

능이버섯 추출물의 생리활성 효과

이혜진 · 도정룡 · 정성근 · 김현구[†]

한국식품연구원

Physiological Properties of *Sarcodon aspratus* Extracts by Ethanol Concentration

Hye-Jin Lee, Jeong-Ryong Do, Sung Keun Jung, and Hyun-Ku Kim[†]

Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

ABSTRACT Physiological properties of *Sarcodon aspratus* extracts were investigated. Yields of water, 30, 60, and 90% ethanolic extracts were 52.10, 46.90, 41.50, and 32.20%, respectively. The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity of 60% ethanolic extract was 40.40% at a concentration of 4 mg/mL, which was highest of all the extracts. The polyphenol content of 60% ethanolic extract was the highest at 16.23 mg/g at a concentration of 1 mg/mL. Superoxide anion radical scavenging activities were 56.30~77.05% at concentrations of 1, 2, and 4 mg/mL, which were better than the ascorbic acid activity (56.19% at 10 mg/mL) ($P<0.05$). Nitrite-scavenging ability was the most effective in 30% ethanolic extract. A pH level of 3.0 was the most effective for all extracts. Angiotensin-converting enzyme inhibitory activities of *Sarcodon aspratus* extracts were from 52.67 to 89.52%.

Key words: *Sarcodon aspratus*, DPPH radical scavenging activity, superoxide anion radical scavenging activity, nitrite-scavenging ability

서 론

우리나라에서 버섯은 '삼국사기'에 보면 신라시대에 이미 활성화되어 목균과 지상균을 사용해 버섯을 재배했다는 기록이 있다. 또한 조선시대에 식용으로 송이, 표고, 진, 조숙이 버섯을 사용하였고 복령, 복신 버섯 등은 약용으로 사용되었다고 전해진다. 버섯은 예로부터 식용 및 약용으로 꾸준히 이용되어 왔으며 능이버섯 또한 국내 자생버섯으로써 식용과 약리작용에 뛰어난 버섯으로 알려져 있다. 능이버섯은 한국과 일본에 분포하는 민주름버섯목(Aphyllphorales)의 굴뚝버섯과(Thelphoraceae) 노루털버섯속 담자균류로 향기가 진하여 향버섯이라 불리기도 하며 균근성 버섯으로 가을에 활엽수림인 참나무 및 박달나무 등에 공생한다(1). 건조 시 향이 더욱 강해지며 생으로 먹으면 독성을 나타내기 때문에 익혀 먹어야 한다.

능이버섯의 주요성분은 단백질과 다당류 비타민 등이 함유되어 있고 lentinan, eritadenine의 성분이 다량 함유되어 있어서 암 예방 및 고혈압, 동맥 경화 등에 효과가 있다. 능이버섯의 주요 향기 성분은 1-octen-3-ol이며 1-octen-3-one, 3-octanone, 2-octen-1-ol 등의 C₈ 화합물과 benzeneacetaldehyde 등으로 알려져 있다(2). Lee 등(3)에 의

해 능이버섯의 각종 비타민과 유리당, 아미노산 등의 영양성분 연구가 이루어졌고, 능이버섯의 세포독성 효과 등에 대한 연구가 보고된 바 있다(4,5). 이에 본 연구에서는 능이버섯을 마이크로웨이브 추출법으로 다양한 추출조건에서 추출한 능이버섯 추출물의 가용성 고형분 함량 및 유효성분의 활성을 측정하여 능이버섯의 천연기능성 식품으로써의 이용 가능성 및 최적 추출조건 확립을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 필요한 능이버섯은 강원도에서 채취한 생채로 구입하여 동결건조(MCFD 8508, Ilshin Lab. Co., Ltd., Dongducheon, Korea) 하였다. 믹서기(Hanil electric Inc., Seoul, Korea)로 분쇄하여 분말화 한 후 500 μm mesh를 이용하여 입자를 균질화 하고, 0.2 mm PE film에 밀봉 포장하여 -20°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

마이크로웨이브 추출

마이크로웨이브 추출장치(MAP, Soxwave-100, ProLabo, Paris, France)를 이용하여 건물 중량과 용매의 비율을 1:50으로 하고 추출용매의 농도를 물, 30%, 60% 그리고 90% 에탄올로 각각 달리하여 추출하였다. 이때 마이크로웨이브

Received 12 February 2014; Accepted 18 February 2014

[†]Corresponding author.

