

구름버섯(*Coriolus versicolor*)의 용매 추출물에 대한 항균 및 항산화 활성 조사

한소라 · 노민영 · 이주호 · 오태진

선문대학교 제약공학과

Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities of Solvent Extracts from *Coriolus versicolor*

So-Ra Han, Min-Young Noh, Joo-Ho Lee, and Tae-Jin Oh

Department of Pharmaceutical Engineering, SunMoon University

ABSTRACT Antioxidant activities of various solvent extracts from *Coriolus versicolor* were investigated for their total polyphenol content, total flavonoid content, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) cation radical scavenging activity. *C. versicolor* extracts were produced by organic solvents such as ethanol, ethyl acetate, and methanol. Total polyphenol and flavonoid contents in the ethanol and ethyl acetate extracts were higher than those in the methanol extract. DPPH radical scavenging activity of methanol extract showed the highest value of 80.3%, which was similar to that of ascorbic acid (85.5%). All extracts showed good (>90.0%) ABTS cation radical scavenging activity. The antimicrobial activities of these extracts from *C. versicolor* were evaluated against six strains of bacteria using the disc diffusion method. All extracts showed antimicrobial activities against all tested bacteria except *Staphylococcus aureus*. These results indicate that various extracts from *C. versicolor* could be useful as natural antioxidant and antimicrobial agents.

Key words: ABTS cation radical scavenging activity, *Coriolus versicolor*, DPPH radical scavenging activity, solvent extraction

서 론

최근 서양화된 식생활 변화로 인해 성인병과 만성질환 등 다양한 질병들이 증가되고 있어 건강을 위한 식생활 관리가 요구되고 있으며, 생활수준의 향상으로 건강증진 및 노화억제에 관심이 높아지고 있다. 또한 합성항산화제의 식품첨가에 대한 부작용이 보고되어 천연 항산화 물질 등의 생리활성 물질 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(1-4). 그중에 버섯은 특유한 향과 맛을 가지고 있으며, 여러 영양소를 함유하고 있는 동시에 저칼로리 식품으로 알려져 소비량이 더욱 증가하고 있는 실정이다. 또한 최근에는 버섯의 항균, 항암 효과, 콜레스테롤 함량 저하 효과, 혈압 강하 효과 및 항염증 등 다양한 생리활성에 관한 많은 연구가 보고되었다(5-10). 버섯은 polysaccharides, proteins, lectins, phenols, hericenones, erinacines, terpenoids 등 다양한 생리활성물질을 포함하고 있는 것으로 알려져 있다(11). 버섯유래 β -glucan은 항산화능, 항종양 효과 및 면역증강 효과 등이 보고되었고(12,13), 신경세포 증식인자(NGF; nerve

growth factor) 합성을 촉진하는 hericenone과 erinacine이 확인된 노루궁뎅이버섯은 치매예방 및 뇌세포 발달 관련 건강식품으로 관심이 모아지고 있다(14). 또한 구름버섯(*Coriolus versicolor*)의 Krestin(PSK), 표고버섯의 Letinan 등은 다당류 항암 면역증강제로 개발되어 의약품으로도 이용되고 있다(15,16).

최근 무분별한 항생제의 과도한 남용과 새로운 항생제 개발의 어려움 및 항생제 내성균의 등장 등으로 합성항생제를 대체할 수 있는 천연항균물질을 찾고자 하는 노력이 계속되고 있다(17,18). 버섯류의 항균 활성이 관한 연구로는 양송이버섯의 메탄올 추출물이 *Bacillus subtilis*에 대해 ampicillin보다 높은 항균 활성이 있다고 알려져 있으며, 그물버섯의 메탄올 추출물도 *Staphylococcus aureus*에 대해 항균 활성을 보였다고 보고되었다(19). 그리고 영지버섯의 *Micrococcus luteus*에 대한 높은 항균 활성(20), 표고버섯 애탄을 추출물의 그람양성 및 그람음성균에 대한 높은 항균 활성(8) 등이 보고되었다. 또한 버섯 유래 항균 활성물질에 관한 연구로는 송곳니 구름버섯(*Coriolus versicolor*) 배액에서 분리된 coriolin(21), 주름чат잔 버섯(*Cyathus striatus*) 균사체에서 분리된 striatins A/B/C(22), 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceus*)에서 분리된 chlorinated orcinol 유도체(23) 등 다양한 항균 활성물질들이 현재까지 보고되고

Received 7 August 2015; Accepted 16 October 2015

Corresponding author: Tae-Jin Oh, Department of Pharmaceutical Engineering, SunMoon University, Asan, Chungnam 31460, Korea
E-mail: tjoh3782@sunmoon.ac.kr, Phone: +82-41-530-2677

있다.

