



Ergosterol peroxides from the fruit body of *Sparassis crispa*

Yeong-Geun Lee¹ · Nhan Nguyen Thi¹ · Hyoung-Geun Kim¹ · Dae Young Lee²
· Seung-Eun Lee² · Geum-Soog Kim² · Nam-In Baek¹

꽃송이버섯(*Sparassis crispa*) 자실체로부터 ergosterol peroxide의 분리 및 동정

이영근¹ · Nhan Nguyen Thi¹ · 김형근¹ · 이대영² · 이승은² · 김금숙² · 백남인¹

Received: 9 July 2016 / Accepted: 8 August 2016 / Published Online: 31 December 2016
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2016

Abstract *Sparassis crispa* fruits were extracted in 80 % MeOH, and the concentrated extract was partitioned into EtOAc, *n*-butyl alcohol, and water fractions. The repeated octadecyl SiO₂ and silica gel (SiO₂) column chromatographies for the EtOAc and *n*-butyl alcohol fractions led to isolation of two ergosterol peroxides. Their chemical structures were determined as (3 β ,5 α ,8 α ,22 E)-5,8-Epidioxyergosta-6,22-dien-3-ol (ergosterol peroxide) (**1**) and 3-*O*- β -D-glucopyranosyl ergosterol peroxide (**2**) based on spectroscopic data analyses including nuclear magnetic resonance, infrared spectrometry, and mass spectrometry (MS). Compounds **1** and **2** were for the first time isolated from *S. crispa* in this study.

Keywords Ergosterol peroxide · 3-*O*- β -D-glucopyranosyl ergosterol peroxide · *Sparassis crispa* · Sterol

서론

꽃송이버섯은 꽃송이버섯과(Sparassidaceae), 꽃송이버섯속(*Sparassis*)에 속하며, 한국, 일본, 중국, 미국 및 호주 등에 서식하고, 침엽수 그루터기나 고목 언저리 등지에서 자란다. 오래 전부터 식용으로 사용되어 왔으며, 최근 들어 여러 가지 약리적 효능이 밝혀지며 건강증진식품으로 각광받고 있다. 지금까지 꽃송이버섯에서 분리된 화합물로는 β -1,3-glucan (Rui 등, 2007), sesquiterpenoid (Shina 등, 2009) 및 phthalide (Kazuko 등, 2010) 등이 보고되어 있다. 꽃송이버섯의 밝혀진 약리학적 효능으로는 항암, 항진균, 면역증진, 당뇨(Kim 등, 2010), 항염증, 항산화, 혈전용해, 트롬빈저해 활성(Kim 등, 2015) 및 항비만(Lee 2010) 등이 보고 되어있다. 하지만 현재까지 꽃송이버섯에서 분리된 화합물의 효능 연구는 β -1,3-glucan에 집중되어 있다(Wang 등, 2014). 따라서 꽃송이버섯으로부터 새로운 생리활성 물질을 분리하고, 성분 분석을 통해 버섯 유래 활성소재를 탐색하고자 본 연구를 시작하였다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용한 꽃송이 버섯(*S. crispa*)은 2015년 6월에 농촌진흥청에서 제공받았으며, 우석대학교 약학대학 김대근 교수가 동정하였다. 표본시료(KHU-NPCL-20150629)는 경희대학교 생명과학대학 천연물화학실에 보관되어 있다.

시약 및 기기

시약 및 기기는 이전 실험과 동일하게 사용하였다(Lee 등, 2016).

Nam-In Baek (✉)
E-mail: nibaek@khu.ac.kr

¹Graduate School of Biotechnology and Department of Oriental Medicine Biotechnology, Kyung Hee University, Yongin 17104, Republic of Korea

²Department of Herbal Crop Research, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, 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.

