



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

표 영 희 교수지도
석사학위 청구논문

시판버섯의 부위별 항산화활성 및
활성성분에 관한 연구

2013

성신여자대학교 대학원
식품영양학과
홍 명 희

시판버섯의 부위별 항산화활성 및
활성성분에 관한 연구

표 영 희 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2012년 11월

성신여자대학교 대학원

식품영양학과

홍 명 희

인 준 서

홍명희의 석사학위 논문으로 인준함

심사위원 _____ (印)

심사위원 _____ (印)

심사위원 _____ (印)

성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구는 식생활에서 보편적으로 식용하고 있는 14종의 국내산 버섯을 대상으로 버섯을 전체(Entire, E), 갓(Pileus, P), 기둥(Stipe, S)의 세 부위로 나누어 부위별 항산화활성 및 활성성분인 총페놀 화합물, 유비퀴논, 토코페롤 등을 측정하여, 그 결과를 보고하고자 한다.

1. 총폴리페놀의 각 부위별 높은 함유량은 전체부위(E), 갓(P), 대(S) 순으로 각각 상황버섯, 양송이, 갈색만가닥으로 나타났다. 시판버섯의 갓 부위(P)에 함유된 총페놀함량은 gallic acid 등량값으로 193.9~536.6 mg GAE/ 100g으로 대 부위(S)의 156.8~370.8 mg/100g 보다 23.4~44.7% 높게 나타났다.

2. 총플라보노이드의 각 부위별 높은 함유량은 전체부위(E), 갓(P), 대(S) 순으로 각각 상황버섯, 갈색만가닥, 버들송이으로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 quercetin의 등량값으로 표시했을 때 전체 부위(E)에서 14.8~31.2 mg QE/ 100g으로 나타나 총페놀함량에 비해 매우 낮은 함량으로 측정되었다. 따라서 버섯에 함유된 페놀성 화합물은 플라보노이드 물질보다 페놀산 화합물질이 주요 성분일 것으로 평가되었다.

3. 시판버섯의 토코페롤의 함량은 α , β , γ , δ -tocopherol 각 이성체마다 다양하게 분포 되었다. α -tocopherol은 석이, β -tocopherol은 새송이(P), γ -tocopherol 느타리(S), δ -tocopherol은 황금송이가 가장 높게 측정되었다. 토코페롤의 전체 함유량은 황금송이 버섯이 2844.43 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 많은 함량을 지녔고, 갈색만가닥 버섯이 40.09 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 한편 토코페롤의 평균 함량은 대(S)부위가 549 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로

갓 부위(P)의 325 μ g/100g의 비해 더 높은 것으로 측정되었다.

4. 유비퀴논의 각 부위별 높은 함유량은 전체부위(E), 갓(P), 대(S) 순으로 각각 갈색만가닥, 양송이, 갈색만가닥,으로 나타났다. 유비퀴논 함량은 갓 부위(P)가 163.5~485.1 μ g/ 100g으로 나타나 대 부위(S)의 65.6~142.9 μ g/ 100g에 비해 2.5~3.4배 더 높은 것으로 측정되어 시판버섯에 함유된 유비퀴논 성분은 주로 자실체의 주름부위에 분포된 것을 알 수 있다.

5. 시료(10 mg/mL)의 DPPH 자유 라디칼 소거능에 따른 전체 부위(E)의 항산화활성은 각각 51.2~90.1%로 비교적 높게 나타났다. 특히 상황버섯의 라디칼 소거능은 90%로 나타나 전체 부위(E)의 시판버섯 중 가장 높았으며 목이버섯은 51%로 나타나 항산화활성이 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 또한 갓(P)부위가 대(S)부위보다 10% 더 높은 라디칼 소거능을 나타내었다.

6. 시료(10 mg/mL)의 ABTS 자유 라디칼 소거능에 따른 전체 부위(E)의 항산화활성은 62.5~95.8%로 비교적 높게 나타났다. 특히 상황버섯의 라디칼 소거능은 95%로 나타나 전체 부위(E)의 시판버섯 중 가장 높았으며 목이버섯은 62%로 나타나 항산화활성이 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 또한 갓(P)부위가 대(S)부위 보다 2% 정도 높은 라디칼 소거능을 지닌 것으로 나타났다.

7. 시료(10 mg/mL)의 환원력 측정에서 팽이버섯의 경우 80mg AAE/100g으로 가장 높은 환원력을 나타내었으며, 표고버섯 대(S)부위는 32.39 mg AAE/ 100g으로 가장 낮은 환원력을 나타내었다. 환원력 또한 갓(P) 부위의 평균 환원력이 49 mg AAE/100g으로 대 부위(S)의 41 mg AAE/ 100g 보다 항산화활성이 높은 것으로 확인되었다. 이 같은 결과는 각 부위별 자체 내

함유된 평균 총페놀함량($R^2=0.80$) 및 유비퀴논함량($R^2=0.55$)과 유의적인 상관관계를($p<0.05$) 나타내어 이들 성분이 항산화활성에 영향을 미친 것으로 추정된다.

이상과 같은 결과를 통해 시판버섯에 함유된 유효활성 성분은 주로 자실체의 주름에 분포된 것을 알 수 있으며, 버섯시료의 항산화 활성능은 총폴리페놀 함량에 주요 성분으로 작용하나 미량으로 존재하는 유비퀴논 및 토코페롤 함량도 부차적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

목 차

논문개요

I. 서론	1
1. 서언	1
2. 선행연구	
1) 버섯	5
2) 항산화	7
3) 토코페롤	9
3) 유비퀴논	12
II. 재료 및 방법	14
1. 실험재료	14
1) 시료	14
2. 실험방법	17
1) 버섯의 항산화 활성성분 측정	17
(1) 총 폴리페놀함량	17
(2) 총 플라보노이드함량	18
(3) 토코페롤 함량	19
(4) 유비퀴논 함량	21

2) 버섯의 항산화활성 측정	23
(1) DPPH-radical 소거활성	23
(2) ABTS-radical 소거활성	23
(3) 환원력 측정	24
3) 통계처리	24
III. 연구 결과 및 고찰	25
1) 버섯의 항산화 활성성분	25
(1) 총폴리페놀 함량	25
(2) 폴플라보노이드 함량	29
(3) 토코페롤 함량	34
(4) 유비퀴논 함량	40
2) 버섯의 항산화 활성	44
1) DPPH-radical 소거활성	44
2) ABTS-radical 소거활성	48
3) 환원력 측정	54
IV. 결론	58

References

Abstract

List of Tables

Table 1. Information about the studied commercial mushrooms produced in Korea	15
Table 2. Operating condition for tocopherols analysis of commercial mushroom samples	20
Table 3. Operating condition for tocopherols analysis of commercial mushroom samples	22
Table 4. Total phenolic contents in the commercial mushroom samples	26
Table 5. Total Flavonoids contents in the commercial mushroom samples	31
Table 6. Tocopherol composition of the mushroom sample	36
Table 7. Total ubiquinones(CoQ9+CoQ10) contents in the commercial mushroom samples	41

Table 8. DPPH-Radical scavenging activity of the commercial mushroom samples	45
Table 9. ABTs-Radical scavenging activity of the commercial mushroom samples	49
Table 10. Pearson's correlation coefficients(R^2) between antioxidant capacity and total phenolics(TP), ubiquinones(CoQs) measured in the pileus and stipe of commercial mushrooms	52
Table 11. Reducing power activity of the commercial mushroom samples	55

List of Figures

Fig. 1. Chemical structures of α , β , γ , δ -tocopherols	11
Fig. 2. Chemical structure of oxidized and reduced coenzyme Q	13
Fig. 3. Total phenolics in the entire parts of 14 commercial mushrooms	28
Fig. 4. Total flavonoids in the entire parts of 14 commercial mushrooms	33
Fig. 5. Tocopherols in the entire of 12 commercial mushrooms	39
Fig. 6. Ubiquinone in the entire of 14 commercial mushrooms	43
Fig. 7. DPPH-radical scavenging activity in the entire parts of 14 commercial mushroom	47
Fig. 8. ABTS-radical scavenging activity in the entire parts of 14 commercial mushroom	51

Fig. 9. Pearson's correlation coefficients(R^2) between total phenolics and DPPH in the entire parts of 14 commercial mushrooms53

Fig. 9. Pearson's correlation coefficients(R^2) between total phenolics and ABTS in the entire parts of 14 commercial mushrooms53

Fig. 10. Reducing power in the entire parts of 12 commercial mushroom57

I. 서론

1.서언

최근 경제성장에 따른 국민소득 향상으로 소비자들의 생활수준이 크게 향상되었고, 고령화 인구 증가에 따라 현대인의 건강한 삶에 대한 인식변화와 생체리듬의 조절 및 건강의 유지와 노화억제 등의 생명활동의 중요성이 커지면서 건강 기능성 식품에 대한 선호도가 증가하고 있다(1). 특히 자연식품 중에서 기능성 물질을 섭취 하려는 욕구와 함께 성인병의 예방과 치료에 효능이 있는 저칼로리 식품을 선호할 뿐만 아니라 개인의 life cycle에 맞는 다양한 형태의 기능성 식품들을 활용하고 있다(2,3).

인체에 유해한 물질로 발생하는 활성산소는 단백질, DNA, 효소, 세포막의 손상을 유발하여, 노화 및 성인병의 주요원인으로 알려져 있다. 이러한 활성산소를 제거하기위해 각종질환의 치료제로서, 천연항산화제에 대한 중요성과 개발필요성이 갈수록 증가되고 있는 추세이다(4). 인체 내의 산소는 물질대사 및 에너지 생산에 중요한 분자이나 호흡을 통해 흡수되는 산소 중 일부분은 완전히 환원되지 못하여 인체의 유해한 활성산소로 전환된다(5). 이러한 활성산소종은 superoxide anion, hydroxyl radical, singlet oxygen과 같이 짝을 짓지 않은 상태로 체내에서 끊임없이 생성된다(6). 이들 분자는 구조적으로 매우 불안정하여 체내의 불포화지방산과 지질 및 콜레스테롤을 산화시킴으로서 인체 내 세포를 파괴하는 과산화지질을 생성하고 혈관벽에 부착되어 혈류의 흐름을 방해하거나 혈관을 손상시켜 뇌졸중, 알츠하이머, 심장질환, 동맥경화, 당뇨, 암 등의 다양한 질병을 유발시킨다(7). 이러한 활성산소종을 제거하기 위해 인체는 superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase 등과 같은 체내의 항산화 효소를 이용하거나, 항산화물질이 함

유된 천연식품 등의 섭취로 활성산소와 자유라디칼의 연쇄반응을 비효소적 방법으로 제어하고 있다(8). 활성산소의 생성을 비효소적으로 억제하는 항산화 활성 물질로 ascorbic acid, tocopherol, flavonoid 등의 천연 항산화제와 BHT(Butylated hydroxyl toluene), BHA(Butylated hydroxyl anisol) 등의 합성 항산화제가 있으나, 합성항산화제의 경우에는 생체의 효소 및 지방의 변이원성과 독성으로 인한 유해성이 제기되어 현재는 허용대상 식품이나 사용량이 법적으로 엄격하게 규제되어 있어, 보다 안전하고 효과적인 항산화제의 개발이 요구되고 있는 실정이다(9-11).

식물에 존재하는 대부분의 생리활성 물질은 페놀성 화합물로서 다양한 구조 및 분자량을 갖는 2차 대사산물 중 하나이다(12). 페놀성 화합물은 단순 phenol류, phenolic acid, phenylprophanoid류 등이 있으며 flavonoid류가 주를 이룬다. 이러한 페놀성 화합물은 향균, 항알레르기, 항산화, 항암, 심장질환 및 당뇨병 효과가 보고되고 있으며(13,14), 페놀성 항산화제들은 alkyl radical이나 alkylperoxy radical에 수소를 제공하여 radical을 제거하여 산화를 억제하는 것으로 알려져 있다(15). 또한 각종 성인병의 원인이 생체 에너지 대사 과정 중에 생성되는 활성산소로부터 기인된 것이라는 연구가 보고됨에 따라 이를 조절할 수 있는 식물 유래의 천연 항산화제에 대한 연구 결과가 보고되어 왔다(16).

버섯은 진균류에 속하는 담자균과 자낭균 중 자실체를 형성하는 고등균류로서 탄수화물, 단백질, 지질, 비타민 및 무기질을 함유하고 있을 뿐만 아니라 독특한 맛과 향미를 지니고 있으며, 여러 가지 효능으로 인하여 건강식품으로 각광을 받고 있다(17,18). 일반적으로 버섯을 생식하면 영양보강 및 생리적 항상성이 유지되어 질병에 대한 저항성 및 신체를 건강하게 하는 것으로 알려져 있다(19). 버섯류의 항산화능에 대한 선행연구에 따르면, 버섯의 β -glucan은 면역증감, 항산화능, 향균, 항생제, 항종양효과 등이 보고되며(19,20,21), 큰비단그물버섯(*Suillus grevillei*)의 bolegrevil(1-acetoxy-6-

geranylgeranyl-2,4-dihydroxybenzen)성분이 항산화성 물질로 밝혀졌고, 까치버섯(*Polyzellus multiplex*)의 polyozellin과 polyozellin등도 항산화 물질로 규명되었다(22,23). 또한 해송이 버섯(*Hypsizigus marmoreus*)의 자실체 수용성 추출물이 peroxy radical 소거능을 가지며, 지질과산화 반응에 대한 항산화성을 나타내었다(23). 영지버섯(*Coriolus versicolor*) 중의 단백당류가 이온-라디칼 scavenger로 superoxide dismutase 활성과 유사한 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고하였다(24). 국내에는 약 1,600여종의 버섯이 자생하며, 이중 약 200 여종이 식용으로 이용되고 약 100여종이 약용으로 이용이 가능하다. 최근 우리나라에서 재배되는 중요한 식용버섯으로는 양송이(*Agaricus bisporus*), 느타리(*Pleurotus ostreatus*), 표고(*Lentinula edodes*), 팽이(*Flammulina velutipes*), 새송이 (*Pleurotus eryngii*) 등이 있으며 식·의약용 버섯으로는 저령(*Grifola umbellata*), 복령(*Poria cocos*) 등이 있고, 약용으로는 영지(*Ganoderma lucidum*), 상황버섯(*Phellinus linteus*) 등이 알려져 있다(25). 근래에는 과학적인 연구결과를 바탕으로 인공재배법이 개발되어 인위적으로 생산이 가능하게 되었다. 최근에는 재배되는 버섯의 종류도 증가하고 있을 뿐만 아니라 원목 이외의 여러 가지 대체원료로부터 버섯이 생산되고 있는 실정이어서 대량생산 및 품질 관리가 가능해지고 있다. 현재는 약 1만4000호의 농가에서 연간 19만톤의 버섯을 생산하고 있으며, 느타리, 새송이, 표고, 팽이, 양송이가 97% 정도를 차지하고 있다(32). 버섯에 관한 연구에서는 영지나 상황버섯 등 특정 품종에 국한하여 성분 분석 및 항산화 특성을 비롯한 생리활성의 기능성 검색 연구가 주로 보고되어 왔다(26,27,28). 그러나 우리가 식생활에서 보편적으로 식용하고 있는 유통 중인 버섯 품종에 따른 연구는 거의 찾아보기 힘들며, 특히 버섯 부위별 항산화능의 연구결과는 발견되지 않는다. 본 연구에서는 현재 시판 중인 14종의 국내산 버섯을 대상으로 버섯을 전체(Entire, E), 갓(Pileus, P), 기둥(Stipe, S)의 세 부위로 나누어 부위별 항산화활성 및 활성성분인 총페놀 화합물, 유

비퀴논, 토코페롤 등을 측정하여, 그 결과를 보고하고자 한다.