구름버섯은 담자균류의 민주름버섯목 구멍장이 버섯과에 속하며, 운지버섯이라고도 불린다. 구름버섯의 polysaccharides는 항암 효과 및 항바이러스, 항박테리아, 항종양 효과 등 다양한 약리 작용에 대하여 일부 보고되었으며(16, 24, 25), 최근에는 감귤농축액에서 배양한 구름버섯 균사체 추출물의 항산화 및 항암 활성, 항균 활성 등이 보고되었다(26-28). 위와 같이 구름버섯의 균사체 추출물을 이용한 항균 및 항산화 연구는 일부 보고되어 있으나, 구름버섯의 자실체를 이용한 추출액으로부터 항균 및 항산화 활성을 연구한 사례는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 용매로 추출한 구름버섯의 추출물을 이용하여 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 등의 항산화 활성과 다제내성 균주에 대한 항균 활성을 디스크 확산법으로 검토하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에 사용한 구름버섯은 전라남도 담양군에서 채취한 것을 구입하여 자연 건조한 후, 이를 분말화하여 추출용 시료로 사용하였다. 본 실험에 사용된 Folin-Ciocalteu's reagent, gallic acid, quercetin, 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) diammonium salt 및 ascorbic acid 등은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였으며, 그 외의 시약은 분석용 특급시약을 사용하였다.

용매 추출

추출용매는 ethanol, ethyl acetate 및 methanol로 각각 추출하였다. 분쇄한 구름버섯 분말 50 g에 ethanol 1 L를 첨가한 후, 상온에서 72시간 동안 교반하여 추출하였다. 추출액은 거즈를 이용해 거른 후 감압여과(ADVANTEC No. 2, Advantec MFS, Inc., Tokyo, Japan) 하여 rotary evaporator(EYELA A-1000S, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 농축시켰다. 동일한 방법으로 ethyl acetate와 methanol 추출물을 각각 제조하였다. 각 추출물은 50 mg/mL의 농도로 dimethyl sulfoxide에 용해시켜 4°C에 보관하면서 사용하였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent와 반응하여 청색으로 발색하는 것을 이용한 Folin-Ciocalteu법으로 측정하였다(29). 구름버섯 추출물 45 μL와 1 N Folin-Ciocalteu reagent(Folin-Ciocalteu : extract, 1:1, v/v) 45 μL를 혼합하여 상온에서 3분간 반응시키고 다시 2% Na₂CO₃ 910 μL를 가하여 실온에서 30분간 방치시킨 후, UV spectrophotometer(MECASYS, Daejeon, Korea)를 사용하여

760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid로 표준곡선을 작성하여 mg of gallic acid as equivalents(GAE)/g of extract로 표시하였으며, 각 3회 반복실험을 실시하여 평균값을 구하였다.

총 플라보노이드 함량

구름버섯 추출물의 총 플라보노이드 함량은 Smith 등(30)의 방법을 이용하여 측정하였다. 구름버섯 추출물 500 μL와 2% AlCl₃ 500 μL를 혼합하여 1시간 동안 실온에서 반응시킨 후, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 하여 표준곡선을 작성하고 mg of quercetin as equivalents(QE)/g of extract로 표시하였으며, 각 3회 반복실험을 실시하여 평균값을 구하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

안정한 라디칼인 DPPH를 이용하는 Blois(31)의 방법을 활용하여 구름버섯의 항산화 활성을 측정하였다. 구름버섯 추출물 30 μL와 0.1 mM DPPH 메탄올 용액 970 μL를 혼합하여 30분간 암소에서 반응시킨 후, UV spectrophotometer를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 실험은 빛을 차단한 상태에서 진행되었으며, 각 실험을 3회 반복하여 평균값을 구하였다. 1 mM ascorbic acid를 대조 구로 사용하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}} \right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능 측정은 Re 등(32)의 방법을 이용하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium per-sulfate를 혼합한 후 암소에서 24시간 정도 방치한다. ABTS cation이 형성된 용액을 734 nm에서 흡광도가 0.7이 되도록 phosphate-buffered saline으로 회석하였다. 구름버섯 추출물 30 μL와 ABTS 용액 970 μL를 혼합하여 암소에서 30분 방치한 후 UV spectrophotometer를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 역시 3회 반복 실험을 실시하여 평균값을 구하였으며, 1 mM ascorbic acid를 대조 구로 사용하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}} \right) \times 100$$

