

## 야생 잎새버섯 물추출물 및 유기용매 분획물의 생리활성 탐색

석순자<sup>1</sup> · 김준호<sup>2\*</sup><sup>1</sup>단국대학교 미생물학과<sup>2</sup>상지대학교 정밀화학신소재학과Studies on the biological activity of water extract and solvent fractions of wild *Grifola frondosa*Soon-Ja Seok<sup>1</sup> and Jun-Ho Kim<sup>2\*</sup><sup>1</sup>Department of Microbiology, College of Natural Science, Dankook University, Cheonan 31116, Korea<sup>2</sup>Department of Fine Chemistry and New Materials, Sangji University, Wonju 26339, Korea

**ABSTRACT:** Samples (10 mg/mL) of wild *Grifola frondosa* aqueous extract and solvent fractions were examined for fibrinolytic, thrombin inhibitory, acetylcholinesterase inhibitory, and antioxidative activities to determine the biological activities. The fibrinolytic activity of the aqueous extract and solvent fractions was 0.93 and 0.73 plasmin units/mL, respectively. The thrombin inhibitory activity of the butanol extract was 79.60%. The chloroform fraction had high acetylcholinesterase inhibitory activity (85.88%). The aqueous extract had low antioxidative activity (39.81%). The aqueous fraction hydrolyzed B $\beta$  subunits of human fibrinogen but did not show any reactivity for the  $\gamma$  form of the human fibrinogen. The findings indicate the potential of wild *Grifola frondosa* for the development of drugs and bio-functional foods to prevent cardiovascular diseases.

**KEYWORDS:** Acetylcholinesterase inhibitory activity, Antioxidative activity, Fibrinolytic activity, Thrombin inhibitory activity, Wild *Grifola frondosa*

## 서론

버섯의 다양한 생리활성 물질이 밝혀지면서, 주로 향과 영양소를 이용한 식품재료로 사용되던 버섯을 의약품과 기능성 식품 개발에도 이용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 삶의 질을 떨어뜨리고, 긴 치료 시간과 고가의 치료를 요구하는 성인병 치료와 예방에 식용 버섯을 이용하기 위해 버섯의 항암효과, 항혈전효과, 항당뇨효과, 항

고혈압효과 등에 대한 연구가 진행되고 있으며, 몇 종류의 버섯은 약리효과가 밝혀져 이미 제품 생산에 이용되고 있다. 한국에 자생하는 버섯은 약 1,600여종으로 알려져 있으며, 표고버섯, 능이버섯 등 식용 가능한 버섯이 400종, 구름버섯, 상황버섯, 동충하초 등 약용으로 사용되고 있는 버섯이 100여 종으로 알려져 있다(Ahn, 1992). 식용버섯으로부터 새로운 약리효과가 밝혀질 경우 질병치료제 개발과 기능성 식품 개발에 다양하게 이용할 수 있으며, 장기간 복용이 가능하여 큰 치료효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

한국인의 사망원인 중 큰 비중을 차지하고 있는 심장질환과 뇌혈관계 질환의 주원인 중 하나로 알려진 혈전에 의한 질환 발병률이 빠르게 증가하고 있어, 버섯으로부터 혈전을 직접 분해하거나 혈전형성을 억제하는 혈전용해 물질과 항트롬빈 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 혈액과 조직내에는 혈액을 응고시키는 전응고물질(procoagulants)과 혈액응고를 방지하는 항응고물질(anticoagulants)이 평형을 이루고 있지만 혈관이 손상을 받으면 혈액이 응고되기 시작한다. 즉 프로트롬빈(prothrombin)활성체가 형성되어 프로트롬빈을 트롬빈(thrombin)으로 변화시키고, 트롬

J. Mushrooms 2019 December, 17(4):241-246  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2019.17.4.241>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

