

Monascus pilosus 균사체 및 배양여액의 항산화 및 항균활성

김재원¹ · 이상일² · 김성환³ · 이예경¹ · 김순동^{1*}

¹대구가톨릭대학교 외식식품산업학부 식품가공학전공, ²계명문화대학교 식품영양조리학부
³경북보건환경연구원

Antioxidative and Antimicrobial Activities of *Monascus pilosus*(Corn Silage Mold) Mycelial Extract and Its Culture Filtrate

Jae-Won Kim¹, Sang-Il Lee², Sung-Hwan Kim³, Ye-Kyung Lee¹ and Soon-Dong Kim^{1*}

¹Faculty of Food Science and Industrial Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

²Department of Food, Nutrition and Culinary Arts, Keimyung College, Daegu 704-703, Korea

³Kyongbuk Insitute of Health, Environment, Daegu 702-702, Korea

Abstract

We evaluated the nutritional value of a *Monascus pilosus* mycelial ethanolic extract (MEM) and culture filtrate (CFM) by determining the contents of monacolin K and citrinin, and by measuring antioxidant and antimicrobial activities. The yields of freeze-dried MEM and CFM powder were 4.02% and 3.35% of wet weight, respectively. Pigment content (OD₅₀₀ value) of MEM (0.79) and CFM (0.63) were lower than those of commercial rice beni-koji ethanolic extracts (EERB) (0.87), but were in good agreement with the L*, a*, and b* values and the hue angles of the products. The total monacolin K content of MEM (24.91 mg%) was higher than those of CFM (1.27 mg%) and EERB (14.65 mg%). However, the active monacolin K content of EERB (5.48 mg%) was higher than those of MEM (3.35 mg%) and CFM (0.4 mg%). Citrinin was not detected in any sample. The total polyphenol content of MEM (4.68% w/w) was similar to that of CFM (4.29% w/w), thus 13.75 - 20.94% higher than that of EERB. The total flavonoid content of EERB was 6.8 - 7.0-fold higher than those of MEM (0.64% w/w) and CFM (0.66% w/w). The total antioxidant capacity of CFM (3.51% w/w) was 1.62 - 2.08-fold higher than those of MEM (2.74% w/w) and EERB (1.69% w/w). The electron-donating capacities of 1% (w/v) solutions of CFM, MEM, BHT, and EERB were 86.20%, 77.25%, 77.25%, and 44.82%, respectively, and the corresponding reducing powers (OD₇₀₀ values) were 2.1, 2.4, 1.1, and 1.6, respectively. SOD(superoxide dismutase)-like activities were in the order MEM (39.85%) > BHT (37.68%) > EERB (26.70%) > CFM (21.5%). Although the TBARS (% value) of MEM was a little lower than that of BHT, it was higher than those of CFM and EERB. The antibacterial activities of CFM acting on *Bacillus brevis* and *Escherichia coli* were somewhat higher than those of MEM, whereas the activities of MEM on *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Salmonella enteritidis* were higher than those of CFM. However, the antibacterial activities of MEM and CFM were less than those of EERB and BHT. In conclusion, although further studies are needed, we offer experimental evidence that the by-products of *M. pilosus* MEM and CFM contain significant antioxidant and antimicrobial activities that may be useful in the development of healthy foods.

Key words : *M. pilosus*, monacolin K, citrinin, antioxidant activity, antimicrobial activity

서 론

*Monascus*속의 곰팡이는 진균류문 *Ascomyctina*강 *Plectomycetes*

목 *Monascaceae*과에 속하는 미생물(1)로 유성생식과 무성 생식을 통해 생육하며 2차대사산물로 monacolin K (mevinolin), dihydromonacholin L, 3-hydroxy dihydromonacholin L, monacholin L, monacholin J, monacholin X 등의 polyketides (2,3)와 monascin, ankaflavin, monascorubin,

*Corresponding author. E-mail : kimsd@cu.ac.kr,
Phone : 82-53-850-3216, Fax : 82-53-850-3216

rubropunctatin, monascorubramine 및 rubropunktamine 등의 색소 및 GABA와 같은 기능성 성분을 생성하는 특성을 지니고 있다(4). Monacolin K는 항진균(5), 혈당상승억제(6), 혈압조절과 콜레스테롤 생합성 억제(7) 및 항암(8) 효과가 있으며 색소는 돌연변이원성 heterocyclicamine을 분해하는 항돌연변이원 효과(9,10)가, GABA는 항고혈압효과(11)가 있는 것으로 보고되어 있다. 따라서 이들균을 쌀에 번식시킨 홍국(rice beni-koji)은 홍주, 홍두부, 육류가공 및 음식물의 착색제 등으로 이용되며(12) 의약품 또는 건강보조식품의 이용에 관한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다(13,14).

홍국은 증미를 이용한 고체배양법으로 생산되어 왔으나(15) 1970년대 이후 대량생산을 위한 액침 배양과 이를 위한 배지(16-20), 균주의 특성, 생소생성조건 및 주요 기능성 성분의 생성량 조절(21,22) 등 다양한 연구가 이루어지고 있다. *Monascus*속 미생물의 배양은 고체배양, 액체배양 및 반고체배양법이 알려져 있으며(23), 특정성분의 대량생산을 위해 변이주를 개발하여 의약품 제조용으로 활용되기도 한다(24). 배양방법에 따라 주요 성분의 생성량이 달라지고, 액체배양과 반고체 배양은 고체배양에 비하여 monacolin K의 함량이 적고 citrinin과 같은 mycotoxin이 생성된다는 우려도 제기되고 있다(25). Martikova 등(26)은 *M. ruber*와 *M. purpureus*의 액체배양 시에 항균활성이 있는 독성물질이 생성된다고 보고한 반면 Frink- Gremmels와 Leistner (27)은 *M. purpureus* DMS 1279의 액체배양 추출물에서는 mycotoxin이 존재하지 않으며 mouse에서의 급성독성이 나타나지 않는다고 하였다.

*M. pilosus*를 배양한 제품들은 자연발효식품의 범주에 속하며 식품으로 장기보존을 할 수 있는 장점이 있고 특히, monacolin K와 그 유도체의 생성력이 뛰어난 균주로 알려져 있다(28,29). 그러나 배양액이나 이를 번식시킨 홍국에 관한 연구는 다수가 보고되어 있으나 균사체가 가지는 특성이나 균사체를 완전히 제거시킨 배양여액을 중심으로 한 연구는 미흡하다. 본 연구에서는 *M. pilosus*를 액침배양하여 얻은 균사체의 ethanol 추출물과 그 배양여액의 monacolin K 및 citrinin 함량을 조사하는 한편 항산화 및 항균활성을 조사함으로써 이의 활용성을 검토 하였다.

재료 및 방법

균주 및 재료

실험에 사용한 균주는 한국중균협회에서 분양받은 *Monascus pilosus* KCCM 60084를 사용하였으며, 대조균으로는 홍국미 (Myco Co., Ltd, Gyeongbuk Gyeongju, Korea)를 사용하였다.

홍국미 에탄올추출물의 조제

홍국미의 에탄올 추출물은 균질기 (Nihonseiki, Kaisha

Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 분쇄한 후 5배량의 70% ethanol을 가하여 실온에서 24시간 동안 추출한 후 Whatman No. 1 여과지로 여과하여 40℃에서 ethanol을 유거시킨 후 동결건조하여 EERB (ethanol extracts of rice beni-koji) 분말을 제조하였으며 -70℃에 두면서 실험에 사용하였다.

