(YMC-A, 2 mL/min, 65% aq. MeOH)를 연속적으로 실시하여 (5 β ,10 α)-Lasidiol angelate(7)를 1.5 mg 얻었다.

또한 *n*-hexane 분획은 실리카겔 칼럼 크로마토그래피를 실시하여 11개의 subfraction을 얻었으며 subfraction 2(10% EtOAc/*n*-hexane)와 3(20% EtOAc/*n*-hexane)으로부터 Si prep. TLC(각각 100% CHCl_3 와 *n*-hexane:ethyl ether = 2:1)를 순차적으로 실시하여 falcariinol(2)을 8.2 mg 분리하였다.

Umbelliferone(5)

Yellow crystal; mp 230°C ; ^1H NMR(300 MHz, CD_3OD) δ : 7.80(1H, d, J = 9.1 Hz, H-4), 7.41(1H, d, J = 8.5 Hz, H-5), 6.76(1H, d, J = 8.5, 2.2 Hz, H-6), 6.67(1H, d, J = 2.2 Hz, H-8), 6.15(1H, d, J = 9.1 Hz, H-3); ^{13}C NMR(75 MHz, CD_3OD) δ 163.4(C, C-2), 162.9(C, C-7), 157.0(C, C-9), 145.8(CH, C-4), 130.4(CH, C-5), 114.3(C, C-6), 113.0(C, C-10), 112.2(CH, C-3), 103.2(CH, C-8); EI-MS m/z 162[M] $^+$.

Scopoletin(6)

Yellow crystal; mp 204°C ; ^1H NMR(300 MHz, CD_3OD) δ : 7.82(1H, d, J = 9.4 Hz, H-4), 7.07(1H, s, H-5), 6.74(1H, s, H-8), 6.18(1H, d, J = 9.4 Hz, H-3), 3.89(3H, s, 6-OCH $_3$); ^{13}C NMR(75 MHz, CD_3OD) δ : 163.8(C, C-2), 152.7(C, C-7), 151.2(C, C-9), 146.8(C, C-6), 145.9(CH, C-4), 112.5(CH, C-3), 112.4(C, C-10), 109.7(CH, C-5), 103.8(CH, C-8), 56.7(CH $_3$, 6-OMe); FAB-MS m/z 215 [M+Na] $^+$.

(5 β ,10 α)-Lasidiol angelate(7)

Pale yellow oil; ^1H NMR(300 MHz, CDCl_3) δ : 6.04(1H, qq, J = 6 Hz, H-3'), 5.40(1H, d, J = 6 Hz, H-9), 5.15(1H, d, J = 6 Hz, H-10), 2.15(1H, m, H-6), 2.04(1H, m, H-7), 2.01(3H, dq, J = 7.1, 1.3 Hz, H-4'), 1.99(1H, m, H-6), 1.96(1H, m, H-7), 1.90(3H, q, J = 1.3 Hz, H-5'), 1.79(1H, sd, J = 6.6, 1.9 Hz, H-11), 1.69(3H, s, H-15), 1.63(3H, m, H-3, -4), 1.37(2H, m, H-2), 1.01(3H, s, H-14), 0.98(3H, d, J = 6.9 Hz, H-13), 0.92(3H, d, J = 6.9 Hz, H-12); ^{13}C NMR(75 MHz, CDCl_3) δ : 167.2(C, C-1'), 142.2(C, C-8), 138.4(CH, C-3'), 127.7(C, C-2'), 122.0(CH, C-9), 83.2(C, C-5), 77.3(CH, C-10), 56.2(C-H, C-4),

53.5(C, C-1), 35.9(CH₂, C-2), 35.3(CH₂, C-6), 30.3(CH₂, C-7), 26.7(CH, C-11), 25.8(CH₃, C-15), 24.9(CH₂, C-3), 24.4(CH₃, C-13), 22.9(CH₃, C-14), 21.0(CH₃, C-5'), 15.8(CH₃, C-4'); CI-MS m/z 320[M]⁺.