E-mail: hyunku@kfri.re.kr, Phone: +82-31-780-9134

추출조건은 에너지 용량 90 watt, 추출시간 5 min의 동일조건으로 추출하였다.

DPPH 라디칼 소거능

추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois(6)의 방법에 준하여 전자공여효과로 나타나는 각 추출물에 대한 환원력을 측정하였다. 즉 추출물 0.2 mL에 4×10^{-4} M DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 0.8 mL와 99.9% 에탄올 2 mL를 가하여 총액의 부피가 3 mL가 되도록 하였다. 이 반응액을 약 10초간 혼합하고 실온에 10분간 방치한다. 반응액은 분광광도계(Spectramax M2, Sunnyvale, CA, USA) Abs525에서 흡광도를 측정하였고 추출물의 첨가구와 첨가하지 않은 무첨가구의 흡광도를 통해 백분율로 나타내었다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis(7) 방법에 의해 측정하였다. 시료 0.5 mL에 1 N Folin-Ciocalteu reagent 0.5 mL를 가하여 혼합, 3분간 정치 후 2% Na₂CO₃ 용액 10 mL를 첨가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 반응 후 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Hachioji, Japan)를 사용하여 Abs750에서 흡광도를 측정하고, 표준물질 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

SOD 유사활성

SOD 유사활성은 superoxide에 의해 산화되는 pyrogallol의 산화속도를 억제시키는 원리로 Marklund와 Marklund(8)의 방법에 준하여 실시하였다. 추출물 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 tris-HCl buffer(50 mM tris[hydroxymethyl]amino-methane+ 10 mM EDTA) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하여 실온에 10분간 방치 후 1 N HCl 0.2 mL로 반응을 정지시킨다. 이 반응액을 분광광도계(Spectramax M2) Abs420에서 흡광도를 측정하여 시료첨가 및 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율로 나타냈다.

아질산염 소거작용

아질산염 소거작용(nitrite-scavenging effect)은 Gray와 Dugan(9)의 방법으로 측정하였다. 1 mM NaNO₂ 용액 0.1 mL에 각각의 추출물을 0.2 mL 가하고 여기에 0.2 N 구연산 완충액을 사용하여 반응용액의 pH를 각각 1.2(0.1 N HCl), 3.0, 4.2 및 6.0으로 보정한 다음 반응용액의 부피를 1 mL로 하였다. 이를 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 다음 2% acetic acid 용액 5 mL, Griess 시약(30% acetic acid에 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시켰다. 이를 15분간 실온에 방치시킨 후 분광광도계(Spectramax M2)를 사용하여 Abs 520에서 흡광도를 측정하여 추출액 첨가 전후의 잔존하는 아질산염량을 백분율(%)로 표기하였다.

ACE 저해 활성

ACE 저해 활성은 Cushman과 Cheung의 방법(10)을 변형하여 측정하였다. ACE 저해 활성은 300 mM NaCl-100 mM sodium borate buffer(pH 8.3)에 rabbit lung acetone powder(Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 0.2 g/10 mL(w/v)의 농도로 4°C에서 24시간 동안 추출한 후, 원심분리(4°C, 8,228 G, 70분) 하여 ACE 조효소액을 얻었다. 각 추출물 50 µL에 450 mM NaCl-100 mM sodium borate buffer(pH 8.3) 100 µL를 가하고 5 mM hippuryl-histidyl-leucine(300 mM NaCl-100 mM sodium borate buffer(pH 8.3)에 용해) 50 µL를 가한 후 37°C에서 10분간 전배양 하였다. 이 반응액에 ACE 조효소액 50 µL를 가한 후 37°C에서 30분간 반응시킨 후 1.75 N HCl 100 µL를 가하여 반응을 정지시켰다. 여기에 ethyl acetone 1.5 mL를 가하여 섞어준 후 상등액 1 mL를 취하였다. 분리시킨 상등액을 100°C에서 1시간 동안 건조시켜 증류수 1 mL를 가하여 용해시킨 다음 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco)를 이용하여 Abs228에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가 및 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율로 나타냈다.

