

## 꽃송이버섯 기부의 성분분석 및 면역활성

서승호 · 박성은 · 문양선<sup>1,2</sup> · 이유미 · 나창수 · 손홍석\*  
동신대학교 한의과대학, <sup>1</sup>동신대학교 대학원 대체요법과, <sup>2</sup>(유)나우리

### Component analysis and immuno-stimulating activity of *Sparassis crispa* stipe

Seung-Ho Seo, Seong-Eun Park, Yang-Seon Moon<sup>1,2</sup>, Yu-Mi Lee,  
Chang-Su Na, and Hong-Seok Son\*

School of Korean Medicine, Dongshin University

<sup>1</sup>Department of Alternative Therapy, Graduate School of Dongshin University  
<sup>2</sup>Nawoori (Ltd.)

**Abstract** This study was carried out to investigate the component and immunoregulatory effects of *Sparassis crispa* stipe. Herein, *S. crispa* was divided into the pileus and stipe to compare their ingredients ( $\beta$ -glucan), antioxidant activity (*in vitro*), and the immunoregulatory function (cytokines, leukocytes, and spleen weight). The  $\beta$ -glucan content in each part showed about 1.8 times higher content in the stipe than that in the pileus. The stipe also showed a higher total phenol content and antioxidant activity than the pileus. The cytokines TNF- $\alpha$ , IL-2, and IL-10 have adjusted in the *S. crispa* extract-injected groups. In addition, the number of leukocytes was also significantly elevated in the rats administered with the *S. crispa* stipe extract. These results suggest that the stipe of *S. crispa* has great potential as an ingredient in functional foods.

**Keywords:** *Sparassis crispa*, stipe,  $\beta$ -glucan, immune response

## 서 론

꽃송이버섯(*Sparassis crispa*)은 민주름버섯목, 꽃송이버섯과, 꽃송이버섯속(*Sparassis*)에 속하는 식용식물이며, 주로 5-9월에 침엽수의 뿌리 근처 줄기나 그루터기에 뭉쳐서 발생하여 7월에 많이 발견된다(1,2). 꽃송이버섯은 다당류가 풍부하고(3), 베타글루칸( $\beta$ -glucan) 함량이 건조중량 대비 40% 이상으로 풍부하여(4,5), 면역활성(6), 항암(6,7), 항염(8), 항비만(9,10), 항균 및 항산화(11) 등 다양한 생리활성에 관한 연구들이 보고되고 있다. 특히 베타글루칸은 활성화 된 큰포식세포의 수를 증가시켜 세포 조직의 면역기능을 향상시키는 작용을 한다고 알려져 있다(4).

꽃송이버섯은 다른 버섯과는 달리 현저히 균사의 성장 속도가 느리고 배양 초기 푸른곰팡이의 감염에 취약하며, 복잡한 배양 방법 등의 이유로 공급이 수요를 따라가지 못하고 있는 실정이다(2,12). 꽃송이버섯은 버섯의 갓 부분에 해당하는 자실체(Pileus)와 자실체를 제외한 부분에 해당하는 기부(Stipe)로 구성되어 있지만 실제 식용으로 활용되는 부위는 자실체에 한정되어 있으며, 꽃송이버섯 기부는 대부분 폐기되거나 사료나 가공품으로 일부 분 사용되고 있다. 기부를 식용으로 사용하지 않는 이유는 상품성, 맛 저하 등 다양한 이유가 있지만 버섯 재배 시 배지에 사

용하는 톱밥을 제거하기 어렵기 때문이다. 하지만 톱밥은 분쇄기 등 간단한 물리적 처리만으로도 쉽게 분리가 가능하기 때문에, 꽃송이버섯의 가격을 고려한다면 사료나 가공품 이외에도 이용 가능성을 증대시킬 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 꽃송이버섯 자실체와 기부의 성분 분석과 면역조절능 검증을 통해 식용 부위로서의 꽃송이버섯 기부의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

꽃송이버섯은 백이산꽃송이버섯 영농조합법인(Hwasun, Korea)에서 2015년 재배한 것을 생물상태로 구입하여 자실체와 기부로 구분하였다(Fig. 1). 자실체와 기부를 열풍건조(50°C, 10 h)한 후 분쇄하여 실험에 사용하였으며 경계부분은 실험에서 제외하였다.

### 일반 성분 분석

꽃송이버섯 자실체와 기부의 일반성분 함량은 AOAC법(13)에 따라 수분, 조회분, 조단백질, 조섬유 및 조지방 함량을 분석하였다.

### 꽃송이버섯 자실체 및 기부 추출

꽃송이버섯 추출은 1, 2차로 나누어 진행하였다. 꽃송이버섯 자실체와 기부는 60°C에서 12시간 열풍건조(JSOF-150, JSR, Gongju, Korea) 후 사용하였다. 1차 추출은 건조한 꽃송이버섯 자실체와 기부를 각각 7g씩 350 mL의 증류수에 넣고 고압증기처리(121°C, 60분)하여 추출한 후, 원심분리(1,500 g, 10분, 4°C)하여 상층액과 잔사로 분리하였다. 2차 추출은 1차 추출과정의 잔사에 350 mL의 증류수를 넣고 1차 추출과 동일한 방법으로 추출 후 1차 추

\*Corresponding author: Hong-Seok Son, School of Korean Medicine, Dongshin University, Naju, Jeonnam 58245, Korea  
Tel.: +82 61 330 3513  
Fax: +82 61 330 3519  
E-mail: hsson@dsu.ac.kr  
Received May 31, 2016; revised July 4, 2016;  
accepted July 5, 2016

출물과 혼합하여 동결건조 하였다. 추출하여 동결건조한 꽃송이버섯 자실체 추출물과 기부 추출물은 각각 17.7, 14.6%의 수율을 보였다.