DPPH 라디칼 소거 활성 측정

2 mg DPPH를 15 mL ethanol에 녹인 용액과 ethanol, DMSO를 각각 1.2 : 3 : 0.5의 비율로 혼합하여 DPPH radical 용액을 만든다. 각각 농도별로 준비한 시료 100 µL와 제조한 DPPH radical 용액 900 µL를 혼합하여 10분간 상온에서 반응시킨 후 518 nm에서 흡광도를 측정한다. 시료를 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 유리 라디칼 소거 활성을 백분율로 나타내었으며, 대조군의 UV-vis 흡광도는 0.94 ~ 0.97이 되도록 조정하였다. 그리고 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균한 값으로 나타내었다.

$$\text{EDA (electron donating ability) (\%)} = \frac{\text{대조군 흡광도} - \text{실험군 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

세포 배양

섬유 육종 세포(HT-1080), 위암세포(AGS), 결장암세포(HT-29)은 한국 세포주 은행(Korean Cell Line Bank, KCLB)으로부터 분양 받아 배양하여 실험에 사용하였다. HT-1080 세포는 100 units/mL의 penicillin-streptomycin과 10%의 fetal bovine serum(FBS, Hyclone, Utah, USA)가 함유된 DMEM (Hyclone, Utah, USA) medium을 사용하였으며, AGS와 HT-29 세포의 경우, 100 units/mL의 penicillin-streptomycin과 10%의 FBS가 함유된 RPMI 1640(Hyclone, Utah, USA) medium을 사용하여 37 °C, 5% CO₂ incubator(Sanyo, Osaka, Japan)에서 배양하였다. 배양된 각각의 암세포는 2 - 3일 간격으로 배지를 교환하고 6 - 7일마다 계대 배양하면서 실험에 사용하였다.

ROS(reactive oxygen species) 소거능 측정

세포 내 자유라디칼 생성 정도는 DCF-DA assay로 측정하였다. 섬유 육종 세포 HT-1080은 96 well plate에 5 × 10³ cells/well로 분주하여 24시간 동안 37 °C, 5% CO₂ 배양기에서 배양하였다. Hank's balanced salt solution(HBSS)으로 희석한 20 µM의 2',7'-dichlorodihydrofluorescein diacetate(DCF-DA, fluorescence probe)를 첨가하여 20분간 배양한 후, 일정한 농도의 시료를 첨가하였다. 1시간 후에 PBS로 3회 씻은 후, 500 µM의 H₂O₂를 처리하여 2시간 동안 세포내 자유라디칼 생성을 유도하였다. 세포내 자유라디칼 생성은 ELISA reader(Bio-Tek instruments, Winooski, VT)를 이용하여 λ_{excitation} 485 nm, λ_{emission} 528 nm에서 DCF fluorescence intensity를 측정하였다.

세포 생존율 측정

분리된 화합물의 암세포 증식억제 효과 분석은 MTT assay를 이용하여 확인하였다. HT-29와 AGS 세포는 well당 1 × 10⁵ cells/mL가 되도록 96-well plate에 분주하여 24시간 동안 37 °C, 5% CO₂ incubator에서 배양한 후, 실험에 사용하였다. 화합물을 농도별로 제조하여 암세포주에 처리하였으며, 대조군에는 시료 대신 PBS를 처리하여 24시간 동안 배양한 후 100 µL의 MTT 용액(1 mg/mL)을 첨가하여 동일한 배양 조건에서 4시간 동안 더 배양하였다. 생성된 formazan crystal은 100 µL의 DMSO에 녹여서 ELISA reader(Bio-Tek instruments, Winooski, VT)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 암세포 증식 억제율 (%)을 구하였다.

$$\text{Cytotoxicity (\%)} = \frac{\text{대조구의 흡광도} - \text{시료처리구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

결과 및 고찰

갯방풍으로부터 분리된 화합물 5-7의 구조결정

갯방풍 85% aq. MeOH 분획과 *n*-hexane 분획을 칼럼 크로마토그래피, Si prep. TLC 그리고 역상 HPLC를 차례로 수행하여 7개의 화합물을 분리하였다. 분리한 화합물은 CDCl₃와 CD₃OD 용매를 이용하여 2D-NMR을 측정한 후 구조를 결정하였으며 이미 보고된 물질의 문헌치와 비교하여 구조를 최종 확인하였다(Fig. 1).