\*Corresponding author

E-mail : jhokim@sangji.ac.kr

Tel : +82-33-730-0423, Fax : +82-33-730-0403

Received October 21, 2019

Revised December 19, 2019

Accepted December 23, 2019

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

빈은 섬유소원을 섬유소(fibrin)로 변화시켜 섬유소, 혈소판, 혈액세포 및 혈장으로 이루어진 혈전(blood clot)이 형성한다. 이 혈전이 뇌, 신동맥 또는 사지 동맥으로 이동하여 혈관을 막아 색전증을 일으켜 심각한 조직손상이 발생된다(Daka and Semba, 1995). 혈액 내에 혈전 형성과 용해 관련 인자들인 트롬빈 저해물질과 헤파린은 혈전형성을 억제하지만, 혈장 단백질인 플라스민은 강력한 단백질 가수분해효소로 혈전을 분해하는 것으로 알려져 있다.

잎새버섯(*Grifola frondosa*)은 담자균류 민주름버섯목(Aphyllphorales), 구멍장이버섯과(Polyporaceae)에 속한 식용버섯으로 갓이 여러 겹으로 겹쳐진 모양이고, 검은색이나 갈색, 혹은 흰색을 띠며 한국과 일본, 북반구 온대 지역에 분포하며 주로 가을에 졸참나무와 물푸레나무에 발생한다. 약용으로도 이용되고 있는 잎새버섯은 꽃송이버섯과 함께 다량의 베타글루칸을 함유하고 있어 중앙억제효과를 나타내며(Mizuno *et al.* 1986), 항고혈압효과(Choi *et al.*, 2001), 혈당강하효과(Horio and Ohtsuru, 2001), 치매억제효과(Lee *et al.*, 1999)를 나타내는 것으로 보고되었다.

본 연구에서는 야생 잎새버섯을 이용한 심혈관계 질환 관련 제약 개발과 기능성 식품 개발을 위한 기초 자료를 얻기 위해 야생 잎새버섯 추출물의 혈전용해 효과, 트롬빈 저해효과, acetylcholinesterase 저해효과, 항산화 효과를 확인하고 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

야생 잎새버섯(*Grifola frondosa*)은 2013년 인제군에서 채집하여 동정(상지대학교 자연과학대학 표본 SJHK 0131, 이하 SJHK 0131로 표기함) 후 동결 건조시켜 분말 상태로 냉동고에 저장하면서 사용하였다. 생리활성 측정에 사용된 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), thrombin, fibrinogen, acetylthiocholine iodide, acetylcholinesterase, 5,5-dithiobis(2-nitrobenzoic acid) 등은 Sigma사 (Sigma, St. Louis, MO, USA) 제품이고, H-D-phenyl-alanine-L-pipecoly-L-arginine-paranitroaniline dihydrochloride (Orangeburg, New York, USA)는 Chromogenix사 제품이었으며, 나머지 시약도 일등급 시약을 사용하였다.

### 물 추출물과 유기용매 분획물 조제

야생 잎새버섯 자실체 분말의 일정량에 20배의 증류수를 가하고 25°C에서 24시간 동안 진탕 추출하였다. 이 추출액을 5,000 rpm에서 30분 동안 원심분리 후 상등액을 Whatman No.2로 여과하고 동결 건조한 다음 물 추출물 시료로 사용하였다. 유기용매 분획물은 위의 Whatman No.2 여과지로 여과하여 얻은 여과액을 같은 부피의 헥산(hexane), 클로로포름(CHCl<sub>3</sub>), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 부탄올(butanol)로 3번씩 추출 후 각각의 추출물을 농축시키

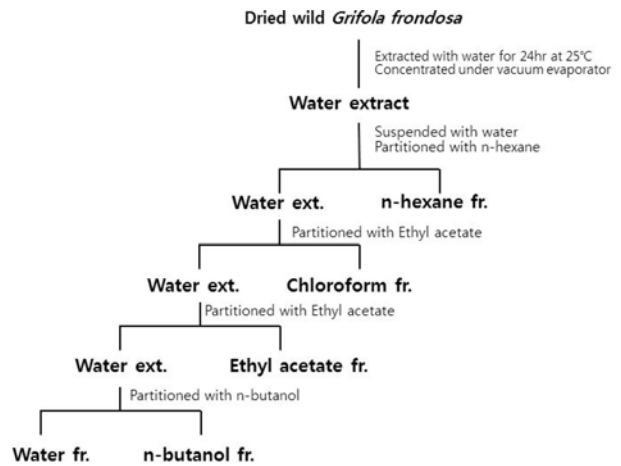


Fig. 1. Schematic procedure of preparing fractions from dried wild *Grifola frondosa*.

