

뽕나무 첨가 배지에서 배양한 버섯균사체 배양물의 자동산화 억제 효과

김석종¹ · 임동길² · 형석원¹ · 김미숙¹ · 김정옥³ · 김무남³ · 이강권⁴ · 하영래^{1*}

¹경상대학교 응용생명과학부 · BK21사업단 · 농업생명과학원

²부산지방식품의약품안전청, ³(주)HK바이오텍, ⁴삼성에버랜드

Inhibition of Lipid Autoxidation by the Extract of the Submerged-liquid Culture of Mushrooms in the Medium Containing Mulberry Tree Powders

Seck-Jong Kim¹, Dong-Kil Lim², Seok-Won Hyung¹, Mee-Sook Kim¹, Jeong-Ok Kim³,
Mu-Nam Kim³, Kang-Kweon Lee⁴ and Yeong-Lae Ha^{1*}

¹Division of Applied Life Science, BK21 Corps and Institute of Agricultural Life Sciences,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701 Korea

²Busan Regional KFDA, Busan 608-080, Korea

³HK Biotech Co., Ltd, Jinju 660-932, Korea

⁴Samsung Everland, Yongin 449-912, Korea

Abstract

Effect of mulberry tree powders on the antioxidant activity of submerged-liquid culture of mushrooms was investigated. *Agaricus blazei* (AB), *Hericium erinacium* (HE), *Pleurotus ostreatus* (PO), *Phellinus linteus* (PL) and *Paecilomyces japonicus* (PJ) were cultured in a shaking incubator (200 rpm, 25°C) for 7 days in culture media: 1) basal medium (BM) and 2) BM+1% mulberry tree powders (BMM). Hot water extracts from the submerged-liquid cultures of mushrooms and BMM were freeze-dried for the measurement of antioxidant activity, of which reaction mixture (25 mL: 10 mL of 0.2 M sodium phosphate buffer, pH 8.0; 4.5 mL distilled water; and 10.5 mL ethanol) contained 275 µmol linoleic acid and one mg test sample. The reaction mixture was incubated in a shaking incubator (200 rpm, 40°C) for 16 days. Peroxide value (POV) was measured for a period of over 16 days, and malonaldehyde (MA) was determined only for samples from the day 16 of incubation. Mycelial weight of mushroom strains cultured in BMM was greater than BM. The antioxidant activities of AB-cultured in BMM (AB-BMM) and HE-cultured in BMM (HE-BMM) were superior to those of other mushroom strains-cultured in BMM or BM and of BMM. These results suggest that mulberry tree powders enhance the antioxidant activity of submerged-liquid culture of mushroom strains. The AB-BMM and HE-BMM were the most active cultures.

Key words: submerged-liquid culture of mushrooms, mulberry tree powders, peroxide value (POV), malonaldehyde (MA)

서 론

지방을 함유하고 있는 식품 또는 유지는 산화되기 쉬워 장기간 보존하기 위해서는 항산화제를 첨가하여야 한다. 이 목적을 위해 합성 항산화제인 BHA(butylated hydroxyanisole), BHT(butylated hydroxytoluene), TBHQ(tert-butylhydroquinone), PG(propyl gallate) 등과 천연 항산화제인 α -tocopherol, ascorbic acid, polyphenol 등이 사용되고 있다. 합성 항산화제는 가격이 싸고 효과가 탁월하여 식품가공 및 의약품에 널리 쓰이고 있으나 안전성 문제가 있고(1-3), *in vivo*에서 항산화력이 강한 천연항산화제인 α -tocopherol 및 ascorbic acid 등은 *in vitro*에서는 항산화력이 떨어지는 문

제가 있다(4,5). 따라서 식품산업에서는 안전성에 문제가 없고, 가격이 저렴하면서 *in vitro*에서 항산화력이 강한 천연물 유래 천연항산화제에 대한 수요가 날로 증가하고 있다.

천연물에서 유래하는 항산화물질에 관한 연구는 많이 수행되었고 또한 현재에도 수행되고 있다(6-8). 이들 천연 항산화제는 식물 또는 해조류 등의 천연물로부터 추출한 추출물이거나 분리·동정된 순수물질이라 하더라도 독성이 우려되고 있다(9,10). 또한 이러한 천연 항산화제는 원료인 천연물에 함량이 낮거나 계절성 등에 의해 원료수급이 어려워 실제 상업화하는 데는 문제가 될 수 있다. 따라서 독성이 없거나 낮고, 원료수급에 문제가 되지 않는 저렴한 천연 항산화제의 개발이 필요하다.