### 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼제거능력(radical scavenging activity) 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(14)을 변형하여 측정하였다. 동결건조한 꽃송이버섯 추출물을 각 농도(600, 800, 1,000 ppm)별로 희석하여 시료를 제조하였고, 시료 0.5 mL에 증류수 4.5 mL와 폴린-시오칼토 페놀시약(Folin-Ciocalteu's phenol reagent) 0.5 mL를 넣고 5분간 반응시킨 뒤 7% 탄산소듐( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 5 mL와 증류수 4 mL를 첨가하였다. 그 후 상온에서 90분간 반응시킨 뒤 UV 분광광도계(UV-1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 750 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며 표준곡선은 갈산(gallic acid)을 이용하여 작성하였다. 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) 라디칼 제거능력 측정은 Blois의 방법(15)에 따라 시액 0.4 mL에 0.4 mM DPPH 용액 1.6 mL를 가하여 10분간 방치한 다음 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며, electron donating ability (%) =  $100 - [(\text{OD of sample} / \text{OD of control}) \times 100]$ 에 의하여 활성도를 산출하였다.

### 베타글루칸 함량 측정

꽃송이버섯 자실체와 기부의 베타글루칸 함량 측정은 megazyme kit (mushroom and yeast  $\beta$ -glucan assay procedure kit)를 사용하여 측정하였다. 꽃송이버섯 시료 100 mg에 37% HCl 1.5 mL를 넣고 30°C 물중탕에서 45분간 교반한 후, 3차 증류수 10 mL를 가하고 100°C 물중탕에서 다시 2시간 동안 교반하였다. 위 반응액을 상온에서 2 N KOH 10 mL를 가하여 혼합한 후 0.2 M 아세트산소듐 완충용액(sodium acetate buffer, pH 5.0)을 가하여 100 mL로 정용하였다. 정용한 시료는 원심분리(1,500 g, 10분)하여 상층액을 얻고, 얻은 상층액 0.1 mL에 외부-1,3-베타글루칸가수분해효소(exo-1,3- $\beta$ -glucanase) 20 U/mL와 베타글루코시데이스( $\beta$ -glucosidase) 4 U/mL 혼합 용액 0.1 mL를 첨가한 후 40°C 물중탕에서 60분간 반응하였다. 위 반응액에 포도당 산화효소/과산화효소(glucose oxidase/peroxidase, GOPOD) 시약 3 mL를 넣고 20분간 반응 후 510 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 총 글루칸 함량을 구하였다.

알파글루칸( $\alpha$ -glucan) 함량은 시료 100 mg에 2 N KOH 2 mL를 넣고 얼음물중탕에서 20분간 교반하였다. 위 반응액에 1.2 M 아세트산소듐 완충용액(pH 3.8) 8 mL를 넣고 아마일로글루코시데이스(amyloglucosidase) 1630 U/mL와 인버테이스(invertase) 500 U/mL 용액을 0.2 mL 가하여 40°C 물중탕에서 30분간 교반한 후 원심분리(1,500g, 10분)하여 상층액을 얻었다. 위 상층액 0.1 mL에 0.2 M 아세트산소듐 완충용액(pH 5.0) 0.1 mL와 GOPOD 시약 3 mL를 넣고 40°C에서 20분간 반응 후 510 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 총 글루칸(total glucan)과 알파글루칸의 흡광도는 표준물질인 포도당(glucose) 용액을 GOPOD 시약과 반응시킨 반응액의 흡광도를 이용하여 g/100 g 값으로 계산하였다. 베타글루칸 함량은 총 글루칸 함량에서 알파글루칸 함량을 빼준 값으로 계산하였다.

### 실험동물 및 투여량

면역활성 측정을 위한 실험동물은 체중이 약 170-180 g인 Sprague Dawley계의 흰쥐를 항온항습 환경의 사육장(온도 24-26°C, 습도 40-60%)에서 고형사료(Pellet, GMO, Seoul, Korea)와 물을 충분히 공급하여 사육하였고, 1주일 이상 실험실 환경에 적응 시

킨 후 실험에 사용하였다. 사용된 동물의 면역저하 유발을 위해 메토티렉세이트(methotrexate) (Sigma, St. Louis, MO, USA) 분말을 2 mg/kg의 농도로 투여하였으며, 8일째부터 1일/1회 총 4회 구강 투여를 시행하였다. 실험군은 정상군(Normal), 메토티렉세이트 면역저하 유발 후 시술을 하지 않은 대조군(Control)과 면역저하 유발 후 꽃송이버섯 자실체와 꽃송이버섯 기부를 구강투여한 군으로 각각 구분하여 적용하였다. 꽃송이버섯의 구강투여는 7일간 면역저하 유발전, 8일째부터 11일째까지 메토티렉세이트로 유발하는 기간, 그리고 이후 20일째까지 투여하여 1일에 각 1회씩 총 20회 시행되었다. 약용버섯의 투여 용량에 준하여 꽃송이버섯의 1일 투여 용량은 60 kg 성인 기준 6g으로 적용하여 1회 투여량은 100 mg/kg으로 정하였고, 빨대를 이용하여 투여하였다. 비장무게는 실험 종료 후 비장을 분리해 측정하였다.

### 혈액 및 혈청학적 검사

혈액 내의 백혈구(leukocytes) 함량은 채혈한 혈액 약 100  $\mu$ L를 EDTA-bottle에 넣은 후 곧바로 multi species hematology analyser (Hemavet 950, Drew Scientific, Waterbury, CT, USA)에 주입하여 백혈구를 측정하였다. 나머지 혈액은 고속원심분리기(VS-6000CFI, Vision, Daejeon, Korea)에서 1,500g로 20분간 원심 분리를 통해 혈청을 분리하여 실험에 사용하였다.

