

## 담자균류의 배양에 의한 폴리페놀 함유 농산물의 전환 효과

변광우 · 홍인표 · 정재현\* · 최신건 · 이현용 · 이신영  
강원대학교 바이오산업공학부, \*충주산업대학교 식품공학과

### Modification Effect of Phenolics of Agricultural Resources through Cultivation of *Basidiomycetes*

Kang-Woo Pyun, In-Pyo Hong, Jae-Hyun Jung\*, Shin-Geon Choi, Hyun-Yong Lee,  
and Shin-Young Lee

School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea  
\*Department of Food Science and Technology, Chungju National University, Chunju 380-702, Korea

#### Abstract

The phenolics contents of eight agricultural resources(Angelica, arrow root, Injin mugwort, red-ginseng, biji, onion, potato and brown rice) were determined. Both the solid state or submerged cultivation by four *Basidiomycetes* (*Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes*, *Hericium erinaceum* and *Cordyceps militaris*) on these substrates(or wheat bran) were examined for mycelial growth and  $\beta$ -glucosidase production. The good growth of *G. lucidum* and *H. erinaceus* were observed at red-ginseng and Injin mugwort, respectively. Also, the total free phenolics after solid state cultivation of 8 weeks by *H. erinaceus* on Injin mugwort was produced up to 3 times higher than that of no cultivation. While the bound phenolics was reduced with increasing trend of free phenolics indicating that bound phenolics was hydrolyzed by  $\beta$ -glucosidase of *H. erinaceum*. The high production of total free phenolics was also obtained through two staged submerged cultivation of *G. lucidum* with red-ginseng extract as medium. These results suggested that the phenolics rich agricultural resources were modified by cultivation of *Basidiomycetes*, indicating potential application of functional beverages due to increasing the free phenolics content.

**Key words:** *Basidiomycetes*, cultivation, phenolics, modification

## 서 론

Phenolics는 산야초류, 과채류 등 농산물의 중요 성분의 하나로, 광범위한 스펙트럼의 *in-vitro* 제약 활성을 나타내므로 인체 건강에 대한 잠재적 유용 효과가 널리 인정되고 있다(Kuhnau, 1976, Hertog *et al.*, 1993, Decker, 1997). 일반적으로 천연물 유래 페놀류와 이들의 산화물은 천연 음료 등의 색깔이나 맛에도 기여하는 주요 구성성분인데, 최근에는 항산화, 항돌연변이, 항암 및 항고혈압 효과 등

의 각종 생리활성을 나타냄이 밝혀지고 있다(Cliffe *et al.*, 1994; Cook and Samman, 1996; Shetty, 1997; Bocco *et al.*, 1998). 따라서 이들 페놀류를 활용한 제품의 개발은 기능성 식품 개발 추세나 농산물의 고도 이용 측면에서 매우 중요한 과제가 되었고, 산업적 응용체제도 점차 시도되고 있다.

일반적으로 페놀성 물질은 농산물 등 식물체에 널리 분포되어있는 2차 대사산물의 하나로서 크게 flavonoids와 nonflavonoids의 두 가지 그룹으로 분류된다. Aglycone과 당 conjugate으로 존재하는 flavonols, myricetin, quercetin, kaempferol 및 isorhamnetin; flavan-3-ols, (+)-catethin과 (-)-epicatechin; malvidin-3-glucoside와 같은 anthocyanin은 전자에 속하고, gallic acid; *p*-coumaric acid, caffeic acid 및 caftaric acid를 포함한 hydroxycinnamates;

Corresponding author: Shin-Young Lee, School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea  
Phone: +82-33-250-6273, Fax: +82-33-243-6350  
E-mail: sylee@kangwon.ac.kr

stibenes, *trans*-reveratrol, *cis*-resveratrol 및 *trans*-resveratrol-O- $\beta$ -glucoside 등은 후자에 속한다(Burns *et al.*, 2000).

이와 같이, 페놀성 물질은 구조적으로 매우 다양하고, 이에 따라 그 이화학적 성질 및 생리적 기능이 다른데, 특히, 배당체나 결합형으로 존재하여 농산물 원료의 그대로 또는 기존의 단순 가공만으로는 체내 흡수상의 문제가 있어 고도 기능성을 얻기가 어렵다(Huang *et al.*, 1986). 또, 농산물 원료로부터 페놀류를 분리정제하여 상품화할 경우도 공정이 복잡하고 대량 생산이 어려워 산업 경제성 측면에서 부적합한 실정이다.

결합형 페놀류의 유리 페놀류로의 전환은 효소작용 또는 세포조직의 붕괴를 통하여 달성된다. 또 이러한 페놀 화합물의 유리화는 기존 농산물이 갖고 있던 이취를 제거하여 품질을 향상시킬 수 있는 가능성을 갖고 있다.