*Corresponding author. E-mail: ylha@nongae.gsnu.ac.kr
Phone: 82-55-751-5471, Fax: 82-55-757-0178

버섯균은 주로 고사된 나무에 기생하여 생육하면서 아주 다양한 세포외 효소를 분비하여 자체의 영양분을 조달하는 고등균류로서 자연에는 수많은 식용 가능한 버섯균이 생육하고 있다. 이와 같은 버섯균의 생육 특성을 이용하여 액체 배양법에 의해 생산한 버섯균사체액체 배양물은 버섯자실체를 사용하는 것에 비해 여러 가지 장점을 갖고 있다. 즉, 버섯균의 종류, 배지의 조성 및 생육조건에 따라 다양한 중간 또는 대사산물을 함유하는 항산화성과 같은 특수한 기능을 갖는 버섯균사체 배양물을 생산할 수 있다. 예로서 식품소재로 사용 가능한 뽕나무나 소나무(11,12) 등은 항산화효과를 가진다고 보고되어졌다. 그러므로, 이를 기질로 사용하여 생산한 버섯균사체 액체배양물에는 여러 가지 기능성 물질을 함유할 것이다. 나무에 함유된 기능이 없거나 낮은 성분이 버섯균에 의해 생물전환된 고기능성 물질, 나무로부터 유래한 특수 기능을 갖는 2차 대사산물 및 버섯균이 생산하는 β -D-glucan과 같은 항암성 물질 등의 여러 가지 기능성 물질을 함유할 것이다. 이와 같은 버섯균사체 액체배양물이 탁월한 항산화능을 갖는다면 이는 계절에 영향을 받지 않고, 값싸게 대량생산이 가능하여 원료공급이 용이하고 산업화가 쉬워질 수 있다.

따라서 본 연구에서는 식품 부 원료로 사용할 수 있는 뽕나무가루를 배지에 첨가하고 여러 가지 버섯균을 배양한 배양물의 linoleic acid의 자동산화에 대한 항산화성을 연구하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

건조 뽕나무분말은 시중 건재약초상(경남 진주시)에서 구입하였다. 신령버섯균(*Agaricus blazei*, AB), 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinacium*, HE), 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*, PO), 상황버섯(*Phellinus linteus*, PL), 눈꽃동충하초버섯(*Paecilomyces japonicus*, PJ)균은 (주)HK바이오텍으로부터 분양 받았다. 산업용 cellulase와 protease는 태평양화학(경기도 안산시)에서 구입하였다. BHT, α -dl-tocopherol, linoleic acid, ethanol(HPLC grade)은 Sigma사(St. Louis, MO)로부터 구입하였다. Ferrous ammonium sulfate, ammonium thiocyanate, phosphoric acid, benzoyl peroxide, thiobarbituric acid, 1,1,3,3-tetra-methoxypropane은 Aldrich사(Milwaukee, WI)로부터 구입하였다. 그 외 사용된 모든 시약은 1급 이상이었다.

액체배양

기본배지(Basal medium, BM): 사용한 기본 배지는 밀과 대두를 증좌한 후 cellulase와 protease를 처리하고 황백당(20 g/L), $MgSO_4$ (0.5 g/L), KH_2PO_4 (0.5 g/L)를 첨가하였다.

배양용 배지조성: BM에 뽕나무가루(mulberry tree powder)를 첨가하여 BMM(BM+뽕나무건조분말 1%, v/w) 배지를 준비하였다.

배양조건: BM 또는 BMM 배지(3 L)를 121°C에서 20분간 고압 멸균한 후 AB 외 4종(PO, HE, PL 및 PJ)의 버섯균을 종균 버섯균사체 액체배양물 300 mL에 접종하고 5 L 용량의 발효조(코바이오텍, 인천)에서 7일간 배양하였다. 또한 positive control로 BMM은 버섯균을 접종하지 않고 7일간 버섯균을 배양한 조건과 동일하게 발효조에서 처리하였다.