### 혈청 중 TNF- $\alpha$ , IL-2, IL-10, Ig E 함량 측정

상기 제시된 방법으로 수거한 시료의 TNF- $\alpha$ , IL-2, IL-10, Ig E를 ELISA kit (R&D System, McKinley Place NE, Minneapolis, MN, USA)를 구입하여 제조사의 방법에 따라 측정하였다.

### 통계분석

실시한 실험 중 *in vitro* 실험은 3 반복 실시하였으며, *in vivo* 실험은 6 반복 실시하였다. 결과는 평균에 대한 표준편차로 나타내었다. 유의성 검증은 SPSS 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석을 실시하고 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 통해 95% 신뢰 수준에서 유의성 검증을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 분석

꽃송이버섯의 부위별 일반성분 분석 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 꽃송이버섯 자실체와 기부의 수분함량은 각각 92.5, 91.9%로 꽃송이버섯의 구성요소 중 대부분을 차지하였으며, 조회분 함량은 0.5, 0.3%, 조단백질 함량은 1.5, 0.9%, 조섬유 함량은 2.0, 2.5%로 각각 측정되었다. 꽃송이버섯 일반성분 중 조지방은 자실체에서는 측정되지 않았으며, 기부에서 0.1%로 미량 측정되었다. 꽃송이버섯 기부는 자실체보다 조단백 함량이 낮고 조섬유 함량이 비교적 높았으나 일반성분은 크게 다르지 않은 것으로 측정되었다.

### 총 페놀 함량

동결건조한 꽃송이버섯 자실체와 기부 추출물의 농도에 따른 총 페놀 함량을 Fig. 2A에 나타내었다. 꽃송이버섯 추출물의 총 페놀은 추출물 농도가 증가함에 따라 비례적으로 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 추출물 농도에 따른 꽃송이버섯 열수 추출물의 항산화 효과를 연구한 Xu 등(16)의 결과와 유사한 경향으로 버섯을 열수 추출할 경우 효과적으로 페놀 성분이 추출



Analyte	(unit: %)	
	<i>S. crispa</i> pileus	<i>S. crispa</i> stipe
Moisture	92.5±0.08	91.9±0.07
Crude ash	0.5±0.01	0.3±0.01
Carbohydrate	3.5±0.10	4.4±0.14
Crude protein	1.5±0.01	0.9±0.02
Crude fiber	2.0±0.08	2.5±0.14
Crude fat	-	0.1±0.01

Fig. 1. Mushroom structure and component of *Sparassis crispa*. Mean±SD (n=3).

되어 나음을 확인할 수 있다. 꽃송이버섯 부위별 총 페놀 함량은 같은 농도에서 기부 추출물의 총 페놀 함량이 자실체 추출물의 총 페놀 함량보다 높은 것으로 측정되었다. Hong 등(17)은 국내에서 생산된 14종 버섯을 전체, 자실체, 기부로 나누어 비교했을 때, 대부분 버섯의 자실체 부위는 기부 부위보다 총 페놀함량이 23.7-44.7% 더 함유한다고 보고하여 본 연구결과와 다른 결과를 보였지만, 14종의 버섯 중 양송이버섯의 총 페놀함량은 기부가 자실체보다 더 높았다. 일반적으로 버섯의 성분은 버섯의 품종, 생육배지, 기질 조성, 수확시기, 재배법 등의 다양한 생육인자에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다(18). 그 중 폴리페놀 함량의 조성은 버섯의 종에 주로 의존하는 것으로 알려져 있는데(19), 꽃송이버섯의 경우 폴리페놀 성분은 기부에 더 많이 존재하는 것으로 추정된다.

**항산화 활성**

동결건조한 꽃송이버섯 열수 추출물의 DPPH 라디칼제거능력에 따른 항산화 활성을 Fig. 2B에 나타내었다. 꽃송이버섯 자실체와 기부의 각 추출물 농도에 따라서는 600 ppm의 자실체 추출물이 7.3%의 활성을 나타내었고, 기부 추출물이 16.6%로 기부 추출물이 자실체 추출물에 비해 약 2.3배 높은 활성을 보였다. 이러한 결과는 800 ppm과 1,000 ppm의 실험군에서도 유사하게 나타났다(p<0.05). 한편 총 폴리페놀 함량이 가장 높았던 1,000 ppm 추출농도의 기부에서 31.6%의 가장 높은 항산화 활성을 보였다. 꽃송이버섯 균사체의 항산화 활성을 연구한 Liang 등(20)은 꽃송

Table 1. β-glucan contents of *S. crispa* pileus and *S. crispa* stipe

Analyte (g/100 g)	<i>S. crispa</i> pileus	<i>S. crispa</i> stipe
Total glucan	17.4±0.98 <sup>1)</sup>	28.2±1.42
α-glucan	4.1±1.19	4.5±1.57
β-glucan	13.3±0.71	23.7±1.64

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

이버섯에서 기인한 폴리페놀 성분들에 의해 활성 산소에 영향을 미치고 그에 따라 항산화 효과를 보인다고 보고하고 있다. 버섯에서 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 간에는 상관관계를 가지는 것으로 알려져 있으나(17,21), 본 연구결과에서는 꽃송이버섯 자실체와 기부 추출물의 총 페놀 함량에서 적은 함량 차이에도 불구하고 항산화 활성에서 큰 차이를 보이는 것은 꽃송이버섯내의 총 페놀 함량뿐만 아니라 베타글루칸 등 여러 복합적인 성분의 작용에 의한 차이로 판단되며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

일반적으로 새송이버섯, 영지버섯, 상황버섯, 느타리버섯 등의 유효성분 중 페놀 성분 및 항산화 활성은 버섯의 기부보다는 자실체에서 더 많은 유효성을 나타낸다고 보고되고 있다(17,22). 하지만 본 연구결과에 따르면 꽃송이버섯의 경우 기부의 항산화능이 자실체보다 더 우수한 것으로 판단되어 기부의 활용가능성이 높을 것으로 판단된다.