균사체 배양과 분리 및 추출물의 조제

Fig. 1에서와 같이 starter는 활성화시킨 균주 (*M. pilosus* KCCM 60084)를 Mizutani broth (glucose 5%, peptone 2%, KH_2PO_4 0.8 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.05%, CH_3COOK 0.2%, NaCl 0.1%, pH 6.0)(30)에 이식하여 30℃의 shaking incubator (150 rpm)에서 10일간 배양하여 사용하였다. 본 배양은 동일배지 15 L을 넣은 20 L 유리병을 121℃에서 60분간 autoclaving 한 후 냉각하고, starter 1 L을 혼합, air filter (50JFO20AN, Toyo Rashi kaisha Ltd., Tokyo, Japan)와 air pump (DY-60, Dongyangsa, Kyungkido Sunghnam, Korea)를 부착하여 30℃로 15일간 통기배양 하였다. 통기량은 manometer를 부착하여 10 L/min으로 조절하였다. 배양이 종료된 배양액은 3겹의 면포로 여과하여 여액은 동결건조하였고(CFM), 분리된 균사체는 동결건조 한 후 5배량의 70% ethanol을 가하여 실온에서 하룻밤 추출, 농축한 후 동결건조 하여 MEM (mycelial ethanolic extracts of *M. pilosus*)을 제조하였다.

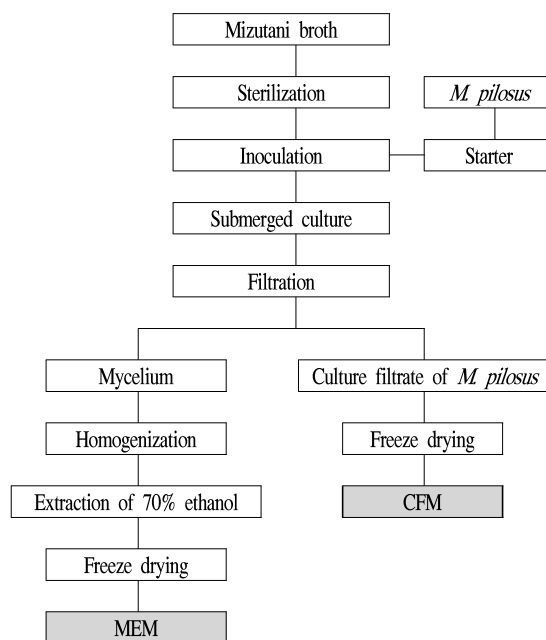


Fig. 1. Extraction and preparation of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate.

수분 및 색소함량

수분함량은 적외선 수분측정기 (HG53, Mettler Toledo,

USA)를 사용하여 측정하였으며, 색소함량은 Kang과 Jung (31)의 방법에 따라 균사체와 배양여액 각 10 g/mL에 95% ethanol 50 mL을 가하여 균질기(Nihonseiki, Kaisha Ltd., Tokyo, Japan)로 12,000 rpm에서 5분간 파쇄한 후 15분간 추출하여 Whatman No. 1로 여과한 여액의 흡광도를 500 nm에서 측정하였다.

색 상

색상은 색차계(Chromameter CR-200 Minolta, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 밝기를 나타내는 L* (lightness), 적색도를 나타내는 a*(redness), 황색도를 나타내는 b* (yellowness) 및 H°(hue angle value)를 측정하였다.

폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(32)의 방법에 따라 시액 100 µL에 2% sodium carbonate 2 mL과 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL을 가한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하였으며 gallic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 시료 100 mg에 75% methanol을 가하여 실온에서 24시간 추출한 추출액 1 mL에 diethyleneglycol 10 mL과 1 N NaOH 0.1 mL을 가하여 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신에 50% methanol을 사용하였으며, 표준품 naringin (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

항산화 활성

총 항산화 활성은 Prieto 등(33)의 방법에 따라 배양여액 및 균사체 추출액 0.1 mL에 0.6 M sulphuric acid, 28 mM sodium phosphate 및 4 mM ammonium molybdate(1:1:1, v/v) 혼합용액 1 mL를 가하여 95°C에서 90분간 반응시킨 후 실온으로 냉각시켜 695 nm에서 흡광도를 측정 하였으며 표준품 α-tocopherol (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

Monacolin K 함량

Roman과 Vladimir(34)의 방법을 기본으로 하여 Table 1 과 같이 HPLC (Agilent Technologies, Co., Ltd, Series 1200, Palo Alto, CA, USA)로 gradient를 행하였으며, 표준품 monacolin K (lovastatin lactone form, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)는 75% ethanol에 용해하여 사용하였다. Acid form 표준용액은 10 mg의 lactone form monacolin K 75% ethanol 용액 2 mL에 0.05 N NaOH 용액 0.5 mL를 가한 후 실온에서 30분 방치하여 조제하였다. Acid form

및 lactone form monacolin K의 함량은 검량선 $y=69576.81x-19.36$ 및 $y=54904.07x+15.96$ 에 의하여 각각 산출하였다.

Table 1. Operating conditions of HPLC for analysis of monacolin K content

Specifications	Operating conditions
HPLC	Agilent Technologies Series 1200
Column materials	Watchers 120 ODS-AP (5µm, 4.6 x 150 mm)
Detector	UV 237 nm
Flow rate	1.0 mL/min
Mobile phase	CH ₃ CN : 0.2% H ₃ PO ₄ (gradient)
Temperature	40°C

Citrinin 함량

Reingard와 Zimmerli(35)의 방법을 기본으로 HPLC로 분석 하였다(Table 2). 표준용액은 citrinin (Sigma-Aldrich, St. MO, USA) methanol 용액을 사용하였으며 검량선 $y=81097.48x-15.97$ 에 의하여 함량을 산출하였다.

Table 2. Operating conditions of HPLC for analysis of citrinin content

Specifications	Operating conditions
HPLC	Agilent Technologies Series 1200
Column materials	Watchers 120 ODS-AP (5µm, 4.6 x 150 mm)
Detector	FLD (Excitation wavelengths 335 nm, Measurement wavelengths 502 nm)
Flow rate	1.0 mL/min
Mobile phase	CH ₃ CN : 0.1% TFA (Trifluoroacetic acid) = 35 : 65
Temperature	40°C

전자공여활성(electron donating ability)

Blois (36)의 방법에 따라 시액 0.2 mL에 0.4 mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl)용액 0.8 mL를 가하여 vortex 상에서 가하고 10분간 방치 한 다음 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, $\text{electron donating ability}(\%) = [1 - (\text{시료흡광도}/\text{대조구흡광도})] \times 100$ 에 의하여 활성도를 산출 하였다.

