

RESEARCH ARTICLE

한국에 기록된 독우산광대버섯의 재동정

진용주¹, 유기범², 안금란³, 김성환^{3*}, 석순자^{2*}¹국립농업과학원 유전체과, ²국립농업과학원 농업미생물과, ³단국대학교 미생물학과Re-evaluation of specimens recorded as *Amanita virosa* in KoreaYong-Ju Jin¹, Ki-Bum Yoo², Geum Ran Ahn³, Seong Hwan Kim^{3*}, Soon-Ja Seok^{2*}¹Genomics Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea²Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea³Department of Microbiology, Dankook University, Cheonan 31116, Korea

*Corresponding author: piceae@dankook.ac.kr, mycena@korea.kr

Abstract

A molecular phylogenetic analysis of 40 fungal specimens that were collected from the Korean peninsula from 2000 to 2015 and recorded as *Amanita virosa* was performed using internal transcribed spacer sequence data. Results confirmed that *Amanita oberwinklerana* (14 specimens), *Amanita rimosa* (5), *Amanita pallidorozea* (20), and *Amanita virosa* (1) belong to section *Phalloideae* of subgenus *Lepidella*, and the morphological features of these specimens were re-examined. The former three species with deadly poisonous white mushrooms were not yet recorded in Korea. Because of their morphological similarities with *A. virosa*, they are frequently overlooked or misidentified in the field. All collections were deposited in the Herbarium Conservation Center of the National Institute of Agricultural Sciences.

Keywords: *Amanita oberwinklerana*, *Amanita pallidorozea*, *Amanita rimosa*, *Amanita virosa*, Lethal amanitas

서론

광대버섯속(Genus *Amanita*)은 계통학적으로 담자균문(Basidiomycota) 주름버섯목(Agricales) 광대버섯과(Amanitaceae)에 속하며, 세계적으로 500여 종이 보고되어 있다[1-3]. 또한, 전통적인 분류방식인 포자의 요오드 반응 유무에 의해 두 아속(Subgenus) *Amanita*와 *Lepidella*로 나뉜다[4, 5]. 광대버섯은 여름에서 가을 사이에 침엽수림, 활엽수림 또는 혼합림 내 지상에서 산생, 단생 또는 소수 군생하는 외생균근성 균류(ectomycorrhizal fungi)로 산림 생태계에 매우 중요한 역할을 하고 있으며, 식용버섯과 독버섯이 공존한다[6]. 독광대버섯군(lethal amanitas)은 *Lepidella* 아속의 *Phalloideae*에 속하는 분류군으로 간독성 독소인 amatoxin을 생산할 수 있어 유럽에서는 지난 한세기 동안 때때로 죽음을 불러오는 치명적인 독버섯 중독

OPEN ACCESS

Kor. J. Mycol. 2017 March, 45(1): 14-22
<https://doi.org/10.4489/KJM.20170002>

pISSN : 0253-651X
 eISSN : 2383-5249

Received: 3 November, 2016

Revised: 22 February, 2017

Accepted: 22 February, 2017

© The Korean Society of Mycology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

사고의 원인으로 알려져 있다[7, 8]. *Amanita virosa*는 1866년 Bertillon에 의해 처음 보고된 독광대버섯군에 속하는 대표적인 독버섯이다. 이 종은 1943년 Takagi에 의해 국내 서식종으로 처음 보고되었고, 이후 1975년 한국산 고등균류의 우리나라 이름에서 한국명 ‘독우산버섯’으로 기록하였다가, 1978년 한국말 버섯이름 통일안을 통해 ‘독우산광대버섯’이란 한국명을 사용하게 되었다[9]. *A. virosa*는 동아시아 지역에서도 독버섯 중독 사망사고를 자주 일으킨다. 하지만, 기존 연구[8]에 의하면 *A. virosa*는 *A. subjuquilla* var. *alba*, *Amanita oberwinklerana*와 형태적으로 매우 유사하여 오동정의 가능성이 있어 *A. virosa*에 의한 중독 사고인지 의심해 봐야 한다고 보고하였다. 같은 연구에서 신종으로 보고된 *Amanita pallidrosea*와 *Amanita rimosa* 역시 형태적으로 매우 유사하여 오동정의 가능성이 높아 국내에서 수집되어 *A. virosa*로 동정된 표본들의 정확한 재동정이 요구되었다.

본 연구에서는 국내에 수집되었으나, 명확한 실험적 근거 없이 *A. virosa*로 동정된 표본을 대상으로, 형태학적 특징과 internal transcribed spacer (ITS) rDNA 유전자의 염기서열을 기초로 한 분자계통학적 분석을 통해 *A. virosa*와 그 근연종을 재동정하였다. 더불어 각각의 종의 특징을 기술하고 계통학적 위치를 확인하였다.

