

맛버섯 에탄올 추출물의 생리활성

조세현¹, 진경언¹, 우양¹, 정경주², 윤형식³, 유영복³, 박기문^{1*}

¹성균관대학교 식품생명공학과, ²전라남도 농업기술원, ³농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과

Physiological activity of *Pholiota nameko* sp. ethanol extract

Se-hyun Jo¹, Gyoung-ean Jin¹, Yu yang¹, Kyung-Ju Jung², Hyung-Sik Yun³, Young-bok Yu³ and Ki-Moon Park^{1*}

¹Department of Food Science & Biotechnology, Sungkyunkwan University

²Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services

³Mushroom research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received November 29, 2010, Revised December 20, 2010, Accepted December 22, 2010)

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the physiological activities of the ethanol extracts from 10 different strains of *Pholiota nameko*. In addition, the β -glucan and polyphenol contents from these strains were also measured. Total polyphenol contents from all the strains were more than 40 mg% with the highest content of 61.50±0.59 mg% and β -glucan contents were 30% with the highest content of 37.20±1.12%. The highest inhibitory activities on α -amylglucosidase activity and nitric oxide production were 13.78±0.56% and 56.59±7.11%, respectively. However, ethanol extracts from all the strains have little effects on DPPH radical and nitrite scavenging rates and the activity of angiotensin I converting enzyme. The cytotoxic activity of ethanol extracts from all the strains on A549 cell was shown upto 30% with the highest effect of 47.96±8.46% treated at 1 mg/mL concentration.

KEYWORDS : Cytotoxic activity, *Pholiota nameko*, Physiological activity

서론

버섯은 일반적인 균류와 다르게 대형 자실체를 이루는 것이 큰 특징으로 대부분이 담자균류와 자낭균류에 속하는 고등균류이다(Kim 등, 2003). 우리나라에서 식용으로 이용되고 있는 버섯류 중 대표적인 것으로 느타리 및 표고, 양송이, 송이버섯 등이 있으며 1965년경부터 농가소득 향상을 위한 장려정책으로 인공재배법이 널리 보급되면서 계절에 구애 받지 않고 식용으로 이용할 수 있게 되었고 영양학적으로 우수한 식품으로 인정받고 있다(Yang 등, 1996). 그리고 다양한 버섯들로부터 면역증강 및 항암, 항바이러스, 항당뇨, 항혈전, 항고혈압 등의 생리활성 효과가 밝혀져 건강식품 또는 기능성 식품으로 생산과 소비가 증가추세에 있다(Hong과 Kim, 1988). 이처럼 버섯류는 기호식품 및 기능성 식품으로의 제품화할 부가가치가 높은 식품소재라 할 수 있으며 담자균류의 생리활성에 관한 연구는 수종의 담자균류로부터 분리한 물질의 항균성분에 대한 보고를 시작으로 그

들에 대한 성분확인 및 다양한 생리활성에 관한 연구가 이루어져 왔다(Bose, 1955). 맛버섯(*Pholiota nameko*)은 일명 나도팽나무버섯으로도 알려져 있으며 봄부터 가을에 걸쳐 활엽수의 고목, 죽은 가지, 그루터기 위에 다발 발생하는 목재 갈색 부후성 버섯으로, 한국 및 일본, 중국, 북아메리카 등 북반구 일대에 분포한다(박과 이, 1999). 분류학적으로 주름버섯목(Agaricales), 독청버섯과(Strophariaceae), 비늘버섯속(*Pholiota*)의 일종으로 갓표면에서는 인피와 점성이 있어 “나메꼬”라는 명칭이 유래되었으며 갓의 지름이 2-5cm, 대는 지름 1-1.6cm, 길이 4cm이며 식용 및 약용으로 쓰이는 버섯이다(Lee, 1982). 맛버섯은 현재 국내에서 일부 재배되고 있지만 일본에서는 네 번째로 소비가 많은 버섯으로 맛버섯에 관한 연구는 주로 일본에서 이루어졌으며 우리나라에서는 대부분 재배방법에 대한 연구(차 등, 2003)가 진행되었고, 우리나라에서 맛버섯의 기능성에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 품종 개량중인 맛버섯 10계통을 사용하여 다양한 생리활성을 비교 분석하였다.

* Corresponding author : Ki-Moon Park, Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi 440-746, Korea, Tel : 82-31-290-7806 (017-353-7806), Fax : 82-31-290-7816, E-mail : pkm1001@skku.edu

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 맛버섯은 2010년도에 전라남도 농업기

술원에서 재배한 10계통으로 M-900, M-1495, M-1528, M-1548, M-1630, M-1690, M-2444, M-3959, M-4018, M-4019의 자실체를 사용하였다.

추출물 제조

버섯 자실체를 동결건조시켜 분쇄한 후 건조 시료 20배 (v/w)의 80% ethanol을 가하여 상온에서 48시간 추출한 후 흡입 여과하였고, 여과액을 감압 농축하여 에탄올 추출물을 제조하였다.