환원력(reducing power)

Saeedeh와 Asna(37)의 방법에 따라 시액 1 mL에 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 mL와 1% potassium ferricyanide 용액 2.5 mL를 가한 후 50°C에서 30분간 반응시켰다. 다음에 10% trichloroacetic acid (TCA) 용액 2.5 mL를 가한 후 1,650 x g에서 10분간 원심분리 하였으며, 상징액 2.5 mL에 증류수 2.5 mL와 0.1% FeCl₃ 용액 0.5 mL를 가한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Superoxide dismutase (SOD) 유사활성

Marklund와 Marklund(38)의 방법에 따라 시액 200 μ L에 pH 8.5로 조정된 tris-HCl buffer 용액 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 200 μ L을 가하고 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시키고 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, SOD-like activity(%) = 100 - [(OD of sample/OD of control) x 100]에 의하여 활성을 산출하였다.

아질산염 소거능(nitrite scavenging activity)

Kato 등(39) 및 Kim 등(40)의 방법에 따라 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 시액 1 mL를 가하고 0.1 N HCl과 0.2 M citrate buffer (pH 2.5)를 가하여 총 부피를 10 mL로 조정하였다. 다음에 37°C에서 1시간 반응시킨 후 1 mL를 취하여 2% 초산용액 3 mL와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent (1% sulfanilic acid : 1% naphthylamine = 1 : 1) 0.4 mL을 순차적으로 가한 후 실온에서 15분간 방치, 520nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess reagent 대신 증류수를 사용하였으며 계산식, nitrite scavenging activity(%) = 100 - [(시료 첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) x 100]에 의하여 산출하였다.

TBARS의 측정

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 fish oil과 linoleic acid를 기질로 하여 Buege와 Aust(41)의 방법에 따라 측정하였다. Fish oil 0.5 mL를 함유하는 0.1 M maleic acid buffer(pH 6.5) 8 mL과 tween-20 50 μ L을 혼합하여 제조한 fish oil emulsion 0.5 mL에 FeCl₂ 및 CuSO₄ · 5H₂O를 Fe²⁺ 및 Cu²⁺양으로 50 ppm이 되게 한 용액 0.1 mL 및 증류수 1 mL를 가하여 37°C에서 1시간동안 반응시킨 후 7.2% BHT (dibutylhydroxytoluene) 50 μ L을 가하여 반응을 정지시켰다. 다음에 35% TCA와 0.75% TBA (thiobarbituric acid) 1 mL씩 가하여 100°C 수욕상에서 15분간 가열한 다음 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하였으며 상정액의 흡광도를 531 nm에서 측정하여 계산식, TBARS(%) = (1 - 시료흡광도/대조구흡광도) x 100에 의하여 산출하였다. Linoleic acid의 경우는 fish oil emulsion대신에 linoleic acid를 사용하였다.

항균성

균주는 gram 양성균으로 *Bacillus brevis* KCTC 3498, *Bacillus subtilis* KCTC 1021, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111, *Staphylococcus aureus* KCTC 1621, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228을, gram 음성균으로 *Escherichia coli* ATCC 11775 및 *Salmonella enteritidis* ATCC 13076을 사용하였다. 항균력은 paper disc (Advantec Toyo Roshi Kaishi, Ltd., Tokyo, Japan)법으로 측정하였으며(42), 배지는 DifcoTM nutrient broth 및 agar (Becton, D Kkison & CO.,

Sparks, MD, USA)를, 도말균수는 10⁷ cells/mL, 시료의 농도는 100 μ g/disc로 하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복으로 행하여 평균치와 표준편차로 나타내었고, 유의성 검증은 version 12의 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package program을 이용하여 Duncan's multiple range test 및 t-test를 행하였다.

결과 및 고찰

색소함량

30°C에서 15일간 배양하여 얻은 *M. pilosus* 균사체와 균사체를 제거시킨 여액을 동결건조 하였을 때의 수율과 색소 함량을 시판 홍국미와 비교한 결과는 Table 3과 같다. 수율은 MEM (mycelial ethanolic extracts of *M. pilosus*), CFM (culture filtrate of *M. pilosus*) 및 EERB (ethanol extracts of rice beni-koji) 각각 4.02%, 3.35% 및 2.46%이었다. 색소 함량(OD₅₀₀)은 MEM(0.79)이 CFM(0.63)보다 25.40% 높았으나 EERB(0.87) 보다는 낮았다. L*, a*, b* 및 H_o 값은 색소함량의 결과와 거의 일치하였다. *Monascus*속 미생물이 생성하는 색소성분은 황색계열의 monascin, ankaflavin과 등색계열의 monascorubin, rubropunctatin 및 적색계열의 monascorubramine, rubropunktamine 등이 알려져 있다(4). Yoon 등(43)은 *M. pilosus*를 Mizutani 배지에서의 색소 생성량(OD₅₀₀)은 평균 0.6이라 보고하였으며 본 실험과 유사하였다. 색소성분의 조성과 함량은 배양조건에 따라 달라지며 이에 따라 나타나는 색상도 차이를 나타내는 것으로 알려져 있으며(44), *M. pilosus*는 주로 pink계열의 색소를 생성하는 것으로 알려져 있다(45).

Table 3. Color and pigment content of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate

Measurements	MEM ¹⁾	CFM ²⁾	EERB ³⁾
Yields(% , dry basis)	4.02±0.04 ^{4),a5)}	3.35±0.03 ^b	2.46±0.04 ^c
Pigment content(OD ₅₀₀)	0.79±0.03 ^a	0.63±0.02 ^b	0.87±0.03 ^c
Color			
L*	41.14±0.90 ^b	52.67±1.02 ^a	29.25±1.05 ^c
a*	6.91±0.02 ^b	6.17±0.14 ^c	11.34±0.15 ^a
b*	8.86±0.02 ^b	13.97±0.39 ^a	5.56±0.22 ^c
H ^o	46.10±0.20 ^b	59.70±0.46 ^a	31.30±0.23 ^c

¹⁻³⁾Abbreviations: MEM, mycelial ethanol extracts of *M. pilosus*, CFM, culture filtrate of *M. pilosus*, EERB, ethanol extracts of rice beni-koji.

⁴⁾Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations.

⁵⁾Different superscripts within a row (a-c) indicate significantly different at $p < 0.05$.

Monacolin K 및 citrinin 함량

MEM, CFM 및 EERB의 monacolin K 및 citrinin 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같으며 이들의 HPLC chromatogram은 Fig. 2, 3과 같다. 활성형 monacolin K와 비활성형 monacolin K의 Rt는 각각 19분 및 21분대에 나타났으며 (Fig. 2), citrinin의 Rt는 14분대에 나타났다(Fig. 3). 활성형과 비활성형을 합한 total monacolin K의 함량은 MEM이 24.91 mg%로 CFM의 1.27 mg%에 비하여 19.6배가 높았으며 EERB보다는 1.7배 높았다. 그러나 활성형의 함량은 EERB 5.48 mg%, MEM 3.35 mg%, CFM 0.40 mg%로 EERB가 MEM보다 높았으며, 비활성형의 함량은 MEM이 EERB에 비하여 2.3배가 높았으나 CFM에서는 현저히 낮았다. Citrinin은 MEM, CFM, EERB 모두에서 검출되지 않았다.

Monacolin K는 활성형인 acid form과 비활성형인 lactone form이 존재하며 홍국에는 이 두가지 형태가 모두 존재한다(46). 비활성의 lactone form은 체내효소에 의해 활성형으로 전환되어 cholesterol 생합성에 관여하는 HMG Co-A reductase를 길항적으로 저해한다(47).

