

흰돌기망태버섯(가칭; *Dictyophora echinovolvata*)의 일반성분 및 항미생물활성

정종천* · 조수목 · 정준호¹ · 박정식 · 정봉구² · 이동철³

농업과학기술원 응용미생물과, ¹팜바이오테크, ²충북대학교 농생물학과,
³농촌진흥청 원예축산과

Components and Antimicrobial Activity of Veiled Lady Mushroom, *Dictyophora echinovolvata*

Jong-Chun Cheong*, Soo-Muk Cho, Joon-Ho Jeong¹, Jeong-Sik Park,
Bong-Koo Chung² and Dong-Chul Lee³

Division of Microbiology, National Institute of Agricultural Science
and Technology, R.D.A., Suwon 441-707, Korea

¹Hoopyeong-dong 198-53 Chooncheon city, Kangwon 200-160, Korea

²Department of Agrobiolgy, Chungbuk University, Chungbuk 360-763, Korea

³Horticulture and Livestock Division Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT: A strain of *Dictyophora echinovolvata* ASI 32002 showing good fruiting body formation was selected. Analyses of chemical and nutritional components as well as antimicrobial activity of different parts of the mushroom such as mycelium, egg, and fruiting body were carried out. There were differences in the chemical compositions and the quantities depending on developmental stages of veiled lady mushroom, *D. echinovolvata* ASI 32002. Nitrogen, phosphate, magnesium, and calcium in inorganic chemicals were abundant in mycelium, and potassium and mineral elements were abundant in the egg and fruiting body. Mannitol and trehalose were abundant in free sugar contents. Glutamic acid and arginine in mycelium and aspartic acid and glutamic acid in egg and fruiting body were abundant in free amino acid contents. Linoleic acid, an polyunsaturated fatty acid, was abundant in all parts of the *Dictyophora* species, but compositions and quantities of other fatty acids varied depending on the different parts of the mushroom. It was detected that malic acid, lactic acid and acetic acid in mycelium, formic acid, acetic acid and fumaric acid in egg, and malic acid, citric acid, lactic acid, formic acid, fumaric acid in fruiting body were abundant. The methanol extracts of *D. echinovolvata* ASI 32002 mycelium showed antifungal activity with minimal inhibition concentration (MIC) of 62-125 µg/ml that was similar levels of cyclohexamide against *Aspergillus awamori*, *Hypocrea nigricance* and *Trichoderma virens*. The MIC of extracts from mycelium and fruiting body against *Candida albicans* was 250 µg/ml, similar to that of tetracycline. In addition to the above results, further studies on the effectiveness and function of *D. echinovolvata* will promote the development of new materials such as food additives and ingredient of cosmetics.

KEYWORDS: Antimicrobial activity, Components, *Dictyophora echinovolvata*, Veiled lady mushroom

망태버섯속(*Dictyophora* spp.)은 분류학상 복균아강(Gas-
teromycetidae) 말뚝버섯목(Phallales) 말뚝버섯과(Phallaceae)
에 속하는 버섯으로 우리나라를 비롯해 중국으로부터 하
와이까지 세계적으로 널리 분포되어 있으며 *D. indusiata*
등 8종 2아종 1변종이 보고되었다(今關, 1979; Burk and
Smith, 1978; Du *et al.*, 1992; Jia, 1990; Fan *et al.*, 1987;
Fischer, 1927; Tominaga *et al.*, 1989; Tomio, 1990; Zeng
et al., 1988). 그리고 국내에서는 대나무 숲에 자생하고 있
는 망태버섯(*D. indusiata*)과 잡목림에서 발생하는 분홍망
태버섯(*D. indusiata* f. *lutea*)이 보고되었다(농촌진흥청, 1987;
박, 1991; 이, 1988).

중국에서는 형태가 아름답고 맛이 진귀하여 식용버섯으

로서 竹蓀芙蓉湯, 竹蓀扒風燕, 竹蓀燴鳴片 등 고급요리
이용될 뿐만아니라 육류와 함께 요리하면 식품의 변질
방효과가 있다고 하였다. 한편 이 버섯은 약리작용과 補
効能은 물론 常食하면 혈압을 낮추고 혈중 콜레스테롤
량을 낮추며 특히 복부의 지방을 감소시켜 주는 등 성
병에 유효한 성분이 있어 앞으로 수요가 증가될 것으로
각된다(孫, 1991; Chang and Miles, 1984). 그리고 최근
는 망태버섯에서 분리된 dictyophorine 성분이 신경성장
인자(NGF; nerve growth factor)의 합성을 증진한다는
고가 있다(Kawagishi *et al.*, 1997).

망태버섯류는 이처럼 활용면에서 가능성이 매우 높으
대나무 숲 등 특정지역에서만 발생되고 버섯의 생존기
이 매우 짧아서 자연산의 채집이 제한적이기 때문에 우
나라에서는 그 이용에 관하여 잘 알려져 있지 않았다.

*Corresponding author <E-mail: jccheong@rda.go.kr>

러나 이 버섯에 대한 인공생산을 할 수 있는 재배기술이 개발됨으로서 자실체를 대량으로 얻을 수가 있었다.