통계처리

본 실험은 3회 반복 측정하여 얻어진 결과에 대해 Statistical Analysis System(SAS version 8.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 평균과 표준편차의 값을 산출하였고 Duncan's multiple range test를 통해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

추출 수율

능이버섯 분말과 추출용매의 비율을 1:50으로 하고, 추출용매는 물, 30%, 60% 그리고 90% 에탄올로 마이크로웨이브 추출을 하였다. 마이크로웨이브 추출조건은 90 watt, 추출시간 5분으로 하였고 추출물은 감압 농축하여 동결건조하였다. 그 결과 추출 수율은 물 추출물 52.10%, 30% 에탄올 추출물 46.90%, 60% 에탄올 추출물 41.50%, 90% 에탄올 추출물 32.20%였다. 추출용매에 따라 에탄올 함량이 낮을수록 추출수율이 높은 것으로 나타났다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH는 안정된 자유 라디칼로 보라색을 띤다. 항산화 물질은 DPPH가 갖고 있는 지질산화에 관여하는 자유라디칼의 비공유 결합을 소거하여 환원성을 높인다. 이는 보라색을 띠는 DPPH의 흡광도 측정에 따라 항산화 활성 정도를 판단한다(11). 능이버섯 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과(Fig. 1), 물 추출물보다 에탄올 추출물의 항산화 활성이 높았고 60% 에탄올 추출물이 4 mg/mL일 때 40.40%로 가장 높은 활성을 보였다. 1 mg/mL 농도에서 능이버섯

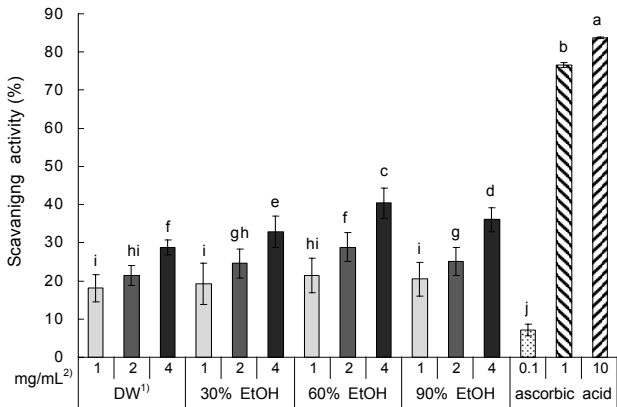


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of *Sarcodon aspratus* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter above bars are not significantly different (P<0.05). ¹⁾DW: distilled water. ²⁾mg/mL: *Sarcodon aspratus* extracts powder dissolved in distilled water.

은 18.11~21.38%로 표준물질 1 mg/mL ascorbic acid의 76.53%와 비교했을 때 낮은 라디칼 소거능을 나타냈다. Yoon 등(12)의 연구 결과에서는 능이버섯의 DPPH 라디칼 소거능이 에탄올 추출물에 비해 물 추출물이 높게 나타났으나, 본 연구에서는 반대의 경향을 보였다. 노루궁뎅이 버섯(13)의 경우 1 mg/mL 열수 추출물이 81.36%, 팽이버섯(14)의 경우 2 mg/mL 열수 추출물이 95.24%의 활성으로 나타났으나 이에 반해 능이버섯의 DPPH 라디칼 소거능은 다소 낮음을 알 수 있었다.

총 폴리페놀 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사 산물로서 항산화, 항균 등 다양한 생리활성을 나타낸다. 항산화 활성은 페놀성 화합물의 작용으로 보고된 바 있다(15, 16). 능이버섯 추출물의 총 폴리페놀 함량 측정 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 시료의 농도에 따라 농도 의존적으로

