

곤충병원성진균의 총 페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능

이기만 · 남성희* · 송하석 · 여주홍 · 이광길 · 배운환¹

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부, ¹대전대학교 자연과학대학 생명과학과

Total Phenol Contents and DPPH Radical Scavenging Activity of Entomopathogenic Fungi

Ki-Man Lee, Sung-Hee Nam*, Ha-Suk Song, Joo-Hong Yeo, Kwang-Gill Lee and Yoon-Hwan Bae¹

Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707; ¹Department of Life Science, College of Natural Sciences, Daejin University, Pocheon 487-711, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the total phenol contents, antioxidative activities and antibacterial activities of twenty species of entomopathogenic fungi. The total phenol content was highest in *Aspergillus flavus* (553.0±52.15 µg/g) and *A. parasiticus* (529.9±60.10 µg/g). On the other hand those in other strains were within the range of 26.6~121.9 µg/g. The antioxidative activity was shown in the most of strains and the highest DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging activity was observed in *A. flavus* (90.9±2.90%) and *A. parasiticus* (77.9±4.13%). This result indicated that the antioxidative activities were very correlated with the total phenol contents. The antibacterial activity was found in the every tested pathogenic bacteria. Especially, the antibacterial activity was strongest against *Listeria monocytogenes* and *Escherchia coli*.

KEY WORDS : Entomopathogenic fungi, Total phenol contents, Antioxidative activities, DPPH, Antibacterial activities

초 록 : 곤충병원성진균 20종의 총 페놀 함량, 항산화활성 및 항균활성간의 관계를 조사하기 위해 본 실험을 수행하였다. 총 페놀 함량은 *Aspergillus flavus*에서 553.0±52.15 µg/g, *A. parasiticus*에서 529.9±60.10 µg/g으로 가장 높게 나타났으며, 다른 균주는 26.6~121.9 µg/g으로 나타났다. DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거능은 대부분의 균주에서 나타났으며 다른 균주에 비하여 *A. flavus*와 *A. parasiticus*에서는 각각 90.9±2.90%와 77.9±4.13%로 높게 나타나 항산화활성과 총 페놀 함량 간 높은 연관성이 나타났다. 항균활성은 모든 식중독균에 대하여 나타났으며 *Listeria monocytogenes*와 *Escherchia coli*에 대하여 특히 강하였다.

검색어 : 곤충병원성진균, 총 페놀 함량, 항산화활성, DPPH, 항균활성

최근 경제가 성장함에 따라 천연가치자원이 부각되어 천연생리활성물질의 기능성에 대한 관심이 증가하고 있으며 특히, 항산화활성에 관한 연구가 활발히 진행

중이다(Konyahoglu *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2006; Jang *et al.*, 2008). 천연물질은 산화를 방지하는 물질을 여러 가지 함유하고 있는데 그 중에서도 항산화활성을 대표

*Corresponding author. E-mail: creative716@korea.kr

하는 물질은 페놀성 물질로 보고되고 있다(Kitahara *et al.*, 1992; Lee *et al.*, 1997; Konyahoglu *et al.*, 2005). 페놀성 물질은 식품 속 2차 대사산물로서 다양한 구조를 가지며, 크게 3가지 그룹으로 나뉘는데 phenolic acid 및 coumarin류(C₆-C₁, C₆-C₃), flavonoid류(C₆-C₃-C₆) 그리고 탄닌류(hydrolyzable & condensed tannins)가 이에 속한다(Lee & Lee, 1994). 이들은 항균, 항알레르기, 항암, 충치 예방, 심장 질환 및 당뇨병 예방에 효과가 있으며 연쇄반응 과정에서 alkyl radical이나 alkylperoxy radical에 수소를 공여하여 radical을 제거시킴으로써 산화를 억제한다(Lee *et al.*, 2006).

천연가치자원 중 동충하초(冬蟲下草)를 포함하는 곤충병원성진균(Entomopathogenic fungi)은 기주인 곤충의 외피에 곰팡이의 분생포자가 부착되어 발아한 후 외피를 관통하여 곤충의 내부에서 증식하여 곤충(기주)을 죽이는 균을 말한다(Shah and Pell, 2003). 세계적으로 100여 속에 800여 종이 알려져 있으며 문헌에 기록된 종은 300여 종으로 많은 연구들이 활발히 진행 중이다(Kuo *et al.*, 1994; Zhu *et al.*, 1998; Shim *et al.*, 2000; Shih *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2008). 고대 중국에서는 *C. sinensis*를 한방에서 불로장생의 비약으로 이용되었는데 면역증강 및 부신흔호르몬 분비 촉진효과가 있