2. 선행연구

1) 버섯

버섯은 분류학적으로 균류(곰팡이)에 속하지만 일반적인 균류와 다른 자실체(포자를 형성하기 위한 대형의 조직체)를 만드는 것이 특징이며 따라서 고등균류라고 불린다(17). 버섯의 많은 수가 담자균류에 속하며 일부는 자낭균류에 속하는 고등균류로 그 종류는 약 140,000여종 이상 서식하는 것으로 알려져 있고, 그 중 14,000여종의 버섯이 조사 연구되어 있으며, 식용 및 약용으로는 1,000여종이 알려져 있다(25). 특히 식용 및 약용 버섯으로부터 생산되는 기능성 생리활성 물질들은 부작용이 적고 독성 면에서 비교적 안전할 뿐만 아니라 한편으론 인체 면역계의 기능을 증강시켜 항암효과를 나타낸다고 보고된다(19,20). 동양의학에서는 BC 3,000년경부터 질병의 치료에 버섯류를 사용해 왔으며 Fungi로부터 penicillin(1929년)이 발견된 후 천연의 항체 및 생리활성 물질의 풍부한 자원으로 알려지기 시작하였다(29). 특히 영지버섯(*Ganoderma lucidum*), 표고버섯(*Lentinusedodes*), 흰목이버섯(*Tremellafuciformis*), 말굽버섯(*Fomentarius*), 말굽잔나비버섯(*Fomitopsisofficinalis*)등 많은 버섯류가 중국 및 한국, 일본지역에서 수 백년간 질병의 치료에 사용되어왔다(30). 버섯류는 오래전부터 식용으로 섭취하였기 때문에 안전하고 음식물로도 섭취하면서 질병을 치료할 수 있는 장점을 가지고 있다(19). 버섯의 생리활성물질은 자실체 이외에, 균사체, 포자 그리고 배양액에도 존재한다. 이 중 면역증강 및 항암 효과를 보이는 중요한 물질인 polysaccharide류, glycopeptide/protein 복합물, proteoglycan류, protein, triterpenoid류가 분리 되었다(31). 일반적으로 식용, 약용버섯의 대부분은 목재부후균에 해당하며 이들 버섯은 목재의 성분(대개 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌)을 분해해서 영양분으로 섭취하고 성장하여 성숙한 자실체가 되기 때문에 자연으로부터 얻어지는 특용임산물(혹은 특

용작물)로서 생각되어져 왔으나, 근래에 와서 과학적인 연구결과를 바탕으로 인공재배 법이 개발되어 인위적으로 생산이 가능하게 되었다(32). 우리나라의 버섯 총재배면적은 2010년을 기준으로 764ha, 생산량은 173,577톤이며, 그중 느타리버섯은 총 재배면적의 28%인 215ha를 차지하고 있고, 생산량도 45,191톤으로 전체 버섯생산량의 26%를 차지하고 있다. '90년도 초반부터 재배기술의 개발과 보급으로 생산량이 급격히 늘어난 팽이버섯은 53,187톤으로 생산량이 가장 많으나, 재배면적은 45ha로 전체면적의 5.9%에 불과하다. 새송이(*Pleurotus eryngii*)도 생산량은 44,351톤으로 3위를 차지하나 재배면적은 15%에 불과하다. 이는 팽이버섯, 새송이버섯이 대표적인 병재배버섯으로 단위면적당 생산성이 높고 이 버섯을 재배하는 농가들이 규모화 되었기 때문이다(33). 버섯류는 식품소재로 볼 때 기호식품으로서의 성격과 기능성식품으로서의 성격을 동시에 갖는 매우 독특한 소재로서 생식품 또는 기능성식품으로 제품화할 가치가 높은 식품소재로 판단된다(34). 버섯유래 생리활성 물질의 탐색연구로 *Marasmius congensis*로부터 marasmic acid와 *Psalliota campestris*로부터의 campestrin등의 항균성 물질이 보고(35,36)된 이래, *Pholiota adiposa*에서 stigmasterol 등을 분리하여 cytotoxic 활성이 있는 것으로 보고 하였다(37). 또한 고분자분획물의 송이버섯(*Tricholma matsutake*)의 혈전용해능력과 표고버섯(*Lentinula edodes*)의 면역증강, 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*)의 항염증의 우수한 활성을 나타내는 것을 확인하였다(38). 특히 최근의 연구에서 버섯류의 항산화활성은 노화를 지연시키고 질병을 예방하려는 소비자들의 요구와 함께 연구 동향이 건강 효능을 가지는 기능성 식품 분야로 기울면서 연구자들과 식품 제조업자들과 소비자들 사이에서 관심이 점차 증가하고 있다(39).

2) 항산화활성

인간은 호흡을 통해서 체내에 산소를 공급하고, 이 산소는 체내에서 유기물과 산화 반응하여 에너지 생산 및 생명체가 필요로 하는 물질을 생성한다(40). 그러나 산소가 대사 과정 중 불완전 연소되면 생체 독성을 나타낼 수 있는 superoxide anion radical(O_2^-), hydrogen peroxide(H_2O_2), hydroxyl radical ($-OH$), hydroperoxyl radical(HO_2^-)과 같은 활성산소(reactive oxygen species : ROS)를 형성한다. 이들은 생체 내 활성산소 제거 기작에 의해 소멸되지만 활성산소가 다량으로 생성되거나 지속적으로 발생되면 항산화 방어계의 균형이 깨지면서 세포 기능에 영향을 주는 산화성 변화를 일으켜 노화의 원인 및 암, 뇌졸중, 파킨슨 병 등의 뇌질환과 심혈관계 질환, 피부 질환 등 여러 질환에 관여하는 것으로 알려져 있다. 또한 식품에서도 산패와 독성 물질 생성 등의 유해한 작용을 하는 것으로 알려져 있다(40). 따라서 활성산소종을 제거할 수 있는 항산화제를 개발하기 위한 연구(41)는 1969년 McCord와 Fridovich가 superoxide radical을 소거하는 효소인 SOD(superoxide dismutase)를 발견한 것을 시작으로 생체 내의 활성산소의 발생과 생물 독성 및 방어등에 관하여 관심을 갖게 되면서 본격적으로 진행되어 왔다. 주로 식품첨가물의 용도로 사용하기 위한 항산화제 개발에서 질병과 노화에 활성산소와 과산화물이 직접 작용한다는 사실이 알려지면서 노화억제 및 질병 치료제로서의 항산화제를 탐색하는 연구로 전환되고 있는 추세이다(4). 항산화제는 일반적으로 천연항산화제와 합성항산화제로 구분된다. Ascorbic acid, carotenoid, tocopherol 등의 천연 항산화제는 인체에는 안전하지만 단독으로는 탁월한 효과를 나타내지 못하므로 거의 사용되지 않고 있다(9,10,11). Butylated hydroxytoluene(BHT), butylated hydroxyanisole(BHA), tertiary butyl hydroquinone(TBHQ), propyl gallate(PG) 등의 합성항산화제는 뛰어난 항산화력과 저렴한 가격으로 경제성이 높아 널리 사용되고 있으나 다량 섭취 시에 간, 위장점막, 폐, 신장, 순환계 등

에 심각한 독성을 일으키므로 사용이 법적으로 엄격히 제한되고 있다. 이러한 이유로 최근에는 인체에 안전하면서 항산화 효과를 가진 천연 항산화제를 개발하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다(42).

식물체는 광합성 과정에서 발생하는 활성산소종에 대한 산화적 손상으로부터 보호할 수 있는 다양한 형태의 생리활성 물질을 생성하고 있는 것으로 알려져 있으며(12), 식물에 주로 존재하는 생리활성 물질은 페놀성 화합물로 flavonoid가 주를 이루며, 단순한 phenol류와 phenolic acids, phenyl propanoids류, phenolic quinone류 등을 포함하는 것으로 보고되고 있다(13,14). 페놀 화합물이 풍부한 과일 및 허브, 채소, 시리얼, 그 외 다른 식물 재료들의 천연 추출물은 지질의 산화적 분해를 지연시키고, 식품의 영양가와 품질을 향상시키기 때문에(43) 식품산업에서 관심이 나날이 증대되고 있다.

항산화작용을 나타내는 버섯과 그 활성물질에는 능이버섯(*Sarcodon aspratus*)의 diketipiperazine계 화합물(44), 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*)의 에탄올추출물(45), 비늘버섯(*Pholiota sp.*)의 물과 에탄올 추출물(46), 상황버섯(*Phelinus linteus*)의 열수 및 에탄올추출물(47), 건조 표고버섯 물 추출물(48) 등이 보고되고 있다.

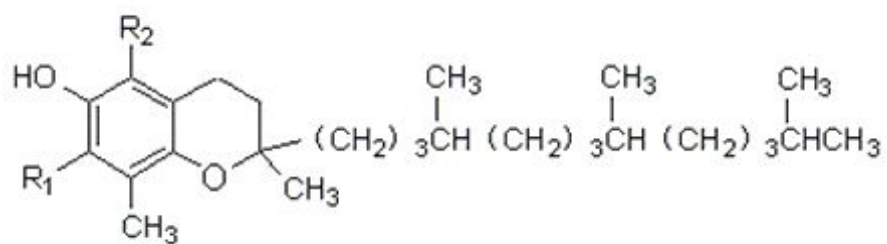
3) 토코페롤

토코페롤은 식물계에 존재하는 아이소프레노이드(isoprenoid) 화합물로 식품에 미량 존재하면서 고등동물의 성장과 생명에 필수적인 물질이며, 비타민 E의 활동성을 가진다(49). 토코페롤의 구조는 크로마놀링(chromanol ring)의 5, 7, 8 자리의 메틸기 치환에 따라 α , β , γ , δ -토코페롤(tocopherol), 4종류의 동족체를 가지며, 비대칭 탄소에 따라(2, 4', 8')에 따라 8가지 이성체를 가진다(Fig.1). 그 중 첫 번째 탄소에서 R구조를 가진 비타민 E 이성체(RRR, RSR, RRS, RSS)만 체내에서 활성을 가지며 α , β , γ , δ -tocopherol의 순서대로 생리활성이 감소한다(50). 토코페롤은 산화되기 쉬운 불안정한 구조의 화합물이며, 산소와 빛 그리고 열등에 의해 쉽게 파괴된다. 또한 토코페롤은 페놀성 수산기와 전자를 공여하여 유리라디칼을 소멸시킨다. 즉, 토코페롤은 먼저 산화환원제로 작용하여 자신이 산화되면서 다른 물질의 산화를 막아 산화제의 공격으로부터 다른 분자나 세포의 일부분을 보호하는 역할을 하는 강력한 천연 산화제이다(49,50). 최근 토코페롤의 임상학적 연구 결과에 의하면 세포막의 산화를 막아 산화지질의 생성을 억제하고, 산소 보존 능력에 의해 뇌, 심장, 콩팥 등을 보호하며, 동맥경화, 관상동맥혈전증, 뇌혈관 혈전증 등의 방지에 도움을 준다고 보고하였다(49). 토코페롤이 결핍될 경우 세포막의 산화로 인한 세포의 손상으로 적혈구의 용혈현상이 발생하며 결과적으로 빈혈을 가져오게 되고, 근육과 신경세포의 손상까지 가져오며 암 발생의 위험을 높이게 된다(51).

버섯과 토코페롤 함량에 대한 선행 연구결과에 따르면 포르투갈의 야생 버섯의 총 토코페롤 함량은 0.02 - 8.04 $\mu\text{g/g}$ 범위이며, δ -토코페롤은 시료의 대부분에서 발견되지 않지만, β -토코페롤의 경우 높은 함량을 지니는 vitamer라 보고되었으며, 특히 줄각버섯(*Laccaria laccata*)에게서 가장 높게 나타났다(52). 또 다른 연구에서는 양송이버섯(*Agaricus bisporus*)과 푸른주

름무당버섯(*Russula delica*)의 α - 토크페롤 함량이 각각 $9.20 \pm 0.14 \text{mg/g}$ 와 $8.8 \pm 0.1 \text{mg/g}$ 로 높은 함량을 가지는 것으로 보고되었다(53).

한편 토크페롤은 산화되기 쉬운 구조적 특성 때문에 스스로 빠르게 분해, 산화 되어 식품 속 비타민의 정확한 함량 분석은 쉽지 않으며, 그 함량을 분석하기 위해서는 신속한 전처리 과정이 요구 된다(54). 따라서 버섯의 토크페롤 함량에 관한 연구가 국내외적으로 미비한 실정이다. 토크페롤의 분석에는 고성능 HPLC/MS, 형광분석법, 내부표준물질법으로 정량하는 경우가 많은데(55), 본 실험에서는 GC/MS를 이용함으로써 새로운 실험방법을 제시하는데 그 의의가 있다.



Homologues	R_1	R_2	R_3
α -tocopherol	CH_3	CH_3	CH_3
β -tocopherol	CH_3	H	CH_3
γ -tocopherol	H	CH_3	CH_3
δ -tocopherol	H	H	CH_3

Figure 1. Chemical structures of α , β , γ , δ -tocopherols.

4) 유비퀴논(CoQ10)

유비퀴논(ubiquinone)은 자연적으로 발생하는 퀴논(quinone)계 화합물로서 화학적 구조는 2,3-dimethoxy-5-methyl-6-decaprenyl-1,4-benzoquinone으로 코엔자임 큐텐(Coenzyme Q10; CoQ10) 또는 Vit Q로 알려져 있다(56, 59). 비타민과 유사한 작용을 하는 유비퀴논은 자연계에서 호기적 대사를 하는 동물의 조직에서 대부분 발견되며, 미토콘드리아 내에서 세포에너지 전환(ATP 생성)에 필요한 전자와 프로톤 운반체로 작용하는 조효소 기능의 생리활성 물질이다. 또한 세포막을 안정화시켜 세포의 기능을 보호함으로써 DNA, 지질, 단백질, 기타 분자들의 산화적 손상을 막아주는 강력한 내인성 항산화제로도 작용한다(56,57). 인체내의 유비퀴논은 산화형인 ubiquinone(oxidized ubiquinone)과 환원형인 ubiquinol(reduced ubiquinone)이 존재한다(Fig.2). 유비퀴논의 환원형인 ubiquinol은 산화를 유도하는 자유라디칼에 세포가 파괴되는 것으로부터 보호하는 강력한 항산화 기능을 가지며(58), 인간 혈청과 생물조직에 있는 CoQ10의 90% 이상을 차지한다(57). 또한 Vit C와 Vit E(토코페롤)등과 같은 다른 항산화제의 항산화 기능 유지에 필수적인 역할을 하며 복합투여시 2~3배 이상의 효과를 나타낸다(59). 인체 내 존재하는 유비퀴논의 유형은 CoQ10으로서 함유량은 개인의 식사나 질병에 따라 달라지며, 특히 식품에서 유래되는 유비퀴논은 항산화능(60) 이외의 심장 질환을 예방하고 치료하며(61), 당뇨, 빈혈, 등의 질병 증상이 개선되는 효과(62,63)를 나타낸다.

식품 내 이들 화합물의 함량을 평가하는 것은 필수적인 일이다. 그러나 CoQ10을 분석 정량하기에 적합한 전처리조건 및 분석법 등이 아직 충분히 알려지지 않았기 때문에 식품에 함유된 CoQ10 함량에 관한 국내외 연구는 매우 드문 실정이며, 버섯의 유비퀴논 함량에 관한 연구는 찾아볼 수 없다.

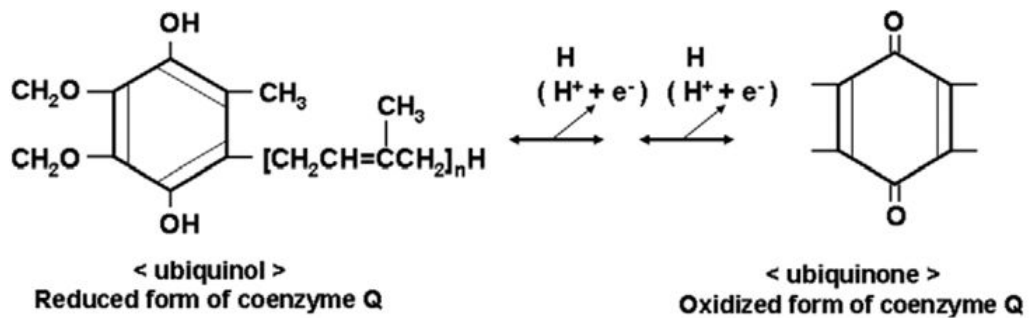


Figure 2. Chemical structure of oxidized and reduced coenzyme Q(64).

II. 재료 및 방법

1. 실험재료





1) 시료

본 실험에 사용한 14종의 버섯은 국내에서 생산된 것으로 2011년 7월에 경기도 성남시의 대형 마트에서 구입하여 시료로 사용하였다. 건조버섯 형태로 구입한 영지(*Ganoderma lucidum*), 목이(*Auricularia auricula*), 석이(*Umbilicaria esculenta*), 상황버섯(*Phellinus linteus*)을 제외한 나머지 10종의 신선 버섯은, 버섯의 부위를 전체(Entire, E), 갓(Pileus, P), 기둥(Stipe, S)로 나누어 각각 동결 건조한 다음 분말화 하여 시료로 사용하였다. 본 실험에 사용한 버섯의 목록은 Table 1과 같다.