Polyphenol 함량분석

총 폴리페놀 화합물의 함량은 Folin-Denis(Swain 등, 1959)법으로 측정하였다. 즉 시료를 10 mg/mL로 증류수에 녹인 다음 0.1 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma, USA) 0.5 mL를 첨가한 후, 혼합하여 3분간 실온에서 방치하였다. 여기에 20% Na₂CO₃ 1 mL를 가하여 혼합하고 증류수를 8.4 mL가하여 실온에서 1시간 동안 반응시키고 750 nm에서 UV/Vis spectrophotometer(Ultrospec 3100 pro, Amersham Biosciences, Sweden)를 이용해서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 화합물은 gallic acid(Sigma, USA)를 이용하여 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

β -glucan 함량 측정

베타글루칸 함량은 BETA-GLUCAN kit(Megazyme, Ireland)를 사용하여 측정하였다. 즉, β -glucan의 함량은 total glucan과 β -glucan의 당 함량을 구한 후, 두 개의 당 함량 차이로 β -glucan을 측정하였다. 즉, 시료 100 mg에 37% 염산 1.5 mL를 첨가하여 100°C에서 2시간 동안 가수분해시킨 후 2 N KOH를 이용하여 pH를 조정하였다. 가수 분해액을 200 mM의 sodium acetate buffer(pH 5.0)로 희석한 후 원심분리하고 상층액 100 μ L을 취하여 exo 1,3- β -glucanase와 β -glucosidase를 첨가한 후 glucose determination reagent(Megazyme, Ireland)를 첨가하고, 510 nm에서 흡광도를 측정하여 total glucan과 glucan 이외의 당 함량을 분석하였다. α -glucan의 당함량은 시료에 2 M KOH를 넣고 20분간 얼음이 채워진 수욕에서 반응 후 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8)를 첨가하고 amyloglucosidase와 invertase 를 넣고, 새 튜브에 옮겨 GOPOD reagent 3 mL를 넣어 40°C에서 20분간 반응시킨 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

β -glucan 함량은 다음의 식을 이용하여 분석하였다.

$$\text{Total glucan}(\%/w) = \Delta E \times F/W \times 90$$

$$\alpha\text{-glucan}(\%/w) = \Delta E \times F/W \times 90 \text{ (final volume 100 mL)}$$

$$\beta\text{-glucan} = \text{Total glucan} - (\beta\text{-glucan})$$

$$\Delta E = \text{reaction absorbance} - \text{blank absorbance}$$

$$F = 100/\text{GOPOD reagent absorbance for 100ug of D-glucose standard}$$

$$W = \text{weight of sample}$$

전자공여능 측정

DPPH 소거능 실험은 Blois의 방법(Blois, 1958)에 따라 99.9% methyl alcohol에 녹인 0.05 mM DPPH solution 3.9 mL에 버섯시료 에탄올 추출물(10 mg/mL) 0.1 mL를 넣고 10초간 혼합한 후 빛을 차단한 상태에서 30분간 상온에서 반응시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. positive control은 ascorbic acid(1 mg/mL)를 사용하였으며, DPPH 소거능은 다음과 같이 시료 용액의 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도의 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH radicals scavenging activity}(\%) = \{1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구 흡광도})\} \times 100$$

아질산염 소거능

맛버섯 추출물의 nitrite scavenging activity는 Gray와 Dugan의 방법(Gray와 Dugan, 1975)에 따라 시료(10 mg/mL) 1 mL에 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL를 가한 뒤 0.1 N HCl로 pH 1.2가 되게 조절한 후 총량이 10 mL가 되도록 조절하였다. 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후 반응액 1 mL을 취해 2% acetic acid 5 mL 및 30% acetic acid로 제조한 Griess시약(1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine = 1:1 혼합액) 0.4 mL와 혼합하였다. 이 혼합액을 상온에서 15분간 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염 소거율을 계산하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 동량의 증류수를 가하여 측정하였으며 positive control은 ascorbic acid(Sigma, USA) 1 mg/mL 를 사용하였다.

$$\text{Nitrite scavenging activity}(\%) = (1 - (A - C)/B) \times 100$$

A: 1 mM NaNO₂ 용액에 시료용액을 첨가하여 1시간 방치 후의 흡광도

B: 1 mM NaNO₂ 용액의 흡광도, C: 대조구의 흡광도

세포 독성 시험

세포 독성 실험은 Kotakenara 등(2001)의 방법에 따라 1% streptomycin(Welgene, Korea)과 10% fetal bovine serum(Welgene, Korea)을 포함하는 RPMI-1640와 Dulbecco's modified Eagle's medium(DMEM, Welgene, Korea)배지를 사용하였으며, 세포주는 A549(폐암세포) 및 HT-29(대장암세포), HeLa(자궁경부암세포), NIH3T3(정상 세포)를 사용하였다. 즉 1×10⁴ cell/mL로 96 well plate에 분주하고 37°C, 5% CO₂ incubator에서 24시간 배양한 후, 배양에 사용된 배지를 제거하고 버섯시료 에탄올 추출물 1

mg/mL의 시료를 함유하고 있는 새로운 배지 200 uL를 첨가하였다. 다시 24시간 배양한 후 배지를 제거하고 MTT 시약을 분주하여 4시간 후 ELISA microreader(Biorad, CA)를 이용하여 흡광도를 측정하였으며 Positive control은 Dimethyl sulfoxide(DMSO, Sigma, USA) 1 mg/mL를 사용하였다.