추출 및 분리

건조하여 분쇄한 가루 상태의 꽃송이버섯 4.6 kg을 80 % MeOH 수용액(90 L)에 24시간 씩 3번 실온에서 추출하였다. 얻어진 여액을 감압 농축하여 MeOH 추출물(1.85 kg)을 얻었다. 얻어진 MeOH 추출물은 물(700 mL)과 ethyl acetate (EtOAc, 700 mL×4)로 분배하였고, 물층을 다시 *n*-butyl alcohol (*n*-BuOH, 700 mL×5)로 분배 추출하였다. 각층을 감압 하에 농축하여 EtOAc 분획(SCE, 123 g), *n*-BuOH 분획(SCB, 126 g) 및 물 분획(SCW, 1,600 g)을 얻었다. EtOAc 분획(SCE, 38 g)으로부터 silica gel (SiO₂) column chromatography (c.c., φ14.0×16.0 cm, *n*-hexane-EtOAc=10:1→5:1→3:1→1:3→CHCl₃-MeOH-water=32:3:1→20:3:1→15:3:1→65:35:10, 각 10.0 L)를 실시하여 11개의 분획(SCE-1~SCE-11)을 얻었다. 그 중 SCE-7 분획[19.6 g, elution volume/total volume (Ve/Vt) 0.370-0.640]을 SiO₂ c.c. (φ5.5×17.0 cm, CHCl₃-MeOH-water=12:1→10:1, 각 2.6 L)를 실시, 총 16개 분획(SCE-7-1~7-16)을 얻었다. SCE-7-2 분획[1.3 g, Ve/Vt=0.060-0.080]에 대해 SiO₂ c.c. (φ4.0×16.0 cm, CHCl₃-EtOAc=10:1→5:1→3:1, 각 2.4 L)를 실시하여 총 18개 분획(SCE-7-2-1~7-2-18)을 얻었다. 그 중 SCE-7-2-8 분획[92.8 mg, Ve/Vt=0.210-0.361]에 대하여 octadecyl SiO₂ (ODS) c.c. (φ1.5×6.0 cm, acetone-MeOH-water=1:10:1, 174 mL)를 실시하여 화합물 1 (SCE-7-2-8-6, 11.5 mg, Ve/Vt 0.448-0.655, SiO₂ TLC R_f 0.47, CHCl₃-EtOAc=5:1)을 분리하였다. *n*-BuOH 분획(SCB, 126.0 g)으로부터 SiO₂ c.c. (φ13.0×15.0 cm, CHCl₃-MeOH-water=32:3:1→26:3:1→14:3:1→8:3:1→6:3:1, 각 14.8 L)를 실시하여 18개의 분획(SCB-1~SCB-18)을 얻었다. SCB-4 분획[14.2 g, Ve/Vt=0.126-0.204]에 대하여 SiO₂ c.c. (φ4.0×16.0 cm, CHCl₃-MeOH-water=10:1→5:1→3:1, 각 5.2 L)를 실시하여 총 11개 분획(SCB-4-1~4-11)을 얻었다. SCB-4-9 분획[603.6 mg, Ve/Vt=0.364-0.580]에 대하여 ODS c.c. (φ1.5×6.0 cm, acetone-water=1:1→2:1, 각 3.7 L)를 실시하여 총 8개 분획(SCB-4-9-1~4-9-8)을 얻었다. 그 중 SCB-4-9-5 분획[19.5 mg, Ve/Vt=0.550-0.643]에 대하여 SiO₂ c.c. (φ1.5×16.0 cm, CHCl₃-MeOH-water=25:3:1, 200 mL)를 실시하여 화합물 2 (SCB-4-9-5-4, 6.8 mg, Ve/Vt 0.190-0.220, SiO₂ TLC R_f 0.49, CHCl₃-MeOH-water=10:3:1)를 분리하였다.

화합물 1 (ergosterol peroxide): 무정형 백색 분말(CHCl₃); positive FAB-MS *m/z* 429 [M+H]⁺; [α]_D²⁵ -6.0° (c 0.2, CHCl₃); infrared spectrometry (IR) (KBr, ν) 3440, 2960, 1635 cm⁻¹; ¹H-nuclear magnetic resonance (NMR) (400 MHz, CDCl₃, δ_H) 6.51 (1H, d, *J*=8.4 Hz, H-7), 6.35 (1H, d, *J*=8.4 Hz, H-6), 5.37 (1H, dd, *J*=7.2, 15.2 Hz, H-23), 5.19 (1H, dd, *J*=8.0, 15.2 Hz, H-22), 3.91 (1H, m, H-3), 0.96 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-21), 0.89 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-28), 0.87 (3H, s, H-19), 0.82 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-26), 0.80 (3H, s, H-18), 0.77 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-27); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃, δ_C) 136.2 (C-7), 135.9 (C-23), 132.4 (C-22), 130.9 (C-6), 82.3 (C-8), 79.3 (C-5), 65.9 (C-3), 56.4 (C-17), 52.2 (C-14), 52.0 (C-4), 44.7 (C-13), 43.1 (C-24), 39.9 (C-20), 39.7 (C-1), 38.3 (C-12), 37.5 (C-10), 35.4 (C-9), 35.4 (C-25), 30.0 (C-2), 29.0 (C-15), 23.7 (C-16), 21.1 (C-11), 20.1 (C-26), 19.9 (C-21), 18.4 (C-19),