Compound 1-4는 본 연구그룹에서 이미 분리된 바 있으며 기존에 보고한 데이터와 비교하여 각각 faltarindiol(1), faltarinol(2), bergapten(3), xanthotoxin(4)로 결정되었다.¹³⁻¹⁶

Compound 5은 노란색의 결정형태로 분리되었으며 EI-S 스펙트럼과 ¹³C NMR 데이터에 의해서 C₉H₆O₃로 확인되었다. ¹H NMR 스펙트럼에서는 6개의 분리된 신호가 downfield에서 관측되었다. δ 112.2(CH, C-3)와 145.8(CH, C-4)영역의 carbon에 연결된 proton 신호가 δ 6.15(1H, d, J=9.1 Hz, H-3)와 7.80(1H, d, J = 9.3 Hz, H-4)에서 같은 J값을 보이면서 doublet으로 관측되었다. 또한 δ 130.4(CH, C-5), 114.3(C, C-6)와 103.2 (CH, C-8)영역의 carbon에 연결된 proton은 각각 δ 7.41(1H, d, J = 8.52 Hz, H-5), 6.76(1H, d, J = 8.52, 2.2 Hz, H-6)영역에서 doublet으로, δ 6.67(1H, d, J = 2.2 Hz, H-8)영역에서 singlet으로 관측되었다. ¹³C NMR 스펙트럼에서는 coumarin 유도체의 carbonyl 작용기에 의한 peak인 δ 163.4 (C, C-2)의 신호가, δ 162.9(C-OH, C-7)영역에서는 -OH기에 의한 peak가 관측되었다. 그 외에 δ 112.2(CH, C-3), 145.8 (CH, C-4), 130.4(CH, C-5), 114.3(C, C-6), 103.2(CH, C-8), 157.0(C, C-9), 113.0(C, C-10)의 peak가 각각 관찰되었고, 2D

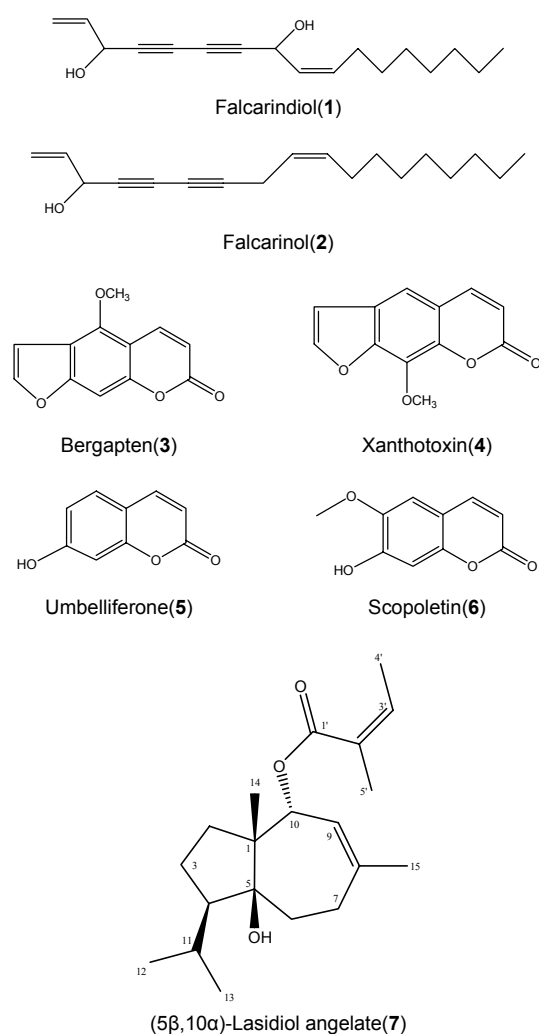


Fig. 1. Chemical structures of isolated compounds from *Glehnia littoralis*.