Table 4. Monacolin K and citrinin contents of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate

	mg%(dry basis)		
Measurements	MEM ¹⁾	CFM ²⁾	EERB ³⁾
Monacolin K	24.91±2.12 ^{4),a5)}	1.27±0.92 ^c	15.03±1.03 ^b
Acid form	3.35±0.88 ^b	0.40±0.07 ^c	5.48±0.67 ^a
Lactone form	21.56±1.87 ^a	0.87±0.15 ^c	9.56±0.73 ^b
Citrinin	-	-	-

¹⁻³⁾ Abbreviations: See Table 3.

⁴⁾ Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations.

⁵⁾ Different superscripts within a row(a-c) indicate significantly different at *p*<0.05.

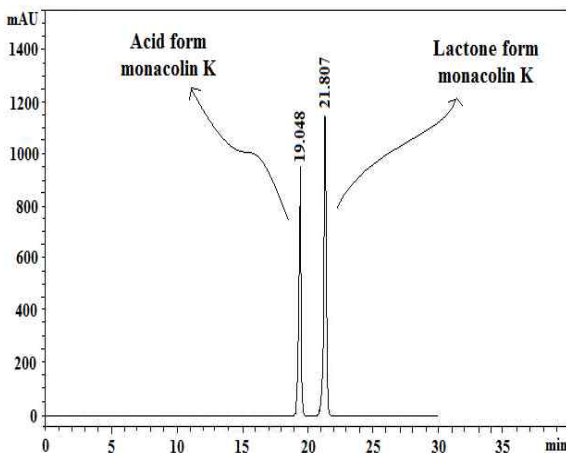


Fig. 2. HPLC chromatograms of standard monacolin K(acid and lactone form).

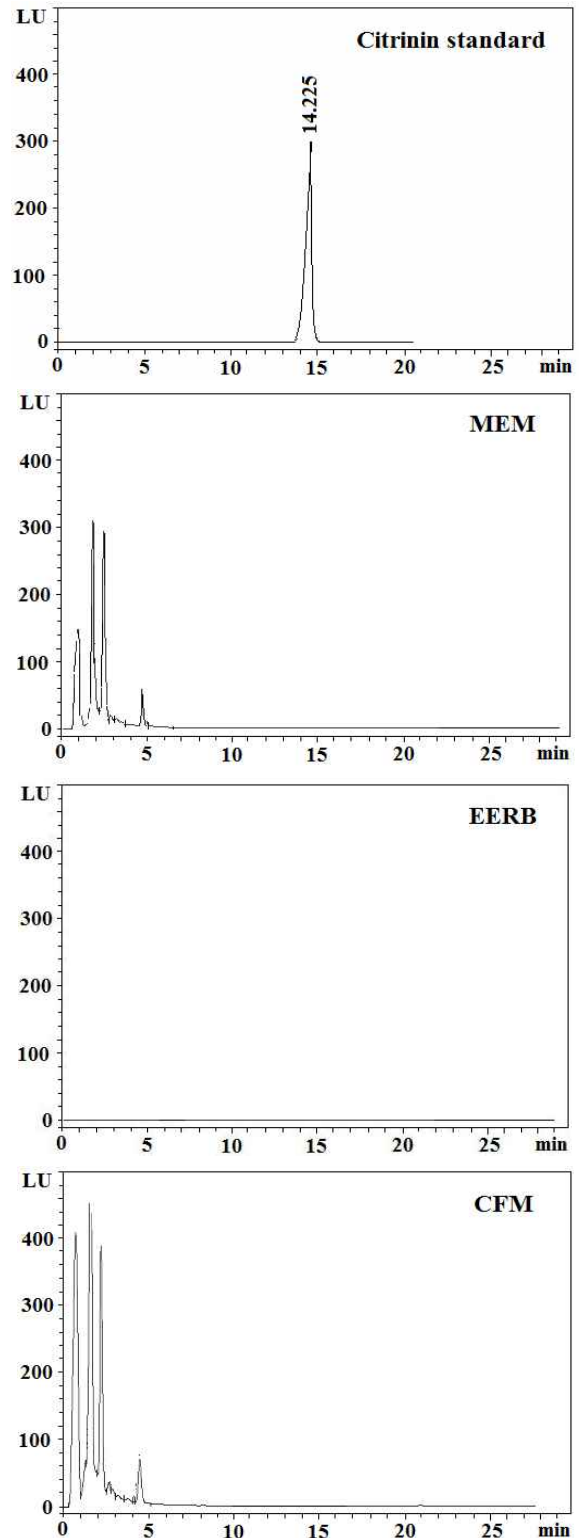


Fig. 3. HPLC chromatograms of citrinin in the MEM, CFM and EERB extracts.

폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화능

MEM, CFM 및 EERB의 total polyphenol (TP), total flavonoid (TF) 함량 및 총 항산화능을 조사한 결과는 Table

5와 같다. TP 함량은 MEM 4.68%(w/w), CFM 4.29%(w/w)로 유사하였으나 EERB는 3.70%(w/w)으로 CFM 및 MEM보다 15.95~26.49%가 낮았다. TF 함량은 EERB (4.46%, w/w)가 MEM (0.64%, w/w) 및 CFM (0.66%, w/w)보다 현저히 높았다. 총 항산화능은 CFM (3.51%, w/w)이 MEM (2.74%, w/w) 및 EERB (1.69%, w/w)에 비하여 1.6~2.1배가 높았다.

페놀성 화합물은 그 함량이 높을수록 항산화 활성이 높으며(48), 항콜레스테롤 작용, 정장작용, 항암 및 항산화 작용 등의 생리적 효과도 높아지는 것으로 알려져 있다(49). Flavonoids는 식물체에 널리 존재하는 물질로 다양한 구조를 가질 뿐 아니라 용해도와 항산화능에 차이를 나타낸다(50).

Table 5. Total polyphenol and flavonoid contents, and total antioxidant capacity in ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate

	(%, w/w)			
Measurements	MEM ¹⁾	CFM ²⁾	EERB ³⁾	BHT ⁴⁾
Total polyphenol	4.68±0.08 ^{5),6)}	4.29±0.08 ^c	3.70±0.07 ^d	24.34±0.19 ^{a,5)}
Total flavonoid	0.64±0.03 ^b	0.66±0.03 ^b	4.46±0.10 ^a	0.18±0.03 ^c
Total antioxidant capacity	2.74±0.06 ^c	3.51±0.02 ^b	1.69±0.03 ^d	5.06±0.2 ^a

¹⁻³⁾ Abbreviations: See Table 3. ⁴⁾ BHT; butylated hydroxytoluene.

⁵⁾ Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations.

⁶⁾ Different superscripts within a row(a-d) indicate significantly different at $p < 0.05$.

전자공여능 및 환원력

MEM, CFM 및 EERB의 전자공여능 및 환원력을 표준품으로 사용한 BHT (butylated hydroxytoluene)와 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. 모두 농도가 증가함에 따라 비례적인 증가를 나타내었다. 10 mg%의 낮은 농도에서는 2.0~3.7%를 나타내었으며 1000 mg%에서는 MEM 72.25%, CFM 86.20%, BHT 79.17%, EERB 44.82%로 CFM에서 가장 높았으며 MEM은 BHT와 유사하였고 EERB에서 가장 낮았다. 1000 mg%에서의 환원력(OD₇₀₀)은 MEM 2.4, CFM 2.1, EERB는 1.6, BHT 1.1로 MEM과 CFM이 EERB 및 BHT보다 높은 활성을 나타내었다.