**베타글루칸 함량**

동결건조한 꽃송이버섯 자실체와 기부 추출물의 글루칸 함량을 Table 1에 나타내었다. 꽃송이버섯 자실체와 기부 시료의 베타글루칸 함량은 각각 13.3 g/100 g, 23.7 g/100 g으로 꽃송이버섯 기부의 베타글루칸 함량이 자실체의 베타글루칸 함량보다 높은 것으로 측정되었다. Wang 등(23)은 미송뚝담을 이용하여 재배한 꽃송이버섯 베타글루칸 함량 비교의 결과에서 각 시료별 차이는 있지만 부위별로 꽃송이버섯 자실체의 베타글루칸 함량이 22.9-38.2%, 꽃송이버섯 기부의 베타글루칸 함량이 35.9-59.5%의 함량을 보여 본 연구결과와 마찬가지로 꽃송이버섯 기부의 베타글루칸 함량이 더 높은 것으로 보고하였다. 본 연구의 베타글루칸 함량이 Wang 등(23)의 베타글루칸 함량에 비해서 낮은 함량을 보이는 것은 꽃송이버섯 원료 및 추출방법의 차이에서 기인한 것으로 판단된다.

Kofuji 등(24)은 베타글루칸이 산화방지 목적으로 사용되는 다

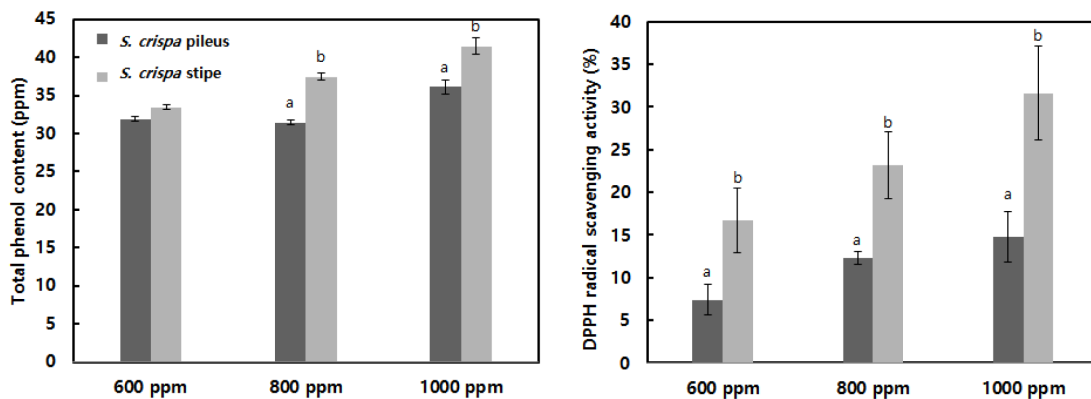


Fig. 2. Total phenol content (A) and DPPH radical scavenging activities (B) of *S. crispa* pileus and *S. crispa* stipe. Mean±SD (n=3). Means with the same superscripts in each concentration are not significantly different at p<0.05.

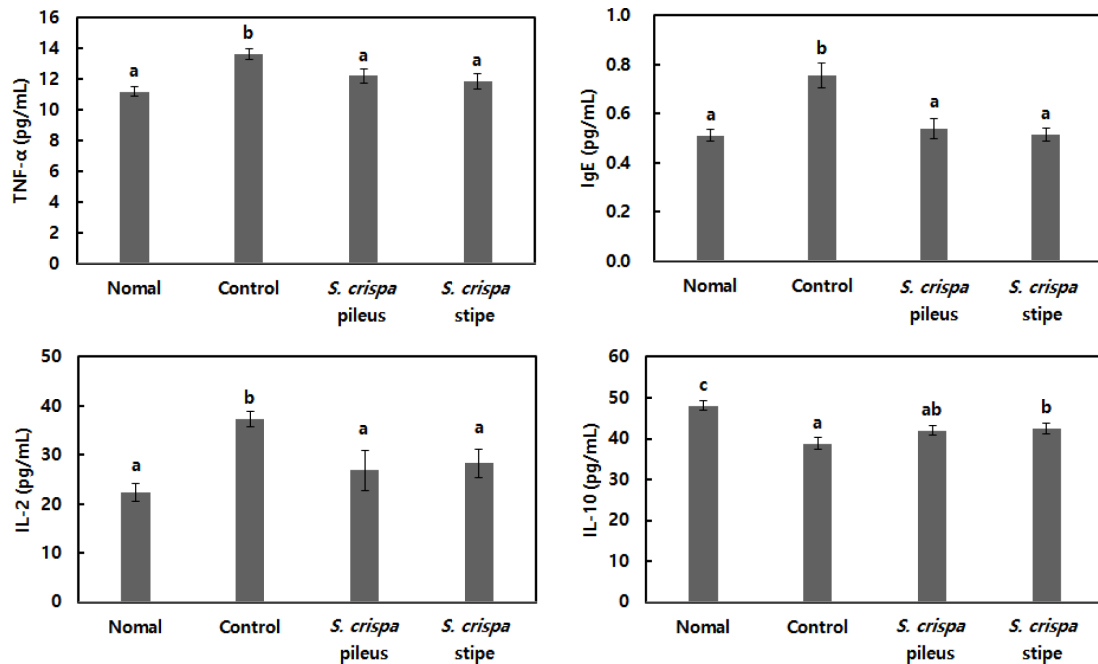


Fig. 3. Effect of *S. crista* pileus and *S. crista* stipe extract treatments on TNF- $\alpha$  (A), IgE (B), IL-2 (C), and IL-10 (D) in methotrexate-induced immunosuppressed rats. Mean $\pm$ SD ( $n=6$ ). Means with the same superscripts in each sample are not significantly different at  $p<0.05$ .