고, 마지막에 남은 물분획과 함께 동결 건조하여 분획물을 얻었다(Fig. 1). 실험에 사용한 물 추출물과 분획물 시료는 Dimethyl sulfoxide(DMSO)와 증류수에 10 mg/mL로 준비하여 혈전용해활성, 트롬빈 저해활성, acetylcholinesterase 저해활성, 항산화활성 측정에 사용하였다.

### 혈전용해활성 측정

Haverkate and Traas(1974)의 방법에 따라 0.7%(w/v) fibrinogen을 함유하는 2% gelatin 용액 10 mL와 50 mM barbital buffer(pH 7.5)에 녹인 thrombin(100 NIH units) 50 µL를 잘 섞고 petri-dish에 부어 fibrin 막을 만들었다. 준비한 야생 잎새버섯 물 추출물과 유기용매 분획물 20 µL씩을 fibrin plate 위에 점적하고 36°C에서 8시간 방치한 후 용해면적을 측정하였다. 대조군으로 플라스민(1.0 plasmin unit/mL)을 사용하였으며, 추출액의 혈전용해 활성은 대조군의 용해 면적에 대한 시료의 용해면적의 상대적인 비율로 환산하여 계산하였다.

### 혈전용해효소에 의한 섬유소원의 분해 양상

혈전의 주성분인 섬유소원이 혈전용해효소에 의해 분해되는 양상을 확인하기 위해 부분 정제된 혈전용해효소를 포함하고 있는 물 추출물 (10 µg/mL)과 섬유소원 (2 mg/mL)을 36°C에서 반응시키면서 일정한 시간 간격을 두고 반응액 일부를 취하여 전기영동을 행하여 섬유소원의 분해 과정을 분석하였다.

### 트롬빈 저해활성 측정

트롬빈 저해활성은 Doljak *et al* (2001)의 실험 방법을 변형하여 측정하였다. 10 mM HEPES, 150 mM NaCl, 0.1% bovine serum albumin을 포함하는 HBSA 완충용액 (pH 7.5) 40 µL에 트롬빈용액(0.5 NIH units/mL) 50 µL를 첨가하고 섞는다. 준비한 야생 잎새버섯 물 추출물이

나 유기용매 분획물(10 mg/mL) 10 µL를 첨가하고 실온에서 15 분간 incubation 후, H-D-phenylalanine-L-pipecolyl-L-arginine-paranitro aniline dihydrochloride를 이용하여 준비한 기질 용액(0.5 mM) 50 µL을 가하고 5분 동안 incubation시킨 후 405 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다(UV-1601PC, Shimadzu, Japan). thrombin 활성 저해율은 다음 식에 의해 산출하였으며, 사용한 흡광도는 대조군의 흡광도를 제외한 수치를 이용하였다.

$$\text{저해율}(\%) = [1 - (\text{실험군의 흡광도}) / (\text{대조군의 흡광도})] \times 100$$

**Acetylcholinesterase(AchE) 저해 활성**

Ellman *et al* (1961)의 방법을 변형하여 AchE 저해 활성을 사용하였다. 시료 25 µL, 100 mM sodium phosphate buffer(pH 8.0) 100 µL 및 AchE(0.25 U/mL) 25 µL의 혼합액을 15 분간 실온에서 반응 후, 10 mM 5,5-dithiobis (2-nitrobenzoic acid)(DTNB) 125 µL 와 15 mM acetylthiocholine iodide 25 µL를 첨가하고 37°C에서 15 분간 반응 후 412 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다(UV-1601PC, Shimadzu, Japan). acetylcholinesterase 활성 저해율은 다음 식에 의해 산출하였으며, 사용한 흡광도는 대조군의 흡광도를 제외한 수치를 이용하였다.

