

추출 온도에 따른 꽃송이버섯(*Sparassis crispa*)의 부위별 항산화 활성

이다솜 · 김경희 · 육홍선
충남대학교 식품영양학과

Antioxidant Activities of Different Parts of *Sparassis crispa* Depending on Extraction Temperature

Da-Som Lee, Kyoung-Hee Kim, and Hong-Sun Yook

Department of Food and Nutrition, Chungnam National University

ABSTRACT This study was carried out to investigate antioxidant compounds (total polyphenol and total flavonoid) and antioxidant activities (DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity, FRAP activity, and reducing power) of the mycelium and fruit body of *Sparassis crispa* depending on extraction temperature (60°C and 95°C). For total polyphenols, total flavonoids, FRAP activity, and reducing power, the mycelium of *S. crispa* extracted at 95°C showed the highest contents and activities. The mycelium of *S. crispa* extracted at 60°C and fruit body of *S. crispa* extracted at 95°C showed the highest DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity, respectively. This study suggests that the antioxidant activities of *S. crispa* extracted at 95°C are better than those of *S. crispa* extracted at 60°C, and the mycelium contained more antioxidant compounds than the fruit body.

Key words: *Sparassis crispa*, antioxidant activity, extraction temperature

서 론

최근 건강에 대한 관심이 고조됨에 따라 천연물에 대한 관심이 함께 증가하여 천연물 관련 생리활성 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 정신적 스트레스뿐만 아니라 활성산소 같은 많은 유독 작용물질에 노출된 현대인들에게 효과적이고 무해한 천연 항산화제의 필요성이 증대되어 천연물에서 항산화제 소재를 찾는 연구들이 활발하게 이루어지고 있다(1-3). 그 천연물 중 버섯은 예로부터 식용 또는 약용 재료로 널리 이용됐으며, 다양한 물질을 다량 함유하고 있어 현재 이에 대한 연구들 또한 활발히 진행되고 있다. 특히 최근 많은 연구에서 버섯이 항산화, 항염, 항암, 항균 등에 유용한 것으로 나타나(4-6) 다양한 건강기능식품 및 의약품에 적용되어 이용되고 있다.

꽃송이버섯(*Sparassis crispa*)은 민주름버섯목(*Aphyllophorales*), 꽃송이버섯과(*Sparassida ceae*), 꽃송이버섯속(*Sparassis*)에 속하는 버섯으로, 자실체는 높이 10~25 cm 정도이고 밑 부분은 굵은 줄기로 공통의 자루가 있으며 가장자리는 물결 모양의 흰 꽃양배추 모양으로 은은한 향과 씹는 질감이 좋아 식용으로서도 가치가 있다(7). 한국, 일본, 중국, 북아메리카, 유럽, 호주 등에 널리 자생하고 있으며,

한국에서는 5월부터 발생하고, 소나무, 잣나무, 낙엽송, 진나무 등 침엽수에서 발생한다고 알려져 있다(8). 꽃송이버섯은 특히 무기질(K, P, Na, Mg), 아미노산(glutamic acid) 등과 같은 많은 유용 성분들을 함유하고 있으며(7), β -1,3-D-glucan과 더불어 benzoic acid 등과 같은 다양한 phenolic compound를 함유하고 있다(9). 이러한 여러 성분으로 인하여 항염, 항비만, 항암 등의 효능이 알려져 약용 버섯으로 활발히 활용되고 있으며(10-12), 약용뿐만 아니라 식용으로도 많이 이용되고 있어 이를 이용한 여러 기능성 식품 개발에 가능성이 높은 버섯이다. 이에 현재 꽃송이버섯에 대한 관심의 증가로 여러 매체에 소개되어 인공재배 및 이를 활용한 제품 개발이 각광받고 있으며, 재배농가 및 제품 다양성이 증대되어 산업적으로 널리 이용되는 추세에 있지만 대부분의 연구는 특정 부위에 집중되어 있다. 또한, 이들 성분은 여러 추출 공정에서 영향을 받아 용출·파괴될 수 있는데, 특히 온도에 대한 공정은 유용 성분의 용출에 중요한 중 하나로 고온으로 추출할 경우 열에 약한 유효성분의 파괴나 손실을 피할 수 없으며 저온으로 추출할 경우 유효성분이 제대로 추출되지 못할 수 있다(13). 이에 송이버섯(14), 표고버섯(15) 등 온도에 관련한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 꽃송이버섯은 이러한 온도 공정에 대한 논문이 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식용, 약용 버섯으로 널리 알려진 꽃송이버섯을 이용하여 추출 온도별 및 부위별로 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량, 항산화 활성을 측정하고 그 함