따라서 본 시험은 망태버섯의 균학적 특성을 조사하기 위한 일련의 실험 중 얻은 시료를 이용하여 균사체와 자실체의 형성 및 생육과정별 일반성분을 분석 비교하고, 항미생물활성을 조사하였다.

재료 및 방법

공시균주

본 시험에 사용된 균주는 농업과학기술원 응용미생물과에 보존되어 있는 흰돌기망태버섯(가칭; *Dictyophora echinvolvata*) ASI 32002이다.

균의 증식은 PBA(potato bamboo sawdust agar; potato 200 g, bamboo sawdust 20 g, sugar 10 g, malt extract 7 g, peptone 1 g, KH_2PO_4 1 g, MgSO_4 0.5 g, agar 20 g, DW 1,000 ml, pH 5.0) 배지를 사용하였다. 공시균주는 배지에 접종한 다음 25°C에서 30일간 배양하고 4°C에 보관하면서 사용하였다.

공시시료의 준비

균사체와 자실체의 성분분석을 위한 시료를 얻기 위하여 균사체 배양은 13 l들이 액체종균용 배양병을 사용하여 PMB(potato malt extract broth; potato 200 g, sugar 20 g, malt extract 7 g, peptone 1 g, KH_2PO_4 1 g, MgSO_4 0.5 g, DW 1,000 ml, pH 5.0) 배지 10 l에 접종원 200 ml을 넣어 25°C에서 30일간 폭기액배양법(96 농업과학기술원)으로 배양한 후 여과, 동결건조하여 사용하였다. 알과 자실체의 분석용 시료는 알의 경우 개별되기 전, 자실체는 치마가 완전히 전개된 시점에서 채취하였다. 각 시료는 동결건조하여 Cyclotec Sample Mill (Tecator Co.) 0.5 mm체를 사용하여 분쇄하였다.

균사체 및 자실체의 성분분석

일반성분: 시료의 조섬유는 산 및 알칼리 분해법을 이용하여 조섬유 분석장치(Fibertec system, Sweden)로 측정하였다. 조단백질 함량은 Kjeltac-1035(Auto sampler system, Sweden)를 사용하여 켈달법으로 총질소함량(T-N)을 구한 후 단백질계수 6.25를 곱하여 산출하였다. 조지방은 Soxhlet 추출법(Soxtec-2050, Sweden)으로 분석하였다. 회분 함량은 550°C의 회화로에서 직접회화법으로 분석하였다. P_2O_5 는 비색법으로, K_2O , CaO , MgO , FeO 및 미량원소는 AOAC법에 준하여 분석하였다(김, 1985; A.O.A.C., 1990).

탄수화물: 유리당은 동결건조하여 분말화한 시료 1 g을 15 ml conical tube에 넣고 85% ethanol 10 ml을 가하여 잘 섞고 16시간 상온에 방치한 후 원심분리(3000 rpm, 10분)하여 상등액을 회수하였다. 시료액 1.5 ml에 활성탄을 0.1 g 넣고 혼합한 다음 원심분리(12,000 rpm)하여 회수한 상등액을 농축 건조한 다음 3차 증류수 0.1 ml에 녹이고 0.45

μm membrane filter로 여과하여 분석시료로 사용하였다. 분석은 HPLC(high performance liquid chromatography; Waters Co.)로 검출기는 RI-410(refractive index; Waters Co.)를 이용하였고 컬럼은 high performance carbohydrate column(4.6×250 mm, Waters Co.)을 사용하였다. 용매는 75% acetonitrile을 사용하여 유속을 1 ml/min로 하였으며 시료는 10 μl 주입하였다. 유리당의 정량시 표준물질로 arabinose, fructose, fucose, glycerol, inulin, mannitol, mannose, melezitose, melibiose, raffinose, ribose, sucrose, trehalose, xylose(Sigma Co.)를 농도별로 조제한 후 Millenium 2010 program(Waters Co.)을 사용하여 이들의 표준곡선을 도식하고 각 시료의 수치를 대입하여 계산하였다.

단백질: 유리아미노산의 분석은 Pico-Tag 방법(Bidlingmeyer *et al.*, 1984)에 따라 실시하였다. 시료의 아미노산 함량이 40 mg 정도가 되도록 계산하여 1 g 정도씩 달아서 50 ml volumetric flask에 넣고 0.1 N HCl로 채워서 20분간 sonication한 다음 여과지(Advantec, Toyo 6호)로 여과하였다. 여과액은 지방과 색소를 제거하기 위하여 Sep-pak C_{18} cartridge로 다시 여과하고 Pico-Tag system(Millipore, Milford, MA)을 이용하여 PITC 유도체화 반응을 시켰다. 분석은 HPLC(Waters Co.)로 Waters Pico-Tag 3.9×150 mm column에 시료를 5 μl 주입하였다. 용매는 시판되는 Eluent A용액과 Eluent B용액(Waters Co.)을 사용하여 유속을 1 ml/min로 하였으며 UV 검출기(Waters Co.)를 사용하였다. 표준곡선은 아미노산 표준물질 Pierce-H(Pierce Co., USA)를 5, 10, 25, 50, 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 농도로 조제하고 Millenium 2010 Program(Waters Co.)을 이용하여 측정하였다.