$$\text{저해율}(\%) = [1 - (\text{실험군의 흡광도}) / (\text{대조군의 흡광도})] \times 100$$

**전자공여능 측정**

항산화 활성을 Blois(1958) 및 Kim *et al* (1997)의 방법을 이용하여 측정하였다. 야생 잎새버섯 물 추출물이나 유기용매 분획물 적정 희석액 0.4 mL를 시험관에 넣고, 1×10<sup>-4</sup>M의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) ethanol 용액 5.6 mL을 가하여 6 mL이 되도록 하였다. 4분간 반응시키고 여과한 다음, 총 반응시간이 10분이 되면 525 nm에서 흡광도를 측정하였다(UV-1201, Shimadzu Co., Japan). 전자공여능은 다음 식에 의해 산출하였다.

$$\text{전자공여능} = [1 - (\text{실험군의 흡광도}) / (\text{대조군의 흡광도})] \times 100$$

**통계 분석**

3회 반복 실험을 통하여 얻은 결과는 mean ± SD로 나타내었으며, 각 실험군 간의 통계학적 분석은 Student *t-test*를 실시하여 유의한 결과를 얻었다(*p* < 0.05).

**결과 및 고찰**

**용매별 분획물의 수율**

잎새버섯 건조물 20 g을 사용하여 물 추출 후 여러 중

**Table 1.** The fraction yields of a wild *Grifola frondosa* water extract

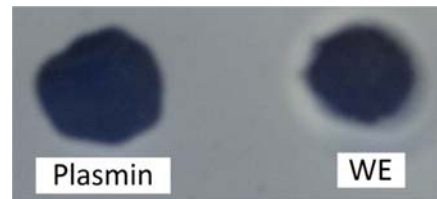
	Hexane	Chloroform	Ethyl acetate	Butanol	Water
Yield(%)	0.23%	0.57%	0.85%	2.17%	51.91%

Fraction yields were described as the percent of dry substance of fractions based on the dry substance wild *Grifola frondosa*.

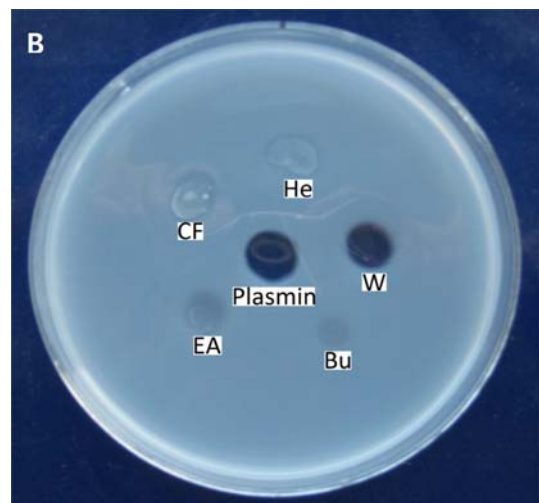
류의 유기용매를 이용하여 추출한 분획물의 수율을 측정하고 결과 핵산 분획물이 0.23%, 클로로포름 분획물 0.57%, 에틸아세테이트 분획물 0.85%, 부탄올 분획물 2.17%, 물 분획물 51.91%로 수용성 물질의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다(Table 1).

**혈전용해활성**

정상 상태에서는 혈액응고계와 섬유소 용해계가 균형을 이루고 있지만 어떤 원인에 의해 혈전이 형성되면 혈관계 질환을 유발하기에, 혈전을 용해 시키는 혈전용해제로 사용 가능성을 확인하기 위해 10 mg/mL의 농도로 준비한



**Fig. 2A.** Fibrinolytic activity of water extract obtained from a wild *Grifola frondosa* by fibrin plate method. Plasmin: 1.0 plasmin unit/mL.

