

느타리버섯 자실체 및 균사체 추출물의 항산화효과

정인창 · 박 신* · 박경숙** · 하효철 · 김선희 · 권용일 · 이재성
영남대학교 식품가공학과, *대구대학교 농화학과
**대구공업전문대학교 식품영양학과

Antioxidative Effect of Fruit Body and Mycelial Extracts of *Pleurotus ostreatus*

In-Chang Jung, Shin Park*, Kyung-Sook Park**, Hyo-Cheol Ha,
Seon-Hee Kim, Yong-Il Kwon and Jae-Sung Lee

Department of Food Science and Technology, Yeungnam University

*Department of Agricultural Chemistry, Taegu University

**Department of Food and Nutrition, Taegu Technical Junior College

Abstract

Pleurotus ostreatus was extracted with hexane, ethanol and water to test the antioxidative activity on soybean oil. The extraction yield was the highest in the water fraction. The total sugar was higher in ethanol and water fractions, while the total phenolic substances were relatively higher in the hexane fraction. The antioxidative effects of the extracts on the oxidation of soybean oil during storage at 60 and 100°C were studied. The antioxidative effects of ethanol extracts of both fruit body and mycelia of *Pleurotus ostreatus* were higher than those of water and hexane extracts. The antioxidative effects of *Pleurotus ostreatus* extracts (3,000 ppm) were higher than the artificial antioxidant (200 ppm), BHA and BHT, during storage at 60 and 100°C.

Key words: natural antioxidants, *Pleurotus ostreatus*, antioxidative activity

서 론

유지 또는 유지함유 식품의 산화는 식품의 영양가 및 품질의 저하를 일으킬 뿐만 아니라 산화에 의해 생성된 각종 산화생성물이 생체내에서 DNA의 손상 등 인체에 독성⁽¹⁾을 나타내기도 한다. 유지의 산화를 억제 하는 가장 간단한 방법은 산화방지제를 첨가하는 것인데 현재 가장 많이 사용되고 있는 BHA와 BHT는 효과는 뛰어나지만 변이원성 및 발암성이 문제시⁽²⁾되고 있으며 천연 항산화제인 tocopherol류 또한 식물성기름에 대하여 항산화효과가 낮고⁽³⁾ 가격이 상대적으로 비싼 단점이 있다. 따라서 항산화능이 높고 보다 안전한 천연 항산화제를 개발하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지 보고된 천연 항산화제에 대한 연구로는 Hirose 등⁽⁴⁾이 일본약국방에 수록된 24종의 생약

에 대하여 여러가지 용매추출물의 항산화성을 검토하였으며, Nose 등⁽⁵⁾은 식물성식품 중 avocado 과피추출물에서 항산화성 물질을 분리하였고, 우리나라에서도 쉐리⁽⁶⁾, 붉나무⁽⁷⁾, 유양곽⁽⁸⁾, 너덕⁽⁹⁾, 탈지들깨박⁽¹⁰⁾ 등에서 항산화성 물질을 분리하여 보고하였다. 이외에도 천연 항산화성 물질에 관한 연구는 많이 되어왔으나 오래전부터 건강보존식 및 의약품⁽¹¹⁾으로 이용되어 온 버섯의 항산화성 물질에 관한 연구로는 Hayashi⁽¹²⁾가 큰비단그물버섯의 acetone 추출물 중 ethanol 분획에서 항산화성 물질을 분리(boleprevilol), 구조를 해명(1-acetoxy-6-geranylgeranyl-2,4-dihydroxybenzene)하는 등 몇 편만이 보고되고 있을 뿐이다. 버섯은 식용하거나 추출정제물을 의약품으로 장기간 복용하여도 부작용이 거의 나타나지 않는 이점이 있으며 버섯곰팡이인 담자균은 대량배양기술에 의하여 항암성 물질인 다당류의 생산에 이용되고 있다. 이에 본 연구에서는 생리활성효과⁽¹³⁾가 인정되어 온 버섯 중 느타리버섯 자실체 및 균사체 용매추출물의 항산화력을 합성 항산화제

Corresponding author: Jae-Sung Lee, Department of Food Science and Technology, Yeungnam University, Kyongsan, Kyongbuk 712-749, Korea

(BHA, BHT)의 항산화력과 비교함으로써 천연 항산화제로서의 이용 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 배지

항산화 실험에 사용된 재료는 경북 약목의 버섯 농가에서 재배한 벗짚재배 느타리버섯과 본 실험실에서 액체배양한 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*) 균사체였으며, 대두유는 시판되고 있는 백설식용유를 냉장보관하면서 사용하였다. 균사체는 ACM (starch 2.0%, bacto-soytone 0.4%, yeast extract 0.6%, K₂HPO₄ 0.1%, KH₂PO₄ 0.046%, MgSO₄ · 7H₂O 0.05%)⁽¹⁴⁾을 사용하여 27°C에서 20일간 정치배양하였다.