항균 활성 측정

구름버섯 추출물의 복합 항생제 내성 균주에 대한 항균 활성은 디스크 확산법을 통해 검토하였다. 항균 활성 측정에 사용한 균주는 미생물자원센터(Korean Collection for Type Cultures, KCTC, Daejeon, Korea)에서 분양받아 사용하였다. 분양받은 균주는 그람 양성균인 *Bacillus subtilis*(KCTC1918), *Staphylococcus aureus*(KCTC1928),

Micrococcus luteus(KCTC1915)와 그람 음성균인 *Escherichia coli*(KCTC2441), *Pseudomonas aeruginosa*(KCTC 1637), *Enterobacter cloacae*(KCTC1685) 등이며, 분양 받은 각 균주에 대한 구름버섯 추출물의 항균 활성을 디스크 확산법으로 측정하였다(33). 각 시험 균주는 LB 액체배지에 접종한 뒤 37°C에서 24시간 동안 배양하여 흡광도를 0.1로 조절하고 LB 평판배지에 각각의 균주를 면봉으로 도말하였다. 구름버섯 추출물 30 μL를 paper disc(Ø 6 mm, Whatman AA discs, Whatman International, St. Louis, MO, USA)에 분주하여 흡수시킨 다음 도말한 평판배지 위에 부착시키고, 37°C incubator에서 24시간 배양하였다. 24시간이 지난 후 disc의 주위에 생성된 clear zone의 크기를 측정하여 항균 활성을 비교하였다.

통계처리

각 실험은 3회 반복 실시하였으며, 평균±표준편차로 표시하였다. 자료의 통계분석은 PASW Statistics 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며, one way ANOVA로 분산분석 후 Tukey로 검증하였다. 모든 통계적인 유의성은 $P<0.05$ 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

Ethanol, ethyl acetate, methanol 등을 용매로 이용한 구름버섯 추출물들에 대한 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량 측정 결과는 Fig. 1과 Fig. 2에 각각 나타내었다. 구름버섯 추출물의 총 폴리페놀의 함량은 ethanol 추출물과 ethyl acetate 추출물에서 각각 22.76 ± 0.36 mg GAE/g extract와 22.06 ± 0.27 mg GAE/g extract로 높았으며, methanol 추출물에서는 12.71 ± 0.06 mg GAE/g extract로

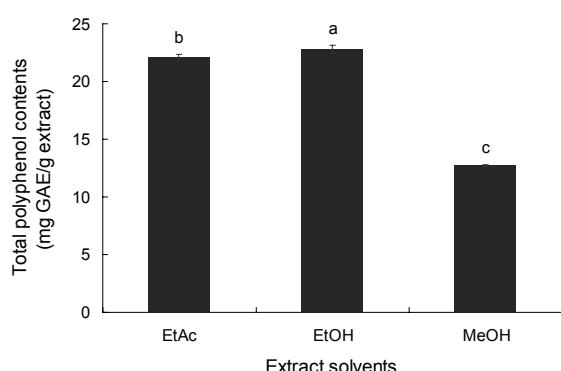


Fig. 1. Total polyphenol content of extracts from *Coriolus versicolor*. The results represent the mean \pm SD of values obtained from three independent experiments. EtAc, ethyl acetate; EtOH, ethanol; MeOH, methanol. Values are expressed as mg gallic acid equivalent (GAE) per g of extract. Means with different letters (a-c) on the bars are significantly different by Tukey ($P<0.05$).

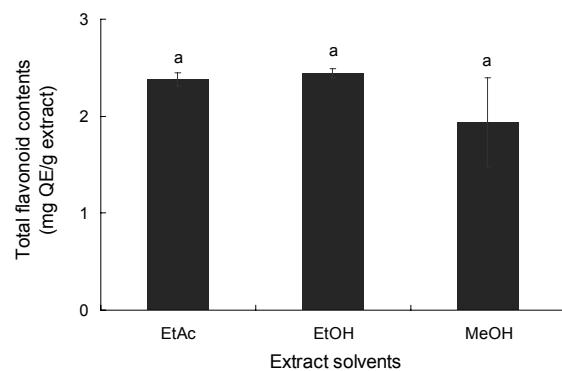


Fig. 2. Total flavonoid content of extracts from *Coriolus versicolor*. The results represent the mean \pm SD of values obtained from three independent experiments. EtAc, ethyl acetate; EtOH, ethanol; MeOH, methanol. Values are expressed as mg quercetin equivalent (QE) per g of extract. Means with the same letter on the bars are not significantly different at $P<0.05$ by Tukey.