른 중합체들(젤라틴, 펙틴, 키토산, 검 등)보다 같은 농도에서 높은 항산화 활성을 보인다고 보고하고 있다. Wu 등(25)은 귀리내의 베타글루칸과 폴리페놀 사이의 분자 상호 작용의 영향으로 인해 효과적으로 항산화 활성을 보인다고 보고하였다. 본 연구에서도 기부의 DPPH 라디칼 소거활성이 자실체보다 높은 결과(Fig 2B)는 베타글루칸 함량과 높은 관련성이 있는 것으로 보이며, 적은 차이지만 상대적으로 높은 총 페놀함량이 복합적으로 작용한 결과로 판단된다. 꽃송이버섯은 면역 활성 및 이를 통한 항암 효과 등이 알려져 있는데, 이러한 효과는 베타글루칸이 큰포식세포의 면역 활성을 촉진하는데 기인한 것으로 보고되고 있다(26,27). 특히 꽃송이버섯은 타 버섯류에 비해 다량의 베타글루칸을 함유하고 있어 기능성 식품과 제약 등의 연구 분야에서 다양한 연구가 진행되고 있다(28,29). 생물의 가식부위 및 꽃송이버섯을 사용한 건강기능식품 등의 가공식품에 사용되는 부위는 대부분 자실체에 국한되어 있다. 본 연구 결과 꽃송이버섯 기부의 항산화 활성 및 베타글루칸 함량은 자실체와 비교하였을 때 우수한 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 꽃송이버섯 기부의 활용 가능성을 증대시킬 필요성이 있음을 보여준다.

#### 혈청 내 사이토카인 함량

꽃송이버섯 자실체와 기부 추출물이 메토크세이트 면역저하 유발 쥐에서 사이토카인(cytokine)과 IgE에 미치는 효과를 Fig. 3에 나타내었다. 꽃송이버섯 자실체 추출물과 기부 추출물이 TNF- $\alpha$  변화에 미치는 영향을 분석한 결과 정상군은 11.2 $\pm$ 0.31 pg/mL, 대조군은 13.6 $\pm$ 0.38 pg/mL로 정상군에 비해 대조군은 유의한 증가를 나타내었다(Fig. 3A). 꽃송이버섯 부위별 추출물을 투여하였을 때의 TNF- $\alpha$  함량은 자실체 추출물이 12.2 $\pm$ 0.44 pg/mL, 기부 추출물이 11.9 $\pm$ 0.51 pg/mL로 대조군에 비해 유의하게 감소하였다. TNF- $\alpha$ 는 T 림프구의 활성화와 성장을 조절하여 직접적으로 항암 작용을 나타내기도 하지만 TNF- $\alpha$ , 산화질소(II) (nitric oxide)를 LPS 수준 이상으로 다량 분비하여 면역 저하 및 염증을 악화시

키는 원인으로 작용하기도 한다(30,31). 따라서 면역저하 및 염증을 유발했을 때 TNF- $\alpha$ 의 함량은 급격히 증가하게 된다. 증상 완화를 위해서는 TNF- $\alpha$  함량을 감소시키는 것이 중요한다(32). 꽃송이버섯 자실체와 기부 추출물은 추출 부위에 관계없이 면역저하 유발에 따른 TNF- $\alpha$  생성을 억제하는 것으로 판단된다.

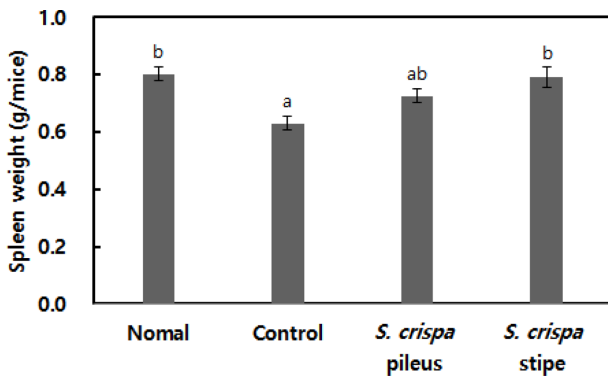
대부분의 알레르기 매개가 되는 IgE (immunoglobulin E)는 알레르기성 질환을 가지는 환자에게서 혈청 내 높은 함량을 보이는 면역글로블린이다. 이것이 IgE 수용체인 Fc $\epsilon$  수용체와 결합하여 비만세포 표면의 IgE가 활성화되면 염증성 사이토카인이 분비되고 알레르기성 초기 반응을 일으킨다(33). 본 실험결과 정상군은 0.5 $\pm$ 0.02 pg/mL, 대조군은 0.7 $\pm$ 0.09 pg/mL로 정상군에 비하여 대조군의 IgE 함량은 유의하게 증가하였고 꽃송이버섯 자실체와 기부를 처리한 실험군의 IgE 함량은 감소의 경향을 보였지만 두 실험군간에는 유의한 차이가 없었다(Fig. 3B).