Table 1. Information about the studied commercial mushrooms produced in Korea

Image	Scientific name (Korean name)	Image	Scientific name (Korean name)
	<i>Ganoderma lucidum</i> (영지 버섯)		<i>Phellinus linteus</i> (상황 버섯)
	<i>Pleurotus ostreatus</i> (느타리 버섯)		<i>Agrocybe cylindracea</i> (버들송이 버섯)
	<i>Auricularia auricula</i> (목이 버섯)		<i>Umbilicaria esculenta</i> (석이 버섯)
	<i>Flammulina velutipes</i> (팽이 버섯)		<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)
	<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이 버섯)		<i>Agaricus bisporus</i> (양송이 버섯)

Table 1. Continued

Image	Scientific name (Korean name)	Image	Scientific name (Korean name)
	<p><i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이 버섯)</p>		<p><i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이 버섯)</p>
	<p><i>Lentinula edodes</i> (표고 버섯)</p>		<p><i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리 버섯)</p>

2. 실험방법

1) 버섯의 항산화 활성성분 측정

(1) 총 폴리페놀 함량

버섯 부위별 시료의 80% 메탄올 추출물의 총폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 하였다(65). 분말화된 시료 0.1g에 80% methanol(Samchun Chemicals, Korea)을 1mL 첨가하여 30℃에서 60분간 진탕 추출하고 10분간 원심분리한 후 여과하여 상등액을 모아 추출물로 사용하였다. 시료 100 μ L에 2% $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (Samchun Chemicals, Korea)를 가한 뒤 50% Folin-Ciocalteu시약 100 μ L(SIGMA-ALDRICH, U.S.A)를 넣고 30초간 vortex를 이용하여 혼합한 뒤 30분간 암소에 방치 한 후 반응액의 흡광도(DU-650, Beckman Coulter, Anaheim, CA, USA) 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 검량선을 작성하였고 총폴리페놀 함량은 건조시료 100g 중의 mg gallic acid equivalent (mg GAE/100 g dw) 로 나타내었다.

(2) 총 플라보노이드 함량

시료속에 함유된 총플라보노이드 함량은 Jia 등(66)의 방법을 일부 변경하여 측정하였으며 시료의 추출은 총페놀함량의 전처리와 동일한 방법을 적용하였다. 추출물 1 mL에 5% NaNO₂(Samchun Chemicals, Korea)를 30 μ L 첨가한 다음 5분간 실온에서 반응시킨 후, 10% AlCl₃ 30 μ L(Samchun Chemicals, Korea)와 1 M NaOH 200 μ L(Samchun Chemicals, Korea)를 혼합하여 반응액의 흡광도 값을 510nm에서 측정하였다. 표준물질로 quercetin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 검량선을 작성하였고 플라보노이드 함량은 시료 100g 중의 mg quercetin equivalent (mg QE/100 g dw)로 나타내었다.

(3) 토코페롤 함량

버섯의 토코페롤 함량은 Barros 등의 방법(52)을 변형하여 실시하였다. 1ml의 Hexane에 10mg BHT를 넣어 용해한 후, 분말화 된 버섯시료 0.5g에 첨가한 뒤 MeOH 4ml를 넣어 1분간 vortexing을 하고, Hexane 4ml을 가하여 3회 반복 추출하였다. 다시 1분간 vortexing을 한 뒤 5% NaCl 2ml 넣어준 후 4000rpm에서 5분간 원심분리(1236MG, Gyrozen, Korea)를 하였다. 상층액만 모아, 회전진공농축기(N-100, EYELA, Tokyo, Japan)로 용매를 완전 제거하였다. 시료의 추출물을 2-propanol 로 용해한 후 여과(0.45 μ m membranes)하여 분석에 사용하였다. 시료의 전처리에서 얻은 용액을 HP 6890 기체크로마토그래피 (Gass chromatograph, GC)와 HP 8973 질량분석기(Mass spectromter, MS)의 전자충격이온화법(Electron impact mode, EI)를 사용하여 분석하였다. 컬럼은 길이 30m, 직경 0.25mm, film 두께 0.25 μ g의 HP-1MS(Dimethylpolysiloxane)을 사용하였고, 이동상기체는 유속 1mL/min의 헬륨기체였으며, 주입방식은 split mode를 사용하였다. 질량범위는 m/z 50~500으로 지정하였고, 선택이온 검색법(Selected ion monitoring, SIM)에서는 선택이온으로 δ -tocopherol, β,γ -tocopherol, α -tocopherol순으로 402, 416, 430을 선택하였다. 온도는 220 $^{\circ}$ C에서 2분 머물게 하고, 300 $^{\circ}$ C까지는 5 $^{\circ}$ C/min 으로 올려준 후 300 $^{\circ}$ C에서 2분간 머물게 하였다. 주입구 온도는 290 $^{\circ}$ C, interface 온도는 280 $^{\circ}$ C로 하였다. 표준품으로는 α -tocopherol, β -tocopherol, γ -tocopherol, δ -tocopherol(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 각각(0.5ppm, 1ppm, 10ppm, 50ppm)의 standard mixture을 만들어 사용하였으며, 분석한 GC chromatogram의 peak 면적비를 기준으로 토코페롤 동족체의 함량을 구하였다.

Table 2. Operating condition for tocopherols analysis of commercial mushroom samples

model	HP 6890 GC
Column	30M*0.25mm*0.25 $\mu\ell$ film thickness HP-1MS
Flow	1ml/min He carrier gas
Detector	Detector HP 8973 MS
Split ration	20:1
Injection Volumn	5 $\mu\ell$
Oven Temp (program)	220°C(2min) \rightarrow 5°C/min \rightarrow 300°C(2min)

(4) 유비퀴논 함량

버섯 부위별 유비퀴논(CoQ9, CoQ10) 함량을 측정하기 위해 검화 과정과 유기용매 추출과정을 적용하였다(64). 시료의 검화 과정은 적당량의(1 g) 시료에 5% pyrogallol(Samchun Chemicals, Korea), 10% NaOH(Samchun Chemicals, Korea), methanol(Samchun Chemicals, Korea)을 혼합하여 80°C의 수욕조상에서 20분간 검화한 후, n-hexane 20 mL을 가하여 3회 반복 추출하였다. 유기용매층만 모아 5% NaCl로 세척한 다음 회전진공농축기(N-100, EYELA, Tokyo, Japan)로 용매를 완전 제거하였다. 시료의 추출물을 2-propanol로 용해한 후 여과(0.45 µm membranes)하여 분석에 사용하였다. 시료의 유비퀴논 분석을 위해 사용된 HPLC 장비는 Agilent 1200 series (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)였으며, MS는 Agilent 6460 series LC/MSD를 사용하였다. 표준품 CoQ9과 CoQ10 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 분리하기 위해 Zorbax eclipse plus C18(50 mm x 3.0 mm; 1.8 µm) 컬럼을 사용하였으며 컬럼의 온도는 40°C를 유지하였다. 시료의 injection volume은 1 µL, 유속은 0.16 mL/min 으로 설정하였고 이동상 용매는 ammonium formate(5 mmol/L)를 함유한 2-propanol : methanol(50:50; v/v)의 혼합액을 사용하였다. 질량분석기는 Quadrupole mass analyzer를 연결한 Agilent 6460 series LC/MS 6460를 사용하였으며, 이온화는 양이온 방법의 전자분무 이온화를 적용하여 시료의 CoQ9(M^+ 813.7, 795.6 m/z) 과 CoQ10(M^+ 881.7, 863.7 m/z)의 peak를 확인하여 정량하였다.

Table 3. Operating condition for ubiquinone analysis of commercial mushroom samples

Model	Agilent 1200 series
Mobile phase	A: MeOH(ammonium formate(5 mmol/L) B:2-propanol
Flow rate	0.16 μ l/min
injection volume	1 μ l
Column temperature	30°C
Detection wave length	275nm
Ionization mode	Positive ion electrospray
Capillary voltage	4000V
Gas temperature	300°C
Gas flow	11L/min
Nebulizer	35spi
Sim mode	CoQ9:M+ 813.7,812.7,795.6 m/z CoQ10:M+ 881.7,880.7,863.7 m/z

2) 버섯의 항산화활성 측정

(1) DPPH-radical 소거활성

버섯 부위별 80% 메탄올 추출물의 항산화활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; Sigma-Aldrich)에 대한 전자공여능(Electron donating ability)을 측정하였다. 분말화된 시료 0.1g에 80% methanol(Samchun Chemicals, Korea)을 1mL 첨가하여 30°C에서 60분간 진탕 추출하고 10분간 원심분리한 후 여과하여 상등액을 모아 추출물로 사용하였다. 시료(10 mg/mL) 100 µL를 35 µM DPPH 용액 900 µL에 첨가한 후 vortex mixer로 10초간 진탕하고 10분 후 분광광도계를 이용하여 514 nm에서 흡광도를 측정하였다(44). 각 시료의 항산화활성은 시료첨가구와 무첨가구간의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거활성(%)=(1 - 시료의 흡광도/대조구의 흡광도)×100

(2) ABTS-radical 소거활성

버섯 부위별 80% 메탄올 추출물의 총 항산화활성은 ABTS⁺· cation decolorization assay 방법(67)에 따라 측정하였다. ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 7.4 mM 과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 증류수로 희석하였다. 추출물 100 µL와 ABTS 용액 900 µL를 첨가한 후 vortex mixer로 10초간 진탕하고 5분 후 분광광도계를 이용하여 735nm에서 측정하였다.

ABTS 라디칼소거활성(%)=(1 - 5분후 측정된 시료의 흡광도/대조구의 흡광도)×100

(3) Reducing Power 측정

환원력 측정은 80% Ethanol을 이용하여 Oyaizu(68)의 방법을 변형하여 측정하였다. 위와 같은 방법으로 희석한 시료 250 μ l에 Sodium phosphate buffer 250 μ l(Samchun Chemicals, Korea)와 1% $K_3 Fe(CN)_6$ 250 μ l(Junsei Chemicals co., Japan)를 넣고 vortexing하여 50 $^{\circ}$ C에서 20분간 반응시켰다. 10% $CCl_3 COOH$ 250 μ l(Samchun Chemicals, Korea)를 넣고 1350rpm에서 5분간 원심분리한 다음 상등액 500 μ l에 증류수 500 μ l와 0.1% $FeCl_3$ (Samchun Chemical, Korea) μ l를 넣어 700nm에서 흡광도를 측정하였다.

각 시료의 환원력은 Ascorbic acid의 mg 등량값(Ascorbic acid equivalent, mg AAE/100g dw)으로 나타내었다.

3) 통계처리

실험결과는 3회 반복 측정한 후 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 통계처리는 SPSS Ver 19.0 package program(Statistical Package for the Social Science, SPSS Inc.,Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 측정값 간의 유의성을 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

III. 연구 결과 및 고찰

1) 버섯의 항산화 활성성분

1. 총 폴리페놀 함량

페놀성 화합물은 식물이 광합성 과정에서의 스트레스, 활성산소종, 크고 작은 상처와 초식 동물로부터의 자신을 보호하는 과정에서 형성되는 대사산물이다(69). 이러한 페놀성 물질은 식물체에 특수한 색깔을 부여하고, 미생물의 공격을 막아 식물 자체를 보호하며, 떫은 맛 및 신맛과 같은 식물성 식품의 고유한 맛에도 관여한다(65). 페놀성 물질들은 hydroxyl(-OH)기를 가지고 있기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 쉽게 결합한다. 특히 단백질과 결합하는 성질은 미생물 세포와 작용하여 성장 저해를 유발시켜 항균효과를 나타내며(70), 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성에 관여한다(71).

시판중인 국내산 식용버섯 14종의 80% 메탄올 추출물에 함유된 총폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 상황버섯은 버섯의 전체 부위에서 gallic acid 등량값으로 나타낸 총페놀함량이 가장 높게(530.5 mg/100g) 나타난 반면 표고버섯은 153.4 mg GAE/ 100g으로 가장 낮은 함유량을 나타내었다. 그러나 부위별 측정에서 시판버섯의 갓 부위(P)에 함유된 총페놀함량은 193.9~536.6 mg GAE/ 100g인 반면에 대 부위(S)의 함량은 156.8~370.8 mg GAE/ 100g으로 나타나 양송이 버섯을 제외한 나머지 모든 버섯의 갓 부위(P)는 대(S)보다 총페놀함량이 23.7~44.7% 더 함유된 것으로 비교되었다. 이 같은 결과는 김(17) 과 Ferreira 등(23)의 결과와 유사한 경향으로 버섯은 자실체의 갓 부분에 보다 많은 유효 활성성분이 함유되어 있음을 제시한다.

Table 4. Total phenolic contents in the commercial mushroom samples

Mushrooms		Total phenolics
Species	Parts	(mg GAE /100 g dw) ¹⁾
<i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯)	E ⁴⁾	211.2±2.9 ^{d2)}
	S	- ³⁾
	P	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (느타리버섯)	E	321.4±8.3 ^{ab}
	S	242.3±4.2 ^e
	P	377.7±6.8 ^{ac}
<i>Auricularia auricula</i> (목이버섯)	E	144.5±1.5 ^a
	S	-
	P	-
<i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯)	E	333.1±8.3 ^{ab}
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯)	E	249.8±5.9 ^e
	S	212.6±6.1 ^d
	P	374.5±4.5 ^{ac}
<i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이버섯)	E	381.4±4.1 ^{ac}
	S	-
	P	-
<i>Lentinula edodes</i> (표고버섯)	E	153.4±2.2 ^b
	S	156.8±1.5 ^b
	P	193.9±2.3 ^c
<i>Phellinus linteus</i> (상황버섯)	E	530.5±6.8 ^{af}
	S	-
	P	-
<i>Agrocybe cylindracea</i> (머들송이버섯)	E	445.6±5.4 ^{ad}
	S	370.8±6.1 ^{ac}
	P	481.6±8.2 ^{ae}
<i>Umbilicaria esculenta</i> (석이버섯)	E	476.7±7.3 ^{ae}
	S	-
	P	-
<i>Agaricus bisporus</i> (양송이버섯)	E	366.4±4.4 ^{ac}
	S	471.3±5.9 ^{ae}
	P	412.6±8.6 ^{ad}

Table 4. Continued

Mushrooms		Total phenolics
Species	Parts	(mg GAE /100 g dw)
<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)	E	398.8±5.8 ^{ad}
	S	357.4±7.1 ^{ac}
	P	536.6±9.7 ^{af}
<i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이 버섯)	E	235.1±2.8 ^e
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리버섯)	E	341.2±4.6 ^{ab}
	S	361.6±5.4 ^{ac}
	P	374.7±6.2 ^{ac}

¹⁾ Expressed as mg gallic acid equivalent (GAE) per 100 g of dried weight.

²⁾ Different letters in the same column indicate significant difference at the $p < 0.05$

³⁾ - : Not analyzed

⁴⁾ E : Entire S : Stipe P : Pileus

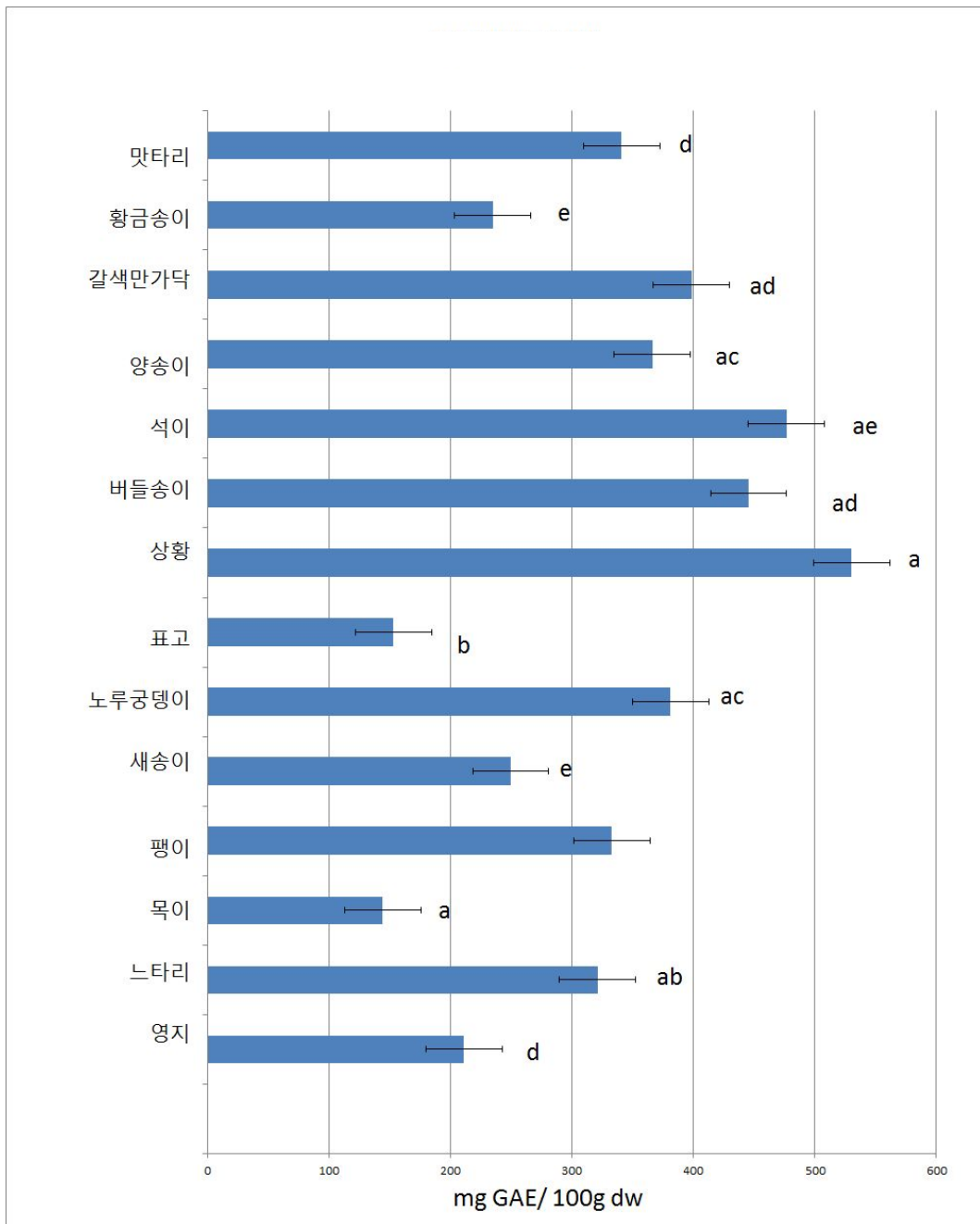


Figure 3. Total phenolics in the entire parts of 14 commercial mushrooms.