낮게 조사되었다. 추출용매에 따라 ethanol 추출물> ethyl acetate 추출물> methanol 추출물 순으로 총 폴리페놀 함량이 조사되었다. 구름버섯 추출물의 총 플라보노이드의 함량은 ethanol 추출물에서 2.44 ± 0.05 mg QE/g extract, ethyl acetate 추출물에서 2.38 ± 0.07 mg QE/g extract, 그리고 methanol 추출물에서는 1.94 ± 0.46 mg QE/g extract로 총 폴리페놀의 결과와 마찬가지로 ethanol 추출물> ethyl acetate 추출물> methanol 추출물 순으로 결과를 나타냈으나 통계학적 유의성은 보이지 않았다. Qi 등(34)에 의하면 methanol로 추출한 식용버섯의 폴리페놀 함량은 상황버섯 317.2 mg GAE/g, 차가버섯 209 mg GAE/g, 동충하초 49.4 mg GAE/g, 아가리쿠스버섯 13.3 mg GAE/g, 표고버섯 10 mg/g이라고 보고하였으며, 플라보노이드는 표고버섯 0.01 mg Ru/g, 아가리쿠스 버섯 0.01 mg Ru/g, 동충하초 9.1 mg Ru/g, 영지버섯 15.5 mg Ru/g, 차가버섯 19.0 mg Ru/g 등으로 보고하였다. 또한 Smith 등(30)은 구름버섯 균사체의 methanol 추출물에서 7.70 mg/g의 폴리페놀 함량과 0.84 mg/g의 플라보노이드 함량이 얻어졌다고 보고하였다. 본 연구에서 추출한 구름버섯은 Qi 등(34)이 보고한 표고버섯과 아가리쿠스버섯보다 폴리페놀과 플라보노이드를 많이 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 또한 Smith 등(30)의 보고보다 높은 함량을 나타내었다. 일반적으로 폴리페놀 함량이 플라보노이드 함량에 비해 높게 나타나는 이유는 폴리페놀이 flavonol과 anthocyanidin 등의 플라보노이드와 phenolic acid와 coumarin 등의 비플라보노이드 화합물 등을 포함하기 때문이다(35,36). 또한 Folin-Ciocalteu reagent를 이용한 폴리페놀 측정은 ascorbic acid, organic acid, sugar 및 aromatic amines 등의 비페놀성 화합물에 의해 방해를 받으므로(37) 높게 나타나는 것으로 사료된다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 DPPH 라디칼과 항산화 물질의

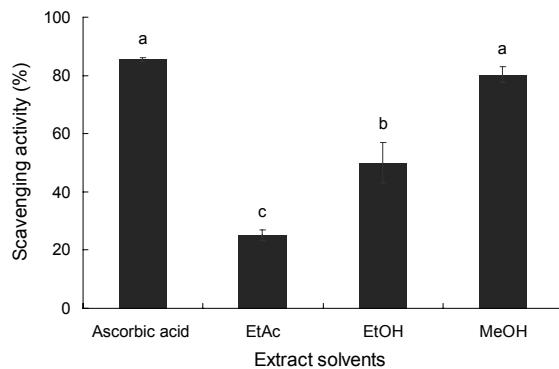


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of extracts from *Coriolus versicolor*. The results represent the mean \pm SD of values obtained from three independent experiments. 1 mM ascorbic acid was used as positive control. EtAc, ethyl acetate; EtOH, ethanol; MeOH, methanol. Means with different letters (a-c) on the bars are significantly different at $P<0.05$ by Tukey.

반응에 의해 DPPH가 탈색되어 감소되는 흡광도를 측정하는 방법으로 항산화 활성을 간단하게 측정할 수 있다(38, 39). 여러 용매에 대한 구름버섯 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 3과 같다. DPPH 라디칼 소거능은 methanol 추출물에서 80.3%로 가장 높게 측정되었고 ethanol 추출물과 ethyl acetate 추출물에서 각각 50.0%와 25.1%를 나타내었다. Methanol 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 대조구인 1 mM ascorbic acid와 통계학적 유의성은 보이지 않았다. Hong 등(40)은 상황버섯 90.1%, 노루궁뎅이버섯 85.3%, 아가리쿠스버섯 88%, 표고버섯 70%의 DPPH 라디칼 소거능을 보고하였으며, 본 연구에서 구름버섯 methanol 추출물의 DPPH 라디칼 소거 능력이 이와 유사한 결과를 나타내었다. 폴리페놀 함량이 DPPH 라디칼 소거능에 중요한 역할을 한다고 보고되었으나 본 연구에서는 DPPH 라디칼과 폴리페놀 함량이 음의 상관관계($r=-0.86$)를 보였으며, 이는 구름버섯이 추출용매에 따라 폐돌성 화합물 외에 추출되는 항산화 물질의 종류와 정도가 다르고 이러한 폐돌성 화합물 이외의 다른 항산화 물질이 DPPH 라디칼을 소거하는 데 작용을 하였을 것으로 사료된다. 일반적으로 anthocyanin과 carotenoid 등의 색소 성분 등이 DPPH 라디칼 소거능을 측정하는 데 방해가 되어 비교적 낮은 측정값을 나타낸다는 보고(41)와 같이, 본 연구에서도 DPPH 라디칼 소거 활성이 ABTS 라디칼 소거 활성보다 낮게 나타났다.