통상  $\beta$ -D-glucosidase는 페놀 배당체를 유리 페놀산으로 가수분해하여 식품 및 음료 산업에서의 적용 가능성을 갖게 하는데, 이 효소는 단지 탄수화물 잔기를 함유한 배당체 뿐만 아니라 allyl 및 alkyl  $\beta$ -glucoside에서 글루코시드 결합의 가수분해도 촉매할 수 있다(Woodward, 1982). 이 효소는 동식물, 세균 및 곰팡이에 널리 존재하며, 특히 많은 곰팡이는 리그노 셀룰로오스 폐기물상의 고체발효 중  $\beta$ -glucosidase를 생산할 수 있음이 알려지고 있다(Woodward, 1982; Hang and Woodams, 1994).

본 연구에서는 각종 생리 기능성을 발현하는 페놀성 화합물 성분에 기인한 농산물로부터 고 기능성 발효 제품화의 연구 일환으로, 지금까지 검토된 바 없는 담자균류에 의한 이들 농산물의 발효를 시도하고 페놀류의 생물학적 전환 또는 수식효과를 검토하였다. 즉 페놀류 함량이 높은 몇몇 농산물을 선정하고, 페놀류의 생물전환에 중요한  $\beta$ -glucosidase의 생성능이 높은 담자균류를 선정하였으며, 선정 기질 및 담자균류에 의해 고체(또는 액체) 배양하여 페놀류의 생물전환에 의한 수식효과를 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용한 재료는 생리 기능성이 기대되는 폴리페놀 함유 8종 농산물(신선초, 칩, 인진 썬, 홍삼, 비지, 양파, 감자 및 현미)로, 모두 시중 구입

하여 4°C의 저온으로 유지하면서 실험에 사용하였다.

### 균주 및 배양 방법

공시 균주는 본 연구실에 보관중인 영지(*Ganoderma lucidum*), 표고(*Lentinus edodes*), 노루궁뎅이(*Herichium erinaceus*) 및 번데기 동충하초(*Cordyceps militaris*)를 사용하였다.

시료의 담자균류에 의한 고체 배양은 플라스크에 8종 농산물 및 밀기울의 조분쇄 시료를 넣고 2배량의 물을 넣었다. 121°C에서 30분간 살균한 다음, PDA (Potato-Dextrose Agar) 배지에 사면배양한 균주를 접종하고 25~30°C에서 40~60일간 배양하였다.

영지의 1차 액체배양은 최적배지(glucose 60 g/L, yeast extract 6 g/L,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.5 g/L,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  5 g/L, pH 4)를 사용하여 자체 제작한 3L 용량의 air-lift fermenter에서 접종비를 5%로 하여 온도 30°C, 통기속도 2.5 vvm으로 6일 간 배양하였다(Lee *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1999). 이 때, 액체 배양의 균사 생육은 원심분리(10,000 g, 15 min.)후 건조 균체량으로 측정하였고, 고체배양의 경우는 육안 관찰하였다. 홍삼액을 기질로 한 2차 배양은 영지 1차 배양액을 500 ml 플라스크에 옮기고 여기에 홍삼액 1, 3, 5 및 10%(v/v)를 넣어 진탕배양기에서 진탕(100 rpm) 또는 정지하면서 배양하였고, 각종 측정값의 자료화는 홍삼액의 첨가 부피를 보정하여 산출하였다.

한편, 액체배양의 균사형태는 형태는 image analysis system (Optimas Co. USA)으로 분석하였으며, 세포의 생성물인 다당 생성량은 아세톤 침전법으로 조사하였다(Lee *et al.*, 1999).

### 유리형과 결합형 페놀화합물의 추출 및 정량

유리 상태의 페놀성 성분과 ester 형태로 결합된 페놀성 성분은 다음과 같이 추출하였다(Maillard and Berset, 1995; Bocco *et al.*, 1998). 즉, 각 시료 분말 4 g을 40 ml의 methanol로 30분간 2회 환류추출하였다. Methanol 추출물을 여지(Whatman No. 1)로 여과하고 petroleum ether로 3회 세척하였다. 세척 후 40°C하에서 진공건조하고 이를 dimethylformaldehyde 4 ml로 용해하였으며, 0.45  $\mu\text{m}$  filter로 여과하여 유리 페놀성 화합물의 측정시료로 하였다. 한편, methanol 추출후 얻어진 케이크는 실온에서 질소 기류하에 2 M NaOH 200 ml로 가수분해하였으며, 2N HCl을 사용하여 pH 1.0으로 산성화하였다. 이

를 ethylacetate 200 ml로 3회 추출하였고, 35°C의 진공하에 건조하였다. 이를 dimethylformaldehyde 4ml로 용해하였으며, 0.45 µm filter로 여과하여 결합형 페놀성 화합물의 측정시료로 하였다.

각 시료의 총 페놀함량은 Folin-Denis 법(Bray and Thorpe, 1954)에 따라 다음과 같이 정량하였다. 즉, 시료 100 µl를 미리 증류수로 10배 희석한 Folin-Ciocalteu 시약 0.75 ml와 혼합하고 실온에서 5분간 방치하였다. 여기에 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(60 g/L) 0.75 ml를 가하고 실온에서 60분간 방치한 후, 분광광도계로 725 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 페놀 함량은 catechin(Sigma, C-1251)을 표준물질로 이용한 표준곡선으로부터 구하였다.