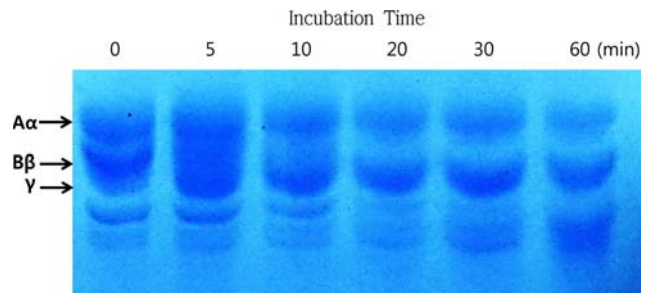


**Fig. 2B.** Fibrinolytic activity of solvent fractions obtained from a wild *Grifola frondosa* water extract by fibrin plate method. He: Hexane fraction, CF: Chloroform fraction, EA: Ethyl acetate fraction, Bu: Butanol fraction, W: H<sub>2</sub>O fraction, Plasmin: 1.0 plasmin unit/mL.

시료를 fibrin plate 방법으로 활성을 측정한 결과 물 추출물에서 0.95 plasmin unit의 큰 활성을 나타내고(Fig. 2A), 물 분획물에서는 0.73 plasmin unit의 활성을 나타냈다(Fig. 2B). 이 결과는 100 mg/mL 농도의 재배 잎새버섯 물 추출물의 혈전용해 활성 1.55 plasmin unit과 물 분획물의 활성 0.85 plasmin unit에 비교해 상대적으로 큰 활성임을 확인할 수 있었다(Kim and Kim, 2015). 같은 농도에서 0.70 plasmin unit의 활성을 나타내는 검은비늘버섯(Kim, 2014)의 활성 보다는 크지만, 2.03 plasmin unit의 활성을 낸 야생꽃송이버섯의 활성 보다는 작은 활성이었다(Kim et al, 2015). 야생 잎새버섯의 혈전용해활성이 재배한 잎새버섯의 혈전용해활성 보다 높게 나타나는 것은, 버섯의 2차 대사산물인 생리활성 물질의 양과 활성이 버섯이 자란 환경에 따라 차이가 나타나기에 버섯이 자란 환경이 중요한 요소로 작용했기 때문으로 생각되며, 버섯에 있는 혈전용해활성을 나타내는 flavonoid나 페놀유도체 화합물의 함량 차이도 한 요소로 생각된다(Oh and Kim, 2007).

**혈전용해효소에 의한 섬유소원의 분해 양상**

부분 정제된 효소를 포함하고 있는 물 분획물 (10 µg/mL)과 섬유소원 (2 mg/mL)의 시간에 따른 반응물을 전기영동으로 분석한 결과 섬유소원의 분해 과정을 확인할 수 있었다. Aα, Bβ, γ의 3개의 chain으로 구성되어 있는 섬유소원이 시간이 지남에 따라 Bβ chain은 10분 안에 모두 분해되지만, Aα는 서서히 분해시키고 γ와는 반응하지 않았다 (Fig. 3). 결과 야생 잎새버섯의 혈전용해효소는 Bβ chain에 대한 선택성이 큰 것을 보여 주었는데, 이는 혈전용해제 개발에 큰 장점으로 작용할 수 있을 것이다.



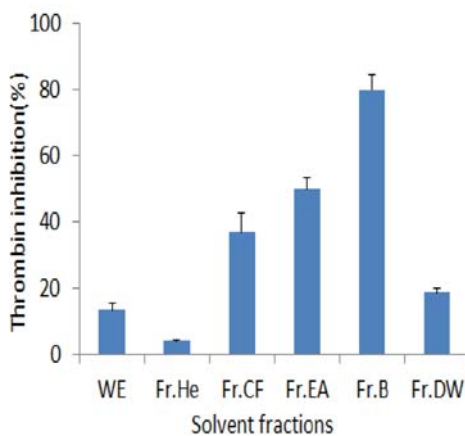
**Fig. 3.** Degradation of Human Fibrinogen by water fraction. Water fraction (10 µg/mL) was incubated with fibrinogen (2 mg/ml) at 36°C] in 20 mM sodium phosphate, pH 7.0.