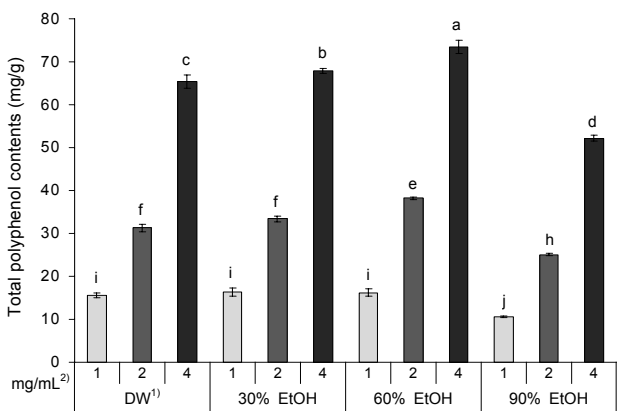


Fig. 2. Total polyphenol contents (mg/g) of *Sarcodon aspratus* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter above bars are not significantly different (P<0.05). ¹⁾DW: distilled water. ²⁾mg/mL: *Sarcodon aspratus* extracts powder dissolved in distilled water.

총 페놀 함량이 증가함을 알 수 있었다. 추출용매에 따라 60% 에탄올> 30% 에탄올> 물> 90% 에탄올 순으로 총 폴리페놀을 함유하고 있었다. 능이버섯 1 mg/mL 농도에서 60% 에탄올 추출물이 16.23 mg/g으로 가장 많이 함유하고 있었으나 유의적으로 큰 차이를 보이지 않았다. Lim 등(17)의 보고에 따르면 송이버섯의 경우 ethyl acetate 분획, butanol 분획물의 총 페놀 함량이 43~92 mg/g으로 다소 높게 나타났다. 이는 능이버섯 또한 다양한 용매 분획을 통해 총 폴리페놀 함량을 높일 수 있을 것으로 판단된다. Kim 등(18)에 의하면 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성의 상관관계가 있음을 보고한 바 있다. 향후 능이버섯을 다양한 용매분획 및 최적 추출조건을 확립하여 총 폴리페놀 함량을 높인다면 항산화 활성 또한 함께 높아질 것으로 사료된다.

SOD 유사활성

SOD 유사활성 물질은 주로 phytochemical에 속하는 SOD와 유사한 작용을 하는 저분자 물질이다. SOD는 항산화 효소 중의 하나로써 SOD에 의해 생성되는 과산화수소는 peroxidase나 catalase에 의해 무해한 물과 산소분자로 전환되어 산소 상해로부터 생체를 보호하는 기능을 한다(19). 능이버섯의 SOD 유사활성 측정 결과, Fig. 3에서 보는 바와 같이 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 SOD 유사활성이 다소 높은 경향을 보였고, 각 추출물별 농도에 따른 활성증가는 나타나지 않았다. 그러나 표준물질인 ascorbic acid가 0.1~10 mg/mL일 때 9.98~56.19%로, 같은 농도에서 능이버섯의 SOD 유사활성이 유의적으로 높은 효과를 나타냈다. Jun 등(20)의 동충하초, 영지, 상항버섯 복합 추출물의 경우 SOD 유사활성이 500 µg/mL에서 13%로 능이버섯의 활성이 우수하였다. 한편 노루궁뎅이 버섯(13)의 SOD 유사활성이 1 mg/mL와 2 mg/mL일 때 77.01%, 114.42%로 능이버섯의 56.30~76.46%보다 우수하였지만 추출조건이 달랐으므로, 노루궁뎅이 버섯과 같은 추출조건에서는 능이버섯

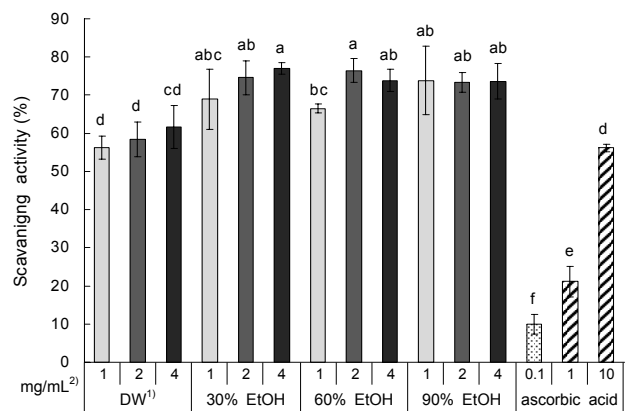


Fig. 3. Superoxide anion radical scavenging activity of *Sarcodon aspratus* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter above bars are not significantly different (P<0.05). ¹⁾DW: distilled water. ²⁾mg/mL: *Sarcodon aspratus* extracts powder dissolved in distilled water.