Received 7 July 2016; Accepted 26 September 2016

Corresponding author: Hong-Sun Yook, Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6840

량과 활성을 비교 검토하여 꽃송이버섯의 생리활성이 증진될 수 있는 추출공정 확립 및 산업적 활용을 위한 기초 자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료 및 온도별 추출물 제조

본 실험에 사용한 꽃송이버섯의 균사체와 자실체 열수 추출물은 한국인삼농업법인(주)에서 제공받은 꽃송이버섯을 음건하고 분쇄한 후, 유용 성분의 용출이 용이한 70% 에탄올을 가하여(16) 각 60°C, 95°C에서 3회 반복 열수 추출하였다. 추출액은 여과지(Whatman No. 2, Maidstone, UK)를 사용하여 감압·여과하였으며, rotary vacuum evaporator(EYELA A-1000S, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 농축한 후 동결 건조(SFDMS12-60Hz, Samwon Freezing Engineering Co., Seoul, Korea)하여 -20°C에 보관하면서 본 실험에 적당한 농도로 증류수에 용해하여 실험에 사용하였다.

총폴리페놀 함량 측정

총폴리페놀 화합물 함량은 Folin과 Denis(17)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.2 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)와 증류수를 1:2로 섞은 혼합액 0.2 mL를 첨가하여 실온에서 3분간 방치한 후 10% sodium carbonate(Na₂CO₃)(Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Pyeongtaek, Korea) 3 mL를 가하여 1시간 동안 암실에서 반응시킨 뒤 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 이용하여 얻은 standard curve의 검량식에 흡광도를 적용하여 이 검량곡선으로부터 시료 중의 총폴리페놀 함량을 구하였다.

총플라보노이드 함량 측정

총플라보노이드는 Zhishen 등(18)의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료 1.25 mL에 5% sodium nitrite(NaNO₂)(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.) 75 µL를 넣고 5분간 방치한 후 10% aluminium chloride(AlCl₃·6H₂O)(Junsei Chemical Co., Ltd., Nihonbashi-Honcho, Japan) 150 µL를 넣고 6분간 방치하였다. 그다음 1 M sodium hydroxide(NaOH)(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.) 500 µL를 가하여 11분 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총플라보노이드의 함량은 표준물질을 quercetin으로 하여 얻은 standard curve의 검량식에 흡광도를 적용하여 구하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활성은 Blois(19)의 방법에 따라 평가하였다. 시료 0.1 mL에 0.2 mM DPPH(Sigma Chemical Co.) 용액 0.1 mL를 가하여 vortex mixing 후 암실에서 30분간 반응시켜 517 nm에

서 흡광도를 측정하였다. 시료 무첨가구는 시료를 처리하지 않고 시료 희석 용매인 증류수를 첨가한 것으로 하여 위와 같은 방법으로 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 아래의 식에 따라 백분율로 나타낸 후 50%의 소거능을 나타내는 시료 농도인 IC₅₀(inhibitory concentration) 값을 구하였다.