ACE 저해활성

고혈압 발생 원인물질을 생성하는 angiotensin converting enzyme(ACE) 활성저해 효과는 Cushman과 Cheung의 spectrophotometric assay 방법(Cushman과 Cheung, 1971)에 의하여 측정하였다. 즉, 0.1 M NaCl-0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3)로 용해한 12.5 mM HHL(Hip-Hip-Leu, Sigma, USA) 기질 100 uL에 시료(10 mg/mL) 5 uL를 첨가하고 0.1 M NaCl-0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3) 45 uL를 가한 후 37°C에서 5분간 반응시켰다. ACE enzyme은 1 g의 rabbit lung acetone powder(Sigma, USA)에 0.1 M NaCl-0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3) 40 mL을 가해 4°C에서 24시간 교반한 후 4°C, 10,000×g에서 30분간 원심 분리하여 얻은 상등액을 사용하였다. 5분간 반응 후 효소용액 150 uL를 혼합하여 37°C incubator에서 1시간 반응시킨 후 0.5 N HCl 250 uL로 효소반응을 정지시켰다. 여기에 1.5 mL의 ethylacetate를 첨가한 후 1분 이상 충분히 혼합하고 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상등액 1 mL을 취해 120°C dry oven에서 20분간 ethylacetate를 완전히 제거하였다. 잔유물을 1 M NaCl 1 mL로 용해하고 228 nm에서 흡광도를 측정하였으며 positive control은 captopril(Sigma, USA) 10 ug/mL를 사용하였다.

항당뇨 활성

α -1,4 및 α -1,6 글루코시드결합을 분해하는 효소인 α -amylglucosidase(Sigma, USA)를 사용하여 버섯 추출물이 이 효소의 활성을 저해함으로써 단당류의 소화흡수를 저해하는 정도를 측정, 간접적인 항당뇨 활성을 측정하였다. 즉, α -amylglucosidase를 50 mM sodium acetate(pH 5.0)로 희석하고 기질로 20 mg/mL의 maltose용액을 사용하였다. 버섯시료 에탄올 추출물(10 mg/mL) 100 uL와 α -amylglucosidase 100 uL를 넣고 37°C에서 10분간 pre-incubation 후 동량의 기질을 첨가한 후 1시간 반응시키고 0.2 M NaOH를 첨가하여 반응을 종결시킨 다음 0.2 M acetate를 첨가하여 중화시켰다. 그리고 DNS(3,5-dinitrosalicylic acid) 환원당 정량법에 의하여 동량의 DNS를 넣고 90°C에서 10분간 가열하고 실온으로 냉각 후 40% potassium sodium tartrate 1 mL를 첨가한 다음 575 nm에서 흡광도를 측정하였다. 반응 후 생성되는 유리 glucose양을 측정하여 α -glucoamylase의 저해활성을 측정하였다.

Positive control은 acarbose(10 mg/mL)를 사용하였다.

항염 활성

내독소인 lipopolysaccharide(Sigma, USA)를 RAW 264.7 cell에 처리하고 버섯 추출물 시료를 첨가하여, 생성되는 염증 유발물질의 생성량을 비교하였다. 즉, DMEM 배지(Welgene, Korea)를 사용하여 RAW264.7세포를 1×10^6 cell/well로 조절한 후 24 well plate에 접종하고 버섯시료 에탄올 추출물(1 mg/mL)과 LPS를 동시 처리해서 20시간 배양하였다. 생성된 NO의 양은 griess reagent system 이용하여 NO₂를 측정하였다. 즉, 세포배양 상등액과 griess 시약을 1:1 양으로 혼합하여, 96-well plate에 반응 후 측정하였으며 positive control은 dexamethasone(Sigma, USA) 1 ug/mL를 사용하였다.

결과 및 고찰

Polyphenol 함량분석

맛버섯 10계통의 polyphenol 함량을 분석한 결과는 Fig 1과 같이 M-1548에서 61.50 ± 0.59 mg%로 가장 많은 함량을 나타내었고 그 다음으로 M-2444 59.40 ± 1.02 mg%, M-3959 59.38 ± 2.21 mg%, M-4018에서 58.38 ± 0.99 mg%의 높은 순을 나타냈다. 그리고 가장 낮은 함량을 나타낸 것은 M-900으로 39.46 ± 0.36 mg%이었다. 페놀성 화합물은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로 항산화 및 항균 활성 등의 생리 활성 기능을 나타내며 일반적으로 페놀성 화합물이 항산화 활성을 나타내는 물질로 작용하는 것으로 알려져 있다(Durkee와 Thivierge, 1977; Kozłowska 등, 1983). 또한 guaiacol 및 resorcinol 등의 페놀성 물질은 니트로화 반응을 강력하게 억제한다고 보고하였다(Cooney와 Ross, 1978). Um 등(2010)에 의하면 느타리속 버섯류 18종의 에탄올 추출물의 polyphenol 함량은 20 mg% 이상 함유되어 있고 그 중 가장 생리활성이 좋은 노랑느타리버섯에서 39.13 mg% polyphenol 함량을 나타낸 것으로 보아 맛버섯은 대체로 일반 느타리버섯 보다 높은 polyphenol 함량을 나타냈다.