지방: 유리지방산 분석은 변형된 Folch의 방법에 따라 동결건조한 시료 1 g에 methanol 10 ml을 첨가한 다음 1분간 혼합하고 20 ml의 chloroform을 첨가하여 2분간 혼합한 후 여과지(Advantec, Toyo 6호)로 여과하였다. 여과액에 0.88% potassium chloride 수용액 1/4배를 넣어 잘 혼합한 후 정지하였다. 수용액 층인 상층액을 버리고 물과 메탄올을 1:1(v/v)로 혼합하여 시료액의 1/4배를 첨가하고 혼합한 후 정지하였다. 상층액 제거하고 농축한 후 소량의 chloroform에 용해 시켜서 -20°C에 보관하였다. 조제된 시료는 BF3-methanol(0.5 M sodium hydroxide, 12~15% boron trifluoride, heptane, light petroleum, sodium chloride) 용액을 사용하여 지방산을 유도체화(FAMES: fatty acid methyl esters) 하였다(Hamilton 등, 1992). 분석은 FAMES를 100 mg/ml의 농도로 조제하여 Gas Chromatography(HP 5890, USA)를 사용하였다. 컬럼은 SP-2560(100 cm×0.25 mm ID, 0.20 μm film; Supelco Co.)을 사용하였고 검출기는 FID를 사용하였다. 기기 내 오븐의 온도는 초기 5분간은 140°C로 유지하고, 분당 4°C씩 상승시켜 최종온도를 240°C로 한 다음 15분간 유지하였다. 검출기와 시료 주입구의 온도는 260°C로 조절하였다. 운반가스는 He를 사용하였으며 유속은 20 cm^3/sec 로 하고 split ratio는 100:1로 조절한 후 시

료를 1 µl 주입하여 측정하였다. 유리지방산의 정량은 표준물질로 SP-37 component FAME Mix(Supelco Co.)를 사용하여 각각의 화합물에 대한 검량곡선을 도시한 다음 동일 retention time에 나오는 peak의 면적을 측정하여 표준물질의 값과 비교하여 계산하였다.

유기산: 건조 시료 0.1 g을 80% methanol 10 ml에 추출하여 농축한 뒤 동량이 되도록 물에 현탁하였다. 추출액 1 ml을 Amberlite IRC-50(Sigma Co.)이 든 유리 컬럼에 loading한 다음 동량의 물로 세척한 후 동량의 0.1 N HCl로 용출하여 동결시킨 다음 speed vac.으로 농축하고 0.1% 인산용액 0.1 ml에 녹여서 -20°C에 보관하였다. 표준품으로는 oxalic acid(1 mg), citric acid(5 mg), tartaric acid(5 mg), malic acid(5 mg), succinic acid(5 mg), formic acid(5 mg), acetic acid(20 mg)을 0.1% 인산용액 950 µl에 녹인 다음 fumaric acid(5 mg/ml)를 50 µl 첨가하여 조제한 후 위의 용액을 1, 1/2, 1/4, 1/10배로 희석하여 사용하였다. 분석은 HPLC(Waters Co.)를 이용하였고 이때 column은 Supelco gel TMC-610 H(30 cm×7.8 mm ID)을 사용하였다. 용매는 0.1% 인산용액을 사용하여 유속을 0.5 ml/min로 하였고, 시료는 10 µl 주입하여 자외선 파장인 210 nm에서 측정하였다.

항균 활성 시험

메탄올 추출물의 조제: ASI 32002 균주(*D. echinvolvata*)의 균사체와 알, 자실체 등 발육단계별 시료와 자실체의 대, 치마+대, 대주머니 등 부위별로 동결건조하였다. 각 시료는 Table 7과 같이 실온에서 메탄올에 48시간 침지한 다음 여과지(직경 110 mm, Whatman 2호)를 2겹으로 만들어 여과하고, 40°C에서 감압 농축하여 메탄올 농축물을 얻었다. 각 농축물은 메탄올을 이용하여 10,000 µg/ml로 농도를 맞추어서 생물검정에 사용하였다. 망태버섯 추출물의 항균활성은 Kobayashi 등(1994)의 방법에 준하여 조사하였다.

곰팡이에 대한 활성: 곰팡이 균주는 KACC(농업과학기술원 미생물보존센터)에서 분양받은 *Aspergillus awamori* KACC 40771, *Hypocrea nigricans* KACC 40523, *Trichoderma virens* KACC 40554를 피검균으로 사용하였다. 이들 균주는 PDA 사면배지에 곰팡이 포자발아 저해시험용 배지(0.2% glucose, 0.11% yeast extract, 0.1% citric acid,

0.37% Na₂HPO₄ · 12H₂O) 2 ml를 첨가하여 유리병으로 곰팡이 포자를 분리시키고 이를 다시 거르로 여과하였다. 그 여과액을 96 well plate의 구에 100 µl씩 분주하고 현미경으로 관찰하면서 포자의 농도가 1 cm² 당 1×10⁷개 관찰될 때까지 희석하였다. 10,000 µg/ml로 제조된 시료를 농도별로 희석하여 96 well plate에 가하고 27°C에서 24시간 동안 암배양 후 현미경으로 포자발아가 저해되는 형태와 농도를 측정하였다. 대조구로서 시료를 첨가하지 않은 구와 cyclohexamide를 첨가한 구로 나누어 비교하였다.