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 ABTS와 potassium persulfate의 24시간 반응으로부터 생성된 ABTS⁺ free radical이 추출물 내의 항산화 물질에 의해 제거되면서 라디칼의 짙은 청록색이 무색으로 탈색되는 원리를 이용한 항산화 활성 측정법이다(32). ABTS 라디칼 소거능은 항산화 활성을 측정하는데 DPPH 라디칼 소거능 측정 방법과 더불어 가장 널리 이용되는 방법이다. 여러 용매에 대한 구름버섯 추출물의

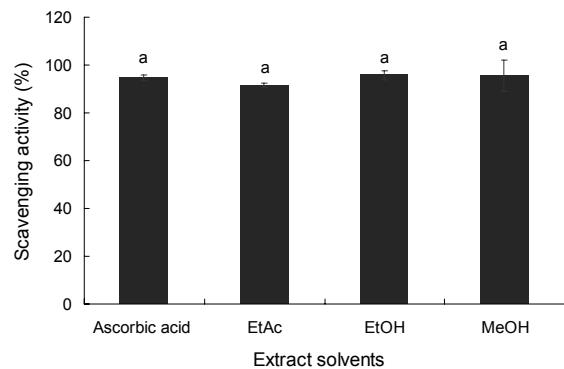


Fig. 4. ABTS cation radical scavenging activity of extracts from *Coriolus versicolor*. The results represent the mean \pm SD of values obtained from three independent experiments. 1 mM ascorbic acid was used as positive control. EtAc, ethyl acetate; EtOH, ethanol; MeOH, methanol. Means with the same letter on the bars are not significantly different at $P<0.05$ by Tukey.

ABTS 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 4와 같다. 구름버섯의 ethanol 추출물과 methanol 추출물에서 각각 95.7%와 95.5%의 높은 활성을 나타냈으며, ethyl acetate 추출물에서 91.5%를 보여 대조구로 사용된 1 mM ascorbic acid의 94.7%와 유사한 결과를 보였다. Hong 등(40)은 80% methanol 추출물(10 mg/mL)에서 상황버섯 95.3%, 노루궁뎅이버섯 87.3%, 영지버섯 74.5%, 표고버섯 70.2%의 ABTS 라디칼 소거능을 보고하였으며, 본 연구에서 수행된 methanol 구름버섯 추출물의 활성은 상황버섯의 활성과 유사한 결과를 보였다. 일반적으로 DPPH 라디칼은 반응속도가 느려 반응시간이 충분하지 않기 때문에 활성이 낮게 나오는 반면, ABTS 라디칼 소거능은 DPPH와 다르게 넓은 pH 범위에서 가능하며 반응속도가 빠르고 DPPH와 달리 색에 의한 방해가 없기 때문에 수치상 높은 값을 나타내는 것으로 알려져 있다. 이러한 결과는 아마란스 꽂(42), 싸리속 식물(43) 및 수수(44) 등 다수의 다른 사례에서도 증명되었으며, 본 연구에서도 같은 결과를 확인할 수 있었다.

구름버섯 추출물의 복합 항생제 내성 균주에 대한 항균 활성

다제내성 균주에 대한 구름버섯 추출물의 항균력은 disc diffusion method를 이용하였다. 3종의 그람 양성균 *B. subtilis*, *S. aureus*, *M. luteus*와 3종의 그람 음성균 *E. coli*, *P. aeruginosa*, *E. cloacae*에 대하여 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다. 구름버섯의 모든 추출물에서 *B. subtilis*, *M. luteus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* 및 *E. cloacae*에 대해 항균 활성을 나타내었고, *S. aureus*에 대해서는 항균 활성이 나타나지 않았다. 구름버섯 ethanol 추출물은 *S. aureus*를 제외한 *P. aeruginosa*(7.3 mm), *E. coli*(7.0 mm), *E. cloacae*(7.5 mm), *M. luteus*(7.8 mm) 및 *B. subtilis*(7.0 mm)에 대해 다소 약한 활성을 보였으며, ethyl acetate 추출물 또한 *S. aureus*를 제외한 나머지 5종, *P. aeruginosa*