재료 및 방법

*Amanita virosa*의 정확한 종 동정을 위해 2000년부터 2015년까지 수집되어 국립농업과학원 표본실(Herbarium Conservation Center of NAS, HCCN)에 보관되어 있는 광대버섯 표본 중 형태학적으로 *A. virosa*로 동정된 40개 표본을 사용하였다(Table 1). 채집한 버섯은 현장에서 사진을 촬영하였고, 자실체의 발생 양상 및 서식지 환경에 대해 기록하였으며, 형태적인 특성은 갓, 대, 대기부 및 주름살의 색깔, 크기, 표면 상태 등의 육안적 특징 및 5% KOH용액을 이용하여 갓 상단의 화학적 색 변화를 조사, 기록하였다[10]. 미세구조관찰은 광학현미경(Axioplan 2; Carl Zeiss, Oberkochen, Germany)을 이용하여 1% Congo red 용액으로 세포를 염색한 후 포자, 담자기, 시스티디아 등 미세구조를 관찰하고 상세하게 기록하였다[8]. 또한, 포자는 Melzer 용액을 이용하여 요오드 반응을 확인하였다. 관찰된 미세구조의 특성은 사진을 찍어 종 특성 자료로 첨부하고, 삽화를 본 논문에 기재하였다. 모든 표본은 학술적 자료로 영구 보존하기 위해 약 40°C, 6~12 시간 열풍 건조하여 상대습도 40 ± 2%, 18~20°C의 HCCN에 보존하였다.

분자유전학적 종동정과 계통학적 위치를 확인하기 위해 건조 표본과 생버섯에서 cetyl trimethylammonium bromide (CTAB) 추출법을 이용하여 DNA를 추출하였고[11], ITS1와 ITS4 primer를 사용하여 ITS 영역을 증폭하였다[12]. PCR 반응조건은 pre-denaturation 94°C, 5 min 후, denaturation 94°C, 1 min, annealing 56°C, 1 min, extension 72°C, 1 min로 하여 총 35 cycles, final extension 72°C, 10 min 순으로 진행하였다. PCR 산물은 purification kit (AccuPrep PCR & Gel Extraction Kit; Bioneer, Daejeon, Korea)로 정제한 후 MacroGen (Seoul, Korea)사에 의뢰하여 분석하였다. 분석된 염기서열은 National Center for Biotechnology Information (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>, USA)의 BLAST program을 사용하여 GenBank에 등록되어 있는 염기서열과 비교하였다.