자실체와 균사체의 용매추출

자실체는 Fig. 1과 같이 용매추출하였다. 즉, 건조한 느타리버섯 자실체를 미세하게 마쇄한 후 10배량(중량비)의 n-hexane으로 12시간씩 3회 진탕배양기(상온)로 반복추출한 용액을, 회전진공증발기로 40°C에서 감압농축한 것을 hexane 분획으로 하였으며, 잔사에 ethanol을 이용하여 같은 방법으로 추출, 여과하여 50°C에서 감압농축한 것을 ethanol 분획으로 하였다. 또한 그 잔사에 물을 이용하여 상기와 같이 추출, 여과하여 80°C에서 감압농축한 후 여기에 3배량의 ethanol을 가하여 교반, 용해하고 4°C에서 24시간 방치하였다가 상징액(물 추출물의 ethanol 가용부)과 침전물(물 추출물의 ethanol 불용부)로 분리하였다. 한편 ACM에서 정치배양한 균사체를 60 mesh 망사로 회수하여 흐르는 물로 균사체 표면에 묻어있는 배지성분을 수세하고 상온에서 송풍건조한 후 마쇄하여 분말을 얻었다. 이를 자실체와 같은 방법으로 추출·여과·농축하여 hexane 분획, ethanol 분획, 물 추출물의 ethanol 가용부와 물 추출물의 ethanol 불용부 분획을 얻었다. 각 시료의 추출수율은 원료의 고형분 함량에 대한 추출물의 고형분 함량으로 표시하였다.

총 당 함량 및 총 phenol성 화합물 함량

총 당 함량은 phenol sulfuric acid법⁽¹⁵⁾에 따라 시료에 5% phenol 0.2 ml와 sulfuric acid 1 ml를 첨가한 후 UV-visible spectrophotometer (Pharmacia LKB, Ultrospec plus)를 사용하여 485 nm에서 흡광도를 측정하고 glucose를 사용한 표준곡선에 의하여 당의 함량을 환산하였다. 시료내 총phenol성 화합물의 함량은 Burns의 방법⁽¹⁶⁾을 변형하여 실시하였다. 즉 20 ml

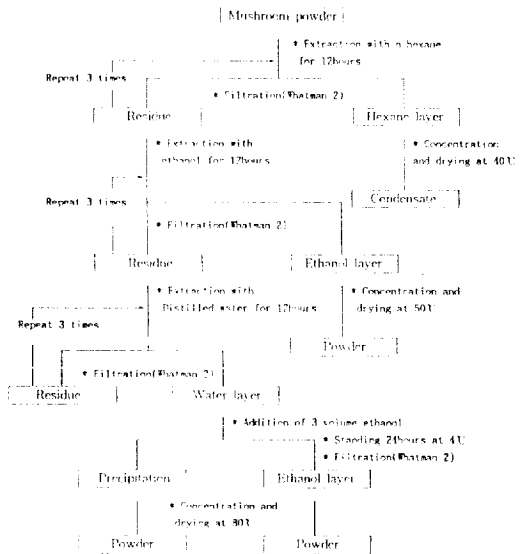


Fig. 1. Fractionation flow chart of *Pleurotus ostreatus* by the hexane, ethanol and water

methanol에 시료 10 mg을 녹여 1시간 동안 교반한 다음 상징액을 0.2 ml 취하여 vanillin-HCl용액 1 ml를 첨가하고 20분동안 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하고 catechin을 사용한 표준곡선에 의하여 시료 중 총 phenol성 화합물의 함량을 환산하였다.