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

ABTS 라디칼 소거 활성

ABTS[2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] 라디칼 소거 활성은 Pellegrini 등(20)의 방법에 따라 측정하였다. 증류수 5 mL에 140 mM potassium persulfate(K₂S₂O₈)(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.) 88 µL를 가하여 혼합 시약을 제조한 다음, 이 혼합 시약에 ABTS diammonium salt tablet(Sigma Chemical Co.) 2알을 넣어 7 mM ABTS 수용액을 만들어 암실에 14~16시간 방치시킨 후, 이를 에탄올과 1:88의 비율로 섞어 734 nm에서 측정된 흡광도 값이 0.70±0.02가 되도록 조절된 ABTS solution을 시약으로 사용하였다. 시료 50 µL를 취하고 ABTS solution 1 mL를 가해 10초 동안 vortex mixer(Scientific Industries Inc., Bohemia, NY, USA)로 섞은 후 2분 30초간 incubation 하여 734 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하였다. 시료 무첨가구는 시료를 처리하지 않고 시료 희석 용매인 증류수를 첨가한 것으로 하여 위와 같은 방법으로 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거 활성은 아래의 식에 따라 백분율로 나타낸 후 50%의 소거능을 나타내는 시료 농도인 IC₅₀ 값을 구하였다.

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

FRAP(ferric reducing antioxidant power) 활성 측정

FRAP assay는 Benzie와 Strain(21)의 방법에 따라 측정하였다. 시약은 0.3 M acetate buffer(pH3.6)(Sigma Chemical Co.)와 40 mM HCl(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.)을 용매로 하여 제조한 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ)(Sigma Chemical Co.) solution, 20 mM ferric chloride solution(FeCl₃)(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.)을 사용하였다. 미리 제조된 acetate buffer, TPTZ solution 및 ferric chloride solution을 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 혼합하여 37°C에서 10분간 incubation 시켜 FRAP reagent를 준비하였다. 그다음 시료 30 µL에 FRAP reagent 900 µL와 증류수 90 µL를 가하여 vortex mixer로 혼합한 후 37°C에서 10분간 방치한 뒤 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP value는 표준물질을 iron sulfate hexahydrate(FeSO₄·6H₂O)로 하여 얻은 standard curve의 검량식에 흡광도를 적용하여 구했으며, 시료 1 g에 들어있는 iron sulfate hexahydrate의 mM 함량

으로 나타내었다.

환원력 측정

환원력은 Oyaizu(22)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.25 mL에 200 mM phosphate buffer(pH 6.6)(Sigma Chemical Co.) 및 1% potassium ferricyanide(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.) 0.25 mL를 차례로 가하여 교반한 후 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시킨 뒤 10분간 냉각하였다. 이 혼합액에 10% trichloroacetic acid(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.) 용액 0.25 mL를 가하여 원심분리 한 후 상등액 0.5 mL에 증류수 0.5 mL와 0.01% ferric chloride(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.) 0.05 mL를 가하여 혼합한 다음 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었으며 흡광도 값을 퍼센트(%)로 환산하여 흡광도 0~1의 범위를 0~100%의 범위로 보아 50%의 환원력을 나타내는 시료 농도인 EC₅₀(effective concentration) 값을 구하였다.

통계처리

모든 실험 결과는 3회 이상 반복하여 평균과 표준편차로 나타냈으며, 그 결과는 SPSS 21.0 software(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 검증하였다. 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 분산분석(ANOVA)을 하여 Duncan's multiple range test로 $P < 0.05$ 수준에서 유의차 검정을 하였다.

결과 및 고찰

폴리페놀 및 플라보노이드 함량

폴리페놀 화합물은 식물계에 널리 분포하는 2차 대사물질로 수산기를 가지는 방향성 화합물을 총칭하는 것으로서(23), 수산기를 통한 수소공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의하여 항산화능을 나타낸다(24). 플라보노이드는 폴리페놀에 속하는 성분으로 노란색 혹은 담황색을 나타내는 페놀계 화합물을 총칭하며 채소류와 식품의 잎, 꽃, 과일, 줄기 및 뿌리 등의 자연계에 널리 분포한다(25). 이러한 폴리페놀계 화합물은 항산화, 항암, 심장질환 예방 효과 등 다양한 생리활성을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(26).