세균과 효모에 대한 활성: 세균에 대한 항균 시험은 피검균으로 대장균인 *Escherichia coli* KACC 10115, 효모는 무좀균인 *Candida albicans* KACC 30062(ATCC 10231)를 이용하였다. 세균 *E. coli*는 LB 배지(bactotryptone 10 g, yeast extract 5.0 g, NaCl 10 g) 10 ml를 직경 25 mm 시험관에 접종하고 28°C에서 12시간 동안 배양하여 얻은 현탁액을 LB 배지에 200배로 희석하여 항세균 시험에 사용하였다. 효모 *C. albicans*는 YM 배지(dextrose 1%, 0.3% yeast extract, 0.5% peptone, 0.3% malt extract)에서 배양하였다. 배지를 96 well plate의 첫 번째 구에 1000 µg/ml의 농도로 넣고 조제된 균체 현탁액을 분주하여 2배씩 희석하면서 1,000 µg/ml부터 7.8 µg/ml까지 농도를 낮추었다. 이것을 28°C에서 24시간 동안 암조건에 배양하면서 최소억제농도(MIC; minimum inhibitory concentration)를 구하였다. 대조구로서 시료를 첨가하지 않은 구와 tetracycline을 첨가한 구로 나누어 비교하였다.

결과 및 고찰

성분 분석

흰돌기망태버섯(*D. echinvolvata*)의 생육단계 및 성숙된 자실체의 조섬유, 조단백, 조지방 및 미량원소의 함량을 분석한 결과 흰돌기망태버섯은 균사체 상태일 때 조단백 및 조지방의 함량이 높았으며, 알 시기에는 조섬유의 함량이 다른 생육시기에 비해 높았다(Table 1). 성숙된 자실체를 부위별로 조사한 결과 갓, 대, 치마 부위의 경우 조단백의 함량이 높은 반면 대주머니의 경우 조섬유의 함량이 높았다. 생육 단계에 따른 무기성분의 함량은 균사체가 알과 자실체에 비하여 질소, 인산, 마그네슘, 칼슘이 많고 알과 자실체에는 칼리와 미량원소의 함량이 높은 경향이있

Table 1. Approximate composition in different stages and regions of fruiting body of *D. echinvolvata* ASI 32002* (unit : %)

Component	Stage			Region			
	Mycelium	Egg	Fruiting body	Cap	Stipe	Velum	Volva
Crude fiber	6.8	10.0	3.1	1.4	5.9	1.5	9.9
Crude protein	36.2	21.3	18.9	33.1	11.5	23.6	7.3
Crude fat	2.4	1.9	2.0	1.6	1.7	5.1	0.4
Ash	5.7	7.7	11.1	6.8	7.4	9.8	6.3

*Analysis method: acid and alkali decomposition method (crude fiber), Kjeldahl method (crude protein), Soxhlet method (crude fat), and ashing method (ash).

Table 2. Mineral contents in different stages and regions of fruiting body of *D. echinvolvata* ASI 32002*

Component	Stage			Region			
	Mycelium	Egg	Fruiting body	Cap	Stipe	Velum	Volva
Macroelement (%)							
P ₂ O ₅	0.51	0.29	0.29	0.60	0.27	0.50	0.17
K ₂ O	0.49	1.98	1.87	1.16	2.56	2.29	1.81
MgO	0.29	0.12	0.14	0.12	0.09	0.13	0.14
CaO	0.34	0.05	0.07	0.05	0.07	0.03	1.14
Na	0.03	0.13	0.15	0.69	0.14	0.14	0.25
Microelement (ppm)							
Fe	387	319	604	464	717	1063	647
Mn	7	150	262	30	41	33	198
Zn	151	89	144	209	183	119	164
Cu	89	151	152	41	20	33	66
Al	550	175	574	228	196	400	514

*Analysis method : calotimetric method (P₂O₅) and A.O.A.C. method (the others).

Table 3. Contents of carbohydrates in different stages and regions of fruiting body of *D. echinvolvata* ASI 32002* (unit : g/100 g)

Carbohydrates	Stage			Region			
	Mycelium	Egg	Fruiting body	Cap	Stipe	Velum	Volva
Fructose	2.1	0.3	2.8	4.0	2.1	3.6	0.6
Glycerol	0.2	0.1	0.4	0.8	-	0.4	0.6
Innositol	0.7	0.2	0.3	0.5	0.3	0.1	-
Mannitol	7.8	4.3	18.0	13.4	29.9	19.6	3.6
Trehalose	1.6	12.3	8.5	17.8	5.6	1.7	1.9
Xylose	-	0.3	0.7	1.5	-	-	-

*Analysis method : HPLC (high performance liquid chromatography; Waters Co.), RI-410 (refractive index; Waters Co.), high performance carbohydrate column (4.6x250 mm, Waters Co.).

- : not detected.

다. 자실체의 부위별로는 갓과 치마에 질소와 인이, 대주머니에는 칼슘이 많은 경향이였다(Table 2).