β -glucan 함량측정

일반적으로 담자균류의 자실체는 β (1→3) 및 β (1→4), β (1→6)결합 등 복잡한 구조를 이루고 있으며, 배양균사체의 경우도 균사체 내 β -glucan을 함유하거나 배지 내로 분비하며, β -1,3-glucan을 주쇄로 하여 β -1,6-glucan이 함유된 다당류가 풍부하게 존재하는 것으로 보고되었다(Nakajima 등, 2002). 맛버섯 10계통의 β -glucan을 분석한 결과 Fig 2와 같이, M-1548에서 $37.20 \pm 1.12\%$ 으로 가

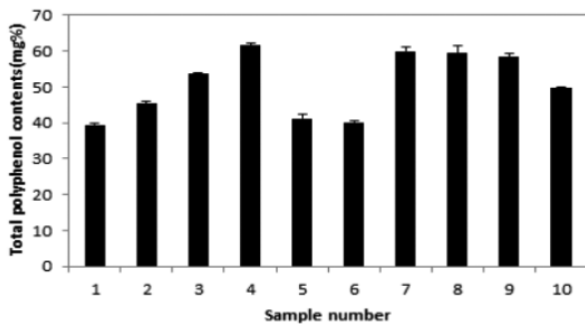


Fig. 1. Total polyphenol contents of ethanol extracts from *Pholiota nameko* strains. Values represent the mean \pm SD of three replications. Sample numbers indicate the names which mean the different strains from *Pholiota nameko*. 1, M-900; 2, M-1490; 3, M-1528; 4, M-1548; 5, M-1630; 6, M-1690; 7, M-2444; 8, M-3959; 9, M-4018; 10, M-4019.

장 높은 β -glucan 함량을 나타냈으며, 그 다음으로 M-900 $36.35\pm 1.11\%$, M-1630 $36.24\pm 1.27\%$ 순으로 나타났고 M-4018이 $28.36\pm 0.43\%$ 로 가장 낮은 α -glucan 함량을 나타냈다. 담자균류 유래의 다당류는 고혈압에 대한 증식억제효과가 높은 것으로 밝혀져 있으며, 건조 버섯 100 g 당 β (1~3)D글루칸 함량은 꽃송이버섯 43.6 g, 잎새버섯 15~20 g, 영지버섯 8~15 g, 송이버섯 18.1 g이 존재하는 것으로 알려져 있다(Miura, 1997; Kajimura와 Suga, 2004). 따라서 본 실험에 사용된 맛버섯은 전반적으로 다른 버섯류에 비해 β -glucan 함량이 높아 면역 및 항암활성이 높은 것으로 판단되었고 이렇듯 가장 많은 베타글루칸 함량을 가지고 있는 꽃송이버섯에 비해 맛버섯은 다소 함량이 낮았으나 잎새버섯 및 영지버섯, 송이버섯에 비해서는 베타글루칸 함량이 높은 것으로 나타났다.

전자공여능 측정

생체 내 free radical 생성을 억제하는 것은 질병예방을 위한 중요한 대사작용으로 활성산소를 제거하기 위한 생체 방어 시스템은 효소적 방어체제와 식품을 통해 섭취 가능한 항산화 물질에 의한 비효소적 방어체제가 있다(Gardner와 Fridovich, 1991). 따라서 항산화 물질을 함유한 식품을 섭취함으로써 항산화 물질간의 상호작용으로 free radical 이나 활성산소에 대한 생체방어 시스템을 지속적으로 유지할 수 있다. DPPH radical 소거활성을 10 mg/mL에서 측정 한 결과 Fig 3과 같이 맛버섯 10계통 대부분의 DPPH 소거활성은 3% 미만으로서 같은 농도로 처리한 주요 식용버섯인 애너타리버섯 36.61%, 송이버섯 36.04%(최 등, 2010)에 비해 전체적으로 낮은 free radical 생성 억제능을 나타냈다. 또

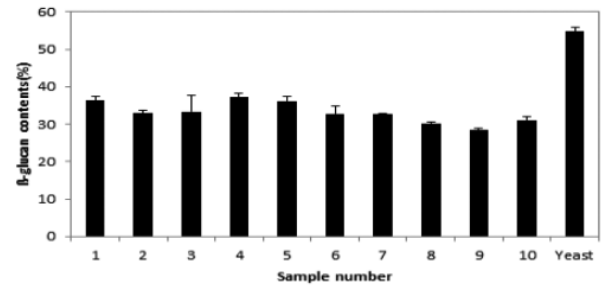


Fig. 2. β -glucan contents of *Pholiota nameko* strains. Values represent the mean \pm SD of three replications. See Fig 1 for abbreviation about sample number.