시료조제

버섯균사체배양액을 여과하여 균사체를 분리하였다. 여과물은 멸균(121°C, 15 min)한 후 원심분리(5,000 rpm, 10 min, 4°C)하여 고형물을 제거하고 freeze dryer로 동결 건조하였다.

in vitro 항산화성 측정

Peroxide value(POV) 측정: Thiocyanate method(13)에 준하여 Ha 등(14)의 방법을 응용하여 실험을 수행하였으며 각 처리구는 다음과 같다. 275 μ mol linoleic acid(Control), linoleic acid+375 nmol BHT(BHT 처리구), linoleic acid+375 nmol α -dl-tocopherol(α -tocopherol 처리구), linoleic acid+시료 [버섯균배양액(동결 건조물 1 mg) 처리구]. Linoleic acid, BHT, α -dl-tocopherol 처리구와 시료는 ethanol에 용해하였다. 모든 처리구의 총 부피는 25 mL로서, 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 8.0, 10 mL), 증류수(4.5 mL), ethanol(10.5 mL)속에 LA 275 μ mol과 시료 1 mg이 함유되었다. 처리구에 함유된 증류수와 ethanol의 양은 동일하게 조절하였다. 처리 시료를 shaking incubator(200 rpm, 40°C)에서 일정기간 반응시켰다. Linoleic acid의 산화는 ferrous ammonium sulfate와 ammonium thiocyanate를 첨가하여 480 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 benzoyl peroxide를 사용하였다.

Malonaldehyde(MA) 측정: POV를 측정할 시료에 대해 MA를 측정하였다(15). 0.5 mL의 시료를 함유한 screw-capped test tube에 1% phosphoric acid 3 mL와 0.6% thiobarbituric acid(TBA) 용액 1 mL를 첨가하여 현탁시킨 후 boiling water bath에서 45분간 반응시킨 다음 실온으로 냉각시켰다. 여기에 butanol 4 mL를 첨가하여 10초간 강하게 흔들어 추출한 후 2,000 rpm에서 3분간 원심분리하여 butanol층을 회수하였다. 회수된 butanol층의 흡광도를 535 nm에서 측정하였다. 외부표준물질 방법에 의해 MA의 함량을 정량하였다. 표준곡선은 1,1,3,3-tetra-methoxypropane을 2, 4, 6, 8, 10 nmol 농도로 조제하여 시료와 동일한 조건으로 처리하여 작성하였다.

결 과

뽕나무의 버섯균 생육 촉진효과

뽕나무가루가 버섯균의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 AB, PO, HE, PL 및 PJ균을 7일간 BM에 배양한 배양물(각각 AB-BM, PO-BM, HE-BM, PL-BM, PJ-BM)과

BMM에 배양한 배양물(각각 AB-BMM, PO-BMM, HE-BMM, PL-BMM, PJ-BMM)을 원심분리한 후 버섯균사체를 분리하여 수분함유 무게를 측정하였다(Table 1). BM에서 배양한 버섯균사의 무게는 PJ가 39.9 g/L로 가장 높았고, 그 다음으로는 PL, AB, PO, HE 순으로 각각 33.5, 27.3, 24.7, 12.4 g/L이었다. 따라서 BM에는 PJ 및 PL이 생육하기에 가장 적당하였다.

그러나 BM에 뽕나무가루를 1% 첨가한 BMM 배지에 배양한 5가지 버섯균(AB, PO, HE, PL 및 PJ)의 생육은 BM에 배양한 것에 비해 양호하여 버섯균사체의 무게가 60~379% 증가되었다. PL을 BMM에 배양한 배양물(PL-BMM)의 균사체무게는 80.9 g/L으로 47.4 g(141%)이 증가되었고, HE-BMM, AB-BMM, PO BMM 및 PJ-BMM의 균사체는 각각 47.0 g/L(379%), 45.1 g/L(165%), 37.3 g/L(151%) 및 23.8 g/L(60%)이 증가되었다.

따라서 이 결과는 뽕나무가 HE, AB, PO, PL, PJ의 생육을 촉진시켰고, 그 정도는 버섯균에 따라 다르다는 것을 의미한다. 즉, 뽕나무는 HE, AB, PO, PL의 균사체를 각각 379%, 165%, 151%, 141%로 증가시켰고, PJ는 단지 60% 촉진시켰다.