흰돌기망태버섯은 조섬유, 조단백 및 조지방의 함량이 생육 단계 및 자실체 부위에 따라 차이는 있으나 성숙된 자실체의 대주머니를 제외한 모든 처리구에서 조섬유의 함량이 10% 이내이고 조단백이 10에서 30% 이내이였으며 조지방은 5% 이내이였다. 이와 같은 결과는 菅原 등(1992)이 보고한 버섯류의 조단백, 조지방 및 조섬유의 평균 함량치인 24%, 4% 및 10%와 비슷한 경향이였다. 미량원소의 경우 *Pleurotus tuber-regium*(Fasidi, 1993), *Lentinus edodes* 및 *Schizophyllum commune*(Longvah et al., 1998), *Termitomyces microcarpus* 외 6종의 버섯류(Aletor, 1995)의 인, 칼륨, 마그네슘 및 칼슘의 함량이 높은 경향과 유사하였다. 흰돌기망태버섯은 다른 버섯류와 같이 일반성분 및 미량원소의 함량에 있어 식용적 가치가 인정되나 생육 단계별 그리고 성숙된 자실체 부위간의 일반성분 및 미량원소의 함량 변화는 유의성이 없었다. 그러나 생육 단계중 알 시기와 알 시기의 성분이 대부분 남아 있을 것으로 사료되는 성숙된 자실체의 대주머니 부위는 다른 시료와는 달리 조섬유의 함량이 높아 이를 이용한 새로운 식이섬유의 개발 가능성이 시사된다.

흰돌기망태버섯은 생육단계 뿐만 아니라 성숙된 자실체

부위 모두 glycerol을 비롯한 6종의 당류가 존재하였으며, 특히 mannitol과 trehalose의 함량이 높은 경향을 보였다(Table 3). 이러한 결과는 菅原 등(1992)이 보고한 버섯류의 유리당 함량 분석 결과와 유사하였다. 또한, mannitol의 함량이 균사체 시기에 7.8 g에서 알 형성기에 4.3 g으로 감소하다가 자실체 시기에 18.0 g으로 증가하는 경향을 보였으며 자실체 부위중 대주머니를 제외한 모든 부위에서 높은 경향을 보였는데, 이는 Wannet 등(1998)이 균사체에서 자실체로 생육이 진행 될수록 mannitol 축적량이 증가하였다는 보고와 일치하였다. Hammond(1985)는 버섯에 함유된 trehalose와 glycerol의 경우 균사체 시기에 축적되는 저장 당류로 생육이 진행되면 에너지원 뿐만 아니라 외부 환경에서 오는 자극 등에 반응하는 것으로 보고하였는데, 흰돌기망태버섯의 경우 glycerol이 생육 초기인 균사체 상태 시 100 g당 0.2 g에서 알 시기에 0.1 g으로 감소하였다가 자실체에서 0.4 g으로 증가하는 경향을 보이고, trehalose가 균사체 상태시 1.6 g에서 알 시기에 12.3 g으로 급증한 다음 자실체 형성후 8.5 g으로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 Hammond(1985)가 보고한 결과와 다소 일치하나 생육시기에 따라 축적되는 경향이 두 당류에 차이가 있어 이들의 생합성 과정에 대한 연구가 진행될 필요가 있다.

흰돌기망태버섯의 균사체에는 시료 1 g당 glutamic acid

Table 4. Amino acids composition in different stages and regions of fruiting body of *D. echinvolvata* ASI 32002* (unit : $\mu\text{mol/g}$)

Amino acids	Stage			Region			
	Mycelium	Egg	Fruiting body	Cap	Stipe	Velum	Volva
Alanine	1.5	0.2	0.2	0.3	-	-	-
Arginine	3.0	-	0.2	0.8	-	-	-
Aspartic acid	-	3.3	3.5	3.5	3.8	3.9	3.3
Glutamic acid	3.3	2.9	3.2	3.3	-	-	2.9
Glycine	1.2	0.6	0.8	-	-	-	0.5
Histidine	0.6	0.5	0.5	0.5	-	-	-
Leucine	0.6	0.3	0.6	0.6	0.2	0.3	0.3
Lysine	1.5	-	-	-	-	-	-
Proline	0.3	-	0.3	0.2	0.2	-	-
Serine	1.1	0.2	0.2	1.7	-	0.3	-

*Analysis method: Pico-Tag method (Bidlingmeyer *et al.*, 1984).

- : not detected.

Table 5. Fatty acids composition in different stages and regions of fruiting body of *D. echinvolvata* ASI 32002* (unit : %)

Fatty acids	Stage			Region			
	Mycelium	Egg	Fruiting body	Cap	Stipe	Velum	Volva
C _{14:0} ^b	0.5	0.3	-	-	-	-	-
C _{15:0}	4.4	0.4	0.3	0.5	-	-	1.6
C _{16:0}	22.9	16.3	11.2	14.3	19.0	6.8	21.5
C _{16:1}	-	0.4	1.8	0.7	-	3.5	-
C _{17:0}	1.2	3.7	3.2	2.5	2.4	5.6	-
C _{18:0}	3.0	8.7	1.6	3.1	1.6	0.8	2.8
C _{18:1 n9c}	11.5	17.9	15.1	18.7	7.1	21.4	7.9
C _{18:1 n9c}	-	13.3	8.0	6.3	3.7	12.7	-
C _{18:2}	56.4	38.4	57.7	53.3	66.2	47.5	66.2

*Analysis method : modified Folch's method.