Table 1. Information on the 40 *Amanita* specimens used in this study

Scientific name	Re-identified name by this study	Herbarium No.	Locality	Collection date
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN11898	Mt. Odaesan, Pyeongchang-gun, Gangwon-do	01 Aug 2003
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN20087	Mt. Sangwonsan, Gachang-myeon, Dalseong-gun, Daegu	06 Aug 2010
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN20456	Mt. Cheonggyesan, Cheongye-dong, Uiwang-si, Gyeonggi-do	13 Sep 2010
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN20558	Banpo-myeon, Gongju-si, Chungcheongnam-do	27 Sep 2010
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN21624	Muju-gun, Jeollabuk-do	27 Jul 2011
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN21809	Mt. Sobaeksan, Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do	22 Aug 2011
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN21971	Mt. Odaesan, Pyeongchang-gun, Gangwon-do	29 Aug 2011
<i>A. virosa</i>	<i>A. virosa</i>	HCCN22200	Danyang-gun, Chungcheongbuk-do	25 Sep 2011
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN22782	Hyeonbuk-myeon, Yangyang-gun, Gangwon-do	29 Jul 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN22793	Mt. Sobaeksan, Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do	30 Jul 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN22862	Tem. Daeheungsa, Haenam-gun, Jeollanam-do	08 Aug 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN23357	Tem. Cheongpyeongsa, Chuncheon-si, Gangwon-do	01 Sep 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN23380	Mt. Yongmasan, Wonju-si, Gangwon-do	02 Sep 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN23473	Mt. Sobaeksan, Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do	04 Sep 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN23562	NRF. Saneum, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	07 Sep 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN23628	Tem. Beopheungsa, Yeongwol-gun, Gangwon-do	08 Sep 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN23640	Tem. Beopheungsa, Yeongwol-gun, Gangwon-do	08 Sep 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN23708	Mt. Cheonggyesan, Gwacheon-si, Gyeonggi-do	10 Sep 2012
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN24883	Mt. Deogyusan, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeollabuk-do	02 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. cf. rimosa</i>	HCCN24922	Mt. Yongmunsan, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	08 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN24924	Mt. Yongmunsan, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	09 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN25020	Mt. Gyeryongsan Gapsa, Gyeryongsi, Chungcheongnam-do	13 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN25099	Mt. Cheonmasan, Hwado-eup, Namyangju-si, Gyeonggi-do	18 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN25121	Soryujeong, Nam-myeon, Inje-gun, Gangwon-do	24 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN25123	Soryujeong, Nam-myeon, Inje-gun, Gangwon-do	24 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. cf. rimosa</i>	HCCN25161	Mt. Yongmunsan, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	30 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. cf. rimosa</i>	HCCN25162	Mt. Yongmunsan, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	30 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. cf. rimosa</i>	HCCN25164	Mt. Yongmunsan, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	30 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. cf. rimosa</i>	HCCN25165	Mt. Yongmunsan, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	30 Aug 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN25344	Donggureung, Donggu-dong, Guri-si, Gyeonggi-do	24 Sep 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN25345	Donggureung, Donggu-dong, Guri-si, Gyeonggi-do	24 Sep 2013
<i>A. virosa</i>	<i>A. oberwinklerana</i>	HCCN26028	Donggureung, Donggu-dong, Guri-si, Gyeonggi-do	17 Jul 2014
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26071	Arb. Wando, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	23 Jul 2014
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26087	Arb. Wando, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	24 Jul 2014
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26226	Tem. Daeheungsa, Haenam-gun, Jeollanam-do	29 Jul 2014
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26236	Tem. Daeheungsa, Haenam-gun, Jeollanam-do	29 Jul 2014
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26851	Tem. Geumsansa, Geumsan-myeon, Gimje-si, Jeollabuk-do	16 Jul 2015
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26855	Tem. Geumsansa, Geumsan-myeon, Gimje-si, Jeollabuk-do	16 Jul 2015
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26871	Mt. Chilgapsan, Cheongyang-gun, Chungcheongnam-do	17 Jul 2015
<i>A. virosa</i>	<i>A. pallidorosea</i>	HCCN26925	Tem. Daeheungsa, Haenam-gun, Jeollanam-do	28 Jul 2015

HCCN, Herbarium Conservation Center of NAS; NRF, Natural Recreation Forest; Arb., Arboretum; Temple.

염기서열은 ClustalX 1.83 program을 사용하여 다중염기서열정렬 하였고[13], BioEdit v7.0.5 program[14]을 사용하여 수정하였다. 계통수 분석을 위해 maximum likelihood (ML) analysis은 MEGA 6.0 program[15]을 사용하였고, Bayesian inference (BI) 분석은 MrBayes v3.1.2 program[16]을 이용하여 수행하였다. ML tree는 1,000번의 bootstrapping 분석을 수행하였고, 60% 이상의 bootstrap 값만 계통수에 표시하였다. BI는 metropolis-coupled Markov-chain Monte Carlo (MCMC) 방법을 사용하여 1.5×10^6 generation 진행하는 동안 split frequency의 표준편차가 0.01 이하가 되었을 때 얻어진 계통수를 사용하였다. BI 값은 0.9 이상의 값을 선택하였다.

결과 및 고찰

*A. virosa*로 동정된 40개의 표본은 모두 *Phalloideae* 절(Section)의 4종의 분류군(*A. virosa* 1개 표본, *A. pallidrosea* 20개 표본, *A. cf. rimosa* 5개 표본, *A. oberwinklerana* 14개 표본)으로 재동정되었다(Table 2). 계통학적 위치를 확인하기 위한 계통수는 각 그룹을 대표하는 하나의 염기서열만을 사용하여 분석하였으며, maximum likelihood bootstraps (LB), Bayesian posterior probabilities (PP) 값을 함께 나타내었다(Fig. 1). HCCN22200 (accession no. KT894836)은 Yang et al.의 *A. virosa* HKAS56694의 ITS 염기서열과 99% 상동성을 나타내었고, HCCN23380 (accession no. KT894837) 등 20개 표본은 *A. pallidrosea* HKAS75784