NMR 데이터를 비롯한 분광학적 데이터를 종합하여 이 화합물을 7-hydroxycoumarin으로 결정하였다. 문헌조사결과 이 화합물은 이전에 *Chamomilla recutita*와 *Acacia nilotica*로부터 분리된 umbelliferone이라는 것이 확인되었으며 보고된 데이터와 잘 일치하였다.^{17,18}

Compound 6은 노란색의 결정형태로 분리되었으며 FAB-MS 스펙트럼과 ¹³C NMR data에 의해서 C₁₀H₈O₄로 확인되었다. NMR 데이터에서는 compound 3과 유사한 peak가 관측되었으며 뚜렷한 차이점으로는 δ 146.8(C, C-6)영역의 quaternary carbon에 연결된 methoxy group이 δ 3.89(3H, s, 6-OCH₃)에서 관측되었다. 이러한 NMR 분광 데이터에 근거하여 문헌조사를 실시한 결과 이 화합물은 알려진 화합물인 scopoletin으로 확인되었다.^{19,20}

Compound 7은 약간 노란색을 띠는 oil 형태로 분리되었으며 분자량은 CI-MS 분석과 ¹³C NMR에 의해서 C₂₀H₃₂O₃

로 결정되었다. ¹H NMR 스펙트럼에서는 double bonds와 연결된 3개의 methyl peaks[δ 2.01(3H, dq, *J* = 7.1, 1.3 Hz, H-4'), 1.90(3H, q, *J* = 1.3 Hz, H-5'), δ 1.01(3H, s, H-14), 1.69(3H, s, H-15)]와 isopropyl moiety로 존재하는 2개의 methyl peaks[δ 0.92(3H, d, *J* = 6.9 Hz, H-12), 0.98(3H, d, *J* = 6.9 Hz, H-13)]가 관찰되었다. 또한 downfield 영역에서는 δ 6.04(1H, q, *J* = 6 Hz, H-3')에서 1개의 quartet 신호와 δ 5.40(1H, d, *J* = 6 Hz, H-9), 5.15(1H, d, *J* = 6 Hz, H-10)에서 2개의 doublet 신호들을 관찰하였다. Quartet 신호는 δ 1.90(3H, q, *J* = 1.3 Hz, H-5') 영역의 methyl 신호와 coupling을 보여주었다. ¹³C NMR 스펙트럼에서는 δ 142.2(C, C-8), 122.0(CH, C-9), 127.7(C, C-2') 그리고 138.4(CH, C-3') 영역의 이중결합을 보이는 carbon들을 확인할 수 있었고, 6개의 methyl group인 δ 21.4(CH₃, C-12), 24.4(CH₃, C-13), 22.9(CH₃, C-14), 25.8(CH₃, C-15) 신호를 확인하였다. 또한 ester group과 hydroxy group에 기인한 신호들인 δ 167.2(C, C-1'), 83.2(C, C-5), 77.3(CH, C-10) peak를 관찰하였다. 따라서 이 화합물은 2개의 고리를 가지는 불포화도 5인 구조임을 확인할 수 있었다. 전체적인 화합물의 구조는 2D NMR 분광학적 데이터를 분석하여 결정하였고 문헌조사를 통해 본 화합물은 (5β,10α)-Lasidiol angelate로 확인되었으며 이 물질의 입체구조는 carotol로부터의 부분합성에 의하여 (1R, 4R, 5R, 10S)로 보고된 바 있다.²¹⁻²³ 문헌에 의하면 이 화합물의 C-13에 대한 carbon 신호가 δ 22.8로 보고되어 있고 C-14에 대한 값은 언급되지 않았다. 따라서 본 연구를 통하여 C-13 대한 chemical shift 값을 δ 24.4로 수정하였고 C-14의 값은 δ 22.9로 결정하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성

갯방풍으로부터 분리된 화합물 5-7의 DPPH 라디칼 소거 활성 정도는 Fig. 2와 같이 나타났으며, control과 비교하였을 때 Vit. C와 BHT가 500 μM 농도에서 각각 96.7, 83.8%의 높은 DPPH 라디칼 소거활성을 보이는데 비하여 화합물 5-7은 각각 10.2, 12.4, 12.5%의 낮은 활성을 나타내었다.

암세포 증식억제 효과

AGS, HT-29 세포에 대하여 화합물 5-7을 각각 50, 10, 5 μM의 농도로 처리한 결과 화합물 7을 50 μM의 농도로 처리했을 때에 AGS 위암세포에 대하여 93%의 높은 암세포 증식 억제 효과를 보이는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 3).