#### 조효소액의 추출 및 β-D-glucosidase의 정량

고체배양 완료 후의 시료에 증류수 100 ml를 가하고 Waring blender로 1분간 균질화한 후, 4°C에서 15000 g로 20분간 원심분리하였다. 상침액은 여과(Whatman No. 1 paper)후 조효소용액으로 사용하였다.

조효소액의 β-D-glucosidase(β-D-glucoside glucosylhydrolase, EC 3.2.1.21)의 활성은 Hang과 Woodams (1986)의 개량법에 의해 다음과 같이 측정하였다. 즉, 9 mM의 p-nitrophenol-β-D-glucopyranoside (PNPG) 0.1 ml, 200 mM sodium acetate buffer(pH 4.6) 0.8 ml 및 효소 용액 0.1 ml를 함유하는 표준 반응액을 40°C에서 5분간 incubation하였다. 0.1 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 ml를 가하여 반응을 정지시켰고, 유리된 p-nitrophenol은 400 nm에서의 흡광도로 측정하여 효소활성도로 나타내었다. 효소활성도 1 unit는 40°C,

pH 4.6에서 1분당 p-nitrophenol 1 µmol을 유리하는데 소요되는 효소의 양으로 정의하였다.

## 결과 및 고찰

#### 시료 및 균주의 선정

생리적 기능성이 기대되는 폴리페놀 함유 시료를 선정하기 위해 문헌(Hermann, 1976; Huang *et al.*, 1986, 1992; Lee and Lee, 1994)조사를 통해 1차 스크리닝하고, 신선초, 칩, 인진 쑥, 홍삼, 비지, 양파, 감자, 현미 등 8종의 농산물을 선정하였다.

이들의 유리 페놀류 함량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 유리 페놀류의 함량은 신선초, 칩, 인진 쑥, 홍삼, 비지 등에서 높았고, 양파, 감자 및 현미 등에서는 상대적으로 낮았다.

또 이들 8종 시료에 대해 담자균류에 의한 고체 배양 가능성을 보기 위해 영지, 표고, 노루궁뎅이 및 동충하초의 4균주를 고체 배양한 결과는 Table 1과 같다. 양파를 제외한 모든 시료에서 균사 생육을 보였다. 영지는 홍삼과 현미시료에서, 노루궁뎅이는 인진쑥 및 신선초에서, 그리고 동충하초는 현미에서 비교적 양호한 생육을 보였으나 그 외의 농산물 시료에는 생육이 저조하였다. 이와 같이 사용되는 배지의 종류에 따라서 각 균주의 생육상태가 다르기 때문에 배지로 사용되는 농산 재료의 선정이 중요함을 알 수 있다.

일반적으로 β-glucosidase는 페놀산의 생물전환에 중요한 역할을 하므로 이 효소 활성이 높은 것이 균주 선정의 한 지표로 볼 수 있다(Woodward, 1982). 따라서 영지, 표고, 노루궁뎅이 및 동충하초

Table 1. Mycelial growth of *Basidiomycetes* on various solid substrates

Solid substrates	<i>Ganoderma lucidum</i>	<i>Lentinus edodes</i>	<i>Hericium erinaceus</i>	<i>Cordyceps militaris</i>
Injin mugwort ( <i>Artemisia capillaris</i> )	+	+	++	+
Korean red ginseng ( <i>Panax ginseng</i> )	++	+	+	+
Brown rice ( <i>Oryza sativa</i> L.)	++	+	+	++
Angelica ( <i>Angelica keiskei</i> )	+	+	++	+
Onion ( <i>Allium cepa</i> L.)	-	-	-	-
Potato ( <i>Solanum tuberosum</i> L.)	+	+	+	+
Arrow root ( <i>Pueraria thunbergiana</i> )	+	+	+	+
Biji(Tofu-residue)	+	+	+	+

-: no growth, +: bad growth, ++: good growth

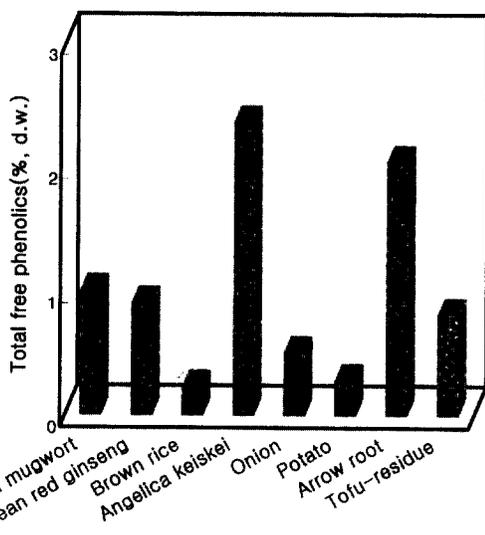


Fig. 1. Contents of total free phenolics in various agricultural products.