꽃송이버섯 추출물 투여에 따른 IL-2의 함량은 정상군이 22.3 $\pm$ 1.77 pg/mL, 대조군은 37.3 $\pm$ 1.57 pg/mL로 정상군에 비하여 대조군이 증가한 수치를 보였지만 꽃송이버섯 자실체 추출물과 기부 추출물 모두에서 대조군에 비해 유의하게 감소한 수치를 보였는데, 이는 정상군의 IL-2 함량과 유사하였다(Fig. 3C). IL-10은 TNF- $\alpha$ 와 달리 T세포와 큰포식세포에 직접적으로 작용하여 세포의 활성화를 억제시키고 큰포식세포의 항원 제시 기능을 억제하는 기능을 한다(34). 실험결과와 정상군은 48.1 $\pm$ 1.08 pg/mL, 대조군은 38.8 $\pm$ 1.46 pg/mL로 정상군에 비해 대조군은 유의적으로 감소하였다. 대조군과 꽃송이버섯 추출물을 투여한 실험군간의 비교에서는 자실체의 경우 유의한 차이가 없었지만 기부의 경우 유의한 증가를 나타내었다.

꽃송이버섯에 다량으로 함유되어 있는 1,3-베타글루칸은 TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  등과 같은 사이토카인을 생산하는 비장 세포를 자극하는 역할을 하며, 인간의 면역체계에서 백혈구와 관련된 면역계를 활성화하는 능력이 있는 것으로 알려져 있다(35,36). 특히 기존에 면역 활성에 관한 연구가 미비했던 꽃송이버섯 기부의 면역 활

**Table 2. Changes on the blood WBC, neutrophils, lymphocytes, monocytes, and eosinophils contents after *S. crista pileus* and *S. crista stipe* treatments in methotrexate-induced immunosuppressed rats**

Group	WBC (K/ $\mu$ L)	Neutrophils (K/ $\mu$ L)	Lymphocytes (K/ $\mu$ L)	Monocytes (K/ $\mu$ L)	Eosinophils (K/ $\mu$ L)
Normal	5.1 $\pm$ 0.88 <sup>b1)</sup>	1.04 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	3.9 $\pm$ 0.66 <sup>b</sup>	0.16 $\pm$ 0.02	0.01 $\pm$ 0.01
Control	2.9 $\pm$ 0.64 <sup>a</sup>	0.30 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	2.5 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	0.15 $\pm$ 0.05	0.01 $\pm$ 0.00
<i>S. crista pileus</i>	3.5 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>	0.54 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	2.8 $\pm$ 0.39 <sup>a</sup>	0.13 $\pm$ 0.02	0.01 $\pm$ 0.01
<i>S. crista stipe</i>	5.6 $\pm$ 0.59 <sup>b</sup>	0.88 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	4.6 $\pm$ 0.48 <sup>b</sup>	0.18 $\pm$ 0.02	0.01 $\pm$ 0.00



**Fig. 4. Spleen weight of experimental rat fed *S. crista pileus* and *S. crista stipe* extract. Mean $\pm$ SD (n=6). Means with the same superscripts are not significantly different at p<0.05.**

성능도 꽃송이버섯 자실체의 면역 활성능과 유사한 것으로 나타났다.

**혈액 내 백혈구 함량**

꽃송이버섯의 부위별 추출물이 혈액 내의 백혈구 함량 변화에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 백혈구(white blood cell, WBC)의 경우 정상군이 5.1 $\pm$ 0.88 K/ $\mu$ L였고, 대조군이 2.9 $\pm$ 0.64 K/ $\mu$ L로 대조군의 백혈구 함량이 급격히 저하된 것을 확인할 수 있었다. 꽃송이버섯 추출물 경구 투여에 따른 변화는 꽃송이버섯 자실체 추출물의 경우 3.5 $\pm$ 0.48 K/ $\mu$ L로 변화가 없었으나, 꽃송이버섯 기부 추출물을 경구 투여한 실험군의 경우 5.6 $\pm$ 0.59 K/ $\mu$ L로 정상군보다 높은 함량을 보였다. 중성구(neutrophil)와 림프구(lymphocyte)의 함량에서도 꽃송이버섯 기부 추출물을 경구 투여한 실험군이 대조군과 꽃송이버섯 자실체 추출물 실험군에 대비하여 높은 함량을 보였다. 꽃송이버섯 내의 1,3-베타글루칸과 마우스의 백혈구간의 관계를 연구한 Harada 등(36)의 연구에 따르면 꽃송이버섯에 다량 함유되어 있는 1,3-베타글루칸은 마우스의 조혈 작용을 강화시켜 대조군에 비해 백혈구를 빠르게 회복하는 역할을 하는 것으로 보고되었다. 이러한 결과는 본 연구에서 메토틱세이트에 의해 면역이 저하된 rat에 꽃송이버섯 기부 추출물을 투여한 효과와 일치하였다.

**비장 무게 변화**

꽃송이버섯 자실체와 기부 추출물 투여에 따른 rat의 비장 무게 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 실험결과 정상군이 0.8 $\pm$ 0.02 g, 대조군이 0.6 $\pm$ 0.02 g으로 약 25%의 감소를 보였다. 꽃송이버섯 추출물 투여에 따른 비장 무게 변화는 꽃송이버섯 자실체 추출물과 기부 추출물 모두 대조군에 비해 유의하게 증가하였다. 특히 꽃송이버섯 기부 추출물을 투여 받은 쥐는 정상군과 큰 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 비장은 생체 내 면역기능 측정 기준으로 인지되는 기관인데, 이러한 비장 무게의 변화는 부분적으

로 림프구의 생성 차이를 보여 감염에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(37-39). Harada 등(36)의 연구에 따르면 꽃송이버섯의 베타글루칸을 마우스에 투여하였을 때 간, 비장 및 자연 살해 세포의 비율이 증가하였다. 이는 꽃송이버섯의 베타글루칸이 면역 증진에 도움을 주는 것으로 추측된다.