뽕나무 첨가 버섯균사체배양물의 POV 감소 효과

AB, PO, HE, PL 및 PJ를 BM과 BMM에 배양한 배양물과 BMM의 linoleic acid 자동산화에 의해 생성되는 POV 억제 효과를 조사하였다. 즉, 동결건조한 버섯균사체배양물(1 mg)과 BMM(1 mg)을 linoleic acid가 함유된 배양액에 첨가하고 16일간 배양(200 rpm, 40°C)하면서 POV를 측정하였다(Figs. 1, 2). 사용한 5가지 버섯균사체배양물 및 BMM이 대조구에 비해 POV를 억제하였으나, 그 효과는 버섯균의 종류에 따라 차이가 있었다.

Fig. 1에서는 AB-BMM의 POV 억제효과를 나타내고 있다. 대조구의 POV는 16일간 계속 증가하여 배양 13일과 16일에는 각각 1.6 mM과 2.1 mM이 되었다. AB-BMM, AB-

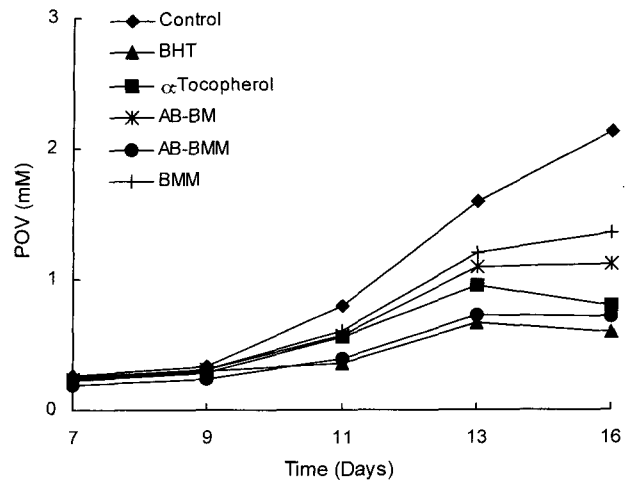


Fig. 1. Effect of AB-BMM on the formation of POV in the linoleic acid autoxidation system. SD did not exceed 10% of the average.

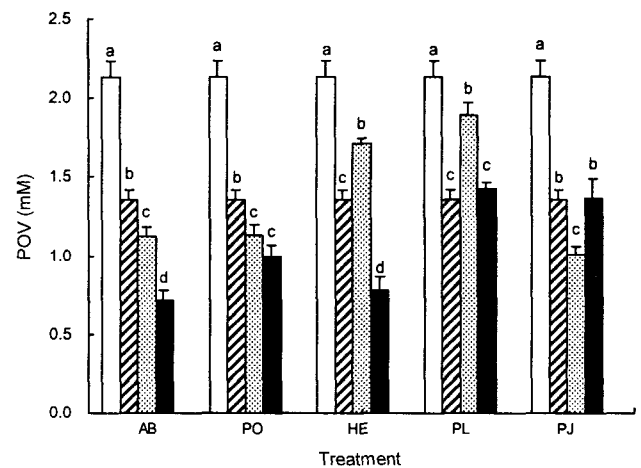


Fig. 2. Effect of the submerged-liquid culture of mushroom strains in BMM on POV after 16 days incubation in the linoleic acid autoxidation system. Bar identification of each mushroom strain, []: control, []: BMM, []: mushroom cultured in BM, []: mushroom cultured in BMM. Bars with same small letters are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple test.

Table 1. Mycelial weight of mushroom strains grown in various media for 7 days

Mushroom strain ¹⁾	Growth medium ²⁾	
	BM	BMM
AB (Shinryeong)	27.3 ³⁾	72.4 (165; 45.1) ⁴⁾
PO (Neutari)	24.7	62.0 (151; 37.3)
HE (Norugungdengyee)	12.4	59.4 (379; 47.0)
PL (Sanghwang)	33.5	80.9 (141; 47.4)
PJ (Dongchunghacho)	39.9	63.7 (60; 23.8)

¹⁾AB, *Agaricus blazei*; PO, *Pleurotus ostreatus*; HE, *Hericium erinacium*; PL, *Phellinus linteus*; and PJ, *Paecilomyces japonicus*.