항산화력 측정

대두유 40 g에 각 추출물을 일정량의 용매(ethanol 0.5 ml, water 1 ml, polyglycerin 2 ml)에 녹여 3000 ppm이 되도록 첨가한 후 Yamada 등의 방법⁽¹⁷⁾을 이용하여 균질기로 18,000 rpm에서 5분간 유회시켰다. 비교군으로는 200 ppm 농도의 BHA, BHT를 사용하였으며 대조군은 대두유에 동량의 용매만 가하여 위에 기술한 방법으로 조제하였다. 조제된 시료는 두 가지 방법으로 산화시켰는데 먼저 시험병(직경 5 cm, 높이 13 cm)에 시료를 담아 60°C로 조절된 수욕상에서 기포 발생기로 동일한량의 공기를 주입하면서 8일간 산화를 진행시켰다. 다른 한편으로 시험병(지름 6 cm, 높이 1 cm)에 조제된 시료를 각각 6 g씩 담아 100°C에서 oven test를 실시하였다. 시료를 일정시간 간격으로 채취하여 과산화물가를 측정⁽¹⁸⁾하였다.

산화에 따른 지방산 조성의 변화

자실체 추출물(3,000 ppm)을 첨가한 시험군을 비교군 및 대조군과 함께 60°C에서 8일간 산화시켜 methyl ester화를 행한 후 gas chromatography법⁽¹⁹⁾에

Table 1. Extraction yield¹⁾ by various solvent from *Pleurotus ostreatus* (unit: %)

Sample	Hexane fraction	Ethanol fraction	Water fraction	
			Ethanol solubles	Ethanol insolubles
Fruit body	1.4	8.8	25.4	22.6
Mycelium ²⁾	1.4	11.6	17.3	17.7

¹⁾Extraction yield was expressed as dry basis percent of the fruit body or mycelium

²⁾The mycelium was cultured at 27°C for 20 days without shaking

Table 2. Contents of total sugar and phenolic compounds in *Pleurotus ostreatus* extracts (unit: %)

Sample	Component	Hexane fraction	Ethanol fraction	Water fraction	
				Ethanol solubles	Ethanol insolubles
Fruit body	Total sugar	0.0	36.6	38.7	25.0
	Total phenolic compound	3.2	0.9	1.8	0.8
Mycelium ¹⁾	Total sugar	0.0	32.2	21.1	12.4
	Total phenolic compound	6.8	1.2	1.5	0.8

¹⁾The mycelium was cultured at 27°C for 20 days without shaking

의해 지방산 조성의 변화를 관찰하였다. 이때 사용한 gas chromatography (Hewlett Packard, Model No. 5890 II)의 조건은 컬럼: 10% SP-2330 on Chromosorb 100-120 mesh 1/4"×2 m, carrier gas: 질소(유속 30 ml/min), 컬럼온도: 160°C (2 min holding) 2°C/min 200°C, injector온도: 240°C, detector온도: 280°C, 검출기: FID였다.

결과 및 고찰

용매별 추출 수율

느타리버섯을 천연 항산화제로 이용할 수 있는 가능성을 검토하기 위해 자실체 및 균사체를 hexane, ethanol, 물 등의 용매로 추출하였는데, 그 추출 수율은 Table 1에 나타난 바와같이 두 재료 모두 물 추출물의 분획에서 추출 수율이 가장 높았으며, 여기에 다시 ethanol을 첨가하여 ethanol가용부와 ethanol불용부로 분리하였을 때 자실체의 경우 25.4%와 22.6%, 균사체의 경우 17.3%와 17.7%로 분리되어 각 시료의 두 분획은 거의 비슷한 수율을 보였다. 또한 ethanol 분획의 추출 수율은 자실체의 경우 8.8%, 균사체의 경우 11.6%를 각각 나타내었으며, hexane 분획의 추출 수율

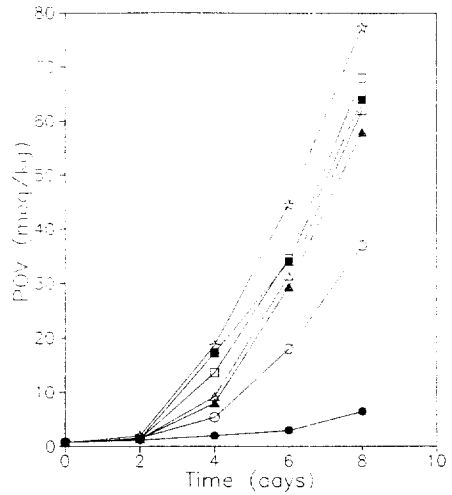


Fig. 2. Antioxidative effect of various solvent extracts of *Pleurotus ostreatus* fruit body on soybean oil at 60°C
 ○—○: Hexane extract (3000 ppm), ●—●: Ethanol extract (3000 ppm), △—△: Ethanol insolubles of water extract (3000 ppm), ▲—▲: Ethanol solubles of water extract (3000 ppm), □—□: BHA (200 ppm), ■—■: BHT (200 ppm), ☆—☆: Control

은 두 재료 모두 1.4%를 나타내었다.