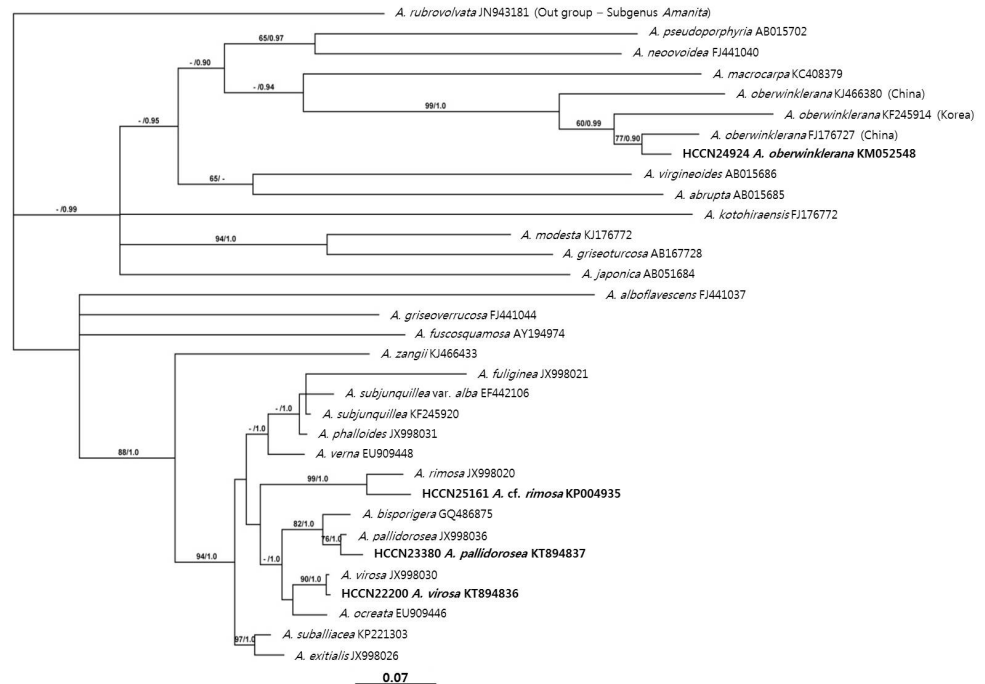


Fig. 1. Phylogenetic tree inferred from maximum likelihood (ML) analysis based on internal transcribed spacer sequences. Maximum likelihood bootstraps (LB) and Bayesian posterior probabilities (PP) values were shown above branches. LB over 60% and PP over 0.90 were shown. A species of subgenus *Amanita*, *A. rubrovolvata* was used as the outgroup. HCCN, Herbarium Conservation Center of NAS.

와 99% 상동성을 나타내었으며, 두 종 모두 높은 bootstrap 수치 (LB > 70 and PP > 0.9)를 보이며 각각의 그룹을 형성하였다. HCCN25161 (accession no. KP004935) 등 5개 표본은 높은 bootstrap 값(LB = 99, PP = 1.0)을 가지고 *A. rimosa*와 하나의 그룹을 형성하였지만, HKAS75779 표본의 ITS 염기서열과 94% 상동성을 나타내어 *A. rimosa*와 차이를 보였다. HCCN24924 (accession no. KM052548) 등 14개 표본은 Zhang 등[8]의 *A. oberwinklerana* MHHNU6826 표본의 ITS 염기서열과 97%, Cai et al.의 HKAS 77330 표본의 ITS sequence와 89%, Kim et al.의 KA12-0898과 93%의 상동성을 나타내었다. 본 연구에서 분석된 *A. oberwinklerana*의 ITS 염기서열은 중국에서 연구된 두 표본 그리고 한국의 이전 연구에서 보고된 하나의 표본과 다소의 염기서열상의 차이를 보였지만, 하나의 그룹을 형성하였다.

*A. virosa*의 형태적 특성을 확인한 결과 갓의 직경은 약 29~123 mm로 백색이며, 편평반반구형이다(Fig. 2). 표면은 매끄럽고 갓 주변에 선이나 부착물은 없다. 대의 길이는 약 50~165 mm이며, 원통형이고 백색이다. 턱받이 아래쪽으로 미소섬유가 비늘처럼 되어있다. 턱받이는 대의 상부에 존재하고, 백색이며, 내린 치마모양의 막질로 되어있으나 부서지기 쉽다. 대 주머니는 백색의 막질로 되어있으며, 이차피실성(limbate) 형태로 대기부 상층은 떨어져 있다. 주름살은 촘촘하며, 백색이며 주름살 날은 분질 상이다. 포자는 $8.2\sim 11.3 \times 6.7\sim 9.7 \mu\text{m}$ 로 대부분 구형에서 넓은 타원형이고 아밀로이드 성이다. 5% KOH용액에 노란색으로 반응한다.