²⁾Media identification: BM, basal medium; BMM, BM+1% mulberry tree powders.

³⁾Weight represented the average of three experimental data (wet g/L) and SD did not exceed 10% of average.

⁴⁾The first and second numbers in parenthesis represent the percentage of the mycelial weight increased and the actual weight changed against that of BM, respectively.

BM 및 BMM은 대조구에 비해 POV의 생성을 억제하였다. AB-BMM의 POV 억제효과는 BHT 및 α-tocopherol과 유사하였고, 배양 13일에 최대치(0.7 mM)에 도달하였다. AB-BMM의 POV 생성 억제효과는 AB-BM이나 BMM의 효과보다 우수하여 13일 배양에서 각각 0.7 mM, 1.1 mM, 1.2 mM POV를 생성하였다. 또한 관련된 data는 제시하지 않았으나 HE-BMM, PO-BMM, PL-BMM, PJ-BMM의 POV 억제효과도 AB-BMM의 효과와 유사하였다.

Fig. 2에서는 배양 16일에서 5가지 버섯균을 BM, BMM에 배양한 배양물과 BMM의 POV 감소효과를 비교하였다. 버섯균간에는 PL-BMM 처리구에서 POV가 1.4 mM로서 가장 높았고, PJ-BMM은 비슷한 수준이었다. 그 외 AB-BMM, PO-BMM, HE-BMM 처리구에서는 POV가 낮게 나

타났다. AB-BMM, PO-BMM, HE-BMM, PL-BMM, PJ-BMM의 POV 억제효과를 비교해본 결과, AB-BMM 처리구에서 POV가 0.7 mM로서 대조구(2.1 mM)에 비해 약 67% 억제하였다. HE-BMM은 63%, PO-BMM은 53% POV 생성을 억제하였다. PL-BMM 및 PJ-BMM은 33%와 36% 억제하였지만 다른 AB-BMM, HE-BMM 및 PO-BMM에 비해 그 효과가 떨어졌다. BM에 버섯균사체를 배양한 배양물(PJ-BM, AB-BM, PO-BM, HE-BM, PL-BM)은 대조구에 비해 POV를 각각 53, 47, 47, 20, 11% 감소시켰다. 또한 BMM은 대조구에 비해 36%의 POV를 감소시켰다. BM과 BMM배지에 의한 버섯균사체 배양물간의 POV 감소효과 차이가 가장 크게 나타난 버섯균사체는 HE였으며 이는 버섯균사체의 생육이 가장 좋은 것과 상관관계를 보였다.

뽕나무 첨가 버섯균사체배양물의 MA 감소 효과

BM 및 BMM배지에 버섯균사체를 7일간 배양한 배양물과 BMM의 MA 생성 억제효과를 조사하기 위하여 상기 POV 실험에 사용한 배양 16일째의 시료에 대한 MA 함량을 측정하였다(Fig. 3). 버섯균사체배양물은 대조구에 비해 MA의 생성을 억제하였으나, 그 정도는 버섯균의 종류에 따라 차이가 있었다.

대조구의 MA 함량은 143 nmol/25 mL였지만, AB-BMM, HE-BMM, PL-BMM, PO-BMM 및 PJ-BMM은 MA를 각각 39, 41, 62, 81 및 88 nmol/25 mL로 감소시켰다. 그 감소는 대조구에 비해 AB-BMM 및 HE-BMM에 의한 감소가 각각 73%, 71%로 효과가 컸고, PJ-BMM에 의한 감소는 39%로 가장 낮았다. 또한 BM에 배양한 배양물 PJ-BM, HE-BM, AB-BM, PL-BM, PO-BM은 대조구에 비해 MA의 생성을 각각 55, 52, 51, 43, 38% 억제하였으며, BMM은 MA의 생성