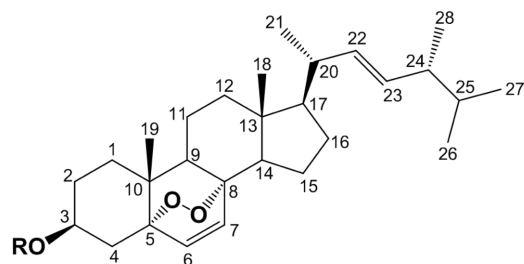
17.8 (C-28), 13.0 (C-18).

화합물 2 (3-*O*-β-D-glucopyranosyl ergosterol peroxide): 무정형 백색분말(MeOH); positive FAB-MS *m/z* 613 [M+Na]⁺; [α]_D²⁵ -56.0° (c 0.1, MeOH); IR (KBr, ν) 3435, 1677, 1077, 911 cm⁻¹; ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD, δ_H) 6.42 (1H, d, *J*=8.4 Hz, H-7), 6.21 (1H, d, *J*=8.4 Hz, H-6), 5.23 (1H, dd, *J*=7.2, 15.9 Hz, H-23), 5.09 (1H, dd, *J*=8.0, 15.9 Hz, H-22), 4.35 (1H, d, *J*=8.0 Hz, H-1'), 3.90 (1H, m, H-3), 3.85 (1H, dd, *J*=2.0, 11.2 Hz, H-6'a), 3.71 (1H, dd, *J*=5.3, 11.2 Hz, H-6'b), 3.39 (1H, dd, *J*=8.8, 9.3 Hz, H-3'), 3.27 (1H, m, H-4'), 3.25 (1H, m, H-5'), 3.15 (1H, dd, *J*=8.0, 8.8 Hz, H-2'), 1.05 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-21), 0.97 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-28), 0.89 (3H, s, H-19), 0.87 (3H, s, H-18), 0.83 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-26), 0.79 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-27); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD, δ_C) 136.8 (C-6, 22), 133.5 (C-23), 131.7 (C-7), 103.0 (C-1'), 83.4 (C-5), 80.8 (C-8), 78.1 (C-3'), 77.9 (C-5'), 75.3 (C-3), 75.1 (C-2'), 71.6 (C-4'), 62.7 (C-6'), 57.6 (C-17), 53.1 (C-14), 52.8 (C-9), 45.8 (C-13), 44.3 (C-24), 41.1 (C-24), 40.7 (C-12), 38.2 (C-10), 35.9 (C-1), 34.8 (C-4), 34.4 (C-25), 29.8 (C-6), 29.4 (C-2), 24.4 (C-11), 21.6 (C-21), 21.4 (C-15), 20.5 (C-27), 20.1 (C-26), 18.6 (C-19), 18.2 (C-28), 13.3 (C-18).

결과 및 고찰

활성이 기대되는 이차 대사산물의 추출 수율이 가장 높은 80 % MeOH을 사용하여 추출 하였다. 추출물은 용매극성에 따라 EtOAc, *n*-BuOH 및 물로 분획하였다. EtOAc와 *n*-BuOH 분획으로부터 column chromatography를 반복하여 2종의 화합물을 분리하였다.