**트롬빈 저해활성**

혈전형성 과정의 필수효소인 트롬빈의 활성을 억제시켜 혈전형성을 저해함으로, 혈관계 질환의 예방 물질로 사용하기 위해 트롬빈 저해활성을 측정한 결과, 부탄올 분획물은 79.60%의 트롬빈 저해효과를 나타냈고, 에틸아세테이트 분획물은 49.75%의 저해활성을 나타냈다(Fig. 4). 부탄올 분획물의 저해활성은 재배 잎새버섯의 물 분획물과 에틸아세테이트 분획물의 76.43%와 72.59%와 비슷하고(Kim and Kim, 2015), 77.67%의 저해활성을 나타내는 노루궁뎅이버섯(Kim, 2012)의 핵산 분획물 저해활성과도 비슷했다. 세 버섯의 저해활성은 비슷했지만 활성 물질을 포함하는 용매의 종류가 다르기에 각각 극성이 다른 다른 구조를 갖는 물질들로 예상된다.

**Acetylcholinesterase 저해활성**

acetylcholinesterase를 가역적으로 억제하여 알츠하이머의 예방 물질로 사용하기 위해 acetylcholinesterase 저해활성을 측정한 결과 클로로포름 분획물이 85.88%로 가장 높게 나고 핵산과 부탄올 분획물이 각각 51.13%와



Samples	Mean ± SD
WE	13.48 ± 2.27
Fr.Hx	4.07 ± 0.14
Fr.CF	36.94 ± 5.69
Fr.EA	49.75 ± 3.48
Fr.B	79.60 ± 4.86
Fr.DW	18.79 ± 0.94
F-value	188.52***

\*\*\* p<0.001

**Fig. 4.** Thrombin inhibitory activities of solvent fractions obtained from a wild *Grifola frondosa*. WE: water extract, Fr.Hx: Hexane fraction, Fr.CF: Chloroform fraction, Fr.EA: Ethyl acetate fraction, Fr.B: Butanol fraction, Fr. DW: H<sub>2</sub>O fraction.

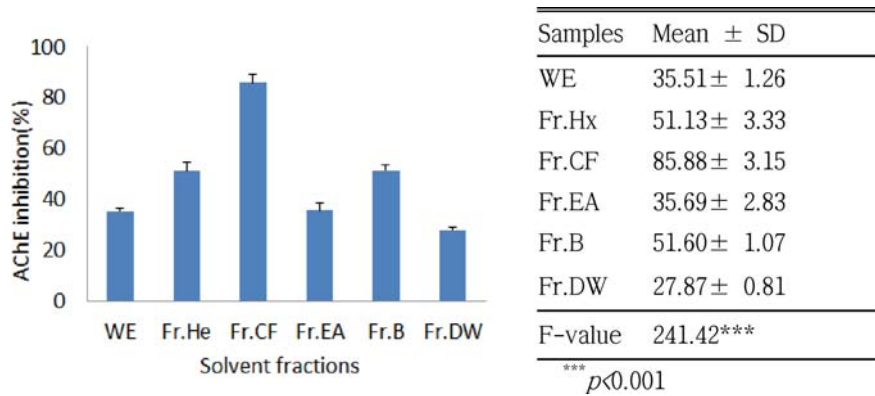


Fig. 5. Acetylcholinesterase inhibitory activities of solvent fractions obtained from a wild *Grifola frondosa*. WE: water extract, Fr.Hx: Hexane fraction, Fr.CF: Chloroform fraction, Fr.EA: Ethyl acetate fraction, Fr.B: Butanol fraction, Fr.DW: H<sub>2</sub>O fraction.