*A. pallidrosea*의 경우 갓의 직경은 약 50~80 mm이고, 성숙하였을 때 중앙에 돌기가 존재한다(Fig. 3). 갓 중앙이 평활하고, 옅은 분홍색이며 갓 가장자리로 갈수록 백색으로 얼어진

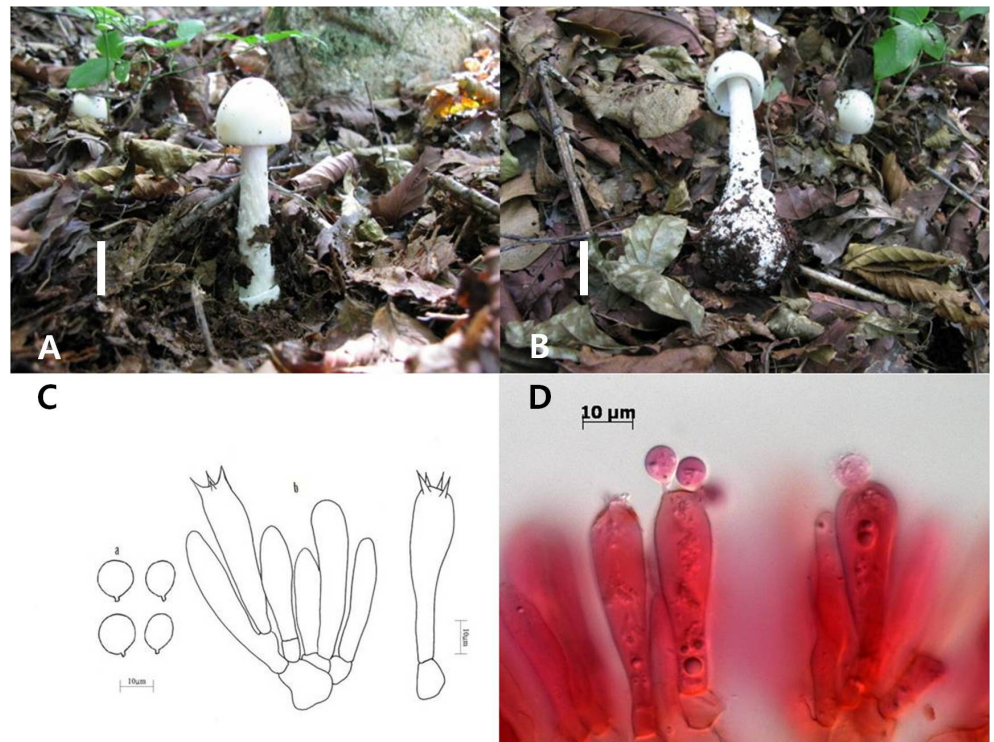


Fig. 2. Morphological features of *Amanita virosa*. A, B, fruit bodies (HCCN22200); C, microscopic structures; a, basidiospores ($\times 1,000$); b, basidia ($\times 1,000$); D, microscopic picture ($\times 1,000$) (scale bars: A = 3 cm, B = 4 cm).

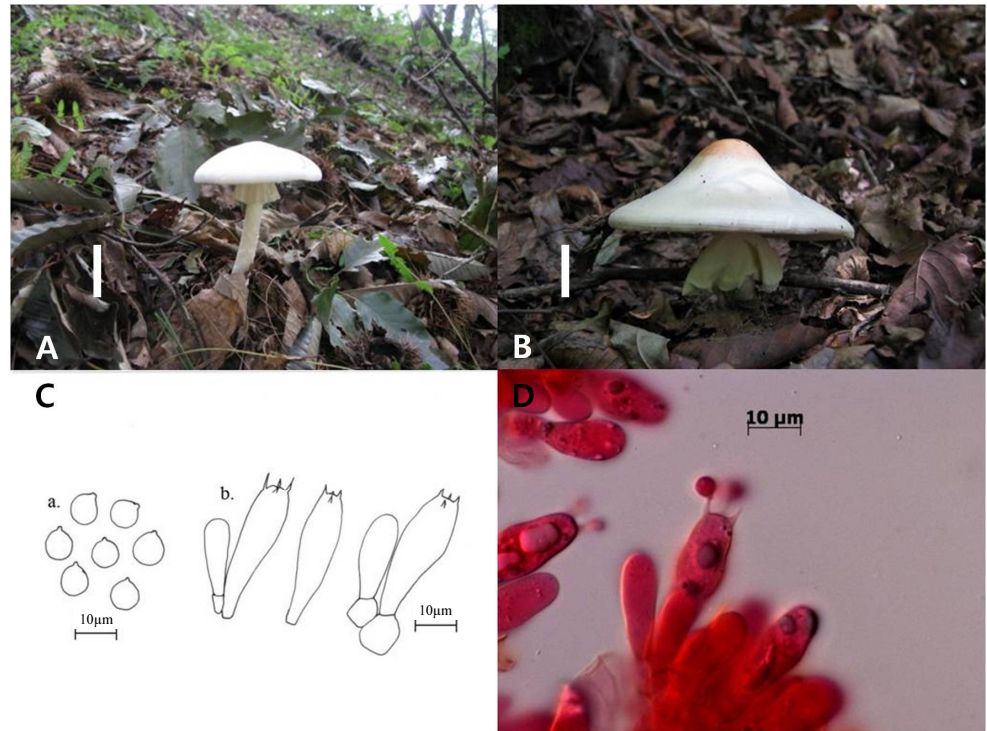


Fig. 3. Morphological feature of *Amanita pallidorosea*. A, B, fruit bodies (A, HCCN25166; B, HCCN25123); C, microscopic structures; a, basidiospores ($\times 1,000$); b, basidia ($\times 1,000$); D, microscopic picture ($\times 1000$) (scale bars: A = 3.5 cm, B = 2 cm).