추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량을 측정한 결과 값은 시료 1 g에 대한 mg gallic acid equivalents(GAE) 및 mg quercetin equivalents(QE)로 Table 1에 나타내었다. 추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 총폴리페놀 함량은 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 균사체가 30.30±1.66 mg GAE/g으로 가장 높았으며, 60°C에서 추출한 꽃송이버섯의 균사체가 26.75±2.31 mg GAE/g으로 그다음으로 높았다. 95°C에서 추출한 자실체가 25.65±1.04 mg GAE/g으로 그 뒤를 이었으며, 95°C에서 추출한 자실체가 19.03±0.16 mg GAE/g으로 가

Table 1. Total polyphenol contents and total flavonoid contents of mycelium and fruit body of *Sparassis crispa* depending on the extraction temperature

Extraction temperature	Sample		Total polyphenol (mg GAE ¹⁾ /g)	Total flavonoid (mg QE ¹⁾ /g)
	Parts			
60°C	Mycelium		26.75±2.31 ^{b2)3)}	2.02±0.06 ^b
	Fruit body		19.03±0.16 ^c	0.54±0.09 ^d
95°C	Mycelium		30.30±1.66 ^a	2.65±0.09 ^a
	Fruit body		25.65±1.04 ^b	1.51±0.10 ^c

¹⁾GAE: gallic acid equivalent, QE: quercetin equivalent.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Values with different letters within a column differ significantly ($P < 0.05$).

장 낮은 함량을 보였다. 동일한 추출 온도에서 부위별로 비교하였을 때 60°C에서는 균사체가 자실체보다 약 1.4배 높은 함량을 보였으며, 95°C에서도 균사체가 자실체보다 약 1.2배 높은 함량을 보였다. Jung 등(27)은 느타리버섯의 자실체와 균사체 에탄올 추출물의 총페놀 함량을 비교한 결과 균사체가 자실체보다 더 많은 페놀 함량을 함유하고 있음을 보고하였는데, 이는 본 연구에서 동일한 추출 온도일 때 자실체보다 균사체의 페놀 함량이 높게 나타난 결과와 유사하였다. 한편 동일한 부위에서 추출 온도별로 비교하였을 때 균사체와 자실체 모두 60°C에서 추출했을 때보다 95°C에서 추출했을 때가 더 높은 값을 나타내었다. Baek 등(28)은 추출조건에 따른 차가버섯 추출물의 총폴리페놀 함량을 측정한 결과에서 열수 추출 시 낮은 온도에서 추출했을 때보다 높은 온도에서 추출했을 때 총폴리페놀의 함량이 더 높았음을 보고하였으며, 이는 열처리로 인한 성분의 용출이 용이해졌을 것으로 생각한다.

추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 총플라보노이드 함량을 측정한 결과, 95°C에서 추출한 균사체가 2.65±0.09 mg QE/g, 60°C에서 추출한 균사체가 2.02±0.06 mg QE/g, 95°C에서 추출한 자실체가 1.51±0.10 mg QE/g 순으로 높았으며, 60°C에서 추출한 자실체가 0.54±0.09 mg QE/g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 동일한 추출 온도에서 부위별로 비교하였을 때 60°C에서는 균사체가 자실체보다 약 3.7배 높았으며, 95°C에서는 균사체가 자실체보다 약 1.8배 정도 높은 값을 보였다. Park 등(29)은 발효 대두 식품의 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량, FRAP 활성 간의 상관관계를 조사하였는데, 총폴리페놀 함량과 총플라보노이드 함량의 상관관계가 0.978로 높은 상관관계를 보였다고 보고하였으며, 본 연구 결과에서도 총폴리페놀 함량이 높았던 시료에서 총플라보노이드의 함량이 높은 것으로 확인되었다. 한편 동일한 부위에서 추출 온도별로 비교하였을 때 플라보노이드 역시 균사체와 자실체 모두 60°C에서 추출했을 때보다 95°C에서 추출했을 때가 더 높은 값을 나타내었다. Baek 등(28)은 추출조건에 따른 차가버섯 추출물의 총플라보노이드 함량을 측정한 결과에서 열수 추출 시 낮은 온도에

Table 2. DPPH radical scavenging activity of mycelium and fruit body of *S. crispa* depending on the extraction temperature

Sample		DPPH IC ₅₀ value ¹⁾
Extraction temperature	Parts	(mg/mL)
60°C	Mycelium	0.96±0.02 ^{d2)}
	Fruit body	1.36±0.01 ^a
95°C	Mycelium	1.01±0.01 ^c
	Fruit body	1.12±0.04 ^b

¹⁾Amount required for 50% reduction of DPPH radical scavenging activity.