화합물 1은 positive FAB-MS에서 *m/z* 429 [M+H]⁺의 분자이온 peak가 관측되어 분자량을 428로 결정하였다. IR 스펙트럼에서 산산기(3440, 2960 cm⁻¹)와 이중결합(1635 cm⁻¹)이 있는 것이 확인되었다. TLC 상에서 UV (254/365 nm) 흡수를 나타내지 않았으며, 10 % 황산발색 시 진한 회갈색으로 발색되었다. 이와 같은 특성은 peroxide를 가지는 화합물들에서 주로 나타나 화합물 1에 peroxide기가 존재할 것으로 예상하였다. ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃, δ_H) 스펙트럼에서 4개의 olefine methine 수소 signal [δ_H 6.51 (1H, d, *J*=8.4 Hz, H-7), 6.35 (1H, d, *J*=8.4 Hz, H-6), 5.37 (1H, dd, *J*=7.2, 15.2 Hz, H-23), 5.19 (1H, dd, *J*=8.0, 15.2 Hz, H-22)]로부터 이중결합이 두 개 존재함을 확인하였다. δ_H 3.91 (1H, m, H-3) signal로부터 1개의 산소가 결합된 olefine methine을 관측하였다. 결합 정수로부터 한 개의 이중결합은 6원환 구조 내에(*J*=8.4 Hz), 다른 한 개의 이중결합은 사슬구조내에 *trans* 구조로 (*J*=15.2 Hz) 존재함이 확인되었다. 또한 δ_H 2.09~1.17 사이에서 다수의 methylene과 methine 수소 signal을 확인하였고, δ_H 0.87 (3H, s, H-19), δ_H 0.80 (3H, s, H-18)로부터 2개의 singlet methyl 수소 signal을 관측하였으며 δ_H 0.96 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-21), δ_H 0.89 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-28), δ_H 0.82 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-26), δ_H 0.77 (3H, d, *J*=6.8 Hz, H-27)로부터 4



ergosterol peroxide (1) : R=H

3-O-β-D-glucopyranosyl ergosterol peroxide (2) : R=Glc

Fig. 1 Chemical structures of ergosterol peroxides **1** and **2** from the fruit body of *Sparassis crispa*

개의 doublet methyl 수소 signal을 확인하였다. 따라서 이 화합물은 sterol 화합물로 추정되었다. ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃, δ_C) 스펙트럼에서 탄소수가 28개이고 methyl 탄소 signal이 6개 관측되어 ergostane 골격을 갖는 sterol 화합물로 확인되었다. 4개의 olefine methine 탄소 signal [δ_C 136.2 (C-7), 135.9 (C-23), 132.4 (C-22), 130.9 (C-6)]로부터 이중결합이 2개 존재함을 확인하였다. 6원환 내의 endo-peroxide 구조로부터 유래한 2개의 산소가 결합된 quaternary 탄소 signal (δ_C 82.3, C-8; 79.3, C-5)과 1개의 산소가 결합된 methine 탄소 signal (δ_C 65.9, C-3)을 관측하였다. 또한 6개의 methine 탄소 signal (δ_C 56.4, C-17; 52.2, C-14; 43.1, C-24; 39.9, C-20; 35.4, C-9; 35.4, C-25), 2개의 quaternary 탄소 signal (δ_C 44.7, C-13; 37.5, C-10), 7개의 methylene 탄소 signal (δ_C 52.0, C-4; 39.7, C-1; 38.3, C-12; 30.0, C-2; 29.0, C-15; 23.7, C-16; 21.1, (C-11))과 6개의 methyl 탄소 signal [δ_C 20.1 (C-26), 19.9 (C-21), 18.4 (C-19), 17.8, C-28; 13.0, C-18]을 관측하였다. gHMBC 스펙트럼에서 H-3 (δ_H 3.91)이 C-2 (δ_C 30.0) 및 C-4 (δ_C 52.0)와 cross peak를 보여 C-3번에 hydroxy 기가 결합함을 알 수 있었고 H-6 (δ_H 6.35)이 C-7 (δ_C 136.2) 및 C-8 (δ_C 82.3)과 cross peak를, H-7 (δ_H 6.51)이 C-6 (δ_C 130.9) 및 C-5 (δ_C 79.3)와 cross peak를 보임에 따라, B환의 C-5와 C-8에 peroxide가 존재하고, C-6과 C-7에 이중결합이 존재함을 확인하였다. 위의 data를 문헌값(Bok 등, 1999)과 비교하여 화합물 **1**을 ergosterol peroxide로 구조 동정 하였다.