다. 하지만 열은 분홍색이 항상 존재하는 것은 아니다. 버섯에 따라 순수한 백색도 존재한다. 대는 약 80~150 mm로 원통형에 가깝고, 위로 갈수록 약간 가늘어진다. 표면은 백색이며 미소섬유가 작은 비늘처럼 되어있다. 대주머니는 *A. virosa*와 형태적으로 같다. 턱받이는 대의 상부 근처에 막질로 위치하며, 내린 치마모양이고 질기다. 주름살은 떨어진 주름살이다. 포자는 (6.0) 6.5~8.0 (10.0) \times 6.0~7.5 μm 로 대부분 원형이며 아밀로이드 성이다. 5% KOH용액에 노란색으로 반응한다.

*A. oberwinklerana*의 형태적 특성을 확인한 결과 갓은 직경 30~60 mm 백색이고 때때로 갓 상부 중앙부는 크림색이다(Fig. 4). 갓의 가장자리는 매끄럽고 부착물이 없다. 대는 50~70 (~100) \times 5~10 (~15) mm로 위로 갈수록 가늘어지며, 표면은 백색이고 손거스러미 모양의 비늘로 덮여있다. 대주머니는 이차피실성 대기부 상부 10 mm 위로 떨어진 이차피실성막을 가지고 있다. 턱받이는 흰색의 막질로 조직은 약하다. 포자는 8.4~9.2 (9.9) \times 6.3~6.6 μm 로 타원형 또는 넓은 타원형이며, 아밀로이드 성이다. 이 버섯은 5% KOH용액에 반응하지 않는 것이 특징으로 국내 보고종인 *A. verna*와 매우 유사하다.

*A. cf. rimosa*의 형태적 특성을 확인한 결과 갓의 직경은 45~60 mm의 편평반반구형이며, 백색이고, 갓 가장자리에 열은 홈선이 존재한다(Fig. 5). 이 특성은 Zhang 등[8]의 기존 연구에서 발표된 *A. rimosa*와는 차이가 있다. 또한 본 연구에 사용된 표본에서는 *A. rimosa*와 같은 갓 전체의 균열이 발견되지 않았다. 대는 70~80 mm로 *A. pallidorosea*와 유사하게 원통형에 가깝고 위로 갈수록 가늘어진다. 또한 표면은 백색으로 미소섬유가 작은 비늘처럼 되어있