*Different letters on the bar indicate significant difference at the $p < 0.05$, $n=3$

2. 총 플라보노이드 함량

플라보노이드는 flavone을 기본 구조로 갖는 노란색 식물 색소를 총칭하는 것으로 천연에는 각종 식물의 꽃, 잎, 뿌리, 줄기, 열매 등에 함유되어 있다(72). 식물에는 6000종 이상의 플라보노이드가 존재한다고 알려져 있으며 식물에 존재하는 플라보노이드는 항산화, 에스트로겐 효과, 항암 효과 등 다양한 생리 활성을 가지고 있는 것으로 보고되었다(73).

Table 5 에서와 같이 시판버섯 14종에 함유된 총 플라보노이드 함량은 quercetin의 등량값으로 표시했을 때, 전체부위(E)의 함량은 상황버섯에서 31.20mg QE/ 100g으로 가장 높게 측정되었고, 새송이에서 13.9mg QE/ 100g으로 대(S)부위를 포함하여 모든 버섯들 중 가장 낮은 함량을 가졌다. 부위별로는 대(S)부위는 갈색만가닥이 19.1mg QE/ 100g으로 가장 높은 함량을 가졌다. 갓(P)부위에서 양송이가 24.3mg QE/ 100g 가장 높은 함량을 차지하였으며, 이는 갈색만가닥의 전체 부위(E) 22.5mg QE/ 100g보다 높은 수치이다. 총 플라보노이드 함량은 전체 부위(E)에서 14.8~31.2 mg QE/ 100g의 낮은 함량으로 나타나 버섯에 함유된 페놀성 화합물은 플라보노이드 물질보다 페놀산 화합물이 주요 성분일 것으로 추정되었다. 실제로 Ferreira 등(74)에 따르면, 버섯의 주요 페놀화합물은 페놀산(phenolic acid)으로 *F. hepatica* 에는 p-coumaric, caffeic, ellagic acids 등이 주로 함유되었으며, 그 밖에 protocatechuic, gallic, gentistic, vanillic, syringic, cinamic, tannic acid 등은 *H. repandum* 에 함유된 페놀산의 종류로 보고되었다. 일반적으로 버섯의 특수 혹은 일반성분은 버섯의 품종, 생육배지나 기질의 조성, 수확시기, 재배법 등의 다양한 생육환경 인자에 따라 달라지는 것으로 보고된다(76). 특히 버섯의 전체 생육환경의 스트레스가 높을수록 2차 대사산물의 생성량이 자극되므로 총페놀 함량도 높아지는 것으로 보고되고 있다(75,76).

본 실험에 사용된 시판버섯은 모두 인공재배로 생산된 품종으로서 Ferreira 등(74)이 보고한 야생버섯의 총페놀 함량 391~1725 mg/100g에 비해 1/2 정

도 낮은 함량으로 비교되었다.

Table 5. Total Flavonoids contents in the commercial mushroom samples

Mushrooms		Total Flavonoids
Species	Parts	(mg QE /100 g dw) ¹⁾
<i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯)	E ⁴⁾	17.3±0.9 ^{c2)}
	S	- ³⁾
	P	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (느타리버섯)	E	21.5±0.2 ^d
	S	14.0±1.9 ^b
	P	20.1±1.9 ^d
<i>Auricularia auricula</i> (목이버섯)	E	17.5±0.8 ^c
	S	-
	P	-
<i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯)	E	15.7±0.6 ^b
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯)	E	15.3±0.2 ^b
	S	13.9±0.1 ^b
	P	14.9±0.3 ^b
<i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이버섯)	E	15.2±0.2 ^b
	S	-
	P	-
<i>Lentinula edodes</i> (표고버섯)	E	14.8±0.1 ^b
	S	14.7±0.2 ^b
	P	15.5±0.3 ^b
<i>Phellinus linteus</i> (상황버섯)	E	31.2±3.0 ^e
	S	-
	P	-
<i>Agrocybe cylindracea</i> (버들송이버섯)	E	20.6±2.2 ^d
	S	17.7±1.9 ^c
	P	24.3±0.8 ^d
<i>Umbilicaria esculenta</i> (적이버섯)	E	20.3±2.0 ^d
	S	-
	P	-
<i>Agaricus bisporus</i> (양송이버섯)	E	14.9±0.7 ^b
	S	17.6±0.4 ^c
	P	18.9±0.8 ^c

Table 5. Continued

Mushrooms		Total Flavonoids
Species	Parts	(mg QE /100 g dw) ¹⁾
<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)	E	22.5±3.2 ^d
	S	19.1±2.3 ^d
	P	20.8±1.9 ^d
<i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이 버섯)	E	16.1±0.8 ^c
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리버섯)	E	17.7±0.7 ^c
	S	15.3±0.4 ^b
	P	18.4±0.6 ^c

¹⁾ Expressed as mg quercetin equivalent (QE) per 100 g of dried weight.

²⁾ Different letters in the same column indicate significant difference at the $p < 0.05$

³⁾ - : Not analyzed

⁴⁾ E : Entire S : Stipe P : Pileus

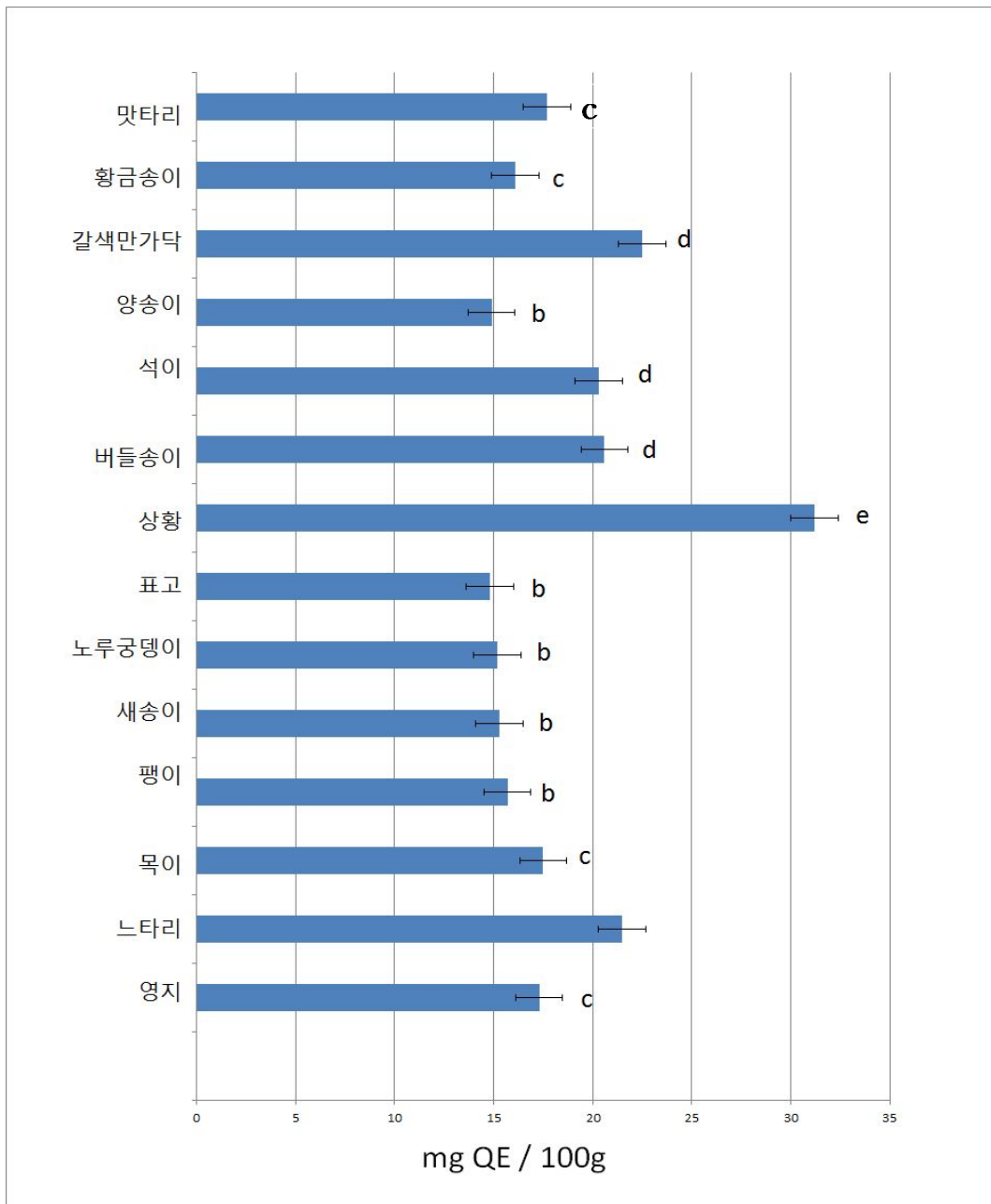


Figure 4. Total Flavonoids in the entire parts of 14 commercial mushrooms.

*Different letters on the bar indicate significant difference at the $p < 0.05$

3. 토코페롤 함량

시판중인 국내산 식용버섯 14종의 80% 메탄올 추출물에 함유된 토코페롤의 함량은 Table 6과 같다. 전체부위(E)의 총 토코페롤 함량은 황금송이버섯이 2844.43 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 높았고, 갈색만가닥 전체부위(E)에서 40.9 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 낮았으나, 갓(P) 부분에서는 맛타리버섯이 559.63 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 높게 나타났다.

α -tocopherol의 경우, 석이버섯에서 430.35 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 많은 함유량을 가지고 있었고, 그 다음으로 새송이 갓(P)부분이 113.26 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 를 나타내었다. β -tocopherol은 새송이 전체(E)부분에서 60.33 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 로 가장 높은 함유량을 가졌으며, 맛타리 대(S)에서 24.22 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 낮은 함량을 나타냈다. δ -tocopherol은 느타리 대(S)에서 483.64 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 많은 양을 함유하고 있었으며, 그 다음 새송이 대(S)에서 366.37 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 를 함유하였고, 새송이 갓(P)에서 19.27 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 적은 양을 함유하고 있었다.

γ -tocopherol은 황금송이에서 2744.84 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 로 가장 높았고, 새송이 갓(P)부분에서 620.90 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 의 함유량을 지니고 있었으며 가장 적은 양은 새송이의 전체부위에서 26.77 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 의 함유량을 나타냈다. 총토코페롤 함량은 황금송이가 2844.43 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 높게 나타났으며, 느타리 대(S) 1227.59 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 새송이 전체(E) 1037.89 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 새송이 대(S) 890.62 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 순으로 각각 나타났다. 가장 낮은 함량으로는 양송이 대(S)에서 136.08 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 그다음으로 맛타리 갓(P)부위에서 137.28 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 을 나타내었다. 본 실험에서 Tocopherol 정량분석을 시도했으나 α , β -tocopherol이 검출되지 않는 경우가 많았는데 그 이유는 산화되기 쉬운 구조적 특성 때문에 신속한 전처리 과정에도 불구하고, 스스로 빠르게 분해, 산화되었기 때문이라 판단된다(54). 한편 선행연구에서(52) 보고한 야생버섯의 토코페롤의 함량은 α , β -tocopherol이 대부분의 버섯에서 검출되는 반면에 본 연구의 인

공재배 버섯에서는 δ , γ -tocopherol이 대부분 검출되는 결과를 나타내어, 선행연구 결과와 본 연구와는 경향을 달리한다. 본 실험에 사용된 인공재배 버섯의 토코페롤 함량은 Sandrina 등(52)이 보고한 야생버섯의 토코페롤 함량보다 더 높게 나타났는데 이는 Tocopherol의 함량은 해당 작물별 재배지의 지리적조건, 기후상태, 종자의 성숙도 및 품종 간 차이 등에 의하여 크게 영향을 받기 때문으로 사료된다(77).

Table 6. Tocopherol composition of the mushroom sample($\mu\text{g}/100\text{g}$)

Mushrooms Species	P*	AT ¹⁾	BT ¹⁾	GT	DT	Total ¹⁾
<i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯)	E ⁴⁾	nd ²⁾	31.3 ± 0.0 ^{de}	54.3 ± 0.0 ^b	521.2 ± 0.0 ^b	564.0 ± 0.3 ^b
	S	- ³⁾	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (느타리버섯)	E	-	-	-	-	-
	S	93.3 ± 0.0 ^b	49.6 ± 0.0 ^{bc}	483.6 ± 15.2 ^b	647.6 ± 0.0 ^b	1227.5 ± 0.0 ^a
	P	nd	31.0 ± 0.0 ^{de}	78.8 ± 0.0 ^b	376.3 ± 0.4 ^b	431.3 ± 0.7 ^b
<i>Auricularia auricula</i> (목이버섯)	E	nd	nd	36.8 ± 6.4 ^b	334.0 ± 4.6 ^b	370.8 ± 9.0 ^b
	S	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-
<i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯)	E	57.0 ± 5.6 ^b	nd	100.1 ± 2.8 ^b	591.0 ± 36.3 ^b	748.1 ± 0.2 ^b
	S	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯)	E	113.2 ± 0.0 ^b	60.3 ± 10.4 ^a	243.2 ± 10.3 ^b	620.9 ± 0.2 ^b	1037.8 ± 0.4 ^a
	S	92.9 ± 0.0 ^b	51.0 ± 0.0 ^{ab}	366.3 ± 13.1 ^b	452.2 ± 0.4 ^b	890.6 ± 0.0 ^b
	P	29.0 ± 0.0 ^b	61.2 ± 3.4 ^a	19.2 ± 2.2 ^b	51.8 ± 0.0 ^b	137.2 ± 4.9 ^b
<i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이버섯)	E	nd	40.5 ± 0.0 ^d	29.1 ± 7.5 ^b	466.0 ± 5.4 ^b	515.5 ± 0.3 ^b
	S	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-
<i>Lentinula edodes</i> (표고버섯)	E	nd	nd	55.8 ± 2.7 ^b	304.9 ± 0.6 ^b	360.8 ± 10.7 ^b
	S	42.4 ± 0.0 ^b	33.4 ± 0.0 ^{de}	300.0 ± 0.0 ^b	259.0 ± 0.0 ^b	446.9 ± 13.7 ^b
	P	nd	nd	41.2 ± 0.0 ^b	288.0 ± 0.0 ^b	308.6 ± 0.7 ^b