총 당 함량 및 총 phenolic 화합물 함량

용매 추출에 의한 각 분획의 총 당 함량과 총 phenolic 화합물의 함량은 Table 2에 나타난 바와 같다. 총 당 함량은 자실체의 경우 불분획의 ethanol 가용부와 ethanol 분획의 당 함량이 38.7%와 36.6%를 각각 나타내었으며, 균사체의 경우 ethanol 분획의 당 함량이 32.2%를 차지하여 가장 높았다. 시료의 총 phenolic 화합물 함량은 자실체 및 균사체의 hexane 분획에서 각각 3.2% 및 6.8%로 가장 높았고 그 외의 분획에서는 2% 미만의 함량을 나타내었다.

추출물의 항산화 효과

자실체에서 분리한 용매추출물을 일정량의 용매 (ethanol 0.5 ml, water 1 ml, polyglycerin 2 ml)에 녹여 대두유 40 g에 3000 ppm이 되도록 첨가한 후 60°C(수욕상) 및 100°C(dry oven)에서 산화시킨 다음 과산화물가를 측정하여 항산화능을 비교하였다. 60°C에서 8일간 산화를 진행시키면서 항산화능을 비교한 결과는 Fig. 2에 나타난 바와같이 모든 시험군이 산화기간 동안 대조구 및 비교구(BHA 및 BHT 처리군)보다 과산화물가가 낮았는데 특히 ethanol 분획에서 강한 항산화능이 확인되었다. 또한 100°C에서 송풍산화법으

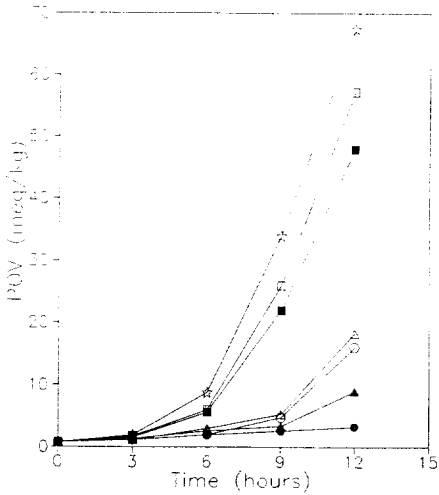


Fig. 3. Antioxidative effect of various solvent extracts of *Pleurotus ostreatus* fruit body on soybean oil at 100°C ○—○: Hexane extract (3000 ppm), ●—●: Ethanol extract (3000 ppm), △—△: Ethanol insolubles of water extract (3000 ppm), ▲—▲: Ethanol solubles of water extract (3000 ppm), □—□: BHA (200 ppm), ■—■: BHT (200 ppm), ☆—☆: Control

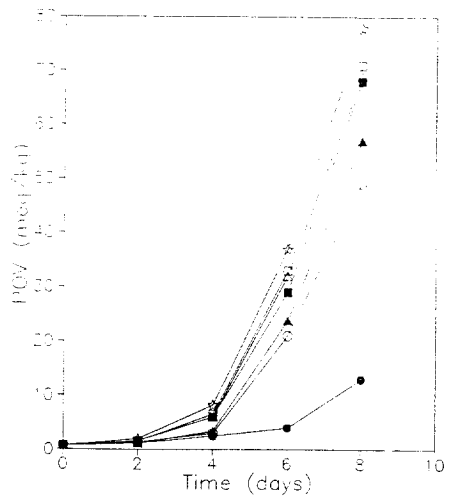


Fig. 4. Antioxidative effect of various solvent extracts of *Pleurotus ostreatus* mycelium on soybean oil at 60°C ○—○: Hexane extract (3000 ppm), ●—●: Ethanol extract (3000 ppm), △—△: Ethanol insolubles of water extract (3000 ppm), ▲—▲: Ethanol solubles of water extract (3000 ppm), □—□: BHA (200 ppm), ■—■: BHT (200 ppm), ☆—☆: Control