전자공여능은 체내에서 활성라디칼에 의한 산화를 막는 항산화 활성의 지표로 활용되고 있으며(51) phenolic acid, flavonoidse 등 phenolic 물질에 대한 항산화작용의 지표로도 활용되고 있으며(52), 환원력이 클수록 전자공여능도 높아지는 것으로 알려져 있다(53). Osawa (54)는 phenolic 물질은 항산화능을 포함한 다양한 생리적 효능을 나타내며 이는 주로 환원력에 의한 효과라고 하였다. 또 Holasova 등(55)은 phenolic 물질의 함량이 높을수록 항산화력이 증가한다고 하였다. 따라서 *M. pilosus* 균사체와 그 배양여액의 전자공여능과 환원력이 홍국미 또는 BHT와 대등하거나

높은 현상은 이들의 생리적 기능성이 항산화력에 의한 효과임을 시사한다.

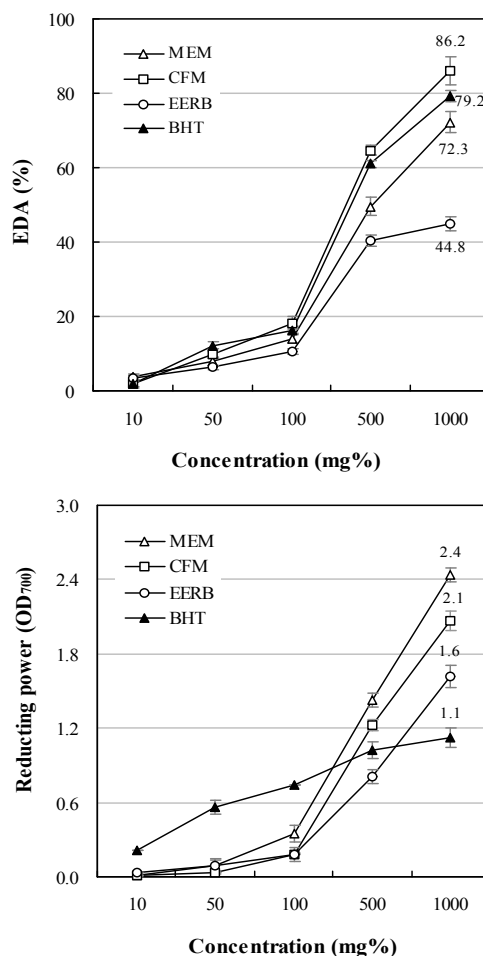


Fig. 4. Electron donating ability (EDA) and reducing power of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate.

Abbreviations: See Table 3, BHT; butylated hydroxytoluene. Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations.

SOD 유사활성 및 아질산염 소거능

MEM, CFM, EERB 및 BHT의 SOD 유사활성 및 아질산염 소거능을 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. MEM 및 CFM의 SOD 유사활성 및 아질산염소거활성은 모두 농도증가에 비례하여 활성이 증가 되었으며 1000 mg%에서의 SOD 유사활성은 MEM (39.85%) > BHT (37.68%) > EERB (26.70%) > CFM (21.35%) 순으로 MEM은 BHT보다 다소 높은 활성을 나타내었다. 1000 mg%에서의 아질산염소거능은 CFM (79.42%) > EERB (74.37%) > MEM (62.78%) > BHT (48.46%) 순으로 MEM, CFM 및 EERB 모두가 BHT보다 높은 활성을 나타내었다.

SOD는 항산화계 효소로 세포내 활성산소종을 H₂O₂로 전환시키며, 생성된 H₂O₂는 peroxidase나 catalase에 의해 물과 산소로 분해된다(56). SOD 유사물질은 효소는 아니나

저분자 phytochemicals로 SOD와 유사한 역할을 함으로서 superoxide의 산화반응을 억제하여 생체를 보호하는 역할을 한다(57). 따라서 SOD 유사활성을 갖는 물질은 체내에서 superoxide를 제거함으로써 노화억제와 함께 산화적 장애를 방어한다(58). 한편, nitrite 및 nitrite로 전환이 가능한 nitrate는 amine류와 반응하여 발암물질인 N-nitrosamine을 생성한다(59). 따라서 아질산염소거능은 항암작용을 간접적으로 알 수 있는 하나의 지표로 이용된다.

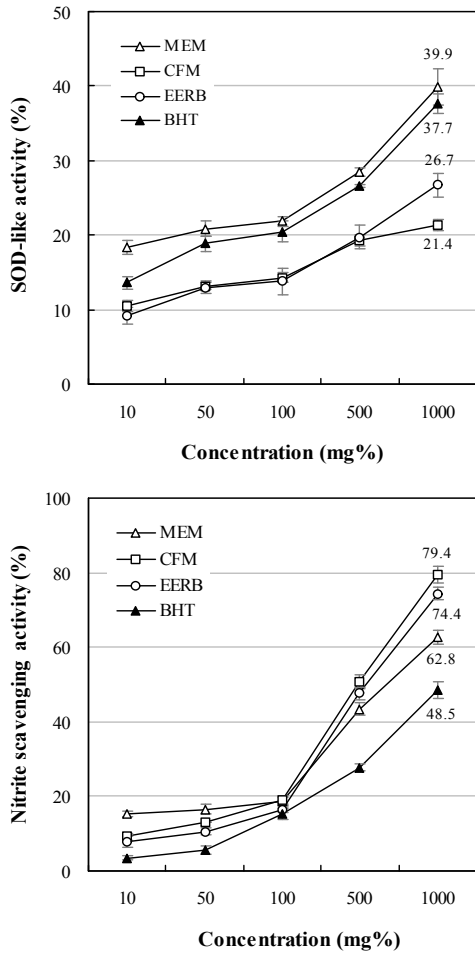


Fig. 5. Superoxide dismutase (SOD) like and nitrite scavenging activities of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate.

Abbreviations: See Table 3, BHT; butylated hydroxytoluene. Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations.

지질과산화 억제효과

MEM, CFM, EERP, BHT가 불포화지방산이 많이 함유된 fish oil 및 linoleic acid의 과산화를 억제하는 정도 (TBARS%)를 측정 한 결과(Fig. 6), MEM은 fish oil과 linoleic acid 모두에서 BHT보다는 다소 낮은 값을 보였으나 CFM과 EERB보다는 높은 값을 나타내었다.

생체막이나 식품에 존재하는 불포화지방산은 활성산소,

금속이온, 효소 등에 의하여 급속히 산화되어 과산화물을 생성하며, 쉽게 분해되어 aldehyde, ketone, lactone 등 다양한 독성물질을 생성한다(60). TBARS는 지질과산화물의 분해로 생성된 aldehyde의 생성도를 나타내는 지표로 수치가 높을수록 과산화물의 생성도가 낮음을 의미한다(61). 따라서 상기의 결과는 *M. pilosus* 균사체 추출물과 그 배양여액이 지방산의 산화를 억제함으로써 산화적 스트레스로 인한 세포 조직의 손상을 경감하거나 식품의 보존성 증진에 효과가 있음을 나타낸다.