Table 6. Continued

Mushrooms Species	P*	AT ¹⁾	BT ¹⁾	GT	DT	Total
<i>Phellinus linteus</i> (상황버섯)	E	23.9 ±0.0 ^b	nd	32.0 ±0.0 ^b	335.6 ±16.0 ^b	363.6 ±0.5 ^b
	S	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-
<i>Agrocybe cylindracea</i> (버들송이버섯)	E	46.8 ±0.0 ^b	34.4 ±0.0 ^{de}	215.1 ±9.7 ^b	307.1 ±0.2 ^b	562.9 ±15.8 ^b
	S	30.4 ±0.0 ^b	29.5 ±0.0 ^{de}	136.9 ±6.6 ^b	444.8 ±0.0 ^b	611.8 ±13.0 ^b
	P	-	-	-	-	-
<i>Umbilicaria esculenta</i> (석이버섯)	E	430.3 ±0.0 ^a	32.7 ±4.7 ^{de}	58.2 ±2.9 ^b	319.9 ±0.7 ^b	841.3 ±30.2 ^b
	S	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-
<i>Agaricus bisporus</i> (양송이버섯)	E	-	-	-	-	-
	S	nd	nd	52.5 ±4.3 ^b	83.5 ±0.0 ^b	136.0 ±5.6 ^b
	P	nd	29.1 ±0.0 ^e	95.5 ±6.3 ^b	293.1 ±0.0 ^b	403.2 ±13.5 ^b
<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)	E	nd	nd	13.3 ±2.6 ^b	26.7 ±7.0 ^b	40.0 ±18.3 ^b
	S	37.7 ±0.0 ^b	nd	126.5 ±7.0 ^b	199.5 ±0.0 ^b	358.6 ±12.0 ^b
	P	38.2 ±0.0 ^b	27.3 ±0.0 ^e	26.1 ±4.2 ^b	140.1 ±3.0 ^b	115.3 ±0.0 ^b
<i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이버섯)	E	36.1 ±0.0 ^b	nd	81.5 ±6.0 ^a	2744.8 ±4.3 ^b	2844.4 ±0.0 ^{ab}
	S	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리버섯)	E	nd	56.6 ±0.0 ^{ab}	31.7 ±1.9 ^b	35.6 ±7.0 ^b	95.7 ±2.6 ^b
	S	30.5 ±0.0 ^b	24.2 ±0.0 ^e	53.5 ±3.7 ^b	96.3 ±0.0 ^b	177.2 ±7.3 ^b
	P	36.3 ±0.0 ^b	34.8 ±0.0 ^{de}	177.0 ±8.3 ^b	346.9 ±0.0 ^b	559.6 ±15.5 ^b

AT, α -tocopherol; BT, β -tocopherol; DT, δ -tocopherol; GT, γ -tocopherol

*p=parts

¹⁾ Different letters in the same column indicate significant difference at the $p < 0.05$

²⁾ nd : Not detected

³⁾ - : Not analyzed

⁴⁾ E : Entire S : Stipe P : Pileus

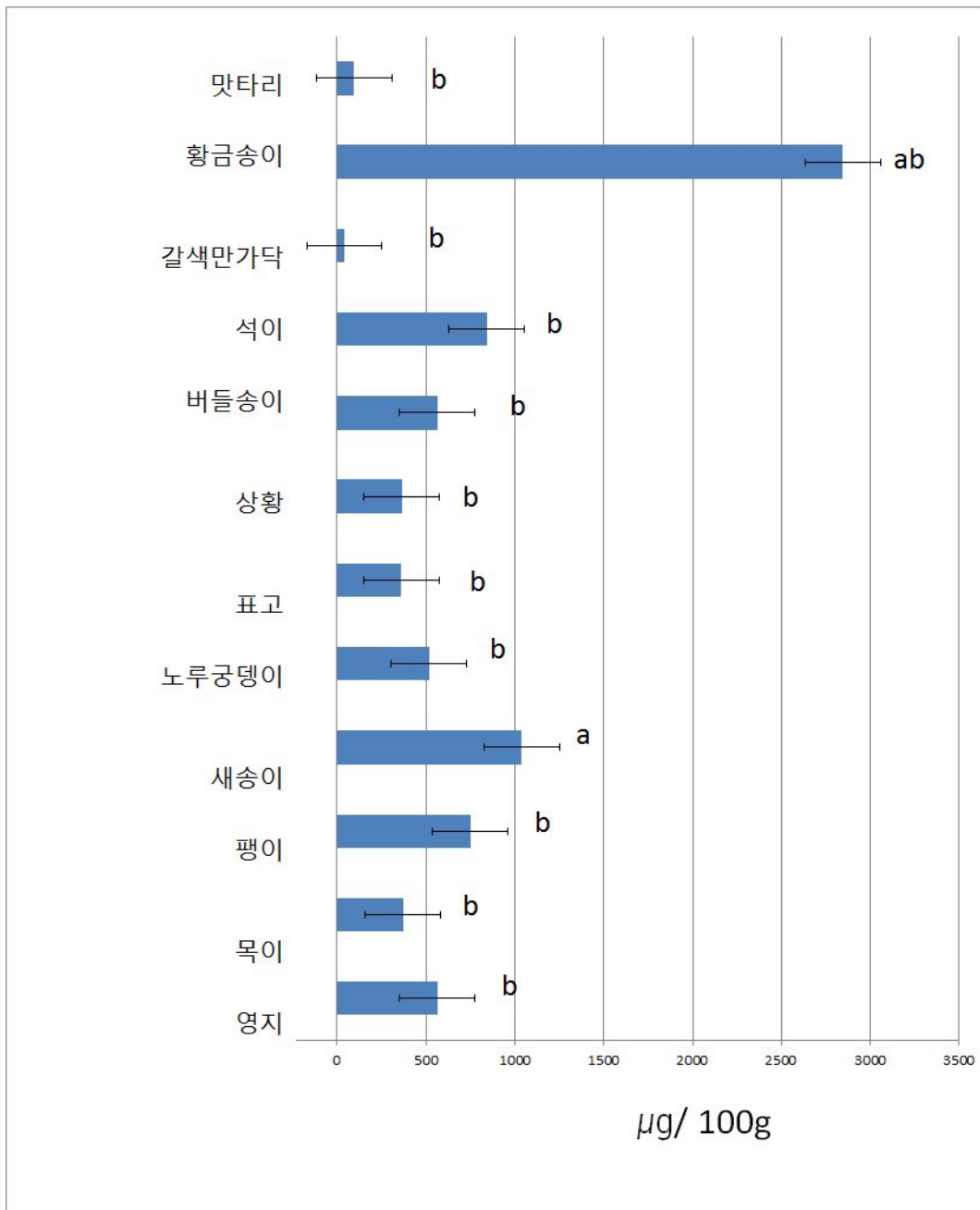


Figure 5. Tocopherols in the entire parts of 12 commercial mushrooms.

*Different letters on the bar indicate significant difference at the $p < 0.05$

4. 유비퀴논 함량

진균류의 자실체를 식용하는 시판버섯의 경우, 종류별 및 부위별로 함유되어 있는 유비퀴논의 양(CoQ9+CoQ10)은 Table 5 에서와 같이 65.6~485.1 µg/ 100g으로 나타나 버섯품종과 부위에 따라 다양한 함량으로 분포되었다. 전체부위의 함량은 갈색만가닥 버섯이 383.7 µg/ 100g으로 가장 높았으며 목이 버섯이 89.4 µg/ 100g으로 가장 낮았다. 부위별 함량에서는 총폐놀 함량에서와 같이 갓 부위(P)가 163.5~485.1 µg/ 100g으로 나타나 대 부위(S)의 65.6~142.9 µg/ 100g에 비해 2.5 ~3.4배 더 높은 것으로 측정되었다. 특히 갈색만가닥 버섯의 갓 부위(P)는 485.1 µg/ 100g으로 나타나 14 종의 시판 버섯의 시료 중 유비퀴논의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 시판버섯에 함유된 CoQ9과 CoQ10의 분포율은 일정하지 않으나 인간의 몸에 CoQ10이 주로 함유된 것에 비하면 버섯의 CoQ9 함량은 23.1~256.2 µg/ 100g의 함량으로 나타나 CoQ10의 16.1~238.3 µg/ 100g와 비슷한 비율로 분포되었다. 생물체내에 함유된 유비퀴논의 유형은 CoQ6에서 CoQ10까지 종에 따라 다르게 분포되어 있는 것으로 알려진다(78). 본 실험에서 14종의 시판 버섯에 함유된 유비퀴논의 함량은 비록 많은 양은 아니나 CoQ9뿐 아니라 CoQ10까지 골고루 함유된 것으로 나타났다. 일반적으로 세균에서 고등생물에 이르기까지 세포 내 미토콘드리아에 존재하는 유비퀴논은 거의 모든 식품에 포함되어 있지만 일반적으로 미토콘드리아 수가 많은 동물성식품이 식물성에 비해 함유량이 더 높은 것으로 알려진다(79).

Table 7. Total ubiquinones(CoQ9+CoQ10) contents in the commercial mushroom samples($\mu\text{g}/100\text{g dw}$)

Mushrooms		CoQ ₉	CoQ ₁₀	Total
Species	Parts			
<i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯)	E ³⁾	74.0±1.9	111.6±5.9	185.6±6.4 ^{d1)}
	S	- ²⁾	-	-
	P	-	-	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (느타리버섯)	E	116.3±2.9	112.3±2.1	228.7±4.5 ^d
	S	35.7±1.5	43.2±1.1	78.8±1.2 ^b
	P	114.0±2.7	126.5±2.3	240.5±2.5 ^e
<i>Auricularia auricula</i> (목이버섯)	E	53.9±0.1	35.4±1.9	89.4±3.0 ^b
	S	-	-	-
	P	-	-	-
<i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯)	E	89.3±0.9	138.4±2.9	227.7±1.9 ^d
	S	-	-	-
	P	-	-	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯)	E	102.0±1.9	125.7±1.0	227.7±5.4 ^d
	S	35.1±0.8	43.1±0.2	78.1±2.5 ^b
	P	154.6±1.1	107.7±1.9	262.3±2.1 ^e
<i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이버섯)	E	177.3±1.1	65.7±2.3	243.1±2.7 ^e
	S	-	-	-
	P	-	-	-
<i>Lentinula edodes</i> (표고버섯)	E	153.1±2.1	53.4±0.4	206.6±3.2 ^d
	S	59.8±0.7	16.1±0.1	76.1±2.4 ^b
	P	94.4±1.1	69.1±0.1	163.5±2.5 ^c
<i>Phellinus linteus</i> (상황버섯)	E	107.3±0.8	201.4±1.4	308.8±6.6 ^f
	S	-	-	-
	P	-	-	-
<i>Agrocybe cylindracea</i> (버들송이버섯)	E	182.5±0.7	169.9±1.0	352.5±3.9 ^f
	S	37.3±0.1	55.1±0.9	92.5±1.5 ^b
	P	187.9±2.9	183.2±2.1	371.2±2.5 ^g
<i>Umbilicaria esculenta</i> (석이버섯)	E	141.3±1.4	185.4±1.6	326.8±4.0 ^f
	S	-	-	-
	P	-	-	-
<i>Agaricus bisporus</i> (양송이버섯)	E	172.2±1.0	113.3±3.5	285.6±4.3 ^f
	S	64.8±0.5	78.1±1.3	142.9±2.1 ^c
	P	108.6±2.5	145.2±5.1	253.8±6.8 ^e

Table 7. Continued

Mushrooms		CoQ ₉	CoQ ₁₀	Total
Species	Parts			
<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)	E	145.3±1.9	238.3±5.1	383.7±7.5 ^g
	S	45.7±1.1	78.5±0.1	124.3±1.6 ^c
	P	256.2±2.0	228.8±2.2	485.1±9.1
<i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이 버섯)	E	69.0±0.1	85.4±0.9	154.4±2.5 ^c
	S	-	-	-
	P	-	-	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리버섯)	E	70.8±0.3	97.1±1.3	168.1±2.8 ^c
	S	43.2±0.5	52.3±1.9	95.6±1.2 ^b
	P	94.4±1.0	107.7±4.1	202.2±4.1 ^d

¹⁾ Different letters in the same column indicate significant difference at the $p < 0.05$

²⁾ - : Not analyzed

³⁾ E : Entire S : Stipe P : Pileus

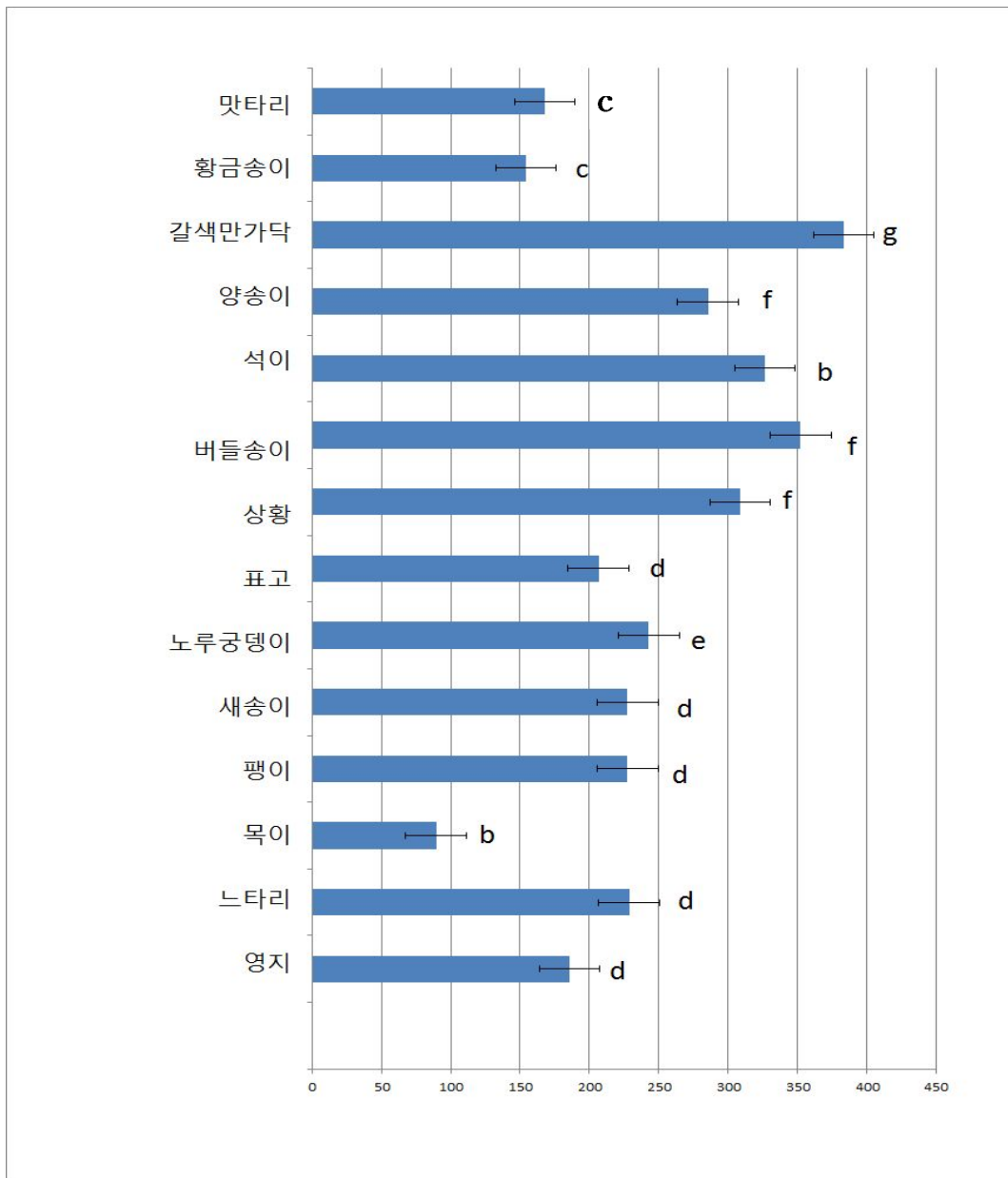


Figure 6. Ubiquinones contents in the entire parts of 14 commercial mushrooms.

*Different letters on the bar indicate significant difference at the $p < 0.05$

2) 버섯의 항산화 활성

(1) DPPH-radicals 소거 활성

DPPH는 짙은 보라색을 띠는 안정한 라디칼로 항산화 물질의 전자공여 능력에 의해 수소 혹은 전자를 받아 짙은 보라색이 탈색됨을 이용하여 DPPH-radical 소거능을 측정할 수 있다. 전자공여능은 유지의 자동 산화 과정 중 생성되는 ROO·, R·, RO· 등의 자유라디칼에 전자를 공여하여 라디칼의 공유결합성을 증가시킴으로서 식품 중의 지방질 산화를 억제하고, 인체 내에서는 활성 라디칼에 의한 노화를 억제할 수 있다(80).

시판중인 국내산 식용버섯 14종의 80% 메탄올 추출물의(10 mg/mL) DPPH 자유 라디칼 소거능에 따른 전체 부위(E)의 항산화활성은 51.2~90.1%로 비교적 높게 나타났다. 특히 상황버섯의 라디칼 소거능은 90.1%로 전체 부위의 시판버섯 중 가장 높은 것으로 측정되었으며, 이는 총페놀 함량과 토코페롤 함량의 유효활성 성분의 결과와 일치하였다. 이같은 결과는 일반적인 식용버섯에 비해 페놀성분을 다량 함유하고 있는 상황버섯의 항산화능이 가장 우수하였다는 Choi 등(81)의 보고와도 일치한다. 반면 목이버섯은 51.2%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 대(S) 부분의 라디칼 소거능에서는 양송이가 88.9%으로 가장 높은 소거능을 나타내었고, 표고버섯에서 46.3%로 가장 낮은 소거능을 나타내었다. 갓(P) 부분에서도 양송이가 88.4%로 가장 높은 소거능을 나타내었고, 표고버섯이 70.1%으로 가장 낮은 소거능을 나타내었다. 전체 버섯의 부위별 라디칼 소거능 역시 갓 부위(P)가 전체적으로 대 부위(S)에 비해 18% 정도 더 높게 나타나 총페놀과 유비퀴논 함량 등의 유효활성 성분의 결과와 유사한 경향을 보여 주었다.