ROS (reactive oxygen species) 소거능

갯방풍으로부터 분리된 화합물 5-7의 세포 내 활성산소종 소거 효과는 섬유육종 세포인 HT-1080을 사용하였으며 형광염료인 DCF-DA가 세포내 생성된 자유라디칼과 반응하여 형광물질인 DCF로 산화되는 원리를 이용하여 측정하였다. 세포내 자유라디칼 생성은 30분 간격으로 120분 동안 형광정

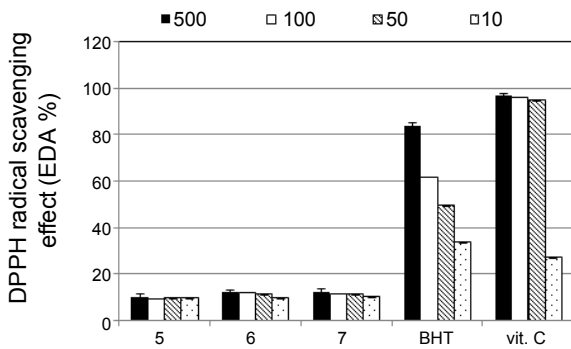


Fig. 2. Scavenging effect of compounds 5-7 from *Glehnia littoralis* on DPPH radical.

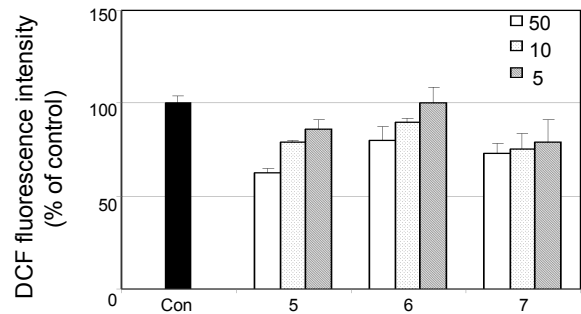


Fig. 4. Effect of compounds 5-7 from *Glehnia littoralis* on intracellular ROS level induced by hydrogen peroxide. After preincubation of the HT-1080 cells in 20 μM DCF-DA, cells were treated with compounds 5-7 from *Glehnia littoralis* for 2hr. DCF fluorescence was measured following addition of 500 μM H₂O₂ at λ_{excitation} = 485 nm and λ_{emission} = 528 nm.

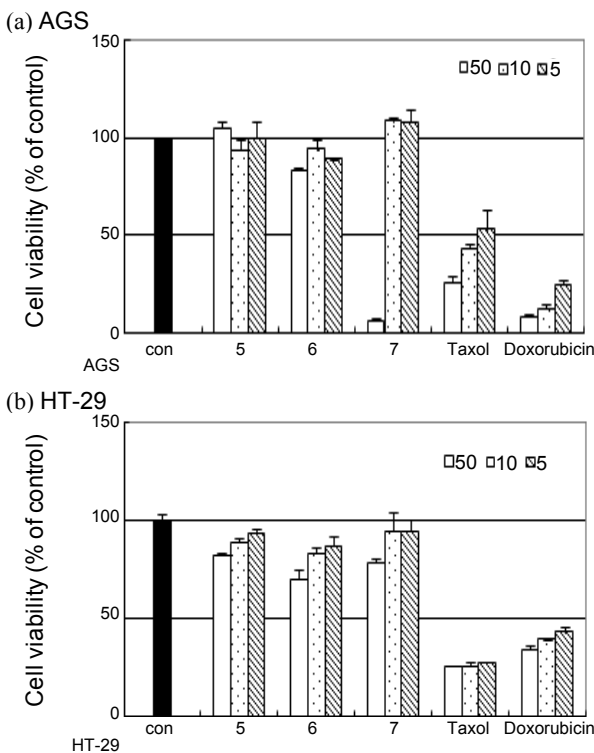


Fig. 3. Inhibitory effects of compounds 5-7 from *Glehnia littoralis* on the growth of human cancer cell lines (a) AGS, (b) HT-29.