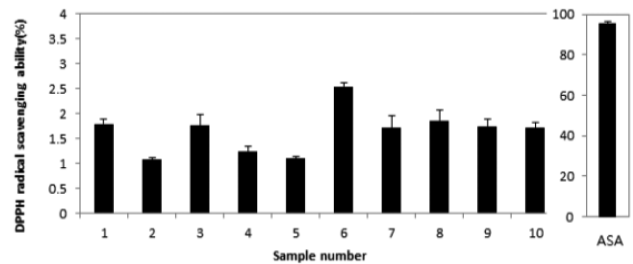


Fig. 3. Free radical scavenging ability of ethanol extracts from *Pholiota nameko* strains. Values represent the mean \pm SD of three replications. ASA, ascorbic acid. See Fig 1 for abbreviation about sample number.

농림부(2007)에 따르면 맛버섯이 속하는 비늘버섯속 19종의 DPPH 소거활성을 비교한 결과 열수 추출물의 경우 평균 37.7%로 가장 낮은 수치는 11.5%, 가장 높은 수치는 72.7%이고 메탄올 추출물의 경우 평균 17.97%로 활성이 나타나지 않는 것부터 70.8%까지 다양한 수치를 보여줬다. 이 수치를 보았을 때 비늘버섯속 버섯들의 DPPH 소거활성 인자는 알콜보다 극성이 높은 물 추출물에 높은 함량이 있다는 것을 알 수 있으며, 본 실험에 사용한 맛버섯 10계통은 비록 활성은 미미하지만 열수 추출에 의한 단백다당체는 알콜 추출물보다 더 높은 DPPH 소거활성을 보일 것이라 생각한다.

아질산염 소거능

식품첨가물 중에는 nitrates가 포함되어 있으며, 이 질소화합물이 위내에서 발암물질인 nitrite로 변화된다. 이러한 nitrite와 amine류를 많이 함유하고 있는 음식물들을 동시에 섭취했을 경우 위내에서 발암성 물질인 nitrosoamine이 생성될 확률이 높다고 한다(Park 등, 1995). 맛버섯 추출물을 계통 별로 pH 1.2에서 반응시킨 후 아질산염 소거능을 측정 한 결과는 Fig 4와 같다. 즉, 아질산염 소거능은 맛버섯 M-1528에서 $7.99\pm 0.19\%$ 로 가장 높았으나 식용버섯으로 갈

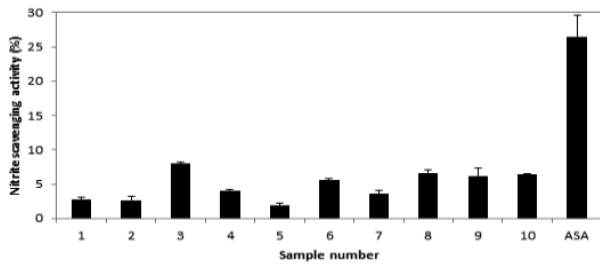


Fig. 4. Nitrite scavenging activity of ethanol extracts from *Pholiota nameko* strains. Values represent the mean±SD of three replications. ASA, ascorbic acid. See Fig 1 for abbreviation about sample number.

은 농도에서 40%와 30% 이상을 보이는 느타리버섯이나 표고버섯(최 등, 2010)에 비하면 미미한 소거율로 나타났다.

세포 독성 시험

맛버섯 추출물의 항암활성을 알아보기 위하여 폐암세포(A549) 및 대장암세포(HT-29), 자궁경부암세포(HeLa), 정상세포(NIH3T3)를 사용하여 MTT assay 방법으로 암 세포 성장 억제 정도를 확인한 결과는 Fig 5와 같이 나타났다. 즉, 버섯시료 에탄올 추출물 1 mg/mL 처리시 암세포에 대한 독성은 대장암세포와 정상세포에서 전반적으로 나타나지 않았고 자궁경부암세포에선 미미한 독성효과를 보였다. 그러나 폐암세포에서 M-4019 47.96%, M-1690 46.06%, M-2444 38.09% 순으로 상대적으로 높은 암 세포 성장 억제가 나타났다. 천연자원으로부터 항암활성이 있는 다당체 분리는 계속 되어오고 있으며, 이중 담자균류의 항암활성이 가장 광범위하게 연구되고 있다. 버섯의 생리활성능에 대한 연구 중 항암효과에 대하여 표고버섯의 경우 액체 배양한 균사체로부터 분리한 단백당체가 항암효과를 가진다고 발표되었다(Lee와 Park, 1998). 또한 아가리쿠스버섯 추출물의 임상적 이용에 대해서도 자궁경부암환자에서 경구투여 시 보조적 효과에 대해서도 발표된 바 있고 맛버섯 에탄올 추출물이 Earle's Balanced Salt Solution 첨가 배지에서 배양된 HeLa cell의 증식을 억제한다는 보고가 있다(Ahn 등, 2004; Chung, 1979). 본 실험에 사용된 맛버섯 10계통의 경우 폐암세포와 자궁경부암세포에서 암세포 성장억제효과를 확인할 수 있었다.