Table 1. Nitrite scavenging ability of *Sarcodon aspratus* extracts with extraction solvents

Solvent extraction condition	Nitrite scavenging ability (%)					
	mg/mL ²⁾	pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.0	
<i>Sarcodon aspratus</i>	DW ¹⁾	1	16.41±5.10 ^a	24.29±3.11 ^a	23.23±3.03 ^a	21.04±2.55 ^a
		2	19.12±5.02 ^b	28.83±2.14 ^a	25.93±1.14 ^a	24.95±1.94 ^a
		4	42.08±2.98 ^a	34.61±0.94 ^b	32.31±1.60 ^b	25.28±1.77 ^c
	30% EtOH	1	28.48±8.28 ^a	35.06±2.04 ^a	31.34±3.89 ^b	21.48±0.74 ^c
		2	30.86±2.05 ^{ab}	35.69±5.08 ^a	29.14±1.49 ^b	25.42±1.56 ^b
		4	41.09±1.59 ^a	31.82±0.25 ^b	29.12±2.87 ^b	26.64±7.22 ^b
	60% EtOH	1	20.84±1.55 ^b	30.51±7.30 ^a	26.79±0.98 ^{ab}	20.49±1.79 ^b
		2	23.45±1.28 ^{bc}	29.17±2.80 ^a	26.62±1.41 ^{ab}	20.35±1.49 ^c
		4	33.08±3.30 ^a	32.12±4.15 ^{ab}	27.69±2.98 ^{ab}	24.71±3.00 ^b
	90% EtOH	1	18.46±1.91 ^b	25.96±1.47 ^a	26.32±2.71 ^a	22.17±3.45 ^{ab}
		2	21.87±2.66 ^b	29.64±1.13 ^a	31.01±2.59 ^a	21.93±2.16 ^b
		4	33.77±1.49 ^b	38.87±3.27 ^a	30.11±4.38 ^b	24.88±5.69 ^c
Ascorbic acid	0.1	6.25±1.49 ^a	6.33±1.00 ^a	5.27±2.11 ^a	0.19±0.54 ^b	
	1	24.81±5.19 ^{ab}	21.53±12.11 ^a	10.28±2.08 ^{bc}	2.24±1.40 ^c	
	10	61.33±0.21 ^a	63.97±0.51 ^a	57.11±1.72 ^b	36.58±3.19 ^c	

Data are expressed as means±SD (n=3).

Means with the same letter in a row are not significantly different (P<0.05).

¹⁾DW: distilled water.

²⁾mg/mL: *Sarcodon aspratus* extracts powder dissolved in distilled water.

SOD 유사활성이 높아질 것으로 생각된다. 본 실험을 통해 능이버섯이 ascorbic acid보다 우수한 활성을 나타냈으므로 향후 다양한 조건 및 방법으로 최적의 추출조건을 확립하여 항산화력이 우수한 천연 유래 물질을 찾아낼 수 있을 것으로 판단된다.

아질산염 소거작용

아질산염과 아민은 식품 내에 존재하는 니트로사민의 전구물질로 이를 함유하고 있는 식품을 섭취하였을 때 니트로사민의 생성 가능성이 매우 높다(12). Table 1에서 보는 바와 같이 능이버섯의 아질산염 소거능 측정 결과, 추출물의 농도에 따라 농도 의존적으로 소거력이 증가하는 경향을 보였다. 1 mg/mL 농도에서 35.06%로 가장 높게 측정되었고 추출용매에 따라 30% 에탄올 추출물의 아질산염 소거능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 능이버섯의 경우 아질산염 소거능이 pH 3.0에서 가장 높은 소거력을 나타냈다. 이는 Yoon 등(12)의 연구 결과에서 능이버섯의 아질산염 소거능이 pH가 낮아질수록 소거능이 우수하였으나 pH 1.2에서 가장 우수한 것으로 나타난 것과는 다소 차이가 있었다. 능이버섯이 위와 같은 산성 조건에서 아질산염 소거능이 있음에 따라 니트로사민과 같은 발암물질을 소거할 수 있으므로 천연 유래 항암식품으로서 널리 이용 가능할 것으로 사료된다.