도를 측정하여 나타내었다. Fig. 4와 같이 화합물 3종의 ROS 소거능은 시료를 처리하지 않고 H₂O₂만을 처리한 control과 비교하여 모두 농도 의존적으로 ROS를 소거하는 것으로 확인되었으며 그 중 화합물 5의 경우 50 μM 농도에서 control 대비 가장 높은 활성산소종 소거능을 보여주었다.

Acknowledgments. 이 논문은 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2007-0055521)을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Li, H. I.; Liu, T. S.; Huang, T. C.; Koyama, T.; Devol, C. E. *Flora of Taiwan*, vol. 3; National Taiwan University, Ed. National Science Council of the Republic of China Press: Taipei, Taiwan, 1977, pp 951-952.
- Chiang Su New Medicinal College (de.). *Dictionary of Chinese Crude Drug*; Shanghai Scientific Technologic Publisher: Shanghai, 1977, p 644.
- Choo, B. K.; Ji, Y. U.; Moon, B. C.; Kim, B. B.; Lee, A. Y.; Yoon, T. S.; Song, H. K.; Kim, H. K. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Rech.* **2008**, *11*, 38.
- Kim, S. M.; Shin, D. I.; Song, H. S.; Kim, S. K.; Yoon, S. T. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **2005**, *13*, 171.
- Hiraoka, N.; Chang, J. I.; Bohm, L. R.; Bohm, B. A. *Biochem Syst Ecol.* **2002**, *30*, 321.
- Miyazawa, M.; Kurose, K.; Itoh, A.; Hiraoka, N.; Kameoka, H. *Flavour Fragr. J.* **2001**, *16*, 215.
- Shin, S. W. *Natural product sciences.* **2005**, *11*, 92.
- Anetai, M.; Masuda, T.; Takasugi, M. *Natural Medicines* **1996**, *50*, 399.
- Anetai, M.; Masuda, T.; Takasugi, M. *Natural Medicines* **1997**, *51*, 442.
- Seo, Y. K.; Ryu, K. S. *Korean J. Pharmacog.* **1977**, *7*, 233.
- Kong, C. S.; Um, Y. R.; Lee, J. I.; Kim, Y. A.; Ye, S. S.; Seo, Y. W. *Food Chem.* **2010**, *120*, 385.
- Um, Y. R.; Kong, C. S.; Lee, J. I.; Kim, Y. A.; Nam, T. J.; Seo, Y. W. *Process Biochemistry* **2010**, *45*, 114.
- Elgmal, M. H. A.; Elewa, N. H.; Elkhrisy, E. A. M.; Duddck, H. *Phytochem.* **1979**, *18*, 139.
- Masuda, T.; Takasugi, M.; Anetai, M. *Phytochem.* **1998**, *47*, 13.
- Lechner, D.; Stavri, M.; Oluwatuyi, M.; Pereda-Miranda, R.; Gibbons, S. *Phytochem.* **2004**, *65*, 331.
- Lee, J. H.; Kim, K. H. *Cancer Prev. Res.* **2008**, *13*, 216.

17. Repcak, M.; Imrich, J.; Franekova, M. *J. Plant Physiol.* **2001**, *158*, 1085.
 18. Singh, R.; Singh, B.; Singh, S.; Kumar, N.; Kumar, S.; Arora, S. *Food Chem.* **2010**, *120*, 825.
 19. Hirata, T.; Shimoda, K.; Fujino, T.; Ohta, S. *J. Mol. Catal. B Enzym.* **2000**, *10*, 477.
 20. Bayoumi, S. A. L.; Rowan, M. G.; Beeching, J. R.; Blagbrough, I. S. *Phytochem.* **2010**, *71*, 598.
 21. Mikami, M.; Taya, S.; Nakai, T.; Fujita, Y. *J. Org. Chem.* **1981**, *46*, 5449.
 22. Spraul, M. H.; Nitz, S.; Drawert, F.; Duddeck, H.; Hiegemann, M.; *Phytochem.* **1992**, *31*, 3109.
 23. Appendino, G.; Jakupovic, J.; Bossio, E. *Phytochem.* **1998**, *49*, 1719.
-