로 12시간에 걸쳐 항산화능을 비교한 결과, 60°C 공기 산화법에서와 마찬가지로 ethanol 분획이 가장 강한 항산화능을 나타내었으며, 그 외 시험군도 유사한 산화를 효과적으로 억제시켰다(Fig. 3). 균사체 추출물의 항산화능도 자실체의 경우와 같이 ethanol 분획이 강한 항산화능을 보였으며, 다른 분획들의 항산화능도 자실체 추출물의 항산화능과 비슷한 양상을 보여(Fig. 4, 5), 균사체와 자실체 추출물에는 같은 종류 혹은 유사한 항산화성 물질들이 함유되어 있을 것으로 추정된다. 이상의 실험결과로 노타리버섯에는 유효한 항산화성 물질이 함유되어 있다고 판단되며 천연 항산화제로의 가능성을 확인할 수 있었다.

본 실험에서 총 phenol성 화합물 함량이 상대적으로 많은 hexane 분획보다 ethanol 분획의 항산화능이 우수하게 판정되었는데, 이는 윤 등¹⁰⁾이 탈지들깨박 ethanol 추출물의 항산화 효과를 측정할 결과 phenol성 화합물이 주 항산화 물질이라고 보고한 것과는 달리 자실체 추출물의 항산화효과에는 phenol성 화합물이 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다. 또한 자실체 추출물의 열 안정성을 알아보기 위해 100°C에서 과산화물가를 측정할 결과, 60°C에서와 마찬가지로 100°C에서도 시험군이 대조구 및 비교구보다 항산화능이 우수하게 판정되어, 오 등¹¹⁾이 칩뿌리의 항산화 효과를 측정할 결과 추출물의 열 안정성이 약하였다

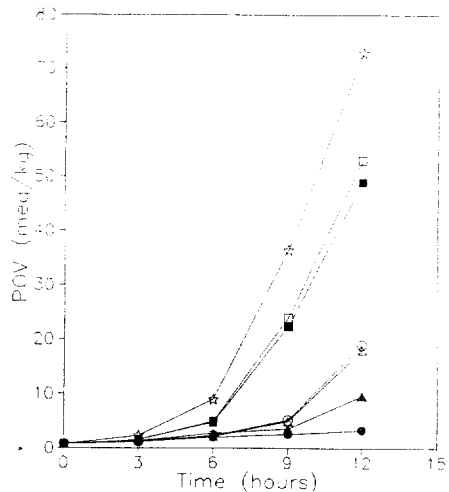


Fig. 5. Antioxidative effect of various solvent extracts of *Pleurotus ostreatus* mycelium on soybean oil at 100°C ○—○: Hexane extract (3000 ppm), ●—●: Ethanol extract (3000 ppm), △—△: Ethanol insolubles of water extract (3000 ppm), ▲—▲: Ethanol solubles of water extract (3000 ppm), □—□: BHA (200 ppm), ■—■: BHT (200 ppm), ☆—☆: Control

는 보고와는 달리, 노타리버섯 자실체 및 균사체로부터 추출된 항산화 성분은 열안정성을 지닌 것으로 생각되었다.

노타리버섯 자실체 및 균사체 추출물 중 항산화능이 가장 우수한 것으로 판명된 ethanol 분획의 첨가 농도를 달리하면서 항산화 효과를 측정한 결과는 Table 3에 나타난 바와같이 자실체와 균사체의 두 시료 모두에서 ethanol 분획의 첨가농도가 500 ppm, 1500 ppm, 3000 ppm으로 증가될 수록 대두유의 과산화물가가 낮게 나타나 ethanol 분획의 첨가농도가 높을수록 항산화 효과가 증대되었다. Table 3에서 비교구로 사용된 BHA, BHT가 200 ppm 농도에서 항산화 효과가 뚜렷이 나타나지 않은 것은 맹 등¹⁹⁾의 결과와 일치하였

다. 본 실험에서 버섯 추출물의 농도가 비교구로 사용된 합성 항산화제인 BHA, BHT의 첨가 농도보다 15배나 많이 사용된 것은 사용된 버섯 추출물이 정제가 되지 않았기 때문이다.