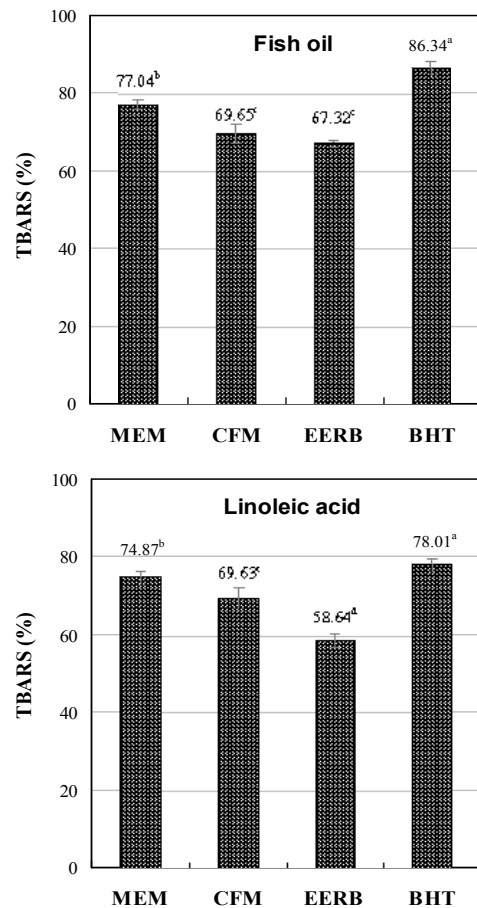


Fig. 6. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate (1%, dry basis).

Abbreviations: See Table 3, BHT; butylated hydroxytoluene. Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations. Different superscripts in the figure(a-d) indicate significant differences ($p < 0.05$).

항균성

MEM, CFM 및 EERB가 gram positive 및 gram negative 균주에 대한 항균성을 조사한 결과는 Table 6, Fig. 7과 같다. *B. brevis*와 *E. coli*에 대한 항균성은 CFM이 MEM보다 다소 높았으나 *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. enteritidis*에 대한 항균성은 MEM이 CFM보다 높은 경향을 보였다. 그러나 이들의 항균성은 EERB보다

낮았으며, EERB는 *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli*에 대한 clear zone이 BHT보다 현저하였다.

Ryu 등(62) 및 Mah와 Hwang (63)은 홍국미 추출물이 *B. subtilis*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *E. aerogenes*에 대하여 항균활성이 있다고 하였으며, Nozaki 등(64)은 *M. anka*에서 분리한 ankalactone이 *E. coli*와 *B. subtilis*의 생육을 저해한다고 하였다. 또 Martikova 등(65)은 *M. ruber*와 *M. purpureus*의 액침배양액이 항균활성을 나타낸다고 하였다. BHT는 항산화제로 널리 사용되는 인공첨가물로 *S. aureus*, *S. senftenberg*, *L. casei* 및 *C. hungaricus* 등의 미생물에 대한 항균력이 있는 것으로 보고되어 있다(66).

요 약

*M. pilosus*를 액침배양하여 얻은 균사체의 ethanol 추출물(MEM)과 그 배양여액(CFM)의 monacolin K 및 citrinin 함량과 항산화 및 항균활성을 조사하였다. MEM과 CFM 동결 건조 분말의 수율은 4.02% 및 3.35% 이었다. 색소함량(OD₅₀₀)은 MEM (0.79)이 CFM (0.63)보다 25%가 높았으나 시판홍국미 에탄올추출물(EERB) 0.87 보다는 낮았으며 L* 값, a* 값, b* 값 및 hue angle의 결과와 일치하였다. Total monacolin K의 함량은 MEM (24.91 mg%)이 CFM (1.27 mg%) 및 EERB (15.03 mg%)에 비하여 높았으나 활성형

Table 6. Antimicrobial activities of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate on the pathogenic microorganisms

Clear zone (diameter: mm)

Strains	Concentration (100 µg/disc)			
	MEM ¹⁾	CFM ²⁾	EERB ³⁾	BHT ⁴⁾
Gram(+) bacteria				
<i>B. brevis</i>	10.4±0.51 ^{c,5)} (66) ⁶⁾	11.1±1.03 ^{cAB} (70)	13.2±1.04 ^{bC} (84)	15.8±0.29 ^{aB} (100)
<i>B. subtilis</i>	13.2±0.76 ^{cA} (87)	10.8±0.72 ^{bB} (71)	17.8±0.76 ^{aA} (117)	15.2±0.76 ^{bB} (100)
<i>L. monocytogenes</i>	11.1±0.40 ^{bBC} (90)	9.0±0.25 ^{cC} (73)	12.0±0.50 ^{aC} (97)	12.4±0.60 ^{aC} (100)
<i>S. aureus</i>	11.6±0.67 ^{bB} (97)	9.3±0.42 ^{cC} (78)	15.0±0.45 ^{aB} (125)	12.0±0.45 ^{bC} (100)
<i>S. epidermidis</i>	11.9±0.53 ^{abB} (94)	9.5±0.36 ^{bC} (75)	12.2±0.36 ^{aC} (97)	12.6±0.40 ^{aC} (100)
Gram(-) bacteria				
<i>E. coli</i>	11.9±0.75 ^{bB} (92)	12.0±0.55 ^{cA} (92)	14.6±0.40 ^{aB} (112)	13.0±0.45 ^{bC} (100)
<i>S. enteritidis</i>	14.0±0.60 ^{cA} (65)	9.1±0.56 ^{dC} (42)	17.2±0.53 ^{bA} (80)	21.6±1.25 ^{aA} (100)

¹⁻⁴⁾ Abbreviations: See Table 3, BHT; butylated hydroxytoluene.

⁵⁾ Values are mean ± standard deviations of triplicate determinations. Different superscripts within a row(a-d) and column(A-C) indicate significantly different at $p < 0.05$.

⁶⁾ Parenthesis denote percent of BHT.

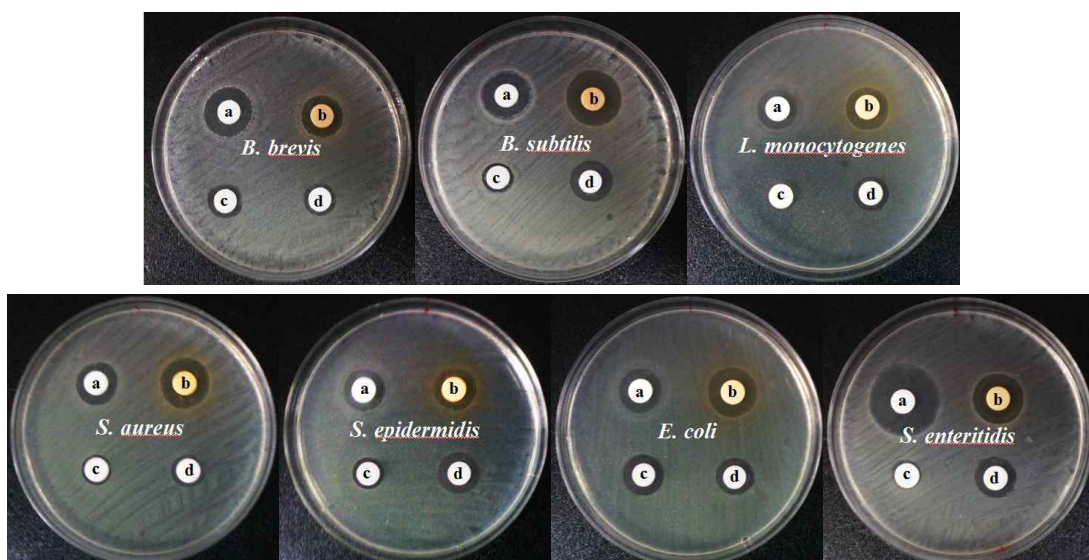


Fig. 7. Clear zone of ethanol extracts of *M. pilosus* mycelial and its culture filtrate against various microorganisms.