꽃송이버섯 가식부로 활용되지 않는 기부의 항산화 활성 및 베타글루칸 함량은 자실체보다 더 높았으며, 면역 저하에 따른 사이토카인 분비, 백혈구 조혈 작용 등에서도 유의미한 효과를 나타내었다. 따라서 비활용 부위인 꽃송이버섯의 기부의 활용 가능성을 증대시킬 필요가 있는 것으로 판단된다.

**요 약**

본 연구에서는 꽃송이버섯 자실체와 기부의 항산화 활성, 베타글루칸 함량 및 면역 활성을 비교하였다. DPPH 라디칼제거능 실험결과 꽃송이버섯 기부의 항산화 활성이 자실체에 비해 약 2.3 배 높은 활성을 보였다. 건조 중량 기준 꽃송이버섯 추출물의 베타글루칸 함량 또한 기부가 23.7 g/100 g로 자실체의 함량 13.8 g/100 g보다 유의하게 높은 것으로 측정되었다. 면역 저하에 대한 꽃송이버섯 추출물의 투여는 TNF- $\alpha$ , IL-2, IL-10, IgE 함량에서 유의미한 결과를 도출하였지만, 자실체와 기부의 효과는 유의적인 차이가 없었다. 혈액 내의 백혈구 함량 및 비장의 무게는 꽃송이버섯 자실체보다 꽃송이버섯 기부 추출물을 경구 투여한 실험군에서 효과적이었다.

**감사의 글**

본 연구는 중소기업청의 산학연협력 첫걸음기술개발사업[과제번호: C0273637]의 일환으로 수행하였습니다.

**References**

1. Chang WL, Kang KK, Yoo YB, Kim BH, Bae SH. Dietary fiber and  $\beta$ -glucan contents of *Sparassis crista* fruit fermented with *Lactobacillus brevis* and *Monascus pilosus*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1740-1746 (2012)
2. Oh DS, Park JM, Park H, Ka KH, Chun WJ. Site characteristics and vegetation structure of the habitat of cauliflower mushroom (*Sparassis crista*). Kor. J. Mycol. 37: 33-40 (2009)
3. Qi Y, Zhao X, Lim YI, Park KY. Antioxidant and anticancer effects of edible and medicinal mushrooms. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 655-662 (2013)
4. Cheong JC, Park JS, Hong IP, Seok SJ, Jhune CS, Lee CJ. Cultural characteristics of cauliflower mushroom, *Sparassis crista*. Kor. J. Mycol. 36: 16-21 (2008)
5. Ohno N, Miura NN, Nakajima M, Yadomae T. Antitumor 1,3- $\beta$ -glucan from cultured fruit body of *Sparassis crista*. Biol. Pharm. Bull. 23: 866-872 (2000)
6. Kim IK, Yun YC, Shin YC, Yoo JY. Effect of *Sparassis crista* extracts on immune cell activation and tumor growth inhibition.