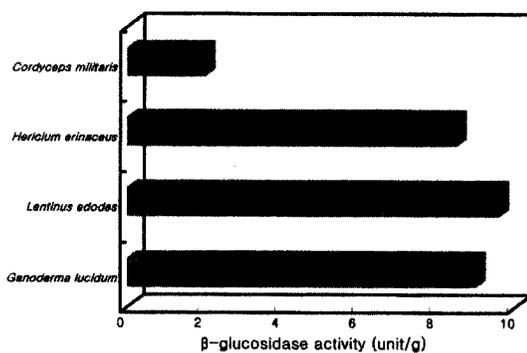


Fig. 2.  $\beta$ -glucosidase activity after 8 weeks cultivation of various Basidiomycetes in soil media.

의 4균주를 밀기울 고체배지에서 8주간 고체배양하고  $\beta$ -glucosidase의 활성을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 2와 같다. 표고에서는 약 11 unit/g로 가장 높은 활성을 보였고, 영지와 노루궁뎅이도 약 8-9 unit/g로 비교적 높은 활성을 보였으나 동충하초는 미미하였다.

이상의 결과를 종합하면, 폴리페놀 자원으로서는 인진 쑥, 신선초 및 홍삼이 우수하였으며, 균주로는  $\beta$ -glucosidase 활성이 비교적 높았던 표고, 영지, 노루궁뎅이가 우수하였다. 특히, 노루궁뎅이와 영지는 각각 인진 쑥 및 홍삼에서 균사 활착 특성이 우수하였으므로 이들을 본 연구의 균주와 실험재료로 선정하였다.

### 고체배양에 의한 페놀화합물의 전환효과

페놀 화합물 함유 농산물이 버섯 균주에 의해 생물학적으로 전환되는지를 조사하기 위해 인진 쑥에 노루궁뎅이를 접종한 후, 고체배양하면서 유리 페놀화합물의 경시적 변화를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 3과 같다. 대부분의 천연 페놀류는 결합형이고 단지 소량만이 유리 페놀산 형태이므로 초기 총 유리 페놀산 함량은 1% 정도의 매우 낮은 수준이었다. 그러나 총 유리 페놀산 함량은 배양경과에 따라 약 5배량 까지 급격히 증가하여 배양 6주 후 8주까지 이 값을 유지하였다. 일반적으로 다당류 등과 ester 결합하거나 배당체로 존재하는 결합형 페놀화합물은  $\beta$ -glucosidase의 작용으로 유리형으로의

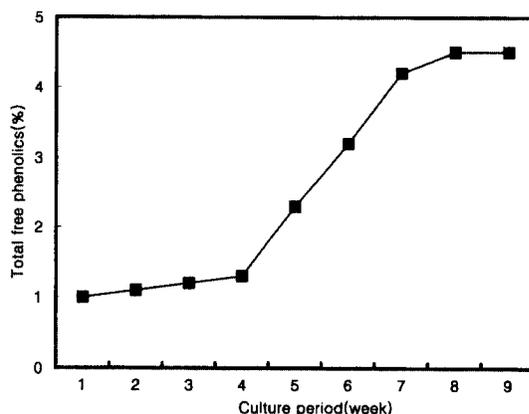


Fig. 3. Time course of total free phenolics during solid state culture of *H. erinaceus* on Injin mugwort medium.

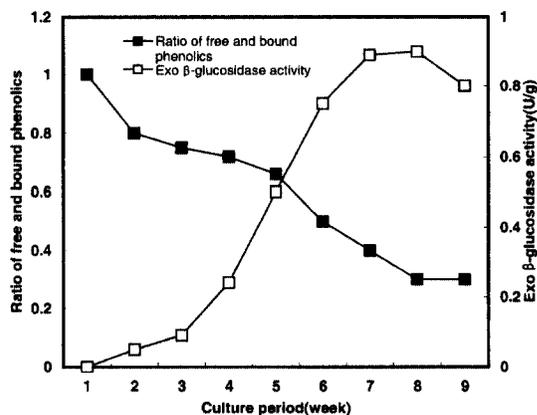


Fig. 4. Time course of the ratio of free and bound phenolics and  $\beta$ -glucosidase production during solid state culture of *H. erinaceus* on Injin mugwort medium.

전환이 가능하다(Woodward, 1982). 따라서  $\beta$ -glucosidase 활성 및 유리형과 결합형 페놀화합물 비의 배양 중 경시적 변화를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 4와 같다.

배양경과에 따라  $\beta$ -glucosidase 활성도 유리 페놀산의 증가와 비슷하게 유사한 경향으로 증가하였다. 또 결합형 페놀화합물은 점차 감소하여 배양 8 주 후에는 초기의 약 30%까지 감소하였다. 따라서 배양경과에 따라 총 유리 페놀산의 함량이 높아진 것은 증가된  $\beta$ -glucosidase 활성의 결과로서 결합형 페놀화합물이 유리된 때문이라 생각되었으며, 결국 노루궁뎅이 버섯의 고체배양에 의해 인진 쑥 중의 페놀류에 대한 생물학적 전환이 가능한 것으로 판단되었다.

액체배양에 의한 페놀화합물의 수식효과

홍삼의 영지에 의한 고체배양의 결과는 자료로서 나타내지는 않았지만 배양기간이 약 9주로 너무 길어 고체배양에 비해 대량생산 및 경제성이 더 높은 홍삼의 추출액을 이용한 액체배양을 시도하였다.