²⁾Values with different letters differ significantly ($P<0.05$).

서 추출했을 때보다 높은 온도에서 추출했을 때 총플라보노이드의 함량이 더 높았음을 보고하였으며, 이는 열처리로 인하여 성분의 용출이 용이해졌기 때문으로 앞서 해석한 바 있다. 실제 Kim 등(9)의 연구에서 여러 식용버섯 및 약용버섯의 페놀 화합물 농도를 HPLC로 측정 한 결과, 꽃송이버섯은 veratric acid와 같은 계열의 성분이 다량 함유된 것으로 보고되었다.

DPPH 라디칼 소거 활성

DPPH 라디칼 소거법은 실제 항산화 활성과 높은 연관성이 있으며, 항산화 물질로부터 유리라디칼에 전자를 공여하여 지방질의 산화를 억제하는 척도로 사용되고 있을 뿐만 아니라 인체 내에서 유리라디칼에 의한 노화를 억제하는 작용의 척도로 이용되고 있다(19).

추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 DPPH 라디칼 소거 활성은 50% 라디칼 소거능을 나타내는 IC₅₀ 값으로 Table 2에 나타내었다. 추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 DPPH 라디칼 소거 활성의 IC₅₀ 값은 60°C에서 추출한 균사체가 0.96±0.02 mg/mL로 가장 높은 활성을 보였으며, 95°C에서 추출한 균사체가 1.01±0.01 mg/mL, 95°C에서 추출한 자실체가 1.12±0.04 mg/mL, 60°C에서 추출한 자실체가 1.36±0.01 mg/mL 순으로 높은 활성을 나타내어, 동일 추출 온도에서는 부위별로 비교하였을 때 자실체보다 균사체에서 활성이 더 높음을 나타내었다. 동일한 부위에서 추출 온도별로 비교하였을 때는 균사체에서는 95°C에서 추출한 꽃송이버섯보다 60°C에서 추출한 꽃송이버섯의 활성이 더 높았으나 자실체에서는 60°C에서 추출한 꽃송이버섯보다 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 활성이 더 높게 나타났다. Bae(30)는 산초 열매 추출물의 총페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성 간에 상관관계를 분석한 결과 고도의 유의한 상관관계가 있다고 보고하였는데, 이는 본 연구에서 꽃송이버섯의 총페놀 함량이 자실체보다 균사체에 더 많이 함유되어 있으며, DPPH 라디칼 소거 활성 또한 자실체보다 균사체에서 더 높게 나온 결과와 관련이 있는 것으로 생각된다.

ABTS 라디칼 소거 활성

ABTS 라디칼 소거법은 peroxidase 및 H₂O₂와 반응하여 활성 양이온인 ABTS⁺가 형성되며 항산화 물질로부터 전자

Table 3. ABTS radical scavenging activity of mycelium and fruit body of *S. crispa* depending on the extraction temperature

Sample		ABTS IC ₅₀ value ¹⁾
Extraction temperature	Parts	(mg/mL)
60°C	Mycelium	2.31±0.05 ^{b2)}
	Fruit body	2.55±0.16 ^a
95°C	Mycelium	2.07±0.09 ^c
	Fruit body	2.04±0.06 ^c

¹⁾Amount required for 50% reduction of ABTS radical scavenging activity.

²⁾Values with different letters differ significantly ($P<0.05$).

를 공여 받음으로써 ABTS⁺가 소거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는데 이 탈색 정도를 이용하여 평가하는 방법(31)으로, 추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 ABTS 라디칼 소거 활성 결과는 50% 라디칼 소거능을 나타내는 IC₅₀ 값으로 Table 3에 나타내었다.