^b14 : 0, myristic acid; 15 : 0, pentadecanoic acid; 16 : 0, palmitic acid; 16 : 1, hexadecanoic acid (monoene); 17 : 0, margaric acid; 18 : 0, stearic acid; 18 : 1, octadecanoic acid (monoene acid); 18 : 2, linoleic acid.

- : not detected.

가 3.3 μM , arginine이 3.0 μM 로 많았고, 알과 자실체에서 측정되지 않은 lysine의 함량이 균사체에서는 1.5 μM 이 검출되었다(Table 4). 반면에 알과 자실체에서는 각기 3.3과 3.5 μM 로 많은 aspartic acid가 분석되었으나 균사체에서는 측정되지 않았다. 알과 자실체는 aspartic acid와 glutamic acid의 함량이 높았으며, 균사체에 비교적 많이 함유되어 있는 serine, glycine, arginine, alanine, lysine은 알과 자실체에서 적거나 측정되지 않았다. 자실체 부위별로는 갓에서 다른 부위보다 아미노산의 종류가 다양하게 검출되었다. 그리고 가식부위인 대와 치마는 aspartic acid가 3.8-3.9 $\mu\text{M/g}$ 으로 비교적 많은 것 외에는 다른 아미노산의 함량은 적었다. Cheung(1997)는 *Volvariella bombycina*의 2종의 버섯류에서 균사체와 자실체 모두 lysine이 분포하고 함량 및 분포 양상이 유사하다고 보고하였다. 반면 흰돌기망태버섯의 경우 lysine이 균사체 시기에만 합성되고 알과 자실체에서는 존재하지 않았으며 생육 단계에 따라 아미노산의 분포 양상이 다른 독특한 특성을 보였다. 또한, 성숙한 자실체의 부위별로 아미노산의 분포 양상이 다른 경향을 보였다. 자실체에 함유된 아미노산 종류는 菅原 등(1992)과 Longvah(1998) 등의 보고한 버섯류의 아미노산 종류 및

함유량에 비해 적은 경향을 보였다.

흰돌기망태버섯의 유리지방산 중에서는 불포화 지방산인 linoleic acid의 함량이 가장 높았다(Table 5). Linoleic acid는 자실체에 57.7%, 균사체에 56.4%로 많고, 알에 8.4%로 적었다. 자실체 부위별로는 대와 대주머니가 각각 66.2%로 가장 많고 갓이 53.3%, 치마가 47.5%의 순이었다. 또한 균사체에는 C_{14:0}, C_{15:0}, C_{16:0}(palmitic acid) 등 저급지방산이 알 및 자실체에 비하여 많았고, 알에는 C_{18:0}, C_{18:1}이 비교적 많았다. 자실체의 갓에는 여러 종류의 지방산이 다른 부위보다도 비교적 고르게 함유하였다. 그리고 대와 대주머니는 C_{16:0}과 C_{18:2}이 많았고, 치마에는 C_{16:0}과 C_{18:0}, C_{18:2}가 적은 반면 C_{16:1}과 C_{17:0}, C_{18:1}이 많았다. 이러한 결과는 菅原 등(1992)과 Longvah(1998)이 보고한 버섯류의 지방산 분포 양상과 유사하였으며, 균사체와 자실체간에 지방산 분포 양상은 Cheung(1997)가 *V. bombycina*의 2종의 버섯류에서 보고한 내용과 유사하였다.

흰돌기망태버섯의 생육단계(균사체, 알, 자실체)에 따라 생성되는 유기산의 종류와 양에는 차이가 있었다(Table 6). 균사체에서는 malic acid, lactic acid, acetic acid가, 알에서는 formic acid, acetic acid, fumaric acid가 검출되었으며

Table 6. Organic acids contents in different stages and regions of fruiting body of *D. echinovolvata* ASI 32002 (unit : mg/100 g)

Organic acids	Stage			Region			
	Mycelium	Egg	Fruiting body	Cap	Stipe	Velum	Volva
Acetic acid	187.3	198.0	-	-	-	-	-
Citric acid	-	-	53.8	59.7	-	53.5	53.7
Formic acid	-	105.2	115.0	123.1	109.0	111.6	94.4
Fumaric acid	-	106.2	110.1	112.4	168.3	117.3	108.4
Lactic acid	99.8	-	95.9	83.1	84.3	82.3	81.4
Malic acid	77.0	-	90.4	-	87.0	106.2	-

- : not detected.

자실체에서는 malic acid, citric acid, lactic acid, formic acid, fumaric acid가 검출되었다. 그러나 균사체와 알에 많이 함유된 acetic acid가 자실체에서는 검출되지 않았으며, 균사체에서는 검출되지 않은 formic acid, fumaric acid가 알과 자실체에는 비교적 많은 양이 함유되어 있었다. 이러한 점으로 미루어 어떤 생육 단계에서 생성된 유기산은 대사과정 중에 특정 성분의 전구체로 이용되기도 하는 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하면 흰돌기망태버섯은菅原 등 (1992)이 보고한 버섯류의 성분과 유사한 결과를 보이므로 저칼로리 고단백 식품으로 새로운 식용균류로서의 개발 가능성을 시사한다. 반면에 생육 단계중에 일어나는 유리당류, 유리 아미노산, 지방산 및 유기산의 함량은 유의성을 보이지 않아 계속된 연구가 필요하다.