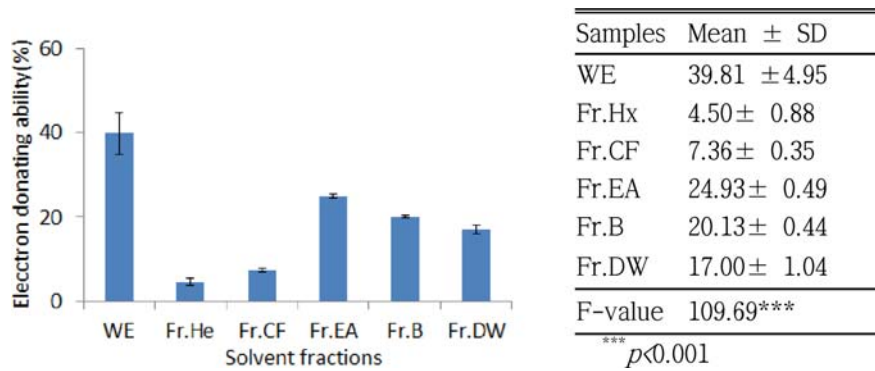


Fig. 6. Anti-oxidative activities of solvent fractions obtained from a wild *Grifola frondosa* by DPPH assay. WE: water extract, Fr.Hx: Hexane fraction, Fr.CF: Chloroform fraction, Fr.EA: Ethyl acetate fraction, Fr.B: Butanol fraction, Fr.DW: H<sub>2</sub>O fraction.

51.60%의 저해활성을 나타냈다(Fig. 5). 이는 재배 잎새버섯의 클로로포름 분획물 95.14% 보다는 조금 적은 활성이었다(Kim and Kim, 2015). 잎새버섯 균사 추출물과 배양액은 39%의 저해활성을 나타냈고(Lee *et al*, 1999), 아위버섯 에탄올 추출물은 35%의 저해활성을 나타내는 것으로 보고되었다(Hong *et al*, 2004).

**항산화효과**

한국인의 사망원인 중 가장 큰 비율을 나타내고 있는 악성 종양의 원인 중 하나로 알려진 활성 산소는 생명체의 대사과정과 면역과정에서 생성되는 전자쌍을 이루지 못한 홀전자를 가진 불안정한 산소화합물로 반응성이 매우 커 생체조직으로부터 전자를 쉽게 취하고 자신은 안정한 구조를 갖게 된다. 대신 전자를 잃어버린 조직과 세포의 구성 물질은 라디칼로 변하여 악성종양, 당뇨병, 동맥경화증, 뇌졸중으로 진행할 수 있다. 이 같은 활성 산소를 제거하는 물질이 항산화제이며 활성 산소의 제거 능력이 클수록 항산화 능력이 크다고 한다. 준비된 시료를 이용하여 라디칼형태인 DPPH를 환원시키는 능력을 측정하여 항산화효과를 조사하였다. 측정결과 물 추출물이 39.81%

의 항산화활성을 나타냈고, 에틸아세테이트 분획물과 부탄올 분획물이 각각 24.94%와 20.13%의 낮은 항산화활성을 나타냈다(Fig. 6). 이는 재배 잎새버섯 부탄올 분획물과 물 추출물의 94.47%와 91.04%에 비해 상당히 작은 항산화활성이다(Kim and Kim, 2015).