ACE 저해 활성

ACE(angiotensin-converting enzyme)는 rennin의 도움으로 angiotensin을 angiotensinogen으로 전환하는 효소로, 혈관을 수축시키고 혈압을 상승시키는 작용을 한다. ACE는 angiotensin I을 가수분해하여 혈압상승 작용을 나

타내는 angiotensin II를 활성화시키는 마지막 단계에서 작용하는 효소이다. Angiotensin II는 혈압강하 작용을 갖는 bradykinin을 분해함으로써 고혈압의 원인이 되는 물질로 폐에 가장 많이 존재하는 것으로 알려져 있다(21,22). 이에 ACE 저해 활성 측정을 통해 능이버섯의 혈압강하 효과를 알아보려고 하였다. 능이버섯의 ACE 저해 활성은 Fig. 4와 같이 나타났다. 추출용매 및 추출물의 농도에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았고, 모든 추출조건에서 1, 2, 4 mg/mL 농도의 ACE 저해 활성이 52.67~89.52%로 다소 높은 활성을 나타냈다. Song 등(4)의 경우 시료 : 추출용매가 1:20일 경우 52.89~57.63%로 보고되었고, Kang 등(23)의 능이버섯 연구에서도 ACE 저해 활성이 74.3%로 본 연구보다는

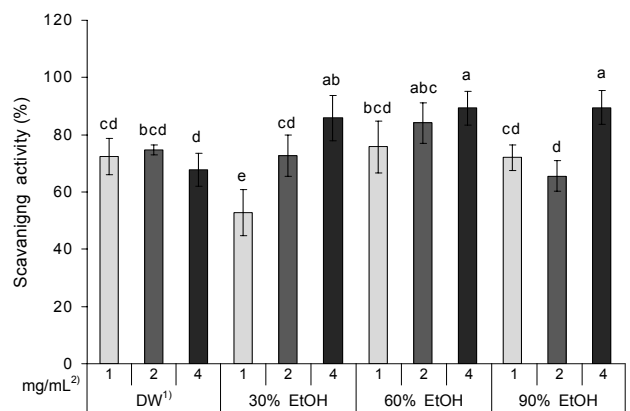


Fig. 4. ACE inhibitory activity of *Sarcodon aspratus* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter above bars are not significantly different (P<0.05). ¹⁾DW: distilled water. ²⁾mg/mL: *Sarcodon aspratus* extracts powder dissolved in distilled water.

다소 낮은 활성으로 나타났다. 이는 추출 비율과 추출 방법에 따라 활성의 차이가 있을 것으로 판단된다. 이러한 결과에 따라 능이버섯은 천연 유래의 항고혈압 치료제 기능성 식품으로 이용 가능할 것으로 생각된다.