항균 활성시험

Table 7은 대조구(시료를 첨가하지 않은 구)에 비교하여 곰팡이의 포자발아를 완전히 저지하는 최소한의 농도를 나타낸 것이다. 메탄올 추출물을 1,000 µg/ml~7.8 µg/ml까지 농도별로 희석하여 처리하였는데 곰팡이 *A. awamori*에 대해서 흰돌기망태버섯 균사체의 메탄올 추출물의 MIC는 62 µg/ml으로서 가장 높은 항진균활성을 보였다. 느타리버섯 재배시에 큰 피해를 주는 *H. nigricans*와 *T. vires*(푸른곰팡이병균)에 대해서도 MIC가 125 µg/ml과 62 µg/ml로서 항생제인 cyclohexamide와 비슷한 수준이었으며 신령버섯 추출물보다는 월등하였다. 각 부위별 항진균활성은 균사체

≥가식부위(대+치마)>자실체 전체=알>대주머니>대의 순이었다. 따라서 망태버섯(*Dictyophora* spp.) 유래의 새로운 항균물질의 분리 정제와 구조 구명이 기대된다.

세균 *E. coli*에 대해서는 항생제 tetracycline이 125 µg/ml 임에 비하여 망태버섯 자실체 추출물은 500 µg/ml로 항균활성이 낮으나, 신령버섯이 항균활성을 보이지 않은 것과는 대조적이었다. 효모균 *C. albicans*에 대해서는 균사체 추출물과 자실체 전체 부위의 추출물에서 MIC가 250 µg/ml로 비교적 높은 활성을 보였는데 이것은 tetracycline과 유사하였으며 신령버섯 자실체 추출물의 500 µg/ml 보다 높았다.

흰돌기망태버섯의 메탄올 추출물은 세균 *E. coli*에 대한 항균활성이 낮았으나 곰팡이 또는 효모균에 대한 항균활성을 통하여 기능성 화장품의 개발이나 항균성 천연물질의 이용에 관한 연구가 기대된다.

적 요

본 연구는 망태버섯속(*Dictyophora* spp.) 균의 균학적 특성 시험의 일부로써 인공재배를 통한 자실체의 대량생산이 가능한 흰돌기망태버섯인 *D. echinovolvata* ASI 32002 균주에 대한 균사체, 알, 성숙한 자실체 등 발육단계별과, 갓, 치마, 대, 대주머니 등 자실체의 부위별로 성분분석과 항균활성 시험을 수행하였다. *D. echinovolvata* ASI 32002 균주의 성분분석에서는 균사체, 알, 자실체 등과 자실체의 부위에 따라 종류와 양에 차이가 있었다. 무기성분 중 질

Table 7. Antifungal activity against harmful fungi and antibacterial activity against *E. coli* and *C. albicans* on methanol extract in different stages and regions of fruiting body of *D. echinovolvata* ASI 32002 (unit : µg/ml) (MIC¹⁾)

Fungi	Stage			Region			Control
	Mycelium	Egg	Fruiting body	Stipe	Stipe+velum	Volva	
<i>Aspergillus awamori</i>	62	125	125	>1,000	62	250	62 ²⁾
<i>Trichoderma virens</i>	62	125	125	500	125	250	62 ²⁾
<i>Hypocrea nigricans</i>	125	125	125	500	125	250	125 ²⁾
<i>Escherichia coli</i>	500	1,000	500	1,000	>1,000	1,000	125 ³⁾
<i>Candida albicans</i>	250	500	250	1,000	500	500	250 ³⁾

¹⁾MIC : Minimum inhibition concentration value against bacteria and yeast were determined by the serial 2-fold dilution method. The spore germination of fungi was examined under a microscopy.

²⁾Cyclohexamide.

³⁾Tetracycline.

소, 인산, 마그네슘, 칼슘은 균사체에 많고, 알과 자실체에 서는 칼리와 미량원소의 함량이 균사체보다 높았다. 유리당은 mannitol과 trehalose가 많았다. 유리아미노산은 균사체에 glutamic acid와 arginine, 알과 자실체에 aspartic acid와 glutamic acid가 많았다. 지방산은 모든 부위에 불포화 지방산인 리놀레익산($C_{18:2}$)이 많았으며, 다른 지방산은 부위별로 종류와 양에 차이가 있었다. 유기산도 균사체에 malic acid, lactic acid, acetic acid, 알에 formic acid, acetic acid, fumaric acid, 자실체에서 malic acid, citric acid, lactic acid, formic acid, fumaric acid가 비교적 많이 검출되었다. 한편, *D. echinovolvata* ASI 32002의 메탄올 추출물에서 곰팡이 *Aspergillus awamori*, *Hypocrea nigricans*, *Trichoderma virens*에 대한 항균활성은 균사체 추출물의 MIC가 62~125 $\mu\text{g/ml}$ 로 항생제 cyclohexamide와 비슷한 수준이었다. 효모균 *Candida albicans*에 대해서는 균사체 및 자실체 추출물에서 MIC가 250 $\mu\text{g/ml}$ 로 tetracycline과 비슷한 수준의 활성을 보였다. 한편 세균 *Escherichia coli*에 대한 항균활성은 500~1,000 $\mu\text{g/ml}$ 수준으로 매우 낮은 편이었다. 본 연구를 통하여 밝혀진 흰돌기망태버섯(*D. echinovolvata*)의 항균활성 등은 이 버섯의 효능에 대한 기초연구와 더불어 기능성 식품첨가제의 개발 및 화장품 원료 등으로의 이용에 관한 연구가 기대된다.