ACE 저해활성

혈압상승은 불활성형인 angiotensin I이 angiotensin II로 전환되고 혈관확장제인 bradykinin이 활성화되지 않고 sodium의 혈관 내 축적으로 인하여 혈압이 상승하게 되는데, 고혈압의 치료제로 사용되는 ACE억제제는 angiotensin II의

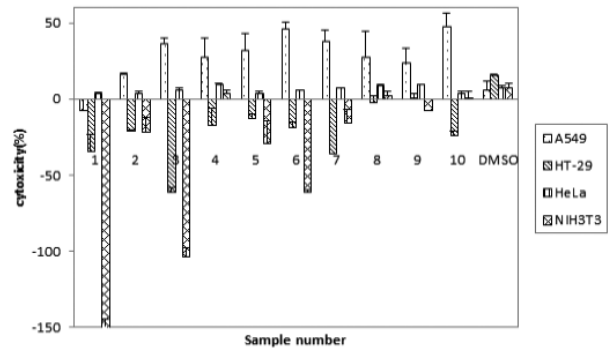


Fig. 5. Cytotoxic activities of ethanol extracts from *Pholiota nameko* strains, on normal cell(NIH3T3, fibroblast) and cancer cell(A549, Lung; HT-29, Large Intestine; HeLa, Cervical). Values represent the mean±SD of three replications. DMSO(Dimethyl sulfoxide). See Fig 1 for abbreviation about sample number.

생성을 저해함으로써 bradykinin을 활성화시켜 sodium을 혈관 밖으로 배출 되도록 촉진작용을 함으로서 혈압을 떨어뜨린다고 보고되어 있다(Kim 등, 1999). 맛버섯 10계통의 ACE 활성 저해 효과를 측정한 결과 Fig 6과 같으며, 맛버섯 M-1528에서 8.43±0.8%를 나타내었고, 나머지 계통은 미미한 활성 저해 효과를 나타내 항고혈압 활성은 거의 없는 것으로 판단 되었다. Kim 등(2008)의 연구에 의하면 송이즙의 항고혈압 활성은 양성대조구로 사용된 captopril과 비교해 보았을 때 우수한 생리활성을 보인다고 보고하였다. 그리고 Choi 등(2001)이 연구한 결과에 따르면 ACE 저해 활성 효과는 왕송이 버섯 자실체의 경우 61.3%, 잎새버섯 58.7%, 운지버섯 37.7%, 술잔버섯 37.5%로 보고되었다.

항당뇨 활성

본 실험에 사용된 α-amyloglucosidase는 α-1,4 및 1,6 glucoside 결합을 가수분해하는 효소로 이 효소의 활성 억제를 측정하였다. 그 결과 Fig 7과 같이 맛버섯 M-4018에서 15.92±0.51%로 가장 높은 유리 포도당의 생성 감소를 나타냈고, 전반적으로 맛버섯 10계통에서 10% 이상의 효소 저해활성을 보였으나, 50% 이상의 저해활성을 보이는 노랑느타리버섯에 비해 그 효과가 미미한 것으로 나타났다(Um 등, 2010).

항염 활성

대식세포는 선천면역 및 획득면역 등 여러 숙주반응에 관여함으로써 항상성유지에 관여하는 것으로 알려져 있으며, 염증반응 시에는 nitric oxide와 cytokine을 생산하여 감염 초기에 생체방어에 중요한 역할을 한다. 일반적으로 nitric oxide는 체내 방어기능과 신호전달기능 등 다양한 생리 기

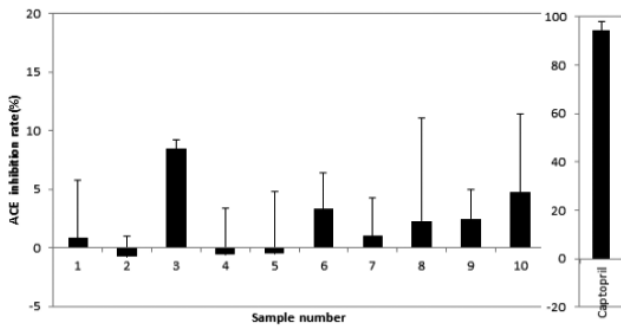


Fig. 6. Angiotensin I converting enzyme(ACE)-inhibitory effects of ethanol extracts from *Pholiota nameko* strains. Values represent the mean \pm SD of three replications. See Fig 1 for abbreviation about sample number.

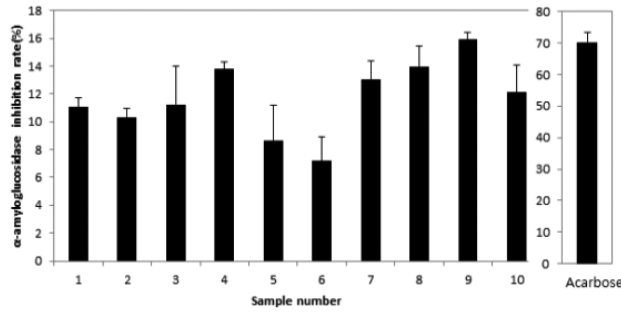


Fig. 7. a-amylglucosidase inhibitory effects of ethanol extracts from *Pholiota nameko* strains. Values represent the mean \pm SD of three replications. See Fig 1 for abbreviation about sample number.