화합물 **2**는 positive FAB-MS에서 m/z 613 [M+Na]⁺의 분자이온 peak가 관측되어 분자량을 590으로 결정하였다. 화합물 **1**과 분자량이 162 amu 차이가 나는 것으로부터 glucose가 한 개 더 존재함을 예상할 수 있었다. IR 스펙트럼으로부터 수산기(3435 cm⁻¹), 이중결합(1677 cm⁻¹), 그리고 탄소와 산소의 결합(1077, 911 cm⁻¹)이 존재하는 것으로 확인되었다. ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD)과 ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) spectrum을 통하여 화합물 **1**과 매우 비슷한 구조에 당이 하나 결합했음을 알 수 있었다. 당 유래의 hemiacetal signal (δ_C 103.0, C-1'; δ_H 4.35, 1H, d, J=8.0 Hz, H-1'), 4개의 산소가 결합된 methine signal (δ_C 78.1, C-3'; 77.9, C-5'; 75.1, C-2'; 71.6, C-4'; δ_H 3.39, H-3'; 3.27, H-4'; 3.25, H-5'; 3.15, H-2'), 1개의 산소가 결합된 methylene signal (δ_C 62.7, C-6'; δ_H 3.85,

1H, dd, J=2.0, 11.2 H-6'a; δ_H 3.71, 1H, dd, J=11.2, 5.3 Hz, H-6'b)의 chemical shift 및 결합정수로부터 당의 구조가 β-glucopyranose임을 확인하였다. 당의 결합위치를 확인하기 위하여 gHMBC를 측정하였다. 그 결과 anomer 산소 signal (δ_H 4.35, H-1')이 C-3의 oxygenated methine 탄소 signal (δ_C 75.3)과 cross peak를 보여 glucose가 3번에 결합하고 있음을 알 수 있었다. 위의 data를 문헌 값(Yoshihisa 등, 1991)과 비교하여 화합물 **2**를 3-O-β-D-glucopyranosyl ergosterol peroxide로 구조 동정하였다. 이 두 화합물 모두 꽃송이버섯에서는 이번이 처음으로 분리 및 동정되었다. Ergosterol peroxide (**1**)는 대장암에 대한 치료활성(Kang 등, 2015) 및 항염증 활성(Nguyen 등, 2013), 항보체 활성(Kim 등, 1997), 결핵균 성장저해 활성(Akihisa 등, 2005), 항산화 활성(Kim 등, 1999), 및 항종양 활성(Bok 등, 1999)이 보고되어 있으며, 3-O-β-D-glucopyranosyl ergosterol peroxide (**2**)는 A549, SK-OV-3, SK-MEL-2, 및 HCT-15에 대한 세포독성(Kim 등, 2014), 항종양 활성(Bok 등, 1999), 및 PC12세포에 대한 신경돌기발생 활성(Zhang 등, 2011)이 보고되어 있다. 이 두 화합물을 활용하여 기존에 꽃송이버섯에서 밝혀진 효능 중 항암, 면역증진, 항염증, 및 항산화 활성을 의약품, 건강성 기능식품, 화장품 산업에 응용이 가능함을 확인 할 수 있었다.

초 록

꽃송이버섯(*S. crispa*)을 80 % MeOH 수용액으로 추출하고, 추출물을 EtOAc, n-butyl alcohol 및 물 분획으로 나누었다. EtOAc 분획과 n-BuOH 분획에 대해 SiO₂ 및 ODS column chromatography를 반복적으로 실시하여 2종의 ergosterol peroxide를 분리, 정제하였다. infrared spectrometry, nuclear magnetic resonance 및 FAB-MS data를 해석, 화합물 **1**과 **2**를 ergosterol peroxide와 3-O-β-D-glucopyranosyl ergosterol peroxide로 각각 구조동정 하였다. 두 화합물 모두 꽃송이버섯으로부터는 이번 실험에서 처음으로 분리되었다.

Keywords 꽃송이버섯 · Ergosterol peroxide · 3-O-β-D-glucopyranosyl ergosterol peroxide · Sterol

감사의 글 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ00962902)의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 지원에 감사드립니다.