Abbreviations: a, butyl hydroxy toluene; b, ethanol extracts of rice beni-koji; c, culture filtrate of *M. pilosus*; d, mycelial ethanol extracts of *M. pilosus*.

monacolin K의 함량은 EERB (5.48 mg%), MEM (3.35 mg%), CFM (0.40 mg%)으로 EERB가 높았다. Citrinin은 모든 시료에서 검출되지 않았다. Total polyphenol 함량은 MEM (4.68%, w/w), CFM (4.29%, w/w), EERB (3.70%, w/w)로 MEM과 CFM에서 높았다. 그러나 total flavonoid 함량은 EERB(4.46%, w/w), MEM(0.64%, w/w), CFM (0.66%, w/w)으로 EERB에서 높았다. 총 항산화능은 CFM이 3.51%(w/w)로 MEM (2.74%, w/w) 및 EERB (1.69%, w/w)보다 높았다. 1%에서의 전자공여능은 MEM (72.25%), CFM (86.20%), BHT (72.25%), EERB (44.82%)로 MEM과 CFM이 BHT보다 높거나 유사하였으며, 환원력도 비슷한 결과를 나타내었다. SOD 유사활성은 MEM (39.85%) > BHT (37.68%) > EERB (26.70%) > CFM (21.35%)순이었으며 아질산염소거능은 CFM (79.42%) > EERB (74.37%) > MEM (62.78%) > BHT (48.46%) 이었다. TBARS(%)는 MEM이 BHT보다 다소 낮았으나 CFM과 EERB보다 높았다. *B. brevis*와 *E. coli*에 대한 항균성은 CFM이 MEM보다 높았으며 *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. enteritidis*에 대한 항균성은 MEM이 CFM보다 높았으나 EERB 및 BHT 경우보다는 낮았다.

참고문헌

- Palo MA, Vidal-Adeva L, Maceda L. (1961) A study on ang-kak and its production. Philippines J. Sci., 89, 1-22
- Juzlova P, Martinkova L, Kren V. (1996) Secondary metabolites of the fungus *Monascus*: a review. J. Ind. Microbiol., 16, 163-170
- Endo A. (1980) Monacolin K, a new hypocholesterolemic agent that specifically inhibits 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase. J. Antibiot., 33, 334-336
- Par MZ, Yoon EK, Kim SD. (2002) Stability of pigment produced by *Monascus pilosus*. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 541-545
- Kim EY, Rhyu MR. (2008) Antimicrobial activities of *Monascus koji* extracts. Korean J. Food Sci. Technol., 40, 76-81
- Kang MR, Kim JY, Hyun YJ, Kim HJ, Yeo HY, Song YD, Lee JH. (2008) The effect of red-yeast-rice supplement on serum lipid profile and glucose control in subjects with impaired fasting glucose or impaired glucose tolerance. Korean J. Nutr., 41, 31-40
- Kiyoshi I, Yoshio M, Keisuke T, Nobukazu T, Sjiocjo T, Sjiopi A, Makoto T. (1995) Effect of beni-koji extracts on blood pressure in primary hypertensive volunteers. Jpn. J. Nutr., 53, 263-271
- Yasukawa K, Takahashi M, Yamanouchi S, Takido M. (1996) Inhibitory effect of oral administration of *Monascus* pigment on tumor promotion in two-stage carcinogenesis in mouse skin. Oncol., 53, 247-249
- Izawa S, Harada N, Watanabe T, Yamamoto A, Hayatsu H, Arimoto-Kobayashi S. (1997) Inhibitory effects of food-coloring agents derived from *Monascus* on the mutagenicity of heterocyclic amines. J. Agric. Food Chem., 45, 3980-3984
- Watanabe T, Mazumder TK, Yamamoto A, Nagai S, Arimoto-Kobayashi S, Hayatsu H, Terabe S. (1999) A simple and rapid method for analyzing the *Monascus* pigment-mediated degradation of mutagenic 3-hydroxyamino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b]indole by in-capillary micellar electrokinetic chromatography. Mutat. Res., 444, 75-83
- Inoue K, Shirai T, Ochiai H, Kasao M, Hayakawa K, Kimura M. (2003) Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing γ -aminobutyric acid in mild hypertensives. Eur. J. Clin. Nutr., 57, 490-495
- Kim CS, Rhee SH, Kim SH. (1977) Studies on production and characteristics of edible red color pigment produced by moli (*Monascus* sp.). Korean J. Food Sci. Technol., 9, 277-283
- Lin CF, Hzuka H. (1982) Production of extracellular pigment by a mutant of *Monascus kaoliang* sp. nov. Apv. Environ. Microbiol., 43, 671-676
- Wang SF, Holliwel B, Richimond R, Skoweroneck WR. (1981) The role of superoxide and hydroxyl radicals in the degradation of hyaluronic acid induced by metal ions and ascorbic acid. J. Inorg. Biochem., 14, 127-134
- Eizyro N. (1932) Pigment of *Monascus purpureus* Went(Part 1). J. Agric. Chem. Soc. Japan, 8, 1007-1015
- Yoshimura MS, Yamanaka K, Mitsugi K, Hirose Y. (1975) Production of *Monascus* pigment in a submerged culture. Agric. Biol. Chem., 39, 1789-1795
- Broder CU, Koehler PE. (1980) Pigments produced by *M. purpureus* with regard to quality and quantity. J. Food Sci., 45, 567-569
- Su YC. (1983) Fermentative production of anka pigments. Korea J. Appl. Microbial. Bioeng., 11, 325-337
- Ju JY, Nam HW, Yoon JC, Shin CS. (1994) Extractive fermentation of red pigment using *Monascus* sp, J101. Korea J. Appl. Microbial. Biotechnol., 22, 85-91
- Hiroi T, Shima T, Isobe A, Kimura S. (1975) Studies on the structure of two pigment obtained from *Monascus* sp. J. Jpn. Soc. Food Nutr., 28, 497-502