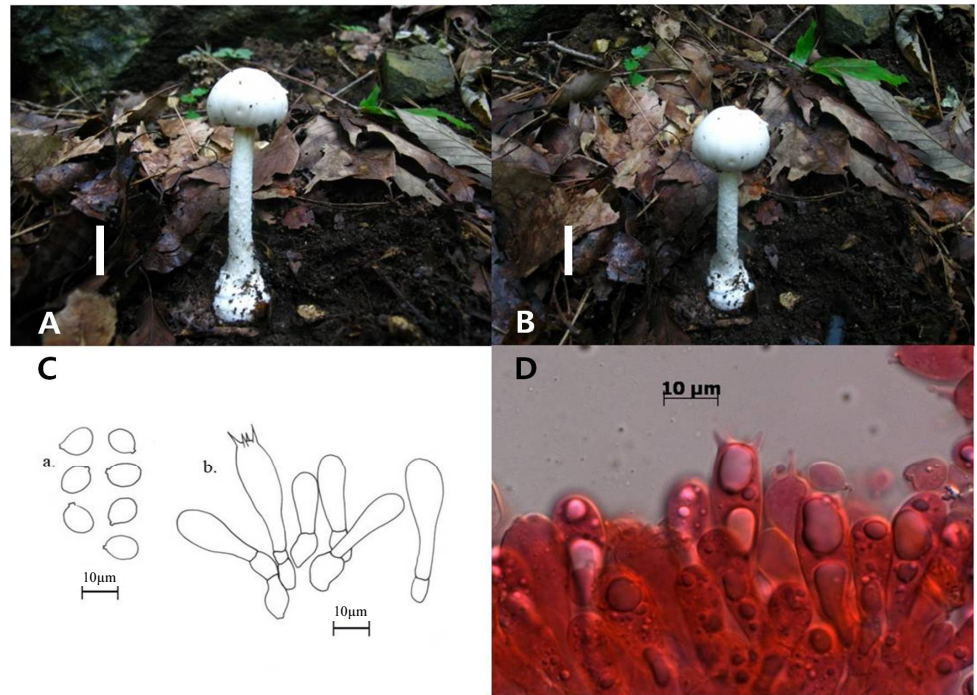


Fig. 4. Morphological feature of *Amanita oberwinklerana*. A, B, fruit bodies (HCCN24924); C, microscopic structures; a, basidiospores ($\times 1,000$); b, basidia ($\times 1,000$); D, microscopic picture ($\times 1,000$) (scale bars: A = 3 cm, B = 3.5 cm).

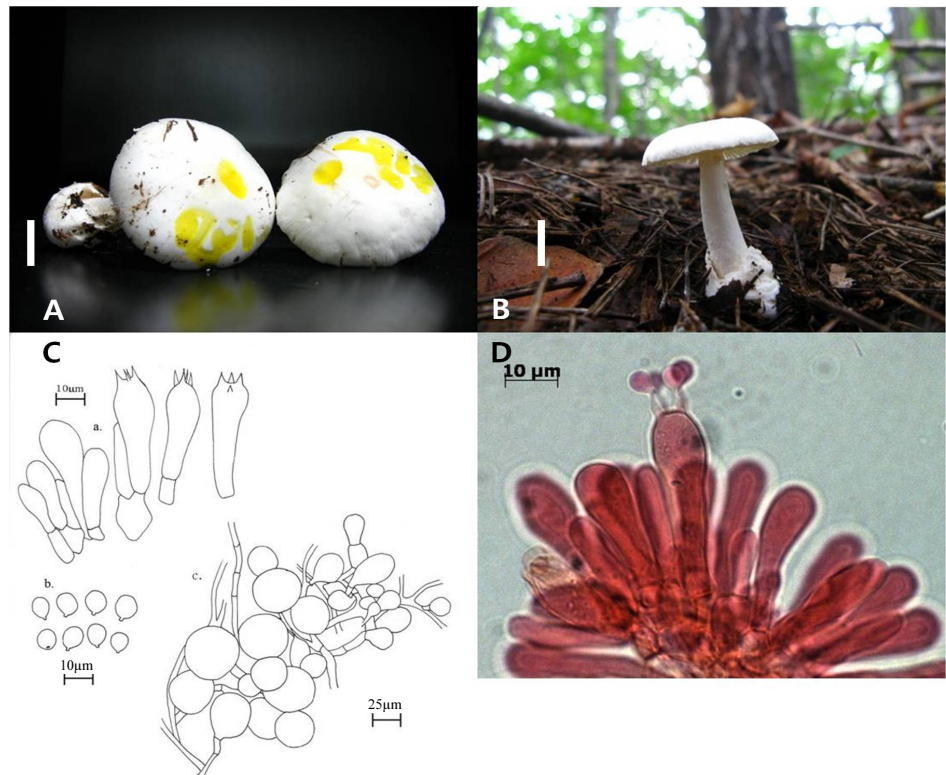


Fig. 5. Morphological feature of *Amanita cf. rimosa*. A, B, fruit bodies (HCCN25164); C, microscopic structures; a, basidia ($\times 1,000$); b, basidiospores ($\times 1,000$); c, innerveil ($\times 400$); D, microscopic picture ($\times 1,000$) (scale bars: A = 2.5 cm, B = 2 cm).

다. 턱받이는 대의 상부에 백색의 막질 형태로 존재하며, 질기고, 방사상의 줄무늬가 있다. 포자는 $7.2\sim 10.1$ (~ 10.2) \times ($6.3\sim$) $6.6\sim 8.3$ (~ 8.5) μm 로 대부분 원형에서 넓은 타원형이고 아밀로이드 성이다. 5% KOH 용액에 노란색으로 반응한다. 이와 같이 4종의 버섯들은 그 형태와 특성들이 매우 유사하지만, 각각의 종 특성들이 분명히 존재한다.