Fig. 5는 최적 배지에서 영지를 액체배양한 결과

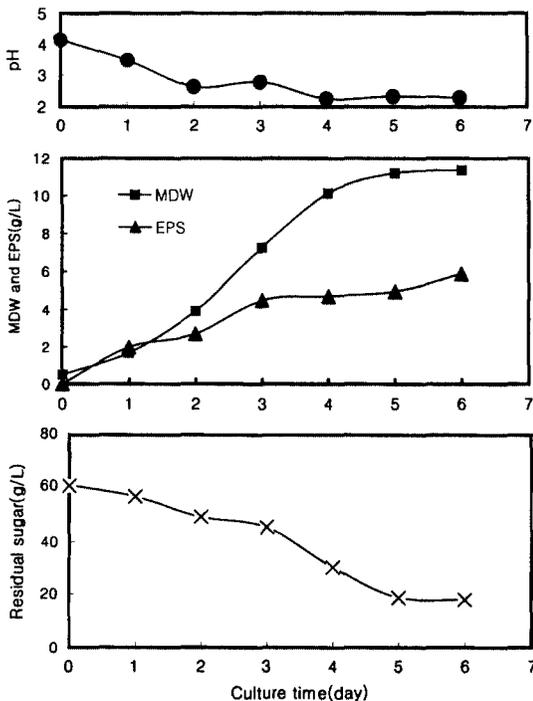


Fig. 5. Time course of pH, MDW (mycelial dry weight), EPS (exopolysaccharide, and residual sugar contents during 1st batch cultivation of *G. lucidum*. The 1st batch cultivation was carried out in the flask for 6 days.

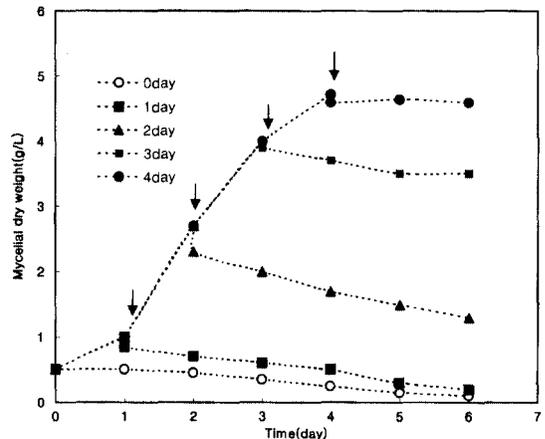


Fig. 6. Time courses of mycelial growth during the 1st batch cultivation of *G. lucidum* in Korea red ginseng extract added medium. The 1st batch cultivation was carried out in an air-lift fermentor system for 6 days at 30°C (arrows show the time of red-ginseng extract addition).

이다. pH는 배양경과에 따라 서서히 감소하여 초기 pH 4.0에서 배양 6일 후 pH 2.2로 떨어졌다. 기질인 포도당 농도가 서서히 감소하면서 균사체가 증가하여 배양 4일 후 약 11 g/L가 되었고, 세포의 다당류의 농도는 약 6 g/L가 되었다. 그러나 홍삼액을 기질로 5%(v/v) 첨가한 경우는 Fig. 6에서 보는 바와 같이, 배양 초기(0일)에 홍삼액을 기질로 첨가할 경우 균사생육의 저해를 보였다. 배양 1, 2, 3 및 4 일째 첨가한 경우도 균사생육의 저해를 보였는데, 아마도 이는 홍삼 농축액에 함유된 페놀화합물의 항균작용에 기인하는 것으로 보인다(Lee and Lee, 1994; Rozes and Peres, 1998). 그러나 첨가시기가 늦어질수록 균사생육의 저해 정도는 낮아지는 경향이어서 균사생육이 충분히 이루어진 배양 후기에 첨가한다면 균사생육의 저해를 방지할 수 있을 것으로 생각되었다. 따라서 균사생육이 충분히 이루어진 후(5일), 여기에 몇몇 농도의 홍삼액을 넣어 정치 또는 진탕배양하는 2단계 배양을 시도하였다.

Fig. 7은 2단계 진탕 배양의 경시 변화로 48시간 동안 조사한 결과이다. 홍삼 추출액의 첨가로 초기 pH가 상승하였으나 배양경과에 따른 변화는 다소 감소되었다. 또 균사체도 대조구의 경우는 배양경과에 따라 배양 24시간까지 증가하였으나 시료 첨가구의 경우는 거의 변화가 없었으며, Fig. 8에서 보는 바와 같이, 균사의 용균현상도 관찰되지 않았다. 그러나 총 유리 페놀함량은 대조구 및 1% 첨가구에서는 배양경과에 따른 큰 변화가 없었으나