추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정한 결과, 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 자실체와 균사체가 각각 2.04±0.06 mg/mL, 2.07±0.09 mg/mL로 가장 높았으며, 그 뒤를 이어 60°C에서 추출한 꽃송이버섯의 균사체가 2.31±0.05 mg/mL로 높은 활성을 보였고 60°C에서 추출한 꽃송이버섯의 자실체가 2.55±0.16 mg/mL로 가장 낮은 라디칼 소거 활성을 나타냈다. 동일한 부위에서 추출 온도별로 비교하였을 때 균사체와 자실체 모두 60°C에서 추출한 꽃송이버섯보다 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 활성이 더 높게 나타났으며, 동일한 추출 온도에서 부위별로 비교하였을 때는 60°C에서는 균사체의 활성이 더 높게 나타났고 95°C에서는 큰 유의적 차이가 나타나지 않았다. Lee 등(13)은 차가버섯의 온도단계별 물 추출물의 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정한 결과, 낮은 온도에서 추출한 추출물의 항산화 활성보다 높은 온도에서 추출한 추출물의 항산화 활성이 월등하게 높음을 보고한 적 있는데, 이는 본 연구의 동일한 부위에서 각 60°C와 95°C의 온도로 추출한 꽃송이버섯의 ABTS 라디칼 소거 활성을 비교하였을 때 60°C에서 추출한 꽃송이버섯의 활성보다 높은 온도인 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 활성이 더 높게 나타난 것과 비슷한 결과이다.

FRAP 활성

FRAP는 산성 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyl-triazine(Fe³⁺-TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyl-triazine(Fe²⁺-TPTZ)으로 환원되는 원리를 이용한 것으로 시료 중 항산화 물질의 함량에 대한 의존도가 높은 것으로 알려져 있다(21). 추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 FRAP 활성은 시료 1 g에 대한 mM로 환산하여 계산하였으며 결과는 Table 4에 나타내었다.

추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 FRAP 활성을 측정한 결과, 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 균사체가 122.60±3.80 mM/g으로 가장 높았으며, 60°C에서 추출한 꽃송이

Table 4. FRAP value of mycelium and fruit body of *S. crispa* depending on the extraction temperature

Sample		FRAP value (mM/g)
Extraction temperature	Parts	
60°C	Mycelium	103.67±2.04 ^{b1)}
	Fruit body	64.47±1.63 ^d
95°C	Mycelium	122.60±3.80 ^a
	Fruit body	84.73±1.80 ^c

¹⁾Values with different letters differ significantly ($P<0.05$).

버섯의 균사체가 103.67±2.04 mM/g으로 다음으로 높은 FRAP 활성을 나타냈다. 95°C에서 추출한 자실체가 84.73±1.80 mM/g으로 그 뒤를 이었으며, 60°C에서 추출한 자실체가 64.47±1.63 mM/g으로 가장 낮은 활성을 나타냈다. 동일한 부위에서 추출 온도별로 비교하였을 때 균사체와 자실체 모두 60°C에서 추출하였을 때보다 95°C에서 추출하였을 때가 더 높은 값을 나타내었으며, 동일한 추출 온도에서 부위별로 비교하였을 때는 추출 온도인 60°C와 95°C 모두 자실체보다 균사체에서 더 높은 값을 나타내었다. Huang 등(32)은 느타리버섯의 자실체와 균사체의 chelating ability를 비교한 결과 자실체보다 균사체의 활성이 더 높게 나타났음을 보고하였는데, 이는 본 연구의 동일한 추출 온도에서 꽃송이버섯을 부위별로 비교하였을 때 자실체의 활성에 비하여 균사체의 활성이 높게 나온 결과와 유사하였다.

환원력 측정

환원력은 환원력을 가진 물질이 ferric-ferricyanide(Fe^{3+}) 혼합물에 수소를 공여함으로써 유리라디칼을 안정화해 ferrous(Fe^{2+})로 전환되는 환원력을 흡광도 값으로 나타낸 것으로, 환원력이 강할수록 녹색에 가깝게 발색되며 높은 흡광도 값을 나타낸다(22). 추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 환원력은 시료 내 항산화제의 50% 환원력을 나타내는 EC₅₀ 값으로 Table 5에 나타내었다.