본 연구에서 사용된 40개의 표본은 4종의 그룹으로 나뉜다는 것을 확인하였다. *A. virosa*의 근연종 중 가장 많이 채집된 종은 20개 표본의 *A. pallidorosea*로 전국적으로 분포되어 있었으며, *A. oberwinklerana*는 14개 표본으로 강원, 경기 및 전북에서 대부분 발견되었다. *A. cf. rimosa*는 5개 표본으로 오직 경기도 양평 용문산에서만 발견되었으며, *A. virosa*는 하나의 표본만이 충북 단양에서 채집되었다. 따라서, 국내에 보고된 *A. virosa*에 의한 독버섯중독 사고는 다른 3종이 원인이 된 중독사고일 가능성이 분명 존재한다. 물론 위 4종 모두 amatoxin을 가진 무서운 맹독버섯임은 분명하지만, 정확한 중독정에 의한 독버섯 중독의 원인을 규명하는 것 또한 중요한 일이라 하겠다. 또한 기존에 보고된 종들과 형태적, 계통학적으로 차이를 보인 *A. cf. rimosa*에 대한 지속적이고 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다. 또한, *A. virosa*와 가장 형태학적 특성이 유사한 것으로 국내에 보고된 *A. verna* (흰알광대버섯)는 형태학적 특성을 비교하였을 때 본 연구에서 확인된 *A. oberwinklerana*와 동일 종일 가능성이 존재하였다. 그러므로 국내에 기록된 *A. verna*의 기준 종과 표본에 대해 재동정이 필요할 것으로 여겨진다.

적 요

본 연구는 2000년부터 2015년까지 한국에서 수집되어 *Amanita virosa*로 동정된 40개 표본의 분자계통학적 중동정을 위해 internal transcribed spacer rDNA 영역의 염기서열을 사용하여 수행하였다. 이번 연구에서 *Lepidella* 아속의 *Phalloideae*절에 속하는 *Amanita oberwinklerana*의 14개 표본, *A. cf. rimosa* 5개 표본, *A. pallidorosea* 20개 표본 및 *A. virosa* 1개 표본을 확인하였고, 그들의 형태학적 특성을 재조사하였다. 백색 계열의 맹독성 버섯에 속하는 위 3종(*A. oberwinklerana*, *A. cf. rimosa*, *A. pallidorosea*)은 아직 국내에는 잘 알려지지 않았지만, 형태학적 특징들이 *A. virosa*와 매우 유사하여 존재하더라도 오동정되었을 가능성이 높다. 본 연구에 사용된 모든 표본은 국립농업과학원 표본실에 보관되어 있다.

Acknowledgements

This work was supported by a grant National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration (Project No. PJ011248032015) and National Institute of Biological Resources (NIBR No. 2015-02-001) in Korea.

REFERENCES

1. Bas C. Morphology and subdivision of *Amanita* and a monograph on its section *Lepidella*. Persoonia 1969;5:285-573.
2. Yang ZL. Die Amanita-Arten von Südwestchina. Berlin: J. Cramer; 1997.

3. Yang ZL. Flora fungorum sinicorum v.27: Amanitaceae. Beijing: Science Press; 2005.
4. Singer R. The Agaricales in modern taxonomy. Koenigstein: Koeltz Scientific Books; 1986.
5. Tulloss RE, Yang ZL. Studies in the Amanitaceae [Internet]. Bronx (NY): New York Botanical Garden; 2003. [cited 2015 Oct 05]. Available from: <http://www.amanitaceae.org>.
6. Largent DL, Thiers HD. How to identify mushrooms to genus II: field identification of genera. Eureka (CA): Mad River Press; 1977.
7. Zhang L, Yang J, Yang Z. Molecular phylogeny of eastern Asian species of *Amanita* (Agaricales, Basidiomycota): taxonomic and biogeographic implications. Fungal Divers 2004;17:219-38.
8. Zhang P, Chen ZH, Xiao B, Tolgor B, Bao HY, Yang ZL. Lethal amanitas of East Asia characterized by morphological and molecular data. Fungal Divers 2010;42:119-33.
9. Kim SS, Kim BG, Kim YS, Kim JH, Park YH, Lee YL, Lee JS, Lee JY, Yim JH, Jeong HS, et al. Mushrooms Korean name a unified draft. Kor J Mycol 1978;6:43-55.
10. Seok SJ, Jin YJ, Kwon SW, Kim YS, Kim WG. A taxonomic study of genus *Melanophyllum* in Korea. Kor J Mycol 2013;41:205-11.
11. Doyle JJ, Doyle JL. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem Bull 1987;19:11-5.
12. White TJ, Bruns TD, Lee SB, Taylor JW. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, editors. PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego: Academic Press; 1990. p. 315-22.
13. Thompson JD, Gibson TJ, Plewniak F, Jeanmougin F, Higgins DG. The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Res 1997;25:4876-82.
14. Hall TA. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp Ser 1999;41:95-8.
15. Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipowski A, Kumar S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. Mol Biol Evol 2013;30:2725-9.
16. Ronquist F, Huelsenbeck JP. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. Bioinformatics 2003;19:1572-4.