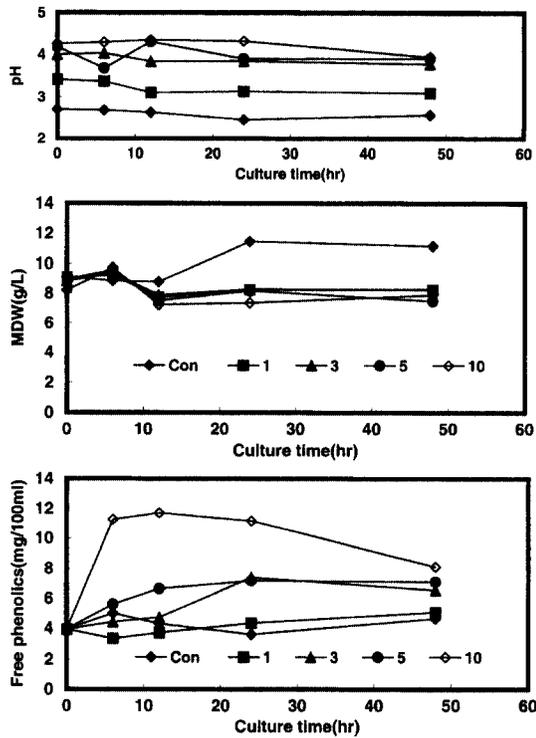


Fig. 7. Effect of Korean-red ginseng extract addition on pH, MDW and free phenolics during the 2nd batch cultivation of *G. lucidum*. The cultivation was carried out in shaking flask by adding Korean red ginseng extract (1,3,5% and 10%, v/v) after the cultivation of 5 days under air-lift fermentor system.

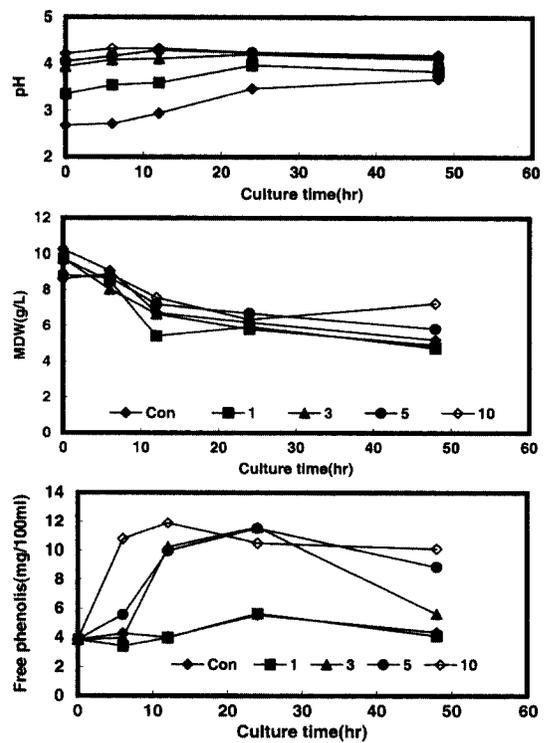


Fig. 9. Effect of Korean-red ginseng extract addition on pH, MDW and free phenolics during the 2nd batch cultivation of *G. lucidum*. The cultivation was carried out in standing flask by adding Korean red ginseng extract (1,3,5% and 10%, v/v) after the cultivation of 5 days under air-lift fermentor system.

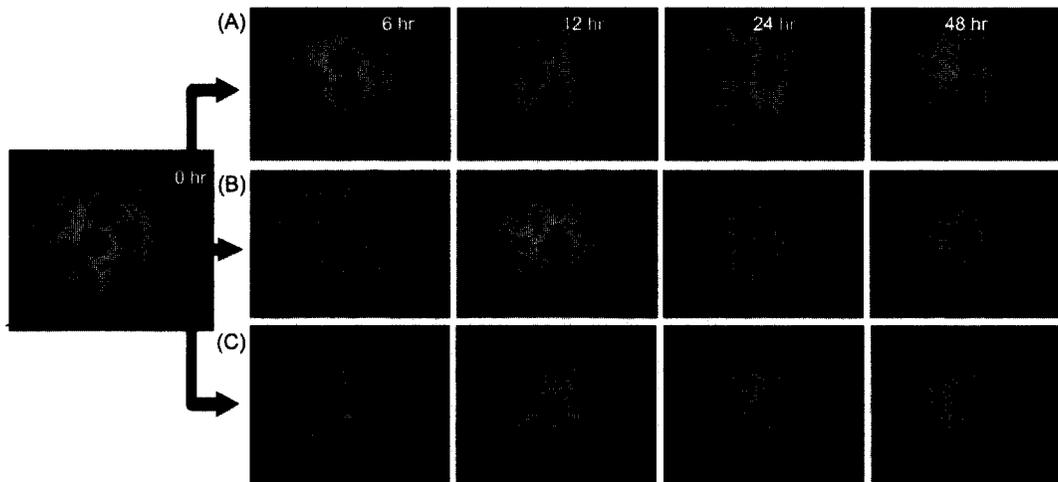
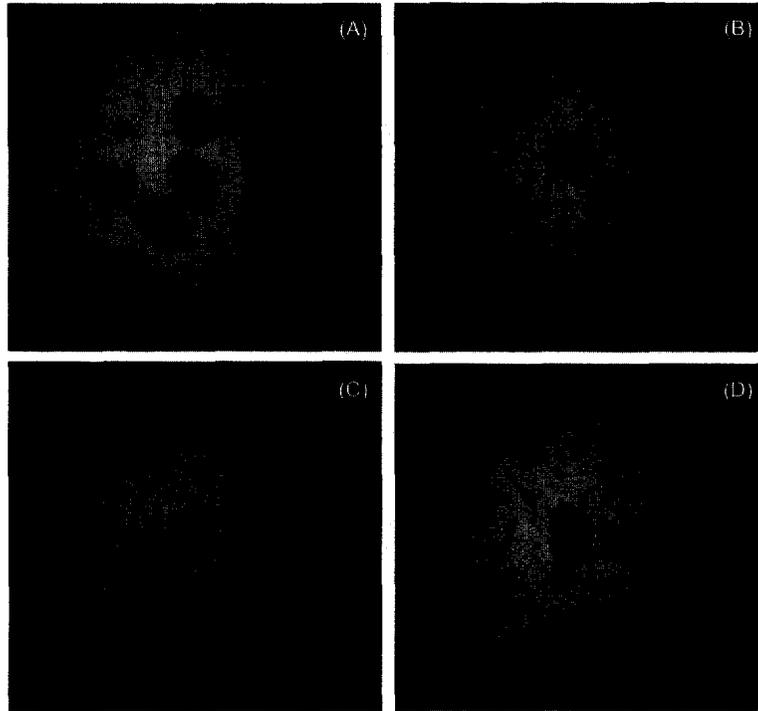