Table 8. DPPH-Radical scavenging activity of the commercial mushroom samples

Mushrooms		DPPH scavenging activity
Species	Parts	(%, 10 mg / mL)
<i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯)	E ³⁾	69.2±0.6 ^{c 1)}
	S	- ²⁾
	P	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (느타리버섯)	E	82.1±1.2 ^d
	S	70.8±0.8 ^c
	P	84.8±0.3 ^{ad}
<i>Auricularia auricula</i> (목이버섯)	E	51.2±0.4 ^b
	S	-
	P	-
<i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯)	E	80.3±0.2 ^{ab}
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯)	E	75.6±0.9 ^{cd}
	S	69.3±0.6 ^c
	P	86.7±0.8 ^{ad}
<i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이버섯)	E	85.3±0.4 ^{ad}
	S	-
	P	-
<i>Lentinula edodes</i> (표고버섯)	E	65.7±0.3 ^{ac}
	S	46.3±0.1 ^a
	P	70.1±0.2 ^c
<i>Phellinus linteus</i> (상황버섯)	E	90.1±0.7 ^e
	S	-
	P	-
<i>Agrocybe cylindracea</i> (버들송이버섯)	E	88.9±0.6 ^{ae}
	S	81.4±0.3 ^{ab}
	P	84.3±0.4 ^{ad}
<i>Umbilicaria esculenta</i> (석이버섯)	E	87.8±0.2 ^{ae}
	S	-
	P	-
<i>Agaricus bisporus</i> (양송이버섯)	E	74.4±0.5 ^{cd}
	S	88.9±0.3 ^{ae}
	P	88.4±0.7 ^{ae}
<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)	E	80.8±0.1 ^{ab}
	S	79.4±0.3 ^{ab}
	P	85.8±0.4 ^{ad}

Table 8. Continued

Mushrooms		DPPH scavenging activity
Species	Parts	(%, 10 mg / mL)
<i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이버섯)	E	73.4±0.6 ^{cd}
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리버섯)	E	88.3±0.7 ^{ae}
	S	82.5±0.2 ^d
	P	85.2±0.6 ^{ad}

¹⁾ Different letters in the same column indicate significant difference at the $p < 0.05$

²⁾ - : Not analyzed

³⁾ E : Entire S : Stipe P : Pileus

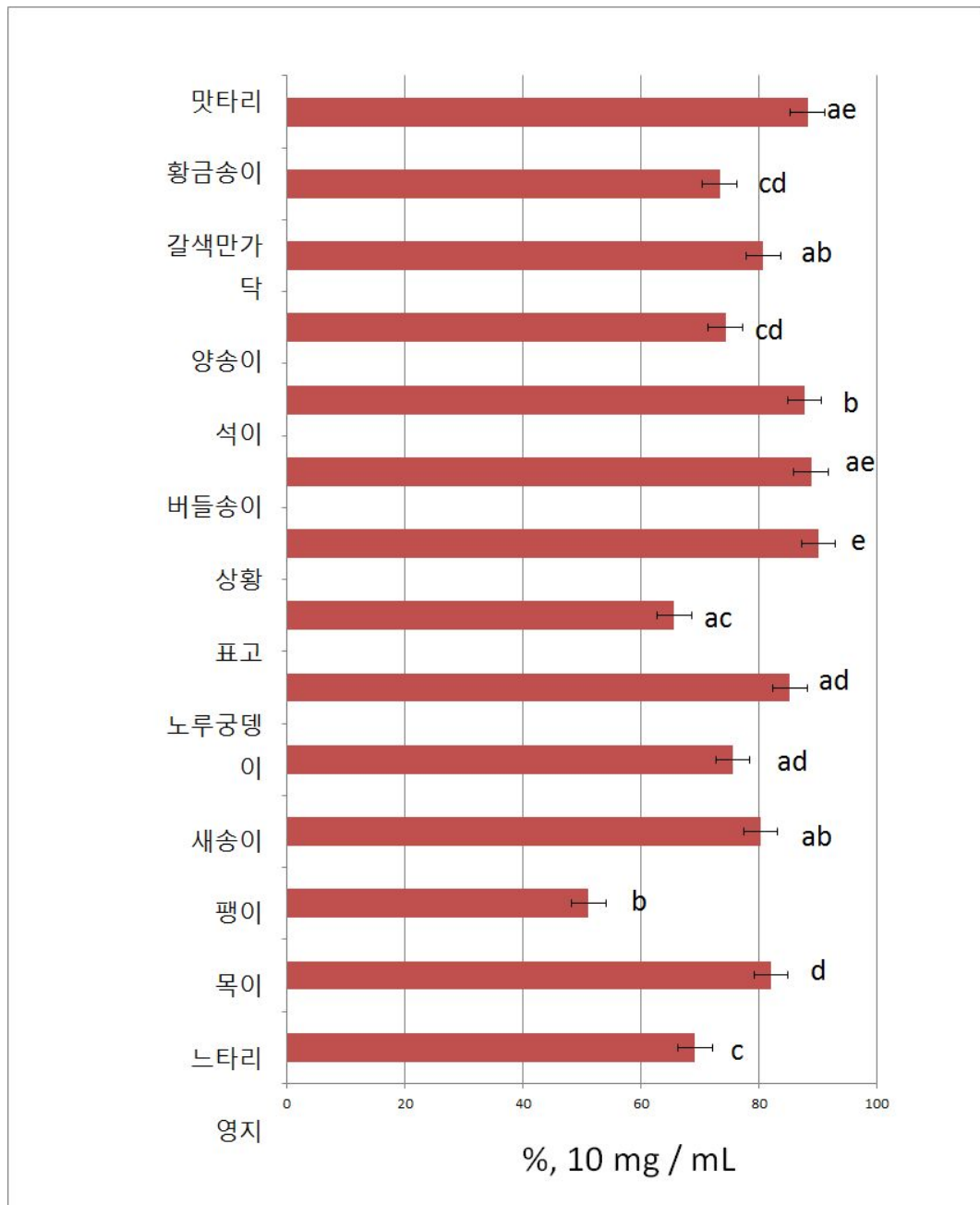


Figure 7. DPPH-Radical scavenging activity in the entire parts of 14 commercial mushrooms

*Different letters on the bar indicate significant difference at the $p < 0.05$

(2) ABTS-radicals 소거 활성

Potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS⁺ 라디칼이 추출물 속의 항산화력 물질에 의해 양이온이 제거되어 라디칼 특유의 청록색이 탈색 되는 것을 이용하여 측정하였다(82). ABTS 라디칼 소거능에 따른 전체 부위(E)의 항산화활성은 각각 62.5~95.8%로 비교적 높게 나타났다(Table 7). 특히 상황버섯의 라디칼 소거능이 95.3%로 나타나 전체 부위의 시판버섯 중 가장 높은 것으로 측정되었으며, 목이버섯은 62.5%로 나타나 항산화활성이 가장 낮은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이는 DPPH-Radical 소거능력과 같은 결과이며, 총페놀 함량과 토코페롤 함량의 유효활성 성분의 결과와 일치하였다. 버섯의 대(S) 부위에서는 양송이버섯이 94.3% 가장 높은 소거능을 보였으며, 새송이버섯에서 77.9%로 가장 낮은 소거능을 나타내었다. 갓(P) 부위에서는 갈색만가닥이 96.7%로 가장 높은 소거능을 나타내었으며, 표고버섯이 75.8%로 가장 낮은 소거능을 나타내었다. 시판 버섯의 라디칼 소거능에 따른 전체적인 항산화활성은 시료농도 10 mg/mL에서 비교적 높게 나타났으며, 이 같은 결과는 Table 8에서와 같이 유효활성 성분인 총페놀과 유비퀴논함량과의 상관관계(R^2)를 통해 설명될 수 있다. 특히 갓 부위(P)의 평균 라디칼 소거능과 총페놀 및 유비퀴논함량과의 상관관계는 각각 0.79 와 0.59로 나타나($p < 0.05$) 시판버섯의 항산화활성에 이들 성분이 유효하게 작용하였음을 시사한다. 또한 14종의 전체 부위(E) 버섯시료에 함유된 총페놀함량과 DPPH 및 ABTS 소거능과는 각각 0.76, 0.84의 상관관계를 나타내어(Fig. 3) 버섯의 라디칼 소거능에 따른 항산화 활성은 자체 내 함유된 총페놀함량이 유의적인 영향을 미쳤음을 알 수 있다($p < 0.05$). 이 같은 결과는 Table 8에서와 같이 갓 부위(P)와 대 부위(S)의 DPPH와 ABTS의 평균 소거능이 모두 유비퀴논 함량과 각각 0.59와 0.52로 나타나 버섯 시료에 함유된 유비퀴논 함량도 버섯의 항산화활성과 유의적인 상관성을 보여주었다.

Table 9. ABTS-radicals scavenging activity of the commercial mushroom samples

Mushrooms		ABTS scavenging activity
Species	Parts	(%, 10 mg / mL)
<i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯)	E ³⁾	74.5±1.5 ^{cd 1)}
	S	- ²⁾
	P	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (느타리버섯)	E	86.8±0.9 ^{ad}
	S	78.5±0.4 ^{ab}
	P	88.3±1.1 ^{ae}
<i>Auricularia auricula</i> (목이버섯)	E	62.5±0.3 ^{ac}
	S	-
	P	-
<i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯)	E	84.7±1.1 ^{ad}
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯)	E	79.4±0.5 ^{ab}
	S	77.9±0.8 ^{ab}
	P	88.5±1.1 ^{ae}
<i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이버섯)	E	87.3±0.3 ^{ae}
	S	-
	P	-
<i>Lentinula edodes</i> (표고버섯)	E	70.2±0.5 ^c
	S	78.7±0.3 ^{ab}
	P	75.8±1.1 ^{cd}
<i>Phellinus linteus</i> (상황버섯)	E	95.3±0.9 ^{af}
	S	-
	P	-
<i>Agrocybe cylindracea</i> (버들송이버섯)	E	89.1±0.5 ^{ae}
	S	88.6±0.7 ^{ae}
	P	93.2±1.1 ^{af}
<i>Umbilicaria esculenta</i> (석이버섯)	E	91.4±0.4 ^e
	S	-
	P	-
<i>Agaricus bisporus</i> (양송이버섯)	E	79.2±0.4 ^{ab}
	S	94.3±0.4 ^{af}
	P	81.5±0.4 ^{ab}
<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)	E	88.5±0.2 ^{ae}
	S	82.8±0.2 ^d
	P	96.7±0.5 ^{af}

Table 9. Continued

Mushrooms		ABTS scavenging activity
Species	Parts	(%, 10 mg / mL)
<i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이버섯)	E	77.9±0.2 ^{ab}
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리버섯)	E	89.4±0.3 ^{ae}
	S	91.2±0.5 ^e
	P	86.3±1.1 ^{ad}

¹⁾ Different letters in the same column indicate significant difference at the $p < 0.05$

²⁾ - : Not analyzed

³⁾ E : Entire S : Stipe P : Pileus

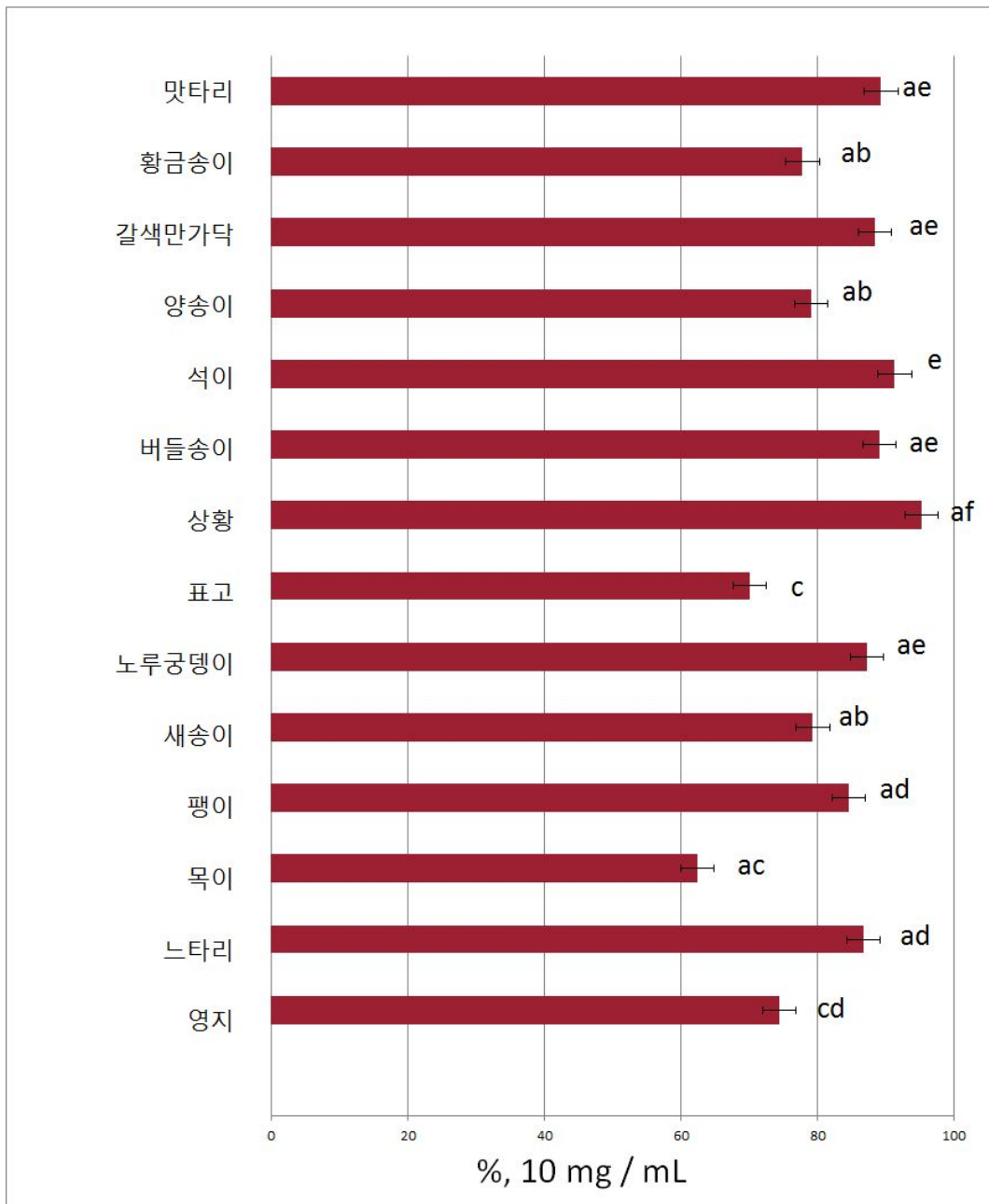


Figure 8. ABTS-Radical scavenging activity in the entire parts of 14 commercial mushrooms

*Different letters on the bar indicate significant difference at the $p < 0.05$

Table 10. Pearson's correlation coefficients(R^2) between antioxidant capacity and total phenolics(TP), ubiquinones(CoQs) measured in the pileus and stipe of commercial mushrooms

	Pileus			Stipe		
	ABTS	TP	CoQs	ABTS	TP	CoQs
DPPH	0.541 ^{**1)}	0.767 ^{**}	0.404 [*]	0.523 ^{**}	0.832 ^{**}	0.496 ^{**}
ABTS		0.817 ^{**}	0.765 ^{**}		0.799 ^{**}	0.550 ^{**}

¹⁾ Indicates significant differences at $p < 0.05$ and $p < 0.01$ between the means of the different characteristics

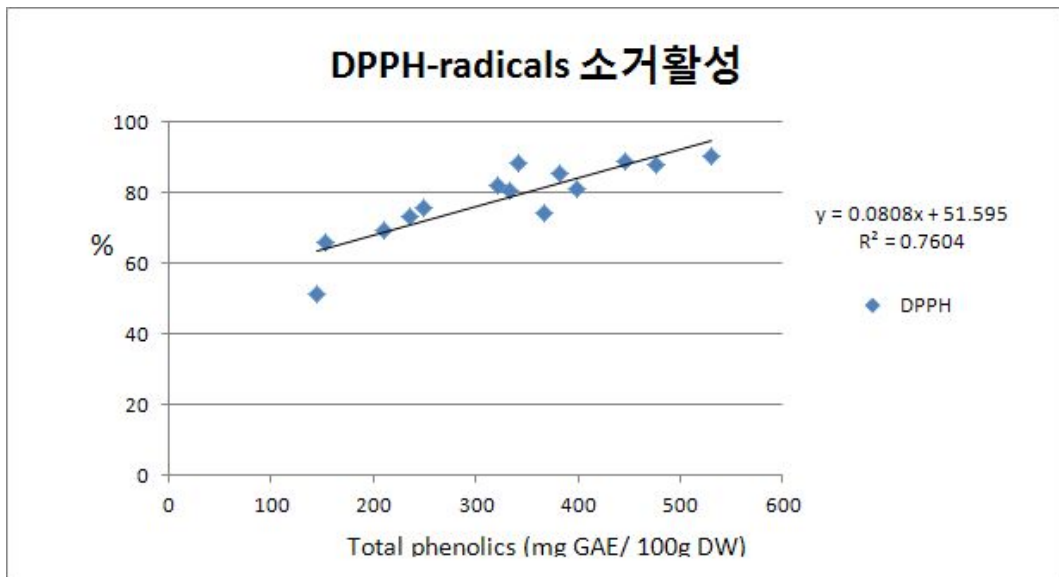


Figure 9. Pearson's correlation coefficients(R^2) between total phenolics and DPPH in the entire parts of 14 commercial mushrooms