자실체 추출물이 균사체 추출물에 비하여 농도별에 따른 비교에서 전반적으로 약간씩 항산화능이 우수한 것으로 판정되었는데 이는 자실체 추출물이 균사체 추출물보다 항산화 물질의 함량이 높거나 혹은 항산화 성분이 다소 높은 천연 항산화제가 함유되어 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Antioxidative effect according to concentration of ethanol extracts of *Pleurotus ostreatus* fruit body and mycelium on soybean oil at 60°C

Sample	POV (meq/kg)				
	Time (days)				
	0	2	4	6	8
PF1 ¹⁾	0.8	1.8	6.4	16.6	37.0
PM1 ²⁾	0.8	1.8	8.2	19.3	42.0
PF2 ³⁾	0.8	1.4	2.8	6.4	22.2
PM2 ⁴⁾	0.8	1.4	3.5	8.5	28.5
PF3 ⁵⁾	0.8	1.2	2.4	3.3	9.5
PM3 ⁶⁾	0.8	1.2	2.6	4.6	18.2
BHA	0.8	1.8	12.3	30.2	65.1
BHT	0.8	1.8	10.2	27.5	59.3
CT ⁷⁾	0.8	2.3	16.1	40.5	73.2

¹⁾PF1: Ethanol extract of fruit body (500 ppm)

²⁾PM1: Ethanol extract of mycelium (500 ppm)

³⁾PF2: Ethanol extract of fruit body (1500 ppm)

⁴⁾PM2: Ethanol extract of mycelium (1500 ppm)

⁵⁾PF3: Ethanol extract of fruit body (3000 ppm)

⁶⁾PM3: Ethanol extract of mycelium (3000 ppm)

⁷⁾CT: Control

산화에 따른 지방산 조성의 변화

자실체 추출물을 첨가(3,000 ppm)한 시험군을 비교구 및 대조구와 함께 60°C에서 8일간 산화시킨 다음 지방산 조성의 변화를 관찰하였다. 각 처리구의 지방산 변화는 Table 4에 나타난 바와 같이 모든 시험구에서 지방산의 불포화도는 감소하였으나 산화 정도에 따른 불포화도의 변화 관계를 규명할 수는 없었다. 이러한 상기의 실험 결과는 유지의 산화 안정성과 불포화도 비율 사이에 상관관계가 높지 않았다는 Khattab 등¹⁹⁾의 실험결과와도 일치하는 것이었다.

요 약

노타리버섯 자실체 및 액체배양한 균사체를 hexan, ethanol, 물 순으로 순차하여 얻은 추출물에 대하여 천연항산화제로 이용할 수 있는 가능성을 검토하였다. 용매별 추출수율은 자실체 및 액체배양 균사체 모두 물추출 분획의 추출 수율이 35-48%로 가장 높았다.

Table 4. Fatty acid composition of soybean oil after storage at 60°C for 8 days

Fatty acid	Storage time (days)													
	0							8						
	A ¹⁾	B ²⁾	C ³⁾	D ⁴⁾	E ⁵⁾	F ⁶⁾	G ⁷⁾	A	B	C	D	E	F	G
C16:0	9.17	9.03	9.14	8.91	9.21	9.02	9.06	10.14	10.30	10.18	10.47	9.99	9.80	10.25
16:1	4.27	4.13	4.14	4.11	4.13	4.23	4.07	4.02	4.06	3.94	3.93	3.89	4.20	4.40
18:0	3.59	3.62	3.62	3.64	3.64	3.61	3.66	4.37	4.25	4.25	4.45	4.34	4.06	4.17
18:1	23.26	23.41	23.41	23.43	23.49	23.32	23.54	27.31	26.96	27.27	27.99	27.20	26.57	26.73
18:2	51.59	51.65	51.59	51.76	51.46	51.74	51.60	47.70	47.81	47.92	46.88	47.97	48.62	48.35
18:3	8.12	8.16	8.10	8.15	8.07	8.08	8.07	6.46	6.62	6.44	6.28	6.61	6.75	6.10
UR ⁸⁾	6.84	6.91	6.84	6.97	6.78	6.92	6.86	5.89	5.87	5.93	5.70	5.98	6.22	5.93

¹⁾A: Hexane extract (3,000 ppm) of *Pleurotus ostreatus* fruit body was added in soybean oil

²⁾B: Ethanol extract (3,000 ppm) of *Pleurotus ostreatus* fruit body was added in soybean oil

³⁾C: Ethanol precipitation of water extract (3,000 ppm) of *Pleurotus ostreatus* fruit body was added in soybean oil