Table 1. Antimicrobial activities of various solvent extracts from *Coriolus versicolor* against gram-positive bacteria and gram-negative bacteria

Strains	Diameter of inhibition zone (mm)		
	EtOH	EtAc	MeOH
<i>Bacillus subtilis</i>	+	+	+
<i>Enterobacter cloacae</i>	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	+	+	+
<i>Micrococcus luteus</i>	+	+	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-

EtOH, ethanol; EtAc, ethyl acetate; MeOH, methanol.
-, noinhibition (≤ 6 mm); +, slight inhibition (~10 mm).

(7.0 mm), *E. coli*(6.8 mm), *E. cloacae*(7.2 mm), *M. luteus* (7.0 mm) 및 *B. subtilis*(7.0 mm)에 대하여 전체적으로 약한 항균 활성을 나타내었다. Methanol 추출물은 *B. subtilis*를 제외하고 다른 용매 추출물에 비해 상대적으로 약한 항균 활성을 보였다. 결과적으로 구름버섯의 ethanol, ethyl acetate 및 methanol 추출물 모두 6개의 균주 중 *S. aureus*를 제외한 나머지 5개의 균주 *B. subtilis*, *M. luteus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *E. cloacae*에서 clear zone을 나타냄으로써 대부분의 항균 테스트 균주에 대해서 항균 효과를 가지고 있는 것으로 확인되었다. 폐놀성 화합물과 플라보노이드 등이 항산화, 항균, 면역증진 작용을 하는 것으로 알려져 있으며(45,46), 청미래덩굴 뿌리에서 얻어진 분획 추출물이 폐놀성 화합물의 함량에 비례하여 미생물의 성장 억제 작용을 한다는 보고(47)와 같이 본 연구에서도 폴리페놀 함량이 methanol 추출물에 비해 높게 나타난 ethanol 추출물과 ethyl acetate 추출물에서 항균 활성이 다소 높게 확인되었다. 그리고 폴리페놀 함량과 구름버섯 추출물의 항균 활성이 *S. aureus*와 *B. subtilis*를 제외한 나머지 균주에서 양의 상관관계($0.55 < r < 0.94$)를 갖는 것으로 조사되었으며, 플라보노이드 함량과도 이와 유사한 경향을 보여 폴리페놀과 플라보노이드 등이 항균력에 영향을 주는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 약용 버섯으로 쓰이는 구름버섯을 ethyl acetate, ethanol 및 methanol 등으로 추출하고 각 추출용매에 따른 구름버섯 추출물로부터 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 측정하였으며, DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능 등의 항산화 활성 및 항균 활성을 조사하였다. 구름버섯의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 ethyl acetate와 ethanol 추출물에서 methanol 추출물보다 높게 나타났다. DPPH 라디칼 소거능은 methanol 추출물이 대조구로 사용한 1 mM ascorbic acid의 DPPH 라디칼 소거능과 유사한 약 80% 소거능을 보여주었으며, ethanol 추출물과 ethyl acetate 추출물보다 유의적으로 높았다. ABTS 라디칼 소거능은 모든 추출물에서 ascorbic acid의 활성과 유사