추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 환원력을 측정된 결과, 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 균사체가 0.75±0.02 mg/mL로 가장 높았으며, 60°C에서 추출한 균사체가 1.00±0.01 mg/mL로 두 번째로 높았다. 60°C에서 추출한 자실체가 2.54±0.00 mg/mL로 그 뒤를 이었으며, 95°C에서 추출한 자실체가 3.17±0.00 mg/mL로 가장 낮은 환원력을

Table 5. Reducing power of mycelium and fruit body of *S. crispa* according to the extraction temperature

Sample		Reducing power EC ₅₀ value ¹⁾ (mg/mL)
Extraction temperature	Parts	
60°C	Mycelium	1.00±0.01 ^{c2)}
	Fruit body	2.54±0.00 ^b
95°C	Mycelium	0.75±0.02 ^d
	Fruit body	3.17±0.00 ^a

¹⁾Amount required for 50% effective of reducing power.

²⁾Values with different letters differ significantly ($P<0.05$).

나타냈다. 동일한 부위에서 추출 온도별로 비교하였을 때 균사체에서는 95°C에서 추출하였을 때가 60°C에서 추출하였을 때보다 활성이 더 높게 나타났으나, 자실체에서는 60°C에서 추출하였을 때가 95°C에서 추출했을 때보다 활성이 더 높게 나타났다. 한편 동일한 추출 온도에서 부위별로 비교하였을 때는 추출 온도인 60°C와 95°C 모두 자실체보다 균사체에서 더 높은 값을 나타내었다. Huang 등(32)은 느타리버섯의 자실체와 균사체의 환원력을 비교한 결과 자실체보다 균사체의 활성이 더 높게 나타났음을 보고하였는데, 이는 본 연구의 동일한 추출 온도에서 꽃송이버섯을 부위별로 비교하였을 때 균사체의 활성이 자실체의 활성에 비하여 높게 나온 결과와 유사하였다.

요 약

본 연구에서는 열수 추출 방법을 이용하여 추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량, 항산화 활성(DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거 활성, FRAP 활성, 환원력)을 측정하였다. 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량, FRAP 활성, 환원력 실험에서는 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 균사체가 가장 높은 함량과 활성을 보였고, DPPH 라디칼 소거 활성에서는 60°C에서 추출한 꽃송이버섯의 균사체가, ABTS 라디칼 소거 활성에서는 95°C에서 추출한 꽃송이버섯의 자실체가 가장 높은 활성을 나타내었다. 한편 동일한 부위에서 추출 온도별로 비교하였을 때 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량, ABTS 라디칼 소거 활성, FRAP 활성, 환원력 실험에서 균사체가 자실체보다 더 높은 함량과 활성을 나타내었다. 이에 추출 온도에 따른 꽃송이버섯의 부위별 항산화 활성을 살펴본 결과 전반적으로 60°C에서 추출하였을 때보다 95°C에서 추출하였을 때가 항산화 활성이 더 우수하였으며, 자실체보다는 균사체에 더 많은 항산화 성분을 함유하고 있음을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 주로 이용되는 자실체뿐만 아니라 균사체에도 많은 항산화 성분을 함유하고 있으며, 높은 온도에서 추출했을 때 그 성분의 용출이 더 용이해짐을 알 수 있어 이를 이용한 천연 항산화제의 기능성 식품 및 소재로서의 이용과 개발 가능성이 시사되었다.