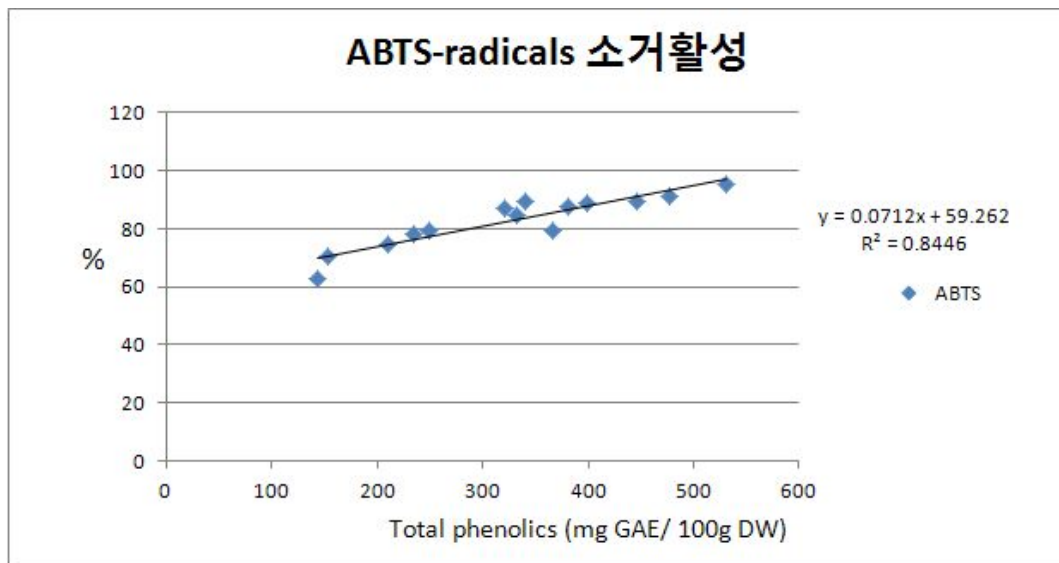


Figure 10. Pearson's correlation coefficients(R^2) between total phenolics and ABTS in the entire parts of 14 commercial mushrooms

(3) 환원력(Reducing power)

환원력이란 시료에 존재하는 reductone이 제공하는 수소원자가 활성 라디칼 사슬을 분해함으로써 나타나는 흡광도 수치로 환원력의 정도를 나타낸다. 이러한 환원력의 정도는 항산화활성과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(71). 반응 전 반응액은 노랑색에서 반응 후 녹색으로 변하는 prussian blue의 형성을 700 nm 에서 측정하여 흡광도 값으로 나타내었으며(72) 흡광도 자체가 시료의 환원력을 나타내어 높은 환원력을 가지는 물질일수록 흡광도 값이 높다(73).

시판중인 국내산 식용버섯 14종의 80% 메탄올 추출물에 함유된 환원력은 건조중량당 ascorbic acid의 환원력의 등량값으로 제시하여 Table 8에 나타내었다. 전체부위(E)에서는 팽이버섯이 80.14 mg AAE/100g으로 가장 환원력이 높게 나타났으며, 표고버섯의 경우 환원력이 34.89 mg AAE/100g으로($p < 0.05$) 항산화활성이 가장 낮은 것으로 나타나 총페놀과 총플라보노이드의 활성성분 함량 측정 결과와 일치하였다. 대(S)부위에서는 맛타리 버섯이 60.71 mg AAE/100g의 수치로 가장 높은 환원력을 나타내었고, 표고버섯이 32.39 mg AAE/100g으로 가장 낮은 환원력을 보여주었다. 갓(P)부위의 경우, 갈색만가닥이 70.83 mg AAE/100g으로 가장 높은 환원력을 나타냈으며, 표고버섯이 38.61 mg AAE/100g으로 환원력이 가장 낮게 측정되었다. 전체 시료의 환원력의 순위는 팽이 > 갈색만가닥 갓(P) > 상황버섯 > 맛타리 대(S) 순인데, ABTS 자유 라디칼 소거능의 결과인 갈색만가닥 갓(P) > 상황버섯 > 석이 > 맛타리 대(S)의 결과와 일관된 경향을 나타내었다. 또한 갓(P) 부위의 평균 환원력이 49 mg AAE/100g으로, 전체 부위(E)의 47 mg 과 대 부위의 41 mg 보다 더 높게 나타나 항산화활성은 주로 버섯의 갓(P) 부분이 높은 것을 알 수 있다.

Table 11. Reducing power activity of the commercial mushroom samples

Mushrooms		Reducing Power (mg AAE / 100g dw) ¹⁾
Species	Parts	
<i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯)	E ⁴⁾	46.0±1.4 ^{def2)}
	S	- ³⁾
	P	-
<i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯)	E	80.4±0.3 ^a
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯)	E	38.6±0.5 ^{ef}
	S	36.1±0.6 ^{ef}
	P	40.3±2.2 ^{ef}
<i>Hericium erinaceus</i> (노루궁뎅이버섯)	E	59.5±0.1 ^{bed}
	S	-
	P	-
<i>Lentinula edodes</i> (표고버섯)	E	34.8±0.2 ^f
	S	32.3±0.0 ^f
	P	38.6±0.1 ^{ef}
<i>Phellinus linteus</i> (상황버섯)	E	64.6±0.6 ^{bc}
	S	-
	P	-
<i>Agrocybe cylindracea</i> (버들송이버섯)	E	39.8±0.1 ^{ef}
	S	36.1±0.1 ^{ef}
	P	-
<i>Umbilicaria esculenta</i> (석이버섯)	E	39.3±0.3 ^{ef}
	S	-
	P	-
<i>Agaricus bisporus</i> (양송이버섯)	E	45.7±0.2 ^{def}
	S	41.9±0.2 ^{ef}
	P	51.0±0.1 ^{cde}

Table 11. Cotinued

Mushrooms		Reducing Power
Species	Parts	
<i>Lyophyllum fucosum</i> (갈색만가닥 버섯)	E	40.0±0.1 ^{ef}
	S	42.2±0.2 ^{ef}
	P	70.8±0.1 ^{ab}
<i>Tricholoma matsutake</i> (황금송이 버섯)	E	45.3±0.4 ^{def}
	S	-
	P	-
<i>Pleurotus eryngii</i> (맛타리버섯)	E	46.4±0.2 ^{def}
	S	60.7±1.0 ^{bc}
	P	46.1±0.1 ^{def}

¹⁾ Expressed as mg ascorbic acid equivalent (AAE) per 100g of dried weight

²⁾ Different letters in the same column indicate significant difference at the $p < 0.05$

³⁾ - : Not analyzed

⁴⁾ E : Entire S : Stipe P : Pileus

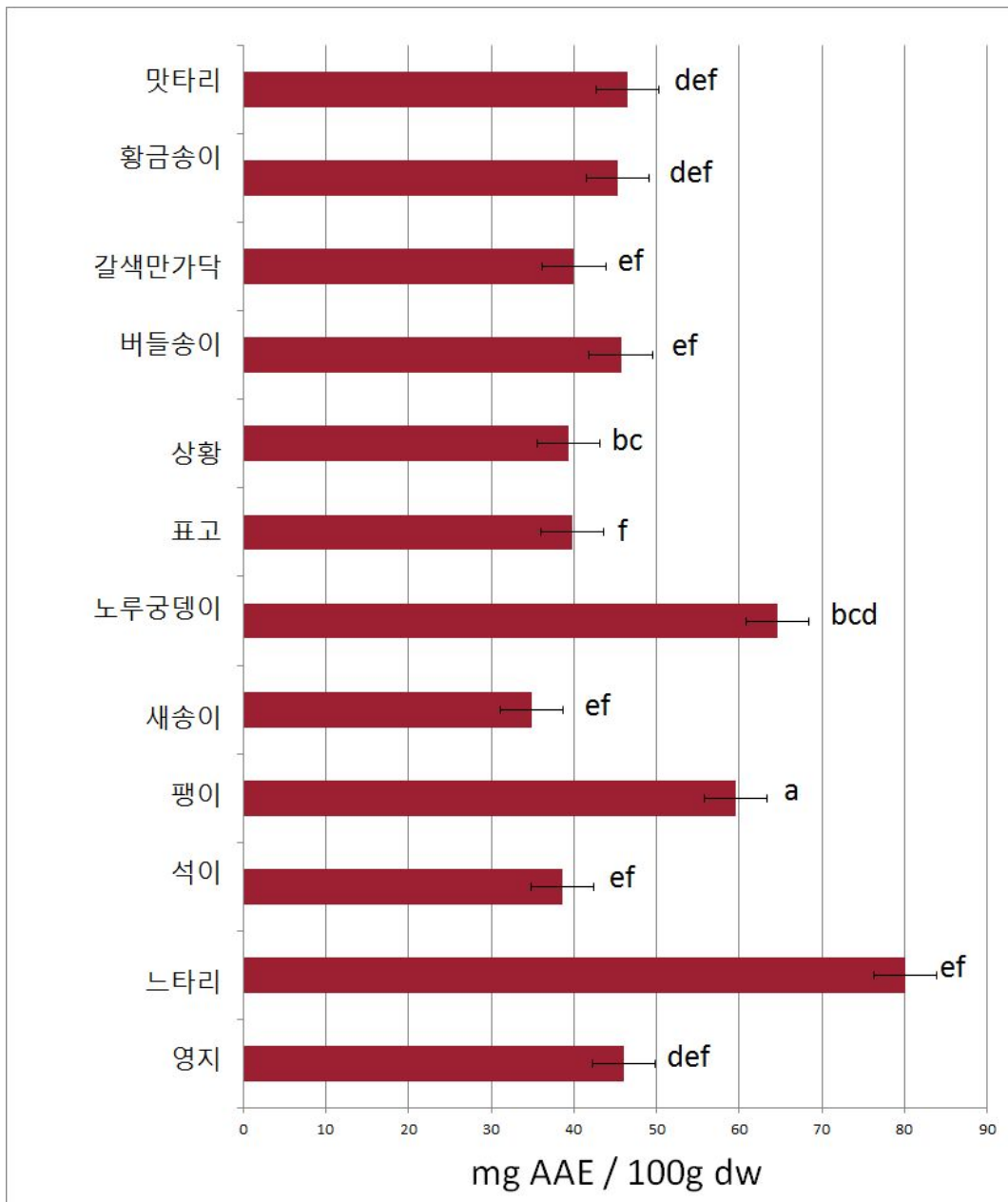


Figure 11. Reducing power in the entire parts of 12 commercial mushrooms

*Different letters on the bar indicate significant difference at the $p < 0.05$, $n=3$

IV. 결론

본 연구는 식생활에서 보편적으로 식용하고 있는 14종의 국내산 버섯을 대상으로 버섯을 전체(Entire, E), 갓(Pileus, P), 기둥(Stipe, S)의 세 부위로 나누어 부위별 항산화활성 및 활성성분인 총페놀 화합물, 유비퀴논, 토코페롤 등을 측정하여, 그 결과를 보고하고자 한다.

1. 총폴리페놀의 각 부위별 높은 함유량은 전체부위(E), 갓(P), 대(S) 순으로 각각 상황버섯, 양송이, 갈색만가닥으로 나타났다. 시판버섯의 갓 부위(P)에 함유된 총페놀함량은 gallic acid 등량값으로 193.9~536.6 mg GAE/ 100g으로 대 부위(S)의 156.8~370.8 mg/100g 보다 23.4~44.7% 높게 나타났다.

2. 총플라보노이드의 각 부위별 높은 함유량은 전체부위(E), 갓(P), 대(S) 순으로 각각 상황버섯, 갈색만가닥, 버들송이로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 quercetin의 등량값으로 표시했을 때 전체 부위(E)에서 14.8~31.2 mg QE/ 100g으로 나타나 총페놀함량에 비해 매우 낮은 함량으로 측정되었다. 따라서 버섯에 함유된 페놀성 화합물은 플라보노이드 물질보다 페놀산 화합물 질이 주요 성분일 것으로 평가되었다.

✓

3. 시판버섯의 토코페롤의 함량은 α , β , γ , δ -tocopherol 각 이성체마다 다양하게 분포 되었다. α -tocopherol은 석이, β -tocopherol은 새송이(P), γ -tocopherol 느타리(S), δ -tocopherol은 황금송이가 가장 높게 측정되었다. 토코페롤의 전체 함유량은 황금송이 버섯이 2844.43 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 많은 함량을 지녔고, 갈색만가닥 버섯이 40.09 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 한편 토코페롤의 평균 함량은 대(S)부위가 549 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 갓 부위(P)의 325 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 의 비해 더 높은 것으로 측정되었다.

4. 유비퀴논의 각 부위별 높은 함유량은 전체부위(E), 갓(P), 대(S) 순으로 각각 갈색만가닥, 양송이, 갈색만가닥,으로 나타났다. 유비퀴논 함량은 갓 부위(P)가 163.5~485.1 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 나타나 대 부위(S)의 65.6~142.9 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 에 비해 2.5~3.4배 더 높은 것으로 측정되어 시판버섯에 함유된 유비퀴논 성분은 주로 자실체의 주름부위에 분포된 것을 알 수 있다.

5. 시료(10 mg/mL)의 DPPH 자유 라디칼 소거능에 따른 전체 부위(E)의 항산화활성은 각각 51.2~90.1%로 비교적 높게 나타났다. 특히 상황버섯의 라디칼 소거능은 90%로 나타나 전체 부위(E)의 시판버섯 중 가장 높았으며 목이버섯은 51%로 나타나 항산화활성이 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 또한 갓(P)부위가 대(S)부위보다 10% 더 높은 라디칼 소거능을 나타내었다.

6. 시료(10 mg/mL)의 ABTS 자유 라디칼 소거능에 따른 전체 부위(E)의 항산화활성은 62.5~95.8%로 비교적 높게 나타났다. 특히 상황버섯의 라디칼 소거능은 95%로 나타나 전체 부위(E)의 시판버섯 중 가장 높았으며 목이버섯은 62%로 나타나 항산화활성이 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 또한 갓(P)부위가 대(S)부위 보다 2% 정도 높은 라디칼 소거능을 지닌 것으로 나타났다.

7. 시료(10 mg/mL)의 환원력 측정에서 팽이버섯의 경우 80mg AAE/100g으로 가장 높은 환원력을 나타내었으며, 표고버섯 대(S)부위는 32.39 mg AAE/ 100g으로 가장 낮은 환원력을 나타내었다. 환원력 또한 갓(P) 부위의 평균 환원력이 49 mg AAE/100g으로 대 부위(S)의 41 mg AAE/ 100g 보다 항산화활성이 높은 것으로 확인되었다. 이 같은 결과는 각 부위별 자체 내 함유된 평균 총페놀함량($R^2=0.80$) 및 유비퀴논함량($R^2=0.55$)과 유의적인 상

관관계를($p < 0.05$) 나타내어 이들 성분이 항산화활성에 영향을 미친 것으로 추정된다.

이상과 같은 결과를 통해 시판버섯에 함유된 유효활성 성분은 주로 자실체의 주름에 분포된 것을 알 수 있으며, 버섯시료의 항산화 활성능은 총폴리페놀 함량에 주요 성분으로 작용하나 미량으로 존재하는 유비퀴논 및 토코페롤 함량도 부차적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

References

1. Goldberg. I. 1994. *funktional foods*. chapman & Hall press, New York, USA. p3-550
2. Culter RG. 1984. Antioxidants aging and longevity. In *Free Radicals in Biology*. Pryor WA, ed. Acadmic Press, New York, USA. Vol 6, p 371-423.
3. Yang HC, Song CH, Kweon MH. 1996. Mycelial new material, food functional technoligy. Hanlim. Seoul. pp 187-189
4. Hatano T. 1995. Constituents of natural medicines with scavenging effect on active oxygen species-tannins and related polyphenols. *Natural medicine* 49: 357-363.
5. Halliwell B, Gutteridge JM. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *biochem. j.* 219: 1-14.
6. Aitken RJ, Buckingham D, Harkiss D. 1993. Use of xanthine oxidase free radical generating system to investigate the cytotoxic effect of reactive oxygen species on human spermatozoa. *J Reprod Fertil* 97: 441-450
7. Vercke A, Toncsev H, Feher J, Hajdu E. 1992. Relationship between the extent of coronary artery disease and indicators of free radical activity

y. *Clin Cardiol* 15: 706-707

8. Kim Y.K. 2004. Antioxidants. Ryo Moon Gak.p.co.Seoul, Korea. P5-95

9. Duh PD, Tu YY, Yen GC. 1999. Antioxidant activity of water extract of Harnng Jyur (*Chrysanthemum morifolium Ramat*). *Lebensm wiss Technol* 32: 269-277.