능을 가지고 있으나, 과량의 nitric oxide는 염증반응을 촉진시킨다(Higuchi 등, 1990). 대식세포인 RAW 264.7 세포에 염증성 매개물질을 증가시키는 LPS(100 ng/mL)를 첨가하여 nitric oxide의 생성을 유도한 후 맛버섯 추출물을 1 mg/mL로 처리하였을 때 nitric oxide 생성억제 결과는 Fig 8과 같다. 즉, LPS를 단독으로 처리했을 때 nitric oxide는 54.91 ± 1.77 uM이 생성 되었으나 맛버섯 M-1630에서 23.83 ± 4.75 uM, M-4018에서 26.12 ± 0.3 uM, M-900에서 31.81 ± 0.18 uM로 이는 nitric oxide 생성을 40% 이상 억제하는 높은 저해율을 나타내며 그 외의 계통에서도 전반적으로 10~20% 수준의 저해율을 나타냈다. 맛버섯 다당류 추출물은 노화모델 mouse에 thymus와 spleen 지수를 향상시킴으로서 면역 활성을 높인다는 보고가 있으며(Cui와 Li, 2004), 따라서 맛버섯 10계통은 비록 nitric oxide 생성 저해 능력이 잘 알려진 새송이버섯이나 양송이버섯(최 등, 2010)에는 미치지 못하지만 맛버섯 일부 계통은 비교적 높은 nitric oxide 저해활성을 보였다.

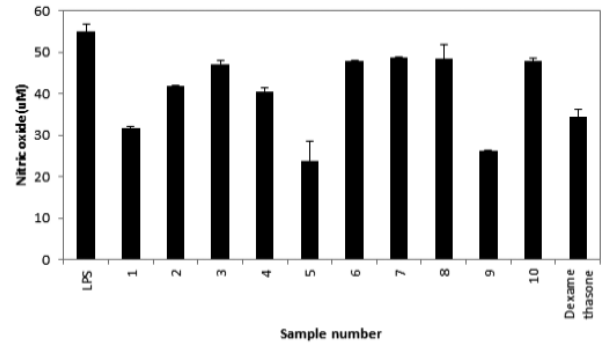


Fig. 8. Inhibitory effects of ethanol extracts from *Pholiota nameko* strains on nitric oxide production in LPS-activated macrophages. Values represent the mean \pm SD of three replications. See Fig 1 for abbreviation about sample number.

적요

맛버섯 10계통의 에탄올 추출물에 대한 polyphenol 및 β -glucan 함량을 분석하고, 생리활성으로 항산화 및 항암, 항고혈압, 항당뇨, 항염활성을 측정하였다. Polyphenol 함량에서는 전 계통에서 전반적으로 40 mg% 함량 이상이었고, 맛버섯 M-1548이 61.50 ± 0.59 mg%로 가장 높았다. β -glucan 함량에서도 맛버섯 M-1548에서 $37.2\pm 1.12\%$ 로 가장 높았으며, 그 외에 맛버섯 M-900에서 $36.35\pm 1.11\%$, M-1630에서 $36.24\pm 1.27\%$ 의 순서로 높은 β -glucan 함량을 나타냈다. 항당뇨 활성에서도 역시 맛버섯 M-1548이 $13.78\pm 0.56\%$ 로 가장 높은 효소 저해율을 보였으나 항염 활성에서는 맛버섯 M-1630이 $56.59\pm 7.11\%$ 로 가장 높은 nitric oxide 저해율을 보였으며 맛버섯 M-1548은 $26.21\pm 0.5\%$ 로 미미한 저해율을 보였다. 전자공여능 및 ACE 저해활성, nitrite 저해활성은 효과가 없거나 미미한 활성만을 나타냈다. 세포독성 실험에서는 1 mg/mL로 처리시 폐암세포에 대해 전반적으로 30%이상의 세포 사멸율을 보였으며, 자궁경부암세포에서도 맛버섯 M-1548에서 $10.05\pm 0.44\%$ 의 세포 사멸율을 보였다. 그러나 대장암세포와 정상세포인 섬유아세포에서는 세포 사멸율이 나타나지 않았다. 따라서 맛버섯 10계통은 폐암세포와 자궁경부암세포에 세포 독성을 나타내는 것으로 보아 암세포에 대한 선택성을 갖고 있음을 알 수 있고 정상세포에 대해선 세포 독성을 나타내지 않는 걸 확인하였다.

감사의 말씀

본 연구는 농업진흥청 국책기술개발사업 “UPOV 대비 버섯 품목별 농가 시범재배 및 보급체계 구축연구”로 수행된 연구결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사합니다.