- J. Life Sci. 23: 984-988 (2013)
7. Choi MH, Han HK, Lee YJ, Jo HG, Shin HJ. *In vitro* anti-cancer activity of hydrophobic fractions of *Sparassis latifolia* extract using AGS, A529, and HepG2 cell lines. J. Mushrooms 12: 304-310 (2014)
  8. Choi WS, Shin PG, Bok YY, Jun NH, Kim GD. Anti-inflammatory effects of *Sparassis crispa* extracts. J. Mushroom Sci. Prod. 11: 46-51 (2013)
  9. Lee MA, Park JK, Um MH, Jeon JW, Lee JM, Park YK. Lipolytic effect of *Sparassis crispa* extracts in differentiated 3T3-L1 cells and high fat diet-induced obese mice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1708-1715 (2012)
  10. Lee MR, Hou JG, Begum S, Wang YB, Oh DS, Wi AJ, Yoon BS, Sung CK. Anti-obesity effects of *Sparassis crispa* on high-fat diet-induced obese mice. J. Life Sci. 24: 952-958 (2014)
  11. Kim MC, Kim JS, Heo MS. Antibacterial, antioxidant and antitumor activities of mushroom mycelium mixed culture extracts. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 23: 158-163 (2008)
  12. Shim JO, Son SG, Yoon SO, Lee YS, Lee TS, Lee SS, Lee KD, Lee MW. The optimal factors for the mycelial growth of *Sparassis crispa*. Kor. J. Mycol. 26: 39-46 (1998)
  13. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 15th ed. Method 954.01. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. (1990)
  14. Gutfinger T. Polyphenols in olive oils. JAOCS. 58: 966-968 (1981)
  15. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200 (1958)
  16. Xu XM, Jun JY, Jeong IH. A study on the antioxidant activity of hae-songi mushroom (*Hypsizigus marmoreus*) hot water extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1351-1357 (2007)
  17. Hong MH, Jin YJ, Pyo YH. Antioxidant properties and ubiquinone contents in different parts of several commercial mushrooms. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1235-1241 (2012)
  18. Barros L, Ferreira MJ, Ferreira ICFR, Baptista P. Total phenols, ascorbic acid,  $\beta$ -carotene and lycopene in portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. Food Chem. 103: 413-419 (2007)
  19. Nowacka N, Nowak R, Drozd M, Olech M, Los R, Malm A. Analysis of phenolic constituents, antiradical and antimicrobial activity of edible mushrooms growing wild in poland. LWT-Food Sci. Technol. 59: 689-694 (2014)
  20. Liang CH, Tsai SY, Huang SJ, Liang ZC, Mau JL. Taste quality and antioxidant properties of medicinal mushrooms *Phellinus linteus* and *Sparassis crispa* mycelia. Int. J. Med. Mushrooms 12: 141-150 (2010)
  21. Gan CH, Nurul Amira B, Asmah R. Antioxidant analysis of different types of edible mushrooms (*Agaricus bisporous* and *Agaricus brasiliensis*). IFRJ. 20: 1095-1102 (2013)
  22. Kim HJ, Ahn MS, Kim GH, Kang MH. Antioxidative and antimicrobial activities of *Pleurotus eryngii* extracts prepared from different aerial part. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 799-804 (2006)
  23. Wang SJ, Kim HS, Wi AJ, Yoon BS, Park WS, Park HH, Oh DS. Optimal medium composition of cauliflower mushroom (*Sparassis latifolia*) cultivation using douglas fir wood chip and comparison of the  $\beta$ -glucan contents of the fruiting body. J. Korean Wood Sci. Technol. 42: 428-438 (2014)
  24. Kofuji K, Aoki A, Tsubaki K, Konishi M, Isobe T, Murata Y. Antioxidant activity of  $\beta$ -glucan. ISRN. Pharmaceutics 5: 125864 (2012)
  25. Wu Z, Ming J, Gao R, Wang Y, Liang Q, Yu H, Zhao G. Characterization and antioxidant activity of the complex of tea polyphenols and oat  $\beta$ -glucan. J. Agr. Food Chem. 59: 10737-10746 (2011)
  26. Lee SY, Lee YG, Byeon SE, Han SR, Choi SS, Kim AR, Lee JH, Lee SJ, Hong SY, Cho JY. Mitogen activated protein kinases are prime signalling enzymes in nitric oxide production induced by soluble  $\beta$ -glucan from *Sparassis crispa*. Arch. Pharm. Res. 33: 1753-1760 (2010)
  27. Harada T, Miura NN, Adachi Y, Nakajima M, Yadomae T, Ohno N. IFN- $\gamma$  induction by SCG, 1,3- $\beta$ -D-glucan from *Sparassis crispa*, in DBA/2 mice *in vitro*. J. Interf. Cytok. Res. 22: 1227-1239 (2002)
  28. Kim HS, Kim JY, Ryu HS, Park HG, Kim YO, Kang JS, Kim HM, Hong JT, Kim YS, Han SB. Induction of dendritic cell maturation by  $\beta$ -glucan isolated from *Sparassis crispa*. Int. Immunopharmacol. 10: 1284-1294 (2010)
  29. Park HG, Shim YY, Choi SO, Park WM. New method development for nanoparticle extraction of water-soluble  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-d-glucan from edible mushrooms, *Sparassis crispa* and *Phellinus linteus*. J. Agr. Food Chem. 57: 2147-2154 (2009)
  30. Balkwill FR, Maylor MS, Malik S. Tumor necrosis factor as an anticancer agent. Eur. J. Cancer 26: 641-644 (1990)
  31. Chao CC, Hu S, Molitor TW, Brosnan CF, Berman JW. Cytokine production by human fetal microglia and astrocytes. J. Immunol. 150: 2659-2660 (1998)
  32. Mathiak G, Grass G, Herzmann T, Luebke T, Cu-Zetina C, Boehm SA. Capase-1-inhibitor ac-YVAD-cmk reduces LPS-lethality in rats without affecting haematology or cytokine responses. Br. J. Pharmacol. 131: 383-386 (2000)
  33. Song EJ, Lee CJ, Kim KBWR, Jung JY, Kwak JH, Choi MK, Kim MJ, Ahn DH. Effect of *Ecklonia cava* water extracts on inhibition of IgE in food allergy mouse model. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1776-1782 (2010)
  34. Fiorentino DF, Zlotnik A, Vieira P, Mosmann TR, Howard M, Moore KW, O'Garra A. IL-10 acts on the antigen-presenting cell to inhibit cytokine production by Th1 cells. J. Immunol. 146: 3444-3451 (1991)
  35. Shibata A, Hida TH, Ishibashi KI, Miura NN, Adachi Y, Ohno N. Disruption of actin cytoskeleton enhanced cytokine synthesis of splenocytes stimulated with  $\beta$ -glucan from the cauliflower medicinal mushroom, *Sparassis crispa* Wulf.:Fr. (higher basidiomycetes) *in vitro*. Int. J. Med. Mushrooms 14: 257-269 (2012)
  36. Harada T, Miura N, Adachi Y, Nakajima M, Yadomae T, Ohno N. Effect of SCG, 1,3- $\beta$ -D-glucan from *Sparassis crispa* on the hematopoietic response in cyclophosphamide induced leukopenic mice. Biol. Pharm. Bull. 25: 931-939 (2002)
  37. Mertin J, Meade CJ, Hunt R. Importance of the spleen for the immun inhibitory action of linoleic acid in mice. Int. Arch. Aller. A. Imm. 53: 469-473 (1977)
  38. Hafeez BB, Ahmad I, Haque R, Raisuddin S. Protective effect of *Cassia occidentalis* L. on cyclophosphamide-induced suppression of humoral immunity in mice. J. Ethnopharmacol. 75: 13-18 (2001)
  39. Ryu HS, Kim KO, Kim HS. Effects of plant water extract *Codonopsis lanceolatae* on mouse immune cell activation *ex vivo*. Korean J. Nutr. 42: 207-212 (2009)