10. Osborn-Barnes HT, Akoh CC. 2003. Effect of α -tocopherol, β -carotene, and isoflavones on lipid oxidation of structured lipid-based emulsion. *J Agric Food Chem* 51: 6856-6860

11. Yen GC, Hsieh CL. 1998. Antioxidant activity of extracts from Du-zhong (*Eucommia ulmoides*) toward various lipid peroxidation models in vitro. *J Agric Food Chem* 46: 3431-3436.

12. Kitahara K, Matsumoto Y, Ueda H, Ueoka R. 1992. A remarkable antioxidant effect of natural phenol derivatives on the autoxidation of irradiated methyl linoleate. *Chem Pharm Bull* 40: 2208-2209

13. Azuma K, Nakayama M, Koshika M, Lppoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamaguchi Y, Ito H, Higashio H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius L.* *J Agric Food Chem* 47: 3963-3966.

14. Ham SS, Hong JK, Lee JH. 1997. Antimutagenic effects of juices from edible Korean wild herbs. *J Food Sci Nutr* 2: 155-164.

15. Labuza TP. 1971. Kinetic of lipid oxidation on foods. *CRC Crit Rev Food Technol* 2: 335-405
16. Ito N, Fukushima S, Hagiwara A, Shibata M, Oriso T. 1983. Carcinogenicity of butylated hydroxyanisole in F344 rats. *J Natl Cancer Inst* 70: 343-352
17. Hirase, S., Nakai, S. and Akstus, T. 1976. Structure studies on the antitumor active polysaccharides from *Coriolus versicolor* (Basidiomycetes). I. Fractionation with barium hydroxide. *Yakugaku Zasshi*. 96: 413-418.
18. Chang, T. and Miles, P. G. 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC press. pp.27-40.
19. Nakajima A, Ishida T, Koga M, Takeuchi M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* Murill on antibody-producing cells in mice. *Int Immunopharmacol* 2: 1205-1211.
20. Hui LC, Guci RC, Chin CC, Jeng LM. 2001. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia. *Food chem* 74: 203-207.
21. Mizuno M, Morimoto M, Minato K, Tsuchida H, 1998. Polysaccharides from *Agaricus blazei* stimulate lymphocyte T-cell subsets in mice. *Bio sci Biotechnol Biochem* 62: 434-437.

22. Hayashi, T., Kanetoshi, A., Ikura, M. and Shirahama, H. 1989. Bolegr evilol a new lipid peroxidation inhibitor from the edible mushroom *Suillus grevillei*. *Chem. Pharm. Bull.*, 37, 1427–1532
23. Chung, SK, Jeon SY, Kim SK, Kim SI, Kim GS. and Kwon SH. 2004. Antioxidative effects of polyozellin and telephoric acid isolated from *Polyzellus multiplex*. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 47, 283–286
24. Matsuzawa. T, Sano M, Tomita I, Saitoh H, Ikekawa T. 1997 Studies on antioxidants of *Hypsizigus marmoreus*. I. Effects of *Hypsizigus marmoreus* for antioxidants activities of mice plasma. *Yakugaku Zasshi* 117 (9): 623–628
25. Kariya, K., Nakamura, K., Nomoto, K., Matama, S. and Saigenji, K. 1992 Mimicking of superoxide dismutase activity by protein-bound polysaccharide of *Coriolus versicolor* QUER, and oxidative stress relief for cancer patients. *Mol Biotechnol.* 4(1): 40–46
26. Kim, JH, Yoo, KH, Seok SJ, and Kim YS. 2005. Screening of fibrinolytic activities of extracts from wild mushroom. *Journal of Mycology* 33: 18–21.
27. Park JS, Hyun KW, Seo SB, Cho SM, Yoo CH and Lee JS. 2003. Detection of platelet aggregation inhibitors and fibrinolytic substances from mushrooms. *The Korean Journal of Mycology* 31: 114–116.

28. Mizuno, T. 1994. Food Function and Medicine Effects of Mushroom Fungi. pp 1-170. Laboratory of biochemistry. Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Shizuoka.
29. Berry DR. 1998. Physiology of industrial fungi. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 130-161
30. Wasser, S. P. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 60:258-274 (2002)
31. 농촌진흥청.2004. 버섯국제심포지엄 “국내 버섯산업의 현황과 발전전략”
32. 농업전망.2007(Ⅱ). 한국농촌경제연구원
33. 특용작물 생산실적.2011. 농림수산식품부
34. 이상윤.2007.버섯과 식품산업,국내 버섯산업의 방향과 비전제시를 위한 워크숍 2007.농촌진흥청
35. Bose, S.R.1955 Campestrin, the antibiotic of *psalliota campestris*. *Nature*.174:468
36. Kavanagh, F., Hervey, A. and Robbins, W. J. 1949. Antibiotic substances from basidiomycetes IV. *Marasmius conigenus*. *Pro. Natl. Acad. Sci. USA.* 35: 343-351

37. Chung IM, Kong WS , Lee OK, Park JS and Ateepue Ahmad. 2005. Cytotoxic Chemical Constituents from the Mushroom of *pholiota adiposa*. *Food sci. Biotechnol.* 14:255-258
38. Kim HJ, Bae JT, Lee JW, HwangBo MH, Lim HK. Lee IS. 2005. Antioxidant activity and inhibitive effects on human Leukemia cells of edible mushrooms extracts. *Korea J. Food Preserv.*12:80-85.
39. Peterson, D.M. 2001. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Cereal Sci.* 33(2):115-129.
40. Kim YJ. 2007. Screening of antioxidizing and tyrosinase inhibitory activities in edible resources plants. MS thesis. Chungbuk National University : Korea.
41. McCord JM, Fridovich I. "Superoxide dismutase: the first twenty years (1968-1988)". *Free Radic. Biol. Med.* 1988; 5 (5-6):363 - 369.
42. Cha, B.C., Lee, E.H., Noh, M.A. 2005. Antioxidative active of *Spatholobus suberectus* Dunn. *Kor J. Pharmacogn.* 36:50-55
43. Willet WC.1994. Diet and health:what should we eat. *science* 254: 532-537
44. Yoon K.Y, Lee S.H and Shin SR. 2006. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Extracts from *Sarcodon aspratus*. *J Korean Soc Food Sc*

i Nutr 35(8), 967~972

45. Ahn M.S, Kim. H.J., Seo M.S. 2006. Original Articles : Physicochemical Characteristics of Ethanol Extracts from Each Part of the *Pleurotus eryngii*. *Journal of the Korean Society of Dietary Culture* 21: 297-302

46. Yu HE, Cho SM, Seo GS, Lee BS, Lee DH, Lee JS. 2006. Screening of Bioactive Compounds from Mushroom *Pholiota* sp. *Journal of the Korea Society of Micology* 34:15-22

47. kim JO, Jung MJ, Choi HJ, Lee JT, Lim AK, Hong JH and Kim D.I. 2008. Antioxidative and Biological Activity of Hot Water and Ethanol Extracts from *Phellinus linteus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 37:684~690

48. Lee. H, Choi Y.M, Lee J.S, Park J.S, Yeon K.S, Han C.S. 2007. Drying and Antioxidant Characteristics of the Shiitake (*Lentinus edodes*) Mushroom in a Conveyer-Type Far-Infrared Dryer *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36(2):250-254

49. M. Czauderna, J. Kowalczyk, 2007. Alkaline saonification results in decomposition of tocopherols in milk and ovine blood plasma, *Journal of chromatography B*, 858, 8-12

50. Heather Vaule, Scott W. Leonard and Maret G. Traber, 2004. *Free Radical Biology and Medicine*, Vol. 69, Issue4, 456-463

51. 박동기, 생체유기화학, 유한문화사(2003)
52. Sandrina A. Heleno., Lillian Barros, Maria Joao Sousa, Anabela Martins, Isabel C.F.R. Ferreira. 2010. Tocopherols composition of portuguese wild mushrooms with antioxidant capacity. *Food Chemistry* 119: 1443-1450
53. M. Elmastas, O. Isildak, I. Turkekul, N. Temur. 2007. Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 337 - 345
54. M. Ryyanen.; A.-M. Lampi.; P.salo-Vaananen.; V. Ollilainen and V. Piironen, *J. Food Composition and Analysis*, Vol. 17, Issue 6, 2004 749-765
55. F.J. Ruperez, D. Martin, E. E. Herrera, C. Barbas. 2001. Chromatographic analysis of α -tocopherol and related compounds in various matrices, *Journal of chromatography A*, 935: 45-69
56. Lenaz, G. 1998. Quinone specificity of complex I. *Biochem. Biophys. Acta*. 1364: 207-221.
57. Rosenthal, W. and M. Brumhard. 1997. Coenzyme Q10. *Deut. Med. Wochenschen*. 122: 278.
58. Frei, B., M.C. Kim, and B.N. Ames. 1990. Ubiquinol-10 is an effective lipid-soluble antioxidant at physiological concentrations. *Proc. Natl. Ac*

ad. Sci. USA. **87**: 4879-4883.

59. Ernster L, Dallner G. 1995. Biochemical, physiological, and medical aspects of ubiquinone function. *Biochim et Biophys Acta* 1271: 195-197.

60. Weber C, Bysted A, Holmer. 1997. Coenzyme Q10 in the diet; daily intake and relative bioavailability. *Mol Asp Med* 18: (Suppl.), S251 - S254.

61. Ikematsu, H, K. Nakamura, S. I. Harashima, K. Fujii, and N. Fukutomi. 2006. Safety assessment of coenzyme Q10 (Kaneka Q10) in healthy subjects: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Regula. Toxicol. Pharmacol.* 44: 212-218.

62. Wetscher, G. J., Bagchi, M., Bagchi, D., Perdakis, G., Hinder, P. R., Glaser, K. & Hinder, R. A. 1995. Free radical production in nicotine treated pancreatic tissue, *Free Radic. Bio. Med*, 18:877-882.29073

63. Mattila P, Kumpulainen J. 2001. Coenzyme Q9 and Q10 contents in foods and dietary intake. *J Food Comp Anal* 14: 409-417.

64. Pyo YH, Oh HJ. 2011. Ubiquinone contents in Korean fermented foods and average daily intakes. *J Food Comp Anal* 24: 1123 - 1129.

65. Singleton, V.L. 1981. Naturally occurring food toxicants: Phenolic substances of plant origin common in foods. *Adv. Food Res.*27:149-242.

66. Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on super-oxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559
67. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio Med* 26: 1231-1237.
68. Oyaizu M. 1986. Studies on products of the browning reaction. Antioxidative activities of browning reaction products prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition* 44: 307-315
69. Yang CS, Landau JM, Hung MT, Newmak HL. 2001. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annu Rev Nutr.* 21:381-406.
70. Kwon, IB, An BJ, Yu J.H, Lee SY. 1993. Structure determination of anti-plaque agents for prevention of dental caries from cacao bean husk. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 8(1):69-72.
71. Chen HY, Lin YC, Yen GC. 2007. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava(*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chem.* 101:686-694.
72. Decker, E.A. 1995. The role of phenolics, conjugated linoleic acid, carnosine and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary antioxidant

s. Nutrition review. 53(3):49-58

73. Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun AR, Hong HC, Lee JS, Kim YK. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the 70% ethanol extracts from brown and milled rice by cultivar. *J Korean. Soc. Food Sci Nutr.* 39(3):467-473.

74. Ferreira ICFR, Barros L, Abreu RMV. 2009. Antioxidants in wild mushrooms. *Current Med Chem* 16: 1543-1560.

75. Barros L, Ferreira MJ, Ferreira ICFR, Baptista P. 2007. Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food Chem* 103: 413-419

76. Chang ST, Buswell JA, Chiu SW. 1993. Mushroom biology and mushroom product. The Chinese University Press. Hong Kong pp. 3-17

77. David Dolde, Chris Vlahakis, and Jan Hazebroke. 1999. Tocopherols in breeding lines and effects of planting location, fatty acid composition, and temperature during development. *JAOCS.* 76: 349-355.

78. Collins MD, Jones D. 1981. Distribution of isoprenoid quinone structural types in bacteria and their taxonomic implications. *Microbiol Rev* 45:316-354.

79. Weber C, Bysted A, Holmer. 1997. Coenzyme Q10 in the diet; daily i

ntake and relative bioavailability. *Mol Asp Med* 18: (Suppl.), S251 - S254.

80. Cha JY. 2009. Functional components and biological activities of marketing black garlic. MS thesis. Gyeongsang National University.

81. Choi SJ, Lee YS, Kim JK, Lim SS. 2010. Physiological Activities of Extract from Edible Mushrooms. *Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1087-1096.

82. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS. 2003. The antioxidant activity of the some commercial teas. *Korean J. Soc. Food sci, Nutr.* 32 (5):723-727).

Abstract

Hong, Myung-Hee

Department of Food and Nutrition

Graduate school

Sungshin Women's University

Antioxidant properties and antioxidant compound contents in different parts of 14 commercial mushrooms were evaluated. Methanolic extracts from the entire mushroom, the pileus and the stipe, separately, were screened for their reducing power, free radical scavenging capacity using DPPH and ABTS. The tocopherols, ubiquinones (Coenzyme Qs; CoQs), total phenolic, and flavonoid contents were determined, in order to assess its effect on the extract's antioxidant activity. The portion of the mushroom used had an influence on the results obtained, with the pileus methanolic extracts exhibiting the greatest antioxidant effect ($p < 0.05$). The analysed mushrooms contain powerful antioxidants such as phenols (144.5~536.6 mg of gallic acid equivalents, mg GAE/100g of dried weight, dw), flavonoids (3.7~31.2 mg of quercetin equivalents, mg QE/100g dw), tocopherols (95.7~2844.4 μ g/100g dw), and ubiquinones (65.6~485.1 μ g/100g dw). All the species proved to have DPPH-radical scavenging capacity and ABTS rad

ical scavenging capacity being more significant for *Phellinus linteus* due to the contribution of antioxidants such as phenols(530.5 mg GAE/100g dw) and ubiquinones(308.8 ug/100g dw). A positive linear correlation was demonstrated between radical scavenging activity and total phenolics($R^2=0.79$) and ubiquinone($R^2=0.59$) content in the pileus of mushrooms($p<0.05$). The results indicates that commercial mushrooms have potential as natural antioxidants and a good dietary source of tocopherol, CoQs and phenolic compound.

감사의 글

먼저 대학원 생활을 무사히 마감하고 작은 결실을 맺게 해주신 하나님께 감사드립니다.

부족함이 많은 제자에게 따듯한 사랑과 관심으로 논문이 완성되기 까지 아낌없는 지도와 배려를 해주신 표영희교수님 진심으로 존경하고 감사합니다. 아울러 바쁘신 와중에도 부족한 논문 다듬어 주시고 세심하게 심사해주신 이명숙교수님, 윤현근교수님께 감사드리며, 항상 지켜봐주시고 많은 가르침을 주신 안홍석교수님, 한영숙교수님, 이승민교수님, 나혜경교수님, 고성희교수님께 감사드립니다.

늘 관심으로 소중한 조언을 아끼지 않으신 이경연선생님, 신선미선생님, 박미혜선생님, 이영주선생님 정말 감사합니다. 더불어 중앙기기실 오현주선생님께도 깊은 감사를 드립니다.

대학원 생활을 웃음과 행복으로 가득 채워준 동기 정미, 안나 언니 공동연구실2의 내 단짝 진경이에게 고마움과 사랑의 마음을 전합니다. 또한 후배 은희, 유민, 나래, 선영, 유경이 모두모두 함께했던 시간들이 감사하고 소중했음을 전합니다. 같이 실험하면서 고생한 학부동생들 황유정, 진유정, 민영, 미소, 민이에게도 감사와 함께 응원의 박수를 보내며, 논문 쓰는 동안 도움을 주신 선배 소진이와 송선미선생님께도 감사를 드립니다.

마지막으로 학업을 하는 동안 항상 격려와 사랑으로 인내해 준 아빠, 엄마, 순원이 너무 고맙고 사랑합니다.