References

Akihisa T, Franzblau SG, Tokuda H, Tagata M, Ukiya M, Matsuzawa T, Metori K, Kimura Y, Suzuki T, Yasukawa K (2005) Antitubercular activity and inhibitory effect on Epstein-Barr virus activation of sterols and polyisoprenepolyols from an edible mushroom, *Hypsizigus marmoratus*. Biol Pharm Bull 28: 1117–1119

Bok JW, Leonard L, Jeff C, Hans GK, Neil T (1999) Antitumor sterols from the mycelia of *Cordyceps sinensis*. Phytochem 51: 891–898

Kang JH, Jang JE, Mishra SK, Lee HJ, Nho CW, Shin D, Jin M, Kim MK, Choi C, Oh SH (2015) Ergosterol peroxide from Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) exhibits anti-cancer activity by down-regulation of the β-catenin pathway in colorectal cancer. Ethnopharmacol 173: 303–

- 312
- Kazuko Y, Naoki K, Toshihiro H, Kyosuke Y, Toshiaki I, Takashi K (2010) Novel phthalide compounds from *Sparassis crispa* (hanabiratake), hanabiratakelide A-C, exhibiting anti-cancer related activity. *Biol Pharm Bull* 33: 1355–1359
- Kim DS, Baek NI, Oh SR, Jung KY, Lee IS, Kim JH, Lee HK (1997) Anticomplementary activity of ergosterol peroxide from *Naematoloma fasciculare* and reassignment of NMR data. *Arch Pharm Res* 20: 201–205
- Kim EJ, Yoo KH, Kim YS, Seok SJ, Kim JH (2015) Biological activities of wild *Sparassis crispa* extracts. *Mycobiol* 43: 40–46
- Kim KH, Choi SU, Noh HJ, Zee O, Lee KR (2014) Cytotoxic ergosterol derivatives from the mushroom *Naematoloma fasciculare*. *Nat Pro Sci* 20: 76–79
- Kim MS, Lee KT, Jeon SM, Ka KH (2010) The quantities of methyl orsellinate and sparassol of *Sparassis latifolia* by host plants. *Korean J Mycol* 41: 130–132
- Kim SW, Park SS, Min TJ, Yu KH (1999) Antioxidant activity of ergosterol peroxide (5,8-epidioxy-5 α ,8- α -ergosta-6,22E-dien-3 β -ol) in *Armillariella mellea*. *Bull Korean Chem Soc* 20: 819–823
- Lee MA (2010) Lipolytic effect of *Sparassis crispa* extract in differentiated 3T3-L1 cells and diet-induced obesity mice. Dissertation, KyungHee University
- Lee YG, Seo KH, Hong EK, Kim DM, Kim YE, Baek NI (2016) Diels-Alder type adducts from the fruits of *Morus alba* L. *J Appl Biol Chem* 59: 91–94
- Nguyen TT, To DC, Tran MH, Lee JH, Woo MH, Choi JS, JW Kim, SH Ryu, BS Min (2013) Inhibitory effect on NO production of triterpenes from the fruiting bodies of *Ganoderma lucidum*. *Bioorg Med Chem Lett* 23: 1428–1432
- Rui T, Toshie H, Noriko N, Yoshiyuki A, Mitsuhiro N, Tochiyo Y, Naohito O (2007) NMR characterization of the structure of a β -(1 \rightarrow 3)-D-glucan isolate from cultured fruit bodies of *Sparassis crispa*. *Carbohydr Res* 342: 2611–2618
- Shina K, Kanako H, Mamiko H, Takashi K, Munehiko D, Hirokazu K (2009) New sesquiterpenoid from the mushroom *Sparassis crispa*. *Biosci Biotechnol Biochem* 73: 228–229
- Wang SJ, Kim HS, Wi AJ, Yoon BS, Park WS, Park HH, DS Oh (2014) Optimal medium composition of cauliflower mushroom (*Sparassis latifolia*) cultivation using douglas fir wood chip and comparison of the α -glucan contents of the fruiting body. *J Korean Wood Sci Technol* 42: 428–438
- Yoshihisa T, Minoru U, Takashi O, Kimiko N, Koutarou M, Toshiaki T (1991) Glycosides of ergosterol derivatives from *Hericum erinacens*. *Phytochem* 30: 4117–4120
- Zhang Y, Pei L, Gao L, Huang Q, Qi J (2011) A neuritogenic compound from *Tremella fuciformis*. *China J Chinese Mater Med* 36: 2358–2360