Fig. 8. Time courses of mycelial morphologies of *G. lucidum* during the 2nd culture with and without red-ginseng addition. The cultivation was carried out in shaking flask at 40°C after 5 days of batch cultivation under air-lift fermentor system. (A) Control, (B) 5%(v/v) addition of red-ginseng extract, (C) 10%(v/v) addition of red-ginseng extract.



**Fig. 10.** Mycelial morphologies of *G. lucidum* after completion of the 2nd culture in standing (bottom) and shaking (top) flasks. The cultivation was carried out in standing or shaking flasks at 40°C after 5 days of batch cultivation under air-lift fermentor system. (A), (C): Control, (B), (D): Korea red-ginseng extract added (10%, v/v).

3%이상의 첨가구에서 배양 6~12시간에 급격히 증가하여 10% 첨가의 경우는 초기보다 약 3배나 높아졌다.

반면, 정치배양한 경우(Fig. 9)는 홍삼 추출액의 첨가로 진탕배양과는 달리, 초기 pH가 상승하였으며, 배양경과에 따라 24 시간까지 증가경향을 보였다. 또 균사체는 시료 첨가의 농도 영향이 크게 나타나지 않았으나 배양시간의 경과에 따라 감소경향을 보여 균체 생육의 저해 현상을 보였으며, Fig. 10에서 보는 바와 같이 정치배양의 배양 종료 후 균사형태(Fig. 10. C, D)는 진탕배양의 균사형태(Fig. 10. A, B)에 비해 용균현상이 관찰되었다. 특히, 홍삼 추출물의 농도와 거의 무관하게 균사체량이 감소하여 첨가 농도보다는 정치 또는 진탕의 배양방법이 균사 생육에 더 큰 영향을 주는 것으로 생각되었다. 또 총 유리 페놀성 화합물도 진탕배양의 경우와 마찬가지로 대조구 및 1% 첨가구에서는 배양 경과에 따른 큰 변화가 없었으나 3%이상의 첨가구에서 배양 6~12시간에 급격히 증가하여 초기보다 약 3배나 높아졌다. 그러나 이 이후 균사체의 감소

로 유리 페놀함량의 감소 경향을 보였다. 하지만 진탕배양의 경우와 비교할 때 유리 페놀함량의 최대 값에 도달한 시간은 더욱 빨라서 정치배양이 더 유리한 것으로 생각하였으며, 2단계 배양은 배양 12 시간 이내가 적합한 것으로 판단하였다.

이상의 결과로부터 따라서 홍삼 추출액 중의 페놀성 화합물은 영지의 액체배양에 의해 전환되어 유리 페놀산의 함량이 높아지고, 결국 영양학적 가치를 증대시킬 수 있음을 알 수 있다. 특히, 이들 유리 페놀산은 과일주스, 와인 등에서 맛, 색택 및 향(aroma)을 증가시키는 수단도 되므로(Schwab and Schreier, 1988), 본 결과는 기능성 식품 및 음료 산업에의 잠재적 적용 가능성을 제시하는 결과라 생각된다.

## 결 론

생리 기능성이 기대되는 페놀성 화합물 함유 8종 농산물(신선초, 쑥, 인진쑥, 홍삼, 비지, 양파, 감자 및 현미) 시료를 대상으로 4종 버섯 균주(영지, 표

고, 노루궁뎅이 및 동충하초)에 의한 고체 배양 중 균사생육 및 페놀류 생산성을 조사하였다.