참고문헌

- 김영일. 1985. 비료분석법해설. 중앙문화사. 748 p.
 농업과학기술원. 1996. 시험연구사업보고서(생물자원부편). 635-644.
 농촌진흥청. 1987. 농업기술연구소. 한국산 버섯류 원색도감(I). 한진인쇄공사. 263 p.
 박완희. 1991. 원색도감 한국의 버섯. 교학사. 서울. 423 p.
 이지열. 1988. 원색한국버섯도감. 아카데미서적. 서울. 297 p.
 菅原 龍辛, 青柳 康夫, 廣居 忠量. 1992. 菌体利用. Pp 238-293. In: 古川久彦 Eds.キノコ學. 共立出版, 日本.
 今關六也, 本郷次雄, 椿啓介. 1979. 標準原色圖鑑全集 菌類(きのこ・かび). 保育社. 大阪. 127 p.
 孫榮信. 1991. 竹蓐栽培. 福建三明眞菌研究所. 22 p.
 李國俊. 1986. 食用菌栽培技術. 延辺大. 293-298.
 Aletor, V. A. 1995. Compositional studies on edible tropical species of mushrooms. *Food Chemistry* **54**: 265-268.
 A.O.A.C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
 Burk, W. R. and Smith, D. R. 1978. *Dictyophora multicolor*, Fungi, new to Guam. *Mycologia* **70**(6): 1258-1259.
 Chang, S. T. and Miles, P. G. 1984. A new look at cultivated mushrooms. *BioScience* **34**: 358.
 Chang, S. T. 1993. Mushroom biology. Mushroom biology and mushroom products. The Chinese University of Hong Kong. 3-17.
 Cheung, P. C. K. 1997. Chemical evaluation of some lesser known edible mushroom mycelia produced in submerged culture from soy milk waste. *Food Chemistry* **60**: 61-65.
 Du, T., Meng, G. and Bai, D. 1992. Morphology and ecological environment of *Dictyophora duplicata* in Changbais-han Mountains. *Edible Fungi of China* **14**(1): 6.
 Fan, C., Li, D. and Zhou, Z. 1987. Relation between growth and substrate in *Dictyophora rubrovalvata*. *Acta Botanica Yunnanica of China* **9**(2): 209-216.
 Fasidi, I. O. and Ekuere, U. U. 1993. Studies on *Pleurotus tuber-regium* (Fries) Singer: Cultivation, proximate composition and mineral contents of sclerotia. *Food Chemistry* **48**: 255-258.
 Hamilton, S., Hamilton, R. J. and Sewell, P. A. 1992. Extraction of lipids and derivative formation. Oxford Univ. London. 13-64.
 Hammond, J. B. W. 1985. Pp. 389-401. In: Moore, D. M., Casselton, L. A., Wood, D. A. and Frankland, J. C. Eds. Developmental biology of higher fungi, Cambridge Univ. Press, Cambridge Press, UK.
 Jia, S., 1990. Wild *Dictyophora* mushroom in Henan province, China. *Edible Fungi of China* **2**: 7.
 Kawagishi, H., Ishiyama, D., Mori, H., Sakamoto, H., Ishiguro, Y., Furukawa, S. and Li, J. 1997. Dictyophorines A and B, two stimulators of NGF-synthesis from the mushroom *Dictyophora indusiata*. *Phytochemistry* **45**(6): 1203-1205.
 Kobayashi, Y. 1981. Materials on ethnologic and historical mycology (8). *Trans. Mycol. Soc. Japan* **22**: 139-143.
 Kobayashi, A. 1994. *Biosci. Biotech. Biochem.* **58**: 133-134.
 Longvah, T. and Deosthale, Y. G. 1998. Compositional and nutritional studies on edible wide mushroom from northeast India. *Food Chemistry* **63**: 331-334.
 Tominaga, Y., W. Tan and L. M. Tang. 1989. Studies of the life history of *Dictyophora indusiata* Fisch. 1. On the structure of young and mature fruiting bodies, tissues and cultured hyphae. 2. On the growth of the young and mature fruiting bodies and features of the tissues and their culture. *Bulletin of the Hiroshima Agricultural College* **8**(4): 743-766.
 Tomio, O. 1990. *Dictyophora indusiata* f. *lutea* in Ehime Prefecture. *Trans. Mycol. Soc. Japan* **31**: 405-407.
 Wannet, W. J. B., Huub, J. M., Op den Camp, Wisselink, H. W., Cris van der Drift, Leo, J. L. D., Griensven, V. and Vogels G. D. 1998. Purification and characterization of trehalose phosphorylase from the commercial mushroom *Agaricus bisporus*. *Biochimica et Biophysica Acta* **1425**: 177-188.
 Waters Co. PICO-TAG amino acid analysis system operator's manual revision 4.
 Zeng D., Z. Hu and C. Zhou. 1988. A thermophilic delicious "Veiled Lady"-*Dictyophora echinovolvata* Zang, Zheng et Hu. *Edible Fungi of China* **4**: 5-6.