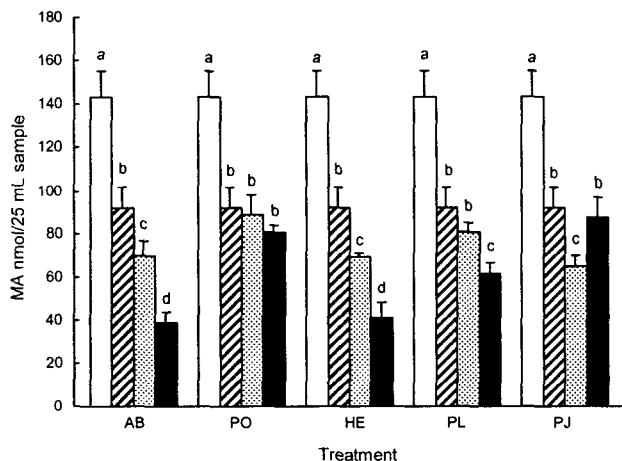


Fig. 3. Effect of the submerged-liquid culture of mushroom strains in BMM on the formation of MA after 16 days incubation in the linoleic acid autoxidation system.

Bar identification of each mushroom strain, left to right: control; BMM; mushroom-cultured in BM; and mushroom-cultured in BMM. Bars with same small letters are not significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple test.

을 36% 억제하였다. BM과 BMM배지에 의한 버섯균사체 배양물간의 MA 감소효과 차이가 가장 크게 나타난 버섯균사체는 AB였다.

고찰

본 연구에서는 버섯균배양물의 *in vitro*에서 linoleic acid의 자동산화에 의해 생성되는 POV 및 MA의 자동산화억제능을 증가시키기 위하여 BMM에 배양한 버섯균사체배양물의 자동산화 억제능이 PJ를 제외하고 BM에 배양한 버섯균사체배양물이나 뽕나무 자체인 BMM의 효과보다 컸었다. 이 효과는 버섯균에 따라 상이하여 BMM에서 배양한 버섯균사체배양물의 POV 생성 억제능이 BM에 배양한 버섯균사체배양물보다 12~54% 증가되었고, PJ의 경우 35% 감소하였다. 그 중 HE-BMM이 54% 증가하였고, AB-BMM은 36% 증가로 그 효과가 뛰어났다. 또한 BMM에 배양한 배양물의 MA 생성억제는 BM에 비해 AB-BMM이 44% 및 HE-BMM이 41%의 증가로 가장 우수하였다. BMM에서 배양한 버섯균의 생육 또한 아주 우수하였는데 대조구에 비해 60~379% 증가하였다. PJ의 경우 뽕나무 첨가에 의한 버섯균사체 배양물 생육이 다른 버섯균사체보다 효과가 낮았으며, 항산화성과의 효과에서도 다른 버섯균사체와 다른 결과를 나타내었다. 즉, PJ의 생육이 항산화성과 상관관계를 보인다는 것을 알 수가 있었다.

BM에서 배양한 버섯균사체배양물도 대조구보다 POV나 MA의 함량을 낮추는 항산화력이 보였는데 POV는 11~53%, MA는 38~55% 감소하였다. 이는 버섯균이 생육하면서 생성되는 여러 가지 화합물의 결과로서 생각된다. 그러나 이러한 항산화력은 뽕나무의 첨가로 현저히 증가하여 POV는 33~66%, MA는 39~73% 감소하였다. POV와 MA의 생성에 있어서 AB의 경우 최종 16일에서 버섯균 중에서 가장 효과적으로 POV 감소효과를 보였으며, 이는 2차산화물인 MA의 함량과도 동일한 결과를 보였다. 본 연구에서는 뽕나무 첨가에 의해 야기되는 항산화성 관련 물질을 분리동정하지 않았다. 그러나 이러한 효과는 여러 가지 측면에서 고찰될 수 있다. 첫째 뽕나무에 함유된 rutin, quercetin, isoquercitrin, flavonoids 등의 물질(16-18), 기본배지에 함유된 대두박에서 유래한 genistein(4,5,7-trihydroxyisoflavone), daidzein(4,7-dihydroxyisoflavone) 등의 isoflavones, phyto-sterol 등의 화합물(19-23), 버섯균사체가 생산하는 grifolin 등(24-26)의 항산화성과 관련되는 화합물이 함유되어 이들이 버섯균 배양 시 배지 속으로 유출되었을 것이다. 두 번째로는 버섯균이 생육하는 중 여러 가지 효소에 의해 뽕나무에 함유된 항산화 관련 화합물과 항산화성이 낮은 화합물이 항산화성이 높은 물질로 생물전환되었을 수도 있다. 마지막으로 버섯균이 생육하면서 분비하는 물질도 항산화성에 관여하였을 것이다. 그러나 BMM에서 배양한 버섯균사체배양물

이 버섯균에 따라 차이는 있었지만 가장 우수한 항산화능을 보였기 때문에 이 항산화성에는 버섯균에 의해 생물전환된 물질이 크게 기여할 것으로 생각된다.