한 약 90% 소거능이 측정되었다. 결과적으로 추출용매의 종류에 따라 DPPH 라디칼 소거능은 영향을 받지만, ABTS 라디칼은 극성 및 비극성 물질 모두와 반응하여 소거되므로 추출용매의 영향 없이 높은 ABTS 라디칼 소거능을 나타내었다. 그리고 구름버섯의 항균 활성 측정 결과 모든 추출물에서 *S. aureus*를 제외한 모든 균주에 대한 활성을 확인할 수 있었으며, 다양한 다제내성 균주에 대한 구름버섯의 항균 활성은 구름버섯이 천연 항균 소재로서의 가능성이 있음을 보여주는 의미 있는 결과이다. 또한 DPPH 라디칼과 ABTS 라디칼 소거능이 ascorbic acid와 같이 높은 항산화능을 보임으로써 구름버섯이 천연 항산화제로서 이용 가치가 있음을 확인할 수 있었다. 이렇게 항균 및 항산화 활성을 동시에 나타내는 구름버섯은 향후 분야별 허용 추출용매를 이용하여 추출방법 및 추출조건 등을 일부 변형한다면 건강기능성 식품 및 화장품 등에 첨가 가능한 원료소재로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Choi OK, Kim Y, Cho GS, Sung CK. 2002. Screening for antimicrobial activity from Korean plants. *Korean J Food & Nutr* 15: 300-306.
- Han JH, Moon HK, Chung SK, Kang WW. 2013. Comparison of antioxidant activities of radish Bud (*Raphanus sativus L.*) according to extraction solvents and sprouting period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1767-1775.
- Lee HJ, Do JR, Jung SK, Kim HK. 2014. Physiological properties of *Sarcodon aspratus* extracts by ethanol concentration. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 656-660.
- Kang HW. 2012. Antioxidant and anti-inflammatory effect of extracts from *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1072-1078.
- Cha EJ, Hwang YJ, Kim SH. 2004. Studies on physiological functionality proposal of *Coriolus versicolor* (Fr.) Quel and *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. *Korean J Human Ecol* 7: 31-46.
- Kabir Y, Kimura S. 1989. Dietary mushrooms reduce blood pressure in spontaneously hypertensive rats (SHR). *J Nutr Sci Vitaminol* 35: 91-94.
- Kawagishi H, Inagaki R, Kanao T, Mizuno T, Shimura K, Ito H, Hagiwara T, Nakamura T. 1989. Fractionation and antitumor activity of the water-insoluble residue of *Agaricus blazei* fruiting bodies. *Carbohydr Res* 186: 267-273.
- Kim YD, Kim KJ, Cho DB. 2003. Antimicrobial activity of *Lentinus edodes* extract. *Korean J Food Preserv* 10: 89-93.
- Park MH, Oh KY, Lee BW. 1998. Anti-cancer activity of *Lentinus edodes* and *Pleurotus astreatus*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 702-708.
- Park JW, Kim T, Lim DJ, Lee HB, Joo YS, Park YI. 2004. Antibacterial activities of mushroom liquid culture extracts against livestock disease-causing bacteria and antibiotic resistant bacteria. *Korean J Mycol* 32: 145-147.
- Mizuno T. 1999. Bioactive substances in *Hericium erinaceus* (Bull.:Fr.) Pers. (Yamabushitake), and its medicinal utilization. *Int J Med Mushr* 1: 105-119.
- Mizuno M, Morimoto M, Minato K, Tsuchida H. 1998. Polysaccharides from *Agaricus blazei* stimulate lymphocyte T-cell subsets in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 434-

437.