요 약

능이버섯의 추출용매 및 추출물의 농도에 따른 생리활성 효과를 측정하였다. 능이버섯 분말과 추출용매의 비율을 1:50으로 하고 물, 30%, 60% 및 90% 에탄올을 추출용매로 사용하였다. 수율 측정 결과, 추출용매에 따라 각각 52.10%, 46.90%, 41.50% 및 32.20%로 에탄올 농도가 낮을수록 추출 수율이 높았다. 능이버섯의 DPPH 라디칼 소거능은 60% 에탄올 추출물이 4 mg/mL일 때 40.40%의 활성으로 가장 높았고, 농도 의존적인 경향을 나타냈다. 총 폴리페놀 함량은 DPPH 라디칼 소거능과 같이 60% 에탄올 추출물이 가장 많았고, 1 mg/mL에서 16.23 mg/g으로 측정되었다. SOD 유사활성에서는 능이버섯 1, 2, 4 mg/mL 농도가 56.30~77.05%의 활성으로 표준물질인 ascorbic acid 10 mg/mL의 56.19%보다 유의적으로 우수한 활성을 보였다. 아질산염 소거작용 측정 결과, 산성조건인 pH 3.0에서 높은 소거능을 보였고 추출용매에 따라 30% 에탄올 추출물의 아질산염 소거능이 가장 우수한 것으로 나타났다. ACE 저해 활성에서는 모든 추출물이 52.67%~89.52%로 높은 활성을 나타냄에 따라 능이버섯의 다양한 생리활성 효과를 알 수 있었다. 이에 따라 능이버섯에서 유래한 천연 기능성 식품으로서의 이용 가능성을 엿볼 수 있었으며, 나아가 능이버섯의 최적 추출조건 확립 등의 연구를 통해 활성이 우수한 천연 항산화제의 개발 가능성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Kang HC, Yun BS, Yu SH, Yoo IC. 2000. Chemical structure of the compounds isolated from the mushroom *Sarcodon asparatus*. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 298-302.
- Jeong OJ, Yoon HS, Min YK. 2001. Aroma characteristics of Neungee (*Sarcodon aspratus*). *Korean J Food Sci Technol* 33: 307-312.
- Lee SH, Kim NW, Shin SR. 2003. Studies on the nutritional components of mushroom (*Sarcodon aspratus*). *Korean J Food Preserv* 10: 65-69.
- Song JH, Lee HS, Hwang JK, Han JW, Ro JG, Keum DH, Park KM. 2003. Physiological activity of *Sarcodon aspratus* extracts. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 172-179.
- Joo OS. 2008. Chemical components and physiological activities of Neungee mushroom (*Sarcodon aspratus*). *Korean J Food Preserv* 15: 864-871.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1120.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-249.
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *European J Biochem* 47: 469-474.
- Gray JI, Dugan Jr LR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J Food Sci* 40: 981-984.
- Cushman DW, Cheung HS. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol* 20: 1637-1648.
- Ancerewicz J, Migliavacca E, Carrupt PA, Testa B, Brée F, Zini R, Tillement JP, Labidalle S, Guyot D, Chauvet-Monges AM, Crevat A, Le Ridant A. 1998. Structure-property relationships of trimetazidine derivatives and model compounds as potential antioxidants. *Free Radic Biol Med* 25: 113-120.
- Yoon KY, Lee SH, Shin SR. 2006. Antioxidant and antimicrobial activities of extracts from *Sarcodon aspratus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 967-972.
- Kim DH, Park SR, Debnath T, Hasnat MDA, Pervin MP, Lim BO. 2013. Evaluation of the antioxidant activity and anti-inflammatory effect of *Hericium erinaceus* water extracts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 21: 112-117.
- Kang HW. 2012. Antioxidant and anti-inflammatory effect of extracts from *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1072-1078.
- Madsen HL, Andersen CM, Jorgensen LV, Skibsted LH. 2000. Radical scavenging by dietary flavonoids. *Eur Food Res Technol* 211: 240-246.
- Boo HO, Lee HH, Lee JW, Hwang SJ, Park SU. 2009. Different of total phenolics and flavonoids, radical scavenging activities and nitrite scavenging effects of *Momordica charantia* L. according to cultivars. *Korean J Medicinal Crop Sci* 17: 15-20.
- Lim HW, Yoon JH, Kim YS, Lee MW, Park SY, Choi HK. 2007. Free radical-scavenging and inhibition of nitric oxide production by four grades of pine mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.). *Food Chem* 103: 1337-1342.
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36: 333-338.
- Ha JH, Jeong MH, Seo YC, Yong CW, Kim JS, Kim HH, Ahn JH, Lee HY. 2010. Enhancement of antioxidant activities of bark of *Berberis koreana* Palibin by lactic acid fermentation. *Korean J Medicinal Crop Sci* 18: 421-428.
- Jun DH, Kim HY, Han SI, Kim YH, Kim SG, Lee JT. 2013. Studies on antioxidant effect of mushroom complex. *J Life Sci* 23: 377-382.
- Ma SJ. 2000. Inhibitory effect of onion seasoning on angiotensin converting enzyme. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 395-400.
- Kim JS, Kim MJ, Park MH, Ryu BM, Moon GS. 2008. Angiotensin converting enzyme inhibition and antihypertensive effects of *Phyllostachys pubescens* culm extracts in spontaneously hypertensive rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 27-34.
- Kang MG, Bolormaa Z, Lee JS, Seo GS, Lee JS. 2011. Antihypertensive activity and anti-gout activity of mushroom *Sarcodon aspratus*. *Kor J Mycol* 39: 53-56.