실제 뽕나무에서 유래한 물질, 생물전환된 물질, 또는 버섯균 유래 물질 등 항산화성물질을 분리 및 정제를 하여야 할 것이다. 그러나 오히려 이들의 물질이 복합적으로 작용할 시 항산화력이 증가될 수도 있을 것이다. 따라서 버섯균배양 시 첨가한 뽕나무는 식품의 부재료로 사용이 허가된 것이기 때문에 특히 POV 생성억제력에서는 α -tocopherol과 유사한 항산화력이 우수한 AB-BMM 및 HE-BMM을 물질의 분리 없이 버섯균배양물을 동결건조하여 분말 또는 다른 제제 형태로 식품 항산화제로 사용함도 바람직하다. 이 경우 생물전환된 물질이 존재할 가능성 때문에 안정성 검사를 수행하여야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 7일간 액체배양한 결과물을 시료로 사용하여 항산화성 검증시료로 사용하였다. 이는 사용한 5가지 버섯균의 생육정도가 서로 상이하였고, 뽕나무가루가 첨가된 배지에서 생육이 지연되어 배양 7일에 거의 모든 버섯의 균사가 정상적으로 또한 최대로 생육하였다. 따라서 배양 일애 따른 항산화효과에 관한 연구도 수행되어야 할 것이다. 또한 AB-BMM에 함유되어 있는 무기염을 ICP로 분석한 결과 K(96.8), Ca(31.6), Mg(65.2), Na(14.3), P(109.3), Mn(0.1), Fe(0.6), Zn(0.3), Cu(Tr)의 전체량은 318.2 ppm이었으며, Cr, Cd, Pb, Hg, As은 검출되지 않아 안전성에는 문제가 되지 않는 것으로 생각된다.

본 연구에서 data는 첨부하지 않았지만, 식품 부 원료로 사용하는 소나무가루를 활용하기 위하여 BMM에 뽕나무가루를 첨가하여 버섯균사체를 배양한 동일한 방법으로 소나무가루를 BM에 첨가하여 배양한 버섯균사체배양물을 조제하였다. 이것의 linoleic acid 자동산화 억제효과를 BMM에서 배양한 버섯균사체배양물과 비교하였다. 항산화효과는 소나무가 첨가된 버섯균사체배양물이 뽕나무가 첨가된 버섯균사체배양물의 효과보다 훨씬 낮았다. 이 결과는 첨가되는 소재에 따라 항산화 증대 효과가 상이하다는 것을 의미한다.

요 약

BMM에 여러 가지 버섯균을 7일 동안 액체배양하고 균사를 제거한 배양물에 대한 항산화성에 관한 연구를 수행하였다. 시료(1 mg)를 275 μ mol linoleic acid가 함유된 배양액에 첨가하고 shaking incubator(200 rpm, 40°C)에 16일 동안 배양하면서 생성된 POV와 MA의 함량의 조사하였다. 이 결과를 BM에서 배양한 버섯균사체배양물과 BMM 자체의 POV 및 MA 생성 결과와 비교하였다. AB-BMM과 HE-BMM의 항산화능이 다른 버섯균사체배양물이나 BMM보다 우수하였다. 따라서 이 연구결과는 뽕나무는 버섯균사체액체배양물의 항산화성을 증가시켰고, AB-BMM 및 HE-BMM은 항

산화물로 활용할 수 있음을 의미한다.

감사의 글

본 연구는 경상대학교 농생명 대학원육성 BK21지원사업 연구비(삼성에버랜드)에 의해 수행되었음을 감사 드립니다.