⁴⁾D: Ethanol solution of water extract (3,000 ppm) of *Pleurotus ostreatus* fruit body was added in soybean oil

⁵⁾E: BHA (200 ppm) was added in soybean oil

⁶⁾F: BHT (200 ppm) was added in soybean oil

⁷⁾G: Control

⁸⁾UR: Unsaturation ratio=(C16:1+C18:1+C18:2+C18:3)/(C16:0+C18:0)

총 당의 함량은 ethanol추출 분획과 물추출 분획의 ethanol가용부에서 높은 함량을 나타내었으며, phenol성 화합물의 함량은 자실체 및 균사체 모두 hexane 분획에서 높은 함량을 보였다. 용매별로 추출한 추출물을 대두유에 500-3000 ppm 첨가하여 일정 시간마다 과산화물가를 측정된 결과, 자실체 및 균사체 모두에서 ethanol 분획이 물 및 hexane 분획에 비해 강한 항산화능을 보였으며 BHA 및 BHT를 처리한 비교구 및 무처리구에 비해서도 항산화성이 우수하였으며 열안정성도 확인되었다.

문 헌

1. Hofeman, D.G. and Hoekstra, W.G.: Protein against carbon tetrachloride induced lipid peroxidation in the rat by dietary vitamin E and selenium and methionine as measured by ethane evolution. *J. Nutr.*, **107**, 667 (1977)
2. Branen, A.L.: Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *JAOCS*, **52**, 59 (1975)
3. Cort, W.M. : Antioxidant activity of tocopherols and ascorbyl palmitate and ascorbic acid and their mode of action. *JAOCS*, **51**, 321 (1984)
4. Hirose, T., Kawai, H. and Hosogai, Y.: On the antioxidative activities of crude drugs. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **25**, 691 (1978)
5. Nose, M. and Fujino, N.: Antioxidant activities of some vegetable foods and active component of avocado epicarp. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **29**, 507 (1982)
6. 오만진, 손화영, 강재철, 이가순: 식용유지에 대한 칩뿌리 추출물의 항산화 효과. *한국영양식량학회지*, **19**, 448 (1990)
7. 최웅, 신동화, 장영상, 신재익: 식용유지에 대한 붉나무

- 추출물의 항산화 효과. *한국식품과학회지*, **24**, 320 (1992)
8. 김성렬, 김진환, 김승겸: 유양과 추출물 중의 항산화성분의 분리 및 성질. *한국식품과학회지*, **24**, 535 (1992)
9. 맹영선, 박혜경: 더덕 에탄올 추출물의 항산화 효과. *한국식품과학회지*, **23**, 311 (1991)
10. 윤석권, 김정환, 김재욱: 탈지들깨박 Ethanol 추출물의 항산화 효과. *한국식품과학회지*, **25**, 160 (1993)
11. 中村克哉:キノコ的事典, 朝倉書店, p.95 (1982)
12. Hayashi, T., Kanetoshi, A., Ikura, M. and Shirahama, H.: Bolegrevilol, a new lipid peroxidation inhibitor from the edible mushroom *Suillus grevillei*. *Chem. Pharm. Bull.*, **37**, 1427 (1989)
13. 古川久彦:きのこ學, 共立出版株式會社, 12章 (1992)
14. 이재성, 박신, 박경숙: *Agrocybe cylindracea*의 영양배지 조성 및 배양조건의 최적화. *한국식품과학회지*, **21**, 399 (1989)
15. Chaplin, M.F. and Kennedy, J.F.: *Carbohydrate Analysis, A Practical Approach*. IRL Press, Oxford and Washington, D.C., p.2 (1986)
16. Burns, R.E.: Method for estimation of tannin grain sorghum. *J. Agronomy*, **63**, 51 (1971)
17. Watanabe, N., Ota, Y., Minoda, Y. and Yamada, K.: Isolation and identification of alkaline lipase producing microorganism and cultural conditions and some properties of crude enzymes. *Agric. Biol. chem.*, **41**, 1353 (1977)
18. AOAC: *Official Method of Analysis*, 15th edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.956 (1990)
19. AOAC: *Official Method of Analysis*, 15th edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.964 (1990)
20. Khattab, A.H., El Tinay, A.H., Khalifa, H.A. and Mirghani, S.: Stability of peroxidized oils and fats to high temperature heating. *J. Sci. Food Agric.*, **25**, 689 (1974)

(1996년 1월 15일 접수)