각 시료의 담자균류에 의한 고체배양 결과, 영지는 홍삼과 현미시료에서, 노루궁뎅이는 인진 쑥 및 신선초에서, 그리고 동충하초는 현미에서 비교적 양호한 생육을 보였으나 그 외의 농산 시료에서는 생육이 저조하였다. 밀기울배지에서 8주간의 고체배양 중 표고 및 영지에서  $\beta$ -glucosidase의 높은 활성을 보였고, 노루궁뎅이도 비교적 높았으나 동충하초는 미미하였다. 이상의 결과를 분석하여 페놀류 함유 자원으로서 인진 쑥을 선정하고 실험 균주로는 노루궁뎅이를 선정하였다. 이의 고체배양에서는 균사 활착과 더불어  $\beta$ -glucosidase의 활성이 증가하였고, 이와 비례하여 결합형 페놀류 함량이 감소 및 총 유리 페놀산의 함량이 높아졌다. 또 홍삼 추출액을 이용한 영지의 2단계 액체배양(정치 및 진탕배양)에서도 총 유리 페놀 함량의 증가를 보이는 결과가 얻어졌다. 따라서 담자균류의 배양에 의해 페놀류 성분이 전환(modification)됨을 알 수 있었으며, 이를 이용하여 페놀류 함량이 풍부한 음료화의 가능성이 탐색되었다.

## 감사의 글

본 연구는 과기부의 지역개발용역사업[강원도 농산자원의 고부가가치 창출을 위한 핵심기술개발, 과제번호 0101029-1-1(2001213)]의 지원으로 수행된 것으로 이에 심심한 사의를 표합니다.

## 문 헌

- Bocco, A., M.E. Cuvelier, H. Richard, and C. Berset. 1998. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *J. Agric. Food Chem.* **46**(6): 2123-2129
- Bray, H.G. and W.V. Thorpe. 1954. Analysis of phenolic compounds of interest in metabolism. In: *Method in Biochemical Analysis*(D. Glich ed.), John Wiley, New York.
- Burns, J., Garder, P.T., O'Neil, J., Crawford, S., Morecroft, I., MaPhail, D.B., Lister, C., Matthews, D., MacLean, M.R., Lean, M.E.J., Duthie, G.G., and Crozier, A. 2000. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity, and phenolic content of red wines. *J. Agric. Food Chem.* **48**(2): 220-230
- Cliffe, S., M.S. Fawer, M. Maier, K. Takata, and G. Ritter. 1994. Enzyme assays for the phenolic content of natural juices. *J. Agric. Food Chem.* **42**(8): 1824-1828
- Cook, N.C. and S. Samman. 1996. Flavonoids-Chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. *Nutr. Biochem.* **7**: 66-76
- Decker, E.A. 1997. Phenolics: Prooxidants or antioxidants?. *Nutr. Rev.* **55**: 396-407
- Hang, Y.D. and E.E. Woodams. 1994. Apple pomace: A potential substrate for production of  $\beta$ -glucosidase by *Aspergillus foetidus*. *Food Sci. Tech.* **27**: 587-589
- Hermann, K. 1976. Flavonols and flavanes in food plants: A review, *J. Food Technol.* **11**: 433-439
- Hertog, M.C.L., E.J.M. Feskens, P.C.H. Hollman, M.B. Katan, and D. Kromhout. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. *The Lancet.* **342**: 1007-1011
- Huang, M.T., Ho, C.T., and Lee C.Y. 1992. Phenolic compounds in food and their effects on health I, II. ACS symposium series, ISSN 0097-6156; 506. 507. American chemical society, Washington, DC
- Huang, H.M., G.L. Johanning, and B.I. O'Dell. 1986. Phenolic acid content of food plants and possible nutritional implications. *J. Agric. Food Chem.* **34**(1): 48-51
- Lee, J.H. and S.R. Lee. 1994. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**(3): 310-316
- Lee, J.H. and S.R. Lee. 1994. Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**(3): 317-323
- Lee, K.M., S.Y. Lee, and H.Y. Lee. 1999. Bistage control of pH for improving exopolysaccharide production from mycelia of *Ganoderma lucidum* in air-lift fermentor. *J. Biosci. Bioeng.* **88**(6): 646-650
- Lee, S.Y., T.S. Kang, and M.C. Lee. 1998. Condition of exo-polysaccharide production from submerged mycelial culture of *Ganoderma lucidum* by using air-lift fermenter system. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **13**(5): 547-553
- Maillard, M.N. and C. Berset. 1995. Evolution of antioxidant during kilning: Role of insoluble bound phenolic acids of barley and malt. *J. Agric. Food Chem.* **43**(7): 1789-1793
- Rozes, N. and C. Peres. 1998. Effect of phenolic compounds on the growth and the fatty acid composition of *Lactobacillus plantarum*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **49**: 108-111
- Schwab, W. and P. Schreier. 1988. Simultaneous enzyme catalysis extraction: A versatile technique for the study of flavor precursors. *J. Agric. Food Chem.* **36**: 1238-1242
- Shetty, K. 1997. Biotechnology to harness the benefits of dietary phenolics: Focus on Laminaceae. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.* **6**, 162-171
- Woodward, J. 1982. Fungal and other  $\beta$ -glucosidase-their properties and applications. *Enzyme Microb. Technol.* **4**: 73-79