21. Lin CF, Suen SJT. (1973) Isolation of hyperpigment productive mutants of *Monascus* sp. F-2. J. Ferment. Technol., 51, 757-759
22. Tsukioka MT, Suzuki HT, Kono T. (1986) Pigment production by mutants of *Monascus anka* (Studies on alcoholic beverage production using genus *Monascus*, Part I. Nippon Nogeikagaku Kaishi, 60, 451-455
23. Choi CS, Jeon CP, Lee JB, Lee OS, Rhee C.H, Kwon GS. (2006) Optimal culture conditions for production of yellow pigments from *Monascus purpureus* in liquid culture. Korean J. Food Preserv., 13, 192-197
24. Su YC, Wang JJ, Lin TT, Pan TM. (2003) Production of the secondary metabolites γ -aminobutyric acid and monacolin K by *Monascus*. J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 30, 41-46
25. Blanc PJ, Loret MO, Goma G. (1995) Production of citrinin by various species of *Monascus*. Biotech. Lett., 17, 291-294
26. Martikova L, Juzlova P, Vesely D. (1995) Biological activity of polypeptide pigments produced by the fungus *Monascus*. J. Appl. Bacteriol., 79, 609-616
27. Fink-Gremmels J, Dresel J, Leistner L. (1991) Use of *Monascus* extracts as an alternative to nitrite in eat products. Fleischwirtsch, 71, 329-331
28. Park MZ. (2001) Study on soy sauce preparation fermented by *Monascus pilosus* KCCM 60084. Dept. of Food Sci. and Technol. The Graduate School in Catholic University of Daegu, Kyungsan, Korea
29. Ryu BH, Ahn MK, Park JO. (1995) Production of cholesterol inhibitor, monacolin produced from *Monascus pilosus* M015. J. Korean Soc. Food Nutr., 24, 92-97
30. Youn UK, Kim YH, Kim SD. (2003) Pigment and monacolin K content of beni-koji fermented with soybean curd residue. Korean J. Food Preserv., 10, 360-364
31. Kang SG, Jung ST. (1995) Pigment production and color difference of liquid Beni-koji under submerged cultural conditions. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 23, 472-478
32. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agric. Food Chem., 50, 3010-3014
33. Prieto P, Pineda M, Aguilar M. (1999) Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Anal. Biochem., 269, 337-341
34. Roman K, Vladimir K. (1993) Determination of Lovastatin (mevinolin) and mevinolinic acid in fermentation liquids. J. Chromatogr., 630, 415-417
35. Reinhard H, Zimmerli B. (1999) Reversed-phase liquid chromatographic behavior of the mycotoxins citrinin and ochratoxin A. J. Chromatogr., 862, 147-159
36. Blois MS. (1958) Antioxidant determinations by the use of stable free radical. Nature., 181, 1199-1120
37. Saeedeh AD, Asna U. (2007) Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry(*Morus indica* L.) leaves. Food Chem., 102, 1233-1240
38. Marklund S, Marklund G. (1974) Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. Eur. J. Biol. Chem., 47, 468-474
39. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. Agric. Biol. Chem., 51, 1333-1338
40. Kim DS, Ahn BW, Yeum DM, Lee DW, Kim ST, Park YH. (1987) Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components. Bull. Korean Fish. Soc., 20, 463-468
41. Buege JA, Aust SD. (1978) Microsomal lipid peroxidation. Meth. Enzymol., 52, 302-310
42. Conner DE, Beuchat LR. (1984) Sensitivity of heat-stressed yeasts to essential oils of plants. Appl. Environ. Microbiol., 47, 229-233
43. Yoon EK, Kim MJ, Kim SD. (2002) Growth and pigment formation of genus *Monascus* on medium compositions. Korean J. Food Preserv., 9, 425-428
44. Fosell ADG, Robertson A, Whelley WB. (1956) Monascorubramine. J. Chem. Soc. Spec. Publ., 5, 27-34
45. Endo A. (1985) Trends in *Monascus* koji and *Monascus* strains. Hako To Kogyo, 43, 544-552
46. Juzlova P, Martinkova L, Kren V. (1996) Secondary metabolites of the fungus *Monascus*. A review. J. Ind. Microbiol., 16, 16-170
47. Manzoni M, Rollini M. (2002) Biosynthesis and biotechnological production of statins by filamentous fungi and application of these cholesterol-lowering drugs. Appl. Microbiol. Biotechnol., 58, 555-564
48. Duval B, Shetty K. (2001) The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. J. Food Biochem., 25, 361-377
49. Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS. (2005) Total polyphenol contents and antioxidant activities of

- methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. Korean J. Food Sci. Technol., 37, 233-240
50. Middleton EJ, Kandaswami C. (1994) Potential health promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol., 48, 115-119
 51. Choi CH, Song ES, Kim SJ, Kang MH. (2003) Antioxidative activities of *Castanea crenata* Flos. methanol extracts. Korean J. Food Sci. Technol., 35, 1216-1220
 52. Torel J, Gillard J, Gillard P. (1986) Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical. Phytochem., 25, 383-385
 53. Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. (1995) Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. Korean J. Food Sci. Technol., 27, 978-984
 54. Osawa T. (1994) Novel natural antioxidant for utilization in food and biological system. In *Postharvest Biochemistry of Plant Food Material in the Tropics*. Uritani I, Garcia VV, Mendoza EM, eds. Japan Scientific Societies Press, Tokyo, Japan. p. 241-251
 55. Holasova M, Fiedlerova V, Smrcinova H, Orsak M, Lachman J, Vavreinova S. (2002) Buckwheat the source of antioxidant activity in functional foods. Food Res. Int., 35, 207-211
 56. Im MJ, Manson PN, Bulkley GB, Hoopes JE. (1985) Effects of superoxide dismutase and allopurinol in survival of acute island skin flaps. Ann. Surg., 201, 357-359
 57. Kitani K, Minami C, Amamoto T, Kanai S, Ivy GO, Carrillo MC. (2002) Pharmacological interventions in aging and age-associated disorders: potentials of propargylamines for human use. Ann. NY Acad. Sci., 959, 295-307
 58. Shin SR, Hong JY, Nam HS, Yoon KY, Kim KS. (2006) Anti-oxidative effects of extracts of korean herbal materials. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 35, 187-191
 59. Na GM, Han HS, Ye SH, Kim HK. (2004) Physiological activity of medicinal plant extracts. Korean J. Food Preserv., 11, 388-393
 60. Hur SJ, Ye BW, Lee JL, Ha YL, Park GB, Joo ST. (2004) Effect of conjugated linoleic acid on color and lipid oxidation of beef patties during cold storage. Meat Sci., 66, 771-775
 61. Chung JH, Ho JS, Moon CK. (1990) Direct interaction of streptozotocin with TBA(thiobarbituric acid) in lipid peroxidation analysis. Korean J. Food Hyg., 5, 237-242
 62. Ryu CS, Kim YB, Hwang HJ. (1995) Antimicrobial effect of *Monascus* strain isolated from An-Khak. J. Food Hyg. Safety, 10, 271-277
 63. Mah JH, Hwang HJ. (1996) Screening of *Monascus* strain for antimicrobial activity and effect of change of nutrition and incubation conditions on antimicrobial activity. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 25, 1080-1086
 64. Nozaki H, Date S, Kondo H, Kiyohara H, Takaoka D, Tada T, Nakayama M. (1991) Ankalactone, a new α,β -unsaturated γ -lactone from *Monascus anka*. Agric. Biol. Chem., 55, 899-900
 65. Martikova L, Juzlova P, Vesely D. (1995) Biological activity of polypeptide pigments produced by the fungus *Monascus*. J. Appl. Bacteriol., 68, 307-318
 66. Lim CM, Kyung KH, Yoo YJ. (1987) Antimicrobial effects of butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT). Korean J. Food Sci. Technol., 19, 54-60

(접수 2010년 4월 8일, 수정 2010년 9월 7일 채택 2010년 9월 10일)