감사의 글

본 연구는 충남대학교 자체연구과제(과제번호: 2016-1310-01)를 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Chu YH, Chang CL, Hsu HF. 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J Sci Food Agric* 80: 561-566.
2. Ismail A, Tan SH. 2002. Antioxidant activity of selected commercial seaweeds. *Malays J Nutr* 8: 167-177.
3. Cheung LM, Cheung PCK. 2005. Mushroom extracts with antioxidant activity against lipid peroxidation. *Food Chem* 89: 403-409.
4. Kim DH, Park SR, Debnath T, Hasnat MDA, Pervin M, Lim BO. 2013. Evaluation of the antioxidant activity and anti-inflammatory effect of *Hericium erinaceus* water extracts. *Korean J Med Crop Sci* 21: 112-117.
5. Park MH, Oh KY, Lee BW. 1998. Anti-cancer activity of *Lentinus edodes* and *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 702-708.
6. 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.
7. Shin HJ, Oh DS, Lee HD, Kang HB, Lee CW, Cha WS. 2007. Analysis of mineral, amino acid and vitamin contents of fruiting body of *Sparassis crispa*. *J Life Sci* 17: 1290-1293.
8. Oh DS, Park JM, Park H, Ka KH, Chun WJ. 2009. Site characteristics and vegetation structure of the habitat of cauliflower mushroom (*Sparassis crispa*). *Korean J Mycol* 37: 33-40.
9. Kim MY, Seguin P, Ahn JK, Kim JJ, Chun SC, Kim EH, Seo SH, Kang EY, Kim SL, Park YJ, Ro HM, Chung IM. 2008. Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. *J Agric Food Chem* 56: 7265-7270.
10. Choi WS, Shin PG, Bok YY, Jun NH, Kim GD. 2013. Anti-inflammatory effects of *Sparassis crispa* extracts. *J Mushroom Sci Prod* 11: 46-51.
11. Eum JY. 2014. Studies on anti-obesity effect of *Lentinus edodes*, *Sparassis crispa*, and *Mycocleptodonoides aitchisonii*. *MS Thesis*. Chungnam National University, Daejeon, Korea.
12. Kim IK, Yun YC, Shin YC, Yoo J. 2013. Effect of *Sparassis crispa* extracts on immune cell activation and tumor growth inhibition. *J Life Sci* 23: 984-988.
13. Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ. 2005. Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inonotus obliquus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 139-147.
14. Kang BH, Lee JM, Kim YK. 2010. Optimization of hot water extraction conditions for *Tricholoma matsutake* by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1206-1212.
15. Park NY, Jeong YJ. 2006. Quality properties of oak mushroom (*Lentinus edodes*) based on extraction conditions and enzyme treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1273-1279.
16. Kim NM, Sung HS, Kim WJ. 1993. Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. *Korean J Food Sci Technol* 25: 204-209.
17. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-249.
18. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
19. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
20. Pellegrini N, Re R, Yang M, Rice-Evans C. 1998. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Method Enzymol* 299: 379-389.
21. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-79.
22. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction - antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine-. *Jap J Nutr* 44: 307-315.
23. Herrmann K. 1989. Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 28: 315-347.
24. Shahidi F, Wanasundara PK. 1992. Phenolic antioxidants. *Crit Rev Food Sci Nutr* 32: 67-103.
25. Hertog MGL, Hollman PCH, van de Putte B. 1993. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines and fruit juices. *J Agric Food Chem* 41: 1242-1246.
26. You BR, Kim HR, Kim MJ, Kim MR. 2011. Comparison of the quality characteristics and antioxidant activities of the commercial black garlic and lab-prepared fermented and aged black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 366-371.
27. Jung IC, Park S, Park KS, Ha HC, Kim SH, Kwon YI, Lee JS. 1996. Antioxidant effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Sci Technol* 28: 464-469.
28. Baek GH, Jeong HS, Kim H, Yoon TJ, Suh HJ, Yu KW. 2012. Pharmacological activity of chaga mushroom on extraction conditions and immunostimulating polysaccharide. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1378-1387.
29. Park JW, Lee YJ, Yoon S. 2007. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. *Korean J Food Cult* 22: 353-358.
30. Bae SM. 2010. Studies on proximate composition, antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of *Zanthoxylum schinifolium* fruit according to ripening stages. *PhD Dissertation*. Kyungnam University, Changwon, Korea.
31. Shin JH, Lee SJ, Jung WJ, Kang MJ, Sung NJ. 2011. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on collected from the different regions. *J Agric & Life Sci* 45: 103-114.
32. Huang SJ, Lin CP, Tsai SY. 2015. Vitamin D₂ content and antioxidant properties of fruit body and mycelia of edible mushrooms by UV-B irradiation. *J Food Compos Anal* 42: 38-45.