참고문헌

- 농림부. 2007. 비늘버섯류의 안정적 생산기술 및 실용화 연구.
- 박완희, 이호득. 1999. 한국약용버섯 도감. 교학사. pp. 319.
- 최세진, 이연실, 김진경, 김진규, 임순성. 2010. 주요 식용버섯 추출물의 생리활성 효과. 한국식품영양과학회지 39(8) 1087-1096.
- 차월석, 이동병, 강시형, 오동규. 2003. 맛버섯 균사체의 배양 특성에 관한 연구. 생명과학회지 4 : 498-504.
- Ahn, W. S., Kim, D. J., Chae, G. T., Lee, J. M., Bae, S. M., Sin, J. I., Kim, T. W., Namkoong, S. E. and Lee, I. P. 2004. Natural killer cell activity and quality of life were improved by consumption of a mushroom extract, *Agaricus blazei* Murill Kyowa, in gynecological cancer patients undergoing chemotherapy. Int. J. Gynecol. Cancer 14: 589-594.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 181: 1191-1200.
- Bose, S. R. 1955. Campestrin, the antibiotics of *Psalliotia campestris*. Nature 175: 468 -468.
- Choi, H. S., Cho, H. Y., Yang, H. C., Ra, K. S. and Suh, H. J. 2001. Angiotensin I converting enzyme inhibitor from *Grifola frondosa*. Food Res. Int. 34: 177-182.
- Chung, K. S. 1979. The effect of mushroom components on the proliferation of HeLa cell line in vitro. Arch. Pharm. Res. 2(1), 25~33.
- Cooney, R. V. and Ross, P. D. 1978. N-nitrosation and nonitration of morpholine by nitrogen dioxide in aqueous solution: Effects of vanillin and related phenols. J. Agric. Food. Chem. 35: 789-798.
- Cui, Y. and Li, Q. 2004. Immune effect of *Pholiota nameko* polysaccharide on the aging model mice in the different period. Journal of Northeast Agricultural University. v.35 no.2 , pp.159 - 161.
- Cushman, D. W. and Cheung, H. S. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. Biochem Pharmacol. 20: 1637-1648.
- Durkee, A. B. and Thivierge, P. A. 1977. Ferulic acid and other phenolics in oat seeds. J. Food Sci. 42: 551-558.
- Gardner, P. R. and Fridovich, I. 1991. Superoxide sensitivity of *Escherichia coli* 6-phosphogluconate dehydratase. J. Biol. Chem. 266: 1478-1783.
- Gray, J. I. and Dugan, J. R. L. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. J. Food Sci. 40: 981-985.
- Higuchi, M., Hisgahi, N., Taki, H. and Osawa, T. 1990. Cytolytic mechanisms of activated macrophages. Tumor necrosis factor and L-arginine dependent mechanisms act synergistically as the major cytolytic mechanisms of activated macrophages. J. Immunol. 144: 1425-1431.
- Hong, J. S. and Kim, T. Y. 1988. Contents of free-sugars & free-sugaralcohols in *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* & *Agaricus bisporus*. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 459-462.
- Kajimura, M. and Suga, T. 2004. Research and development of functional food including superfine BETA-glucan (Lentinan). Chemical Industry 55: 466-475.
- Kim, H. M., An, C. S., Jung, K. Y., Choo, Y. K., Park, J. K. and Nam, S. Y. 1999. *Rehmannia glutinosa* inhibits tumour necrosis factor- β and interleukin-1 secretion from mouse astrocytes. Pharmacol Res 40: 171-176.
- Kim, H. S., Ha, H. C. and Kim, T. S. 2003. Research and prospects in new functional mushroom - *Tremella fuciformis*, *Grifora frondosa* and *Hypsizigus marmoreus*. Food Sci. Ind. 36(4): 42-46.
- Kim, Y. E., Kwon, E. K., Han, I. H. and Ku, K. H. 2008. Antioxidant activity, fibrinolysis and angiotensin I converting enzyme inhibitory activity of pine mushroom juice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37(5): 535-541.
- Kotakenara, E., Kushiro, M., Zhang, H., Sugawara, T. and Nagao, K. 2001. Carotenoids affect proliferation of human prostate cancer cells. J. Food Sci. Nutr. 131: 3303-3306.
- Kozłowska, H., Rotkiewicz, D. A., Zadernowski, R. and Sosulski, F. W. 1983. Phenolic acids in rapeseed and mustard. J. Am. Oil Chem. Soc. 60: 1119-1131.
- Lee, B. W. and Park, K. M. 1998. Anti-tumor activity of protein-bound polysaccharides extracted from mycelia of *Lentinus edodes*. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 665-671.
- Lee, J. Y. 1982. Mycology and cultivation of mushrooms. 3th eds. pp. 339-341. Daekwang Munhwasa.
- Miura, T., Ohno, N., Miura, N. N., Shimada, S. and Yadomae, T. 1997. Inactivation of a particle β -glu-

- can by proteins in plasma and serum. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 20: 1103–1107.
- Nakajima, A., Ishida, T., Koga, M. and Takeuchi, M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus lazeis* Murill on antibody producing cells in mice. *Int Immunopharmacol.* 2: 1205–1211.
- Park, S. H., Kim, O. M. and Hyeon, J. W. 1995. New synthetic medium for growth of mycelium of *Pleurotus* species. *Kor. J. mycol.* 23(3) : 275–183.
- Um, S. N., Jin, G. E., Park, K. W., Yu, Y. B. and Park, K. M. 2010. Physiological Activity and Nutritional Composition of *Pleurotus* Species. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 90–96.
- Swain, T., Hillis, W. E. and Ortega, M. 1959. Phenolic constituents of *Ptunus domestica*. I. Quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10: 83–88.
- Yang, H. C., Song, C. H. and Kweon, M. H. 1996. Mycelial new material, food functional technology. *Hanlim. Medical.* 12: 187–189.