13. Nakajima A, Ishida T, Koga M, Takeuchi T, Mazda O, Takeuchi M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* Murill on antibody-producing cells in mice. *Int Immunopharmacol* 2: 1205-1211.
14. Kawagishi H, Shimada A, Hosokawa S, Mori H, Sakamoto H, Ishiguro Y, Sakemi S, Bordner J, Kojima N, Furukawa S. 1996. Erinacines E, F, and G, stimulators of nerve growth factor (NGF)-synthesis, from the mycelia of *Hericium erinaceum*. *Tetrahedron Lett* 37: 7399-7402.
15. Chihara G, Hamuro J, Maeda Y, Arai Y, Fukuoka F. 1970. Fraction of the polysaccharides with marked antitumor activity, especially lentinan, from *Lentinus edodes* (an edible mushroom). *Cancer Res* 30: 2776-2781.
16. Tsukagoshi S, Ophashi F. 1974. Protein-bound polysaccharide preparation, PS-K, effective against mouse sarcoma-180 and rat ascites hepatoma AH-13 by oral use. *Gann* 65: 557-558.
17. Choe SB, Kang ST. 2014. Investigation of antimicrobial activity and stability of *Orixa japonica* Thunb. leaf extract. *Korean J Food Sci Technol* 46: 39-43.
18. Youm TH, Lim HB. 2010. Antimicrobial activities of organic extracts from fruit of *Thuja orientalis* L. *Korean J Medicinal Crop Sci* 18: 315-322.
19. Barros L, Cruz T, Baptista P, Estevinho LM, Ferreira IC. 2008. Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food Chem Toxicol* 46: 2742-2747.
20. Gao Y, Tang W, Gao H, Chan E, Lan J, Li X, Zhou S. 2005. Antimicrobial activity of the medicinal mushroom *Ganoderma*. *Food Rev Int* 21: 211-229.
21. Takeuchi T, Iinuma H, Iwanaga J, Takahashi S, Takita T, Umezawa H. 1969. Coriolin, a new Basidiomycetes antibiotic. *J Antibiot (Tokyo)* 22: 215-217.
22. Anke T, Oberwinkler F, Steglich W, Hofle G. 1977. The striatins - new antibiotics from the basidiomycete *Cyathus striatus* (Huds. ex Pers.) Willd. *J Antibiot (Tokyo)* 30: 221-225.
23. Okamoto K, Sakai T, Shimada A, Shirai R, Sakamoto H, Yoshida S, Ojima F, Ishiguro Y, Kawagishi H. 1993. Antimicrobial chlorinated orcinol derivatives from mycelia of *Hericium erinaceum*. *Phytochem* 34: 1445-1446.
24. Park EK, Kim BK. 1997. Antineoplastic components of mushrooms: antineoplastic activities of PS-K, a protein-bound polysaccharide of *Coriolus versicolor* (Fr.) Quel. *Kor J Mycol* 5: 25-30.
25. Park KR, Lee WJ, Cho MG, Park ES, Jeong JY, Kwon OS, Yoon HS, Kim KY. 2010. Effects of the extracts from *Gyrophora esculenta* and *Coriolus versicolor judae* mycelia on the growth of intestinal bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 820-825.
26. Lee BW, Lee MS, Park KM, Kim CH, Ahn PU, Choi CU. 1992. Anticancer activities of the extract from the mycelia of *Coriolus versicolor*. *Kor J Appl Microbial Biotechnol* 20: 311-315.
27. Lee SJ, Moon SH, Kim T, Kim JY, Seo JS, Kim DS, Kim J, Kim YJ, Park YI. 2003. Anticancer and antioxidant activities of *Coriolus versicolor* culture extracts cultivated in the citrus extracts. *Kor J Microbiol Biotechnol* 31: 362-367.
28. Lee JS, Kim T, Lee YH, Jin CM, Kim HG, Kim WJ, Oh DC, Park YI. 2006. Antimicrobial activity of the *Coriolus versicolor* liquid culture extracts against antibiotic resistant bacteria and purification of active substance. *Korean J Mycol* 34: 92-97.
29. Singleton VL, Rossi Jr JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16: 144-158.
30. Smith H, Doyle S, Murphy R. 2015. Filamentous fungi as a source of natural antioxidants. *Food Chem* 185: 389-397.
31. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
32. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
33. Kim MK, Park H, Oh TJ. 2012. Antibacterial properties associated with microorganisms isolated from Arctic lichens. *Korean J Microbiol Biotechnol* 40: 380-388.
34. Qi Y, Zhao X, Lim YI, Park KY. 2013. Antioxidant and anticancer effects of edible and medicinal mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 655-662.
35. Hollman PCH, Hertog MGL, Katan MB. 1996. Analysis and health effects of flavonoids. *Food Chem* 57: 43-46.
36. Robbins RJ. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J Agric Food Chem* 51: 2866-2887.
37. Prior RL, Wu X, Schaich K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem* 53: 4290-4302.
38. Choi SY, Cho HS, Sung NJ. 2006. The antioxidative and nitrite scavenging ability of solvent extracts from wild grape (*Vitis coignetiae*) skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 961-966.
39. Que F, Mao L, Zhu C, Xie G. 2006. Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate and volatiles. *LWT -Food Sci Technol* 39: 111-117.
40. Hong MH, Jin YJ, Pyo YH. 2012. Antioxidant properties and ubiquinone contents in different parts of several commercial mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1235-1241.
41. Arnao MB. 2000. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends Food Sci Technol* 11: 419-421.
42. Jo HJ, Kim JW, Yoon JA, Kim KI, Chung KH, Song BC, An JH. 2014. Antioxidant activities of amaranth (*Amaranthus* spp. L.) flower extracts. *Korean J Food & Nutr* 27: 175-182.
43. Kim SM, Jung YJ, Pan CH, Um BH. 2010. Antioxidant activity of methanol extracts from the genus *Lespedeza*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 769-775.
44. Awika JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos L. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J Agric Food Chem* 51: 6657-6662.
45. Clark AM, El-Ferally AS, Li WS. 1981. Antimicrobial activity of phenolic constituents of *Magnolia grandiflora* L. *J Pharm Sci* 70: 951-952.
46. Shon JS, Kim MK. 1988. Effects of hesperidin and naringin on antioxidative capacity in the rat. *Korean J Nutr* 31: 687-696.
47. Song JH, Kim HS, Kim YG, Son BG, Choi YW, Kang JS. 1999. Antimicrobial activity of extract from *Smilax china*. *J Agri Tech Dev Inst* 3: 163-168.