**적 요**

야생 잎새버섯 추출물을 이용하여 심혈관계 질환과 관련된 기능성 식품 개발을 위한 기초자료를 얻기 위해 준비한 물 추출물과 유기용매 분획물의 혈전용해활성과 트롬빈저해활성, acetylcholinesterase 저해활성, 항산화활성을 확인하였다. 10 mg/mL의 농도에서 물 추출물과 물 분획물은 각각 0.93 plasmin unit와 0.73 plasmin unit의 높은 혈전용해활성을 나타냈으며, 부탄올 분획물은 79.60%의 트롬빈저해활성을 나타냈다. 클로로포름 분획물은 85.88%의 높은 acetylcholinesterase 저해활성을 나타냈고, 물 추출물의 항산화 활성은 39.81%로 비교적 낮게 나타났다. 부분 정제된 효소를 포함하고 있는 물 분획물은 섬유소원의 Bβ chain를 모두 분해시켰지만, Aα chain은 느

리게 분해시키고  $\gamma$  chain 과는 반응하지 않았다. 실험 결과로부터 야생 잎새버섯 추출물은 높은 혈전용해활성과, 트롬빈저해활성, acetylcholinesterase 저해활성을 나타내 심혈관계 질환 예방을 위한 제약과 기능성식품 개발에 이용 가능할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 2018년 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임을 밝히며 이에 감사 드립니다.

## REFERENCES

- Ahn DK. 1992. Medical fungi in Korea. *Kor J Mycol* 20: 154-166.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1120.
- Choi HS, Cho HY, Yang HC, Ra KS, Suh HJ. 2001. Angiotensin I-converting enzyme inhibitor from *Grifola frondosa*. *Food Res Intl* 34: 177-182.
- Daka MD, Semba CP. 1995. Thrombolytic therapy in venous occlusive disease. *J Vasc Interv Radiol* 6: 73S-77S.
- Doljak B, Stegnar M, Urleb U, Kreft S, Umek A, Ciglaric M, Strukelj B, Popovic T. 2001. Screening for selective thrombin inhibitor in mushrooms. *Blood Coagul Fibrinolysis* 12: 123-128.
- Ellman GL, Courtney KD, Andres V, Featherstone RM. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem Pharmacol* 7: 68-75.
- Haverkate F, Traas DW. 1974. Dose-response curves in the fibrin plate assay. Fibrinolytic activity of protease. *Thromb Haemost* 32: 356-365.
- Hong KH, Kim BY, Kim HK. 2004. Studies on the biological activity of *Pleurotus ferulea*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 791-796.
- Horio H, Ohtsuru M. 2001. Maitake (*Grifola frondosa*) improve glucose tolerance of experimental diabetic rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 47: 57-63.
- Kim EJ, Kim JH. 2015. Physiological activities of water extract and solvent fractions of *Grifola frondosa*. *J Mushrooms* 13: 192-198.
- Kim EJ, Yoo KH, Kim YS, Seok SJ, Kim JH. 2015. Biological activities of wild *Sparassis crispa* extracts. *Kor J Mycol* 43: 40-46.
- Kim JH. 2011. Physiological activities of hot water extract and solvent fractions of *Pleurotus ferulea*. *Kor J Mycol* 39: 189-193.
- Kim JH. 2012. Biological activities of water extract and solvent fractions of an edible mushroom, *Hericium erinaces*. *Kor J Mycol* 40: 159-163.
- Kim JH. 2014. Physiological activities of water extract and solvent fractions of an edible mushroom, *Pholiota adiposa*. *Kor J Mycol* 42: 207-212.
- Kim YJ, Kim CK, Kwon YJ. 1997. Isolation of antioxidative components of *Perillae semen*. *Kor J Food Sci Technol* 29: 38-43.
- Lee HJ, Kim JS, Heo GY, Lee KB, Rhee IK, Song KS. 1999. Inhibitory activities of Basidiomycetes on prolyl endopeptidase, acetylcholine esterase and coagulation. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42: 336-343.
- Mizuno T, Ohsawa K, Hagiwara N, Kuboyama R. 1986. Fractionation and characterization of antitumor polysaccharides from Maitake, *Grifola frondosa*. *Agric Biol Chem* 50: 1679-1688.
- Oh HS, Kim JH. 2007. Physiological functionalities of hot water extract of *Codonopsis lanceolata* and some medicinal materials, and their mixtures. *Korean J Community Living Sci* 18: 407-415.