문 헌

1. Barlow SM. 1990. Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. In *Food Antioxidants*. Hudson BJJ, ed. Elsevier, Amsterdam. p 253-307.
2. Ito N, Hirose M, Fukeshima S, Tsuda H, Shirai T, Tatematsu M. 1986. Studies on antioxidants; their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. *Food Chem Toxicol* 24: 1099-1102.
3. Botterweck AAM, Verhagen H, Goldbohm RA, Kleinjans J, Brandt PA. 2000. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study. *Food and Chemical Toxicology* 38: 599-605.
4. Elliott JG. 1999. Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. *Food Tech* 53: 46-48.
5. Yamamoto K, Niki E. 1988. Prooxidant effect of α -tocopherol. *BBA* 958: 19-23.
6. Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry* 81: 249-255.
7. Pratt DE, Hudson BJJ. 1996. Natural antioxidant not exploited commercially. In *Food Antioxidants*. Hudson BJJ, ed. Elsevier, Amsterdam. p 171-192.
8. Larson RA. 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry* 27: 969-974.
9. Lu H, Meng X, Lee MJ, Li C, Maliakal P, Yang CS. 2003. Bioavailability and biological activity of tea polyphenols. In *Food Factors in Health Promotion and Disease Prevention* (ACS Symposium Series 851). Shahidi F, Ho CT, Watanabe S, Osawa T, eds. American Chemical Society, Washington, DC. p 9-15.
10. Yanishlieva-Maslarova NV. 2001. Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. In *Antioxidants in foods: Practical applications*. Pokorny J, Yanishlieva N, Gordon M, eds. CRC Press, New York. p 210-249.
11. Packer L, Rimbach G, Virgili F. 1999. Antioxidant activity and biologic properties of a procyanidin-rich extract from pine (*Pinus maritima*) bark, pycnogenol. *Free Radical Biology & Medicine* 27: 704-724.
12. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64: 555-559.
13. Osawa T, Namiki MA. 1981. Novel type of antioxidant isolated from leaf wax of eucalyptus leaves. *Agric Biol Chem* 45: 735-739.
14. Ha YL, Storkson JM, Pariza MW. 1990. Inhibition of benzo[a]pyrene induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res* 50: 1097-1101.
15. Writte VC, Krausw GF, Bailey ME. 1970. New extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 35: 582-586.

16. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64: 555-559.
17. Choi CW, Kim SC, Hwang SS, Choi BK, Ahn HJ, Lee MY, Park SH, Kim SK. 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. *Plant Science* 163: 1161-1168.
18. Fukai T, Pei YH, Nomura T, Xu CQ, Wu LT, Chen YL. 1998. Isoprenylated flavanones from *Morus cathayana*. *Phytochemistry* 47: 273-280.
19. Hui E, Henning SM, Park N, Heber D, Go VL. 2001. Genistein and daidzein/glycitein content in tofu. *J Food Composition and Analysis* 14: 199-206.
20. Berhow MA, Wagner ED, Vaughn SF, Plewa MJ. 2000. Characterization and antimutagenic activity of soybean saponins. *Mutation Research* 448: 11-22.
21. Fritz KL, Seppanen CM, Kurzer MS, Csallany AS. 2003. The in vivo antioxidant activity of soybean isoflavones in human subjects. *Nutrition Research* 23: 479-487.
22. Boue SM, Wientjes CC, Shih BY, Cleveland TE. 2003. Identification of flavone aglycones and glycosides in soybean pods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Chromatography A* 991: 61-68.
23. Zhou JR, Gugger ET, Tanaka T, Guo Y, Blackburn GL, Clinton SK. 1999. Soybean phytochemicals inhibit the growth of transplantable human prostate carcinoma and tumor angiogenesis in mice. *J Nutr* 129: 1628-1635.
24. Makiko N, Toshihiro H, Isao Y, Nobuki I, Masami T, Yoshinori A. 2002. Neogrifolin derivatives possessing antioxidative activity from the mushroom *Albatrellus ovinus*. *Phytochemistry* 59: 731-737.
25. Song KS, Cho SM, Lee JH, Kim HM, Han SB, Ko KS, Yoo JD. 1995. Blymphocyte stimulating polysaccharide from mushroom *Phellinus linteus*. *Chem Pharm Bull* 43: 2105-2108.
26. Kim SJ, Park SJ, Park CW, Kim YS, Cho HJ, Lim DK, Kim JO, Lee JH, Ha YL. 2003. Enhanced anticarcinogenicity and antimutagenicity of *Doenjang* prepared from mushroom mycelia-cultured traditional *Mejus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 143-148.

(2003년 7월 25일 접수; 2004년 1월 20일 채택)