다고 보고되고 있다(Zhu *et al.*, 1998). 또한 동충하초의 성분인 Cordycepin은 항암효과가 있다고 보고가 되며(Kuo *et al.*, 1994) 국내에서도 Shim *et al.* (2000)은 *P. japonica*의 혈당강하 및 항피로 효과를 보고하는 등 그 효능이 매우 다양한 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 동충하초 13종을 중심으로 일반 곤충병원성진균 7종 등 곤충병원성진균 총 20종을 천연생리활성물질로서의 이용 가능성에 대하여 알아보고자 총 페놀 함량과 항산화활성을 측정하여 각각의 방법으로 분석된 함량간의 관계를 살펴보았다. 또한 총 페놀 함량과 항균활성과의 연관성 검토를 위하여 식중독균에 대한 항균활성 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시료 조제

본 시험에 사용한 곤충병원성진균 균주는 농촌진흥청 잠사양봉소재과 보존주로 PDA (Potato Dextrose Agar, Difco) 배지에 접종되어 보존되었다. Table 1과 같이 총 20종의 곤충병원성진균 균사 선단 부분을 5 mm cork

Table 1. List of entomopathogenic fungi used for experiment

Category	Scientific name	Isolate No.	Korean name
Division Ascomycota	<i>Cordyceps bifusispora</i>	J114	번데기황색다발동충하초
	<i>Cordyceps isarioides</i>	J121	나방동충하초
	<i>Cordyceps militaris</i>	J233	번데기동충하초
	<i>Cordyceps nutans</i>	J11	노린재동충하초
	<i>Cordyceps pruinosa</i>	J9	붉은자루동충하초
	<i>Cordyceps scarabiaeicola</i>	J123	풍뎅이동충하초
	<i>Cordyceps sinensis</i>	J85	동충하초
	<i>Cordyceps sphecocephala</i>	J201	벌동충하초
Division Deuteromycota	<i>Ascospaera apis</i>	A017	백목병균
	<i>Aspergillus flavus</i>	J66	석고병균
	<i>Aspergillus parasiticus</i>	J64	군음병균
	<i>Beauveria bassiana</i>	J200	백강균
	<i>Gibellula spp.</i>	J7	거미밤꽃균
	<i>Hirsutella nutans</i>	J22	노린재동충하초뎃붙이
	<i>Hymenostilbe odonatae</i>	J17	잠자리동충하초
	<i>Isaria sinclairii</i>	J16	매미유충눈꽃동충하초
	<i>Metarhizium anisopliae</i>	J88	녹강균
	<i>Paecilomyces farinosus</i>	J5	번데기근봉형눈꽃동충하초
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	J30	적강균
	<i>Paecilomyces tenuipes</i>	J2	눈꽃동충하초

borer를 이용해 균총을 떼어내어 250 ml 삼각플라스크에 100 ml씩 분주된 PDB (Potato Dextrose Broth, Difco) 배지에 균을 접종하고 14일간 진탕 배양(25°C, 150 rpm) 후 멸균된 여과지(Whatman No. 1)에 여과하였다. 여과된 균사체 및 배양액은 동결건조 후 마쇄하여 멸균수에 희석하고 13,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액은 0.2 µm syringe filter (Sartorius)로 여과하였고 4°C 항온기에 보관하며 본 실험에 사용하였다.

총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량 측정에는 Folin-Dennis법을 사용하였다 (Martinez et al., 2005). 10 mg/ml 농도로 희석된 시료 0.1 ml에 0.2 N Folin-Ciocalteu 시약(Sigma) 0.5 ml을 혼합한 후 실온에서 3분간 반응시킨 용액에 10% Na₂CO₃ 포화용액 0.4 ml을 넣어 다시 혼합한 후 1시간 동안 실온에 방치 시켜 700 nm에서 흡광도(O.D)를 측정하였다(Amersham Biosciences, Ultrospec 6300 pro). 측정된 흡광도는 tannic acid와 gallic acid를 이용하여 작성된 표준물질의 검량곡선을 이용하여 각각의 검량선을 작성한 후 총 페놀 함량을 구하였다. 검량곡선은 표준물질인 tannic acid와 gallic acid를 각각 0~250 mg/L 농도가 되도록 증류수에 녹여 위와 같은 방법으로 흡광도를 측정하여 작성하였다.

DPPH radical 소거능 측정

항산화활성 측정은 DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 환원성을 이용하여 그 발색 정도로 측정하였다(Chae et al., 2004). DPPH (Sigma) 30 mg을 50% ethanol 400 ml에 녹인 용액 1 ml에 10 mg/ml 농도로 희석된 시료 0.1 ml을 첨가하여 1분간 실온에 방치하여 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도(O.D)를 측정하였다(Amersham Biosciences, Ultrospec 6300 pro). DPPH radical scavenging activity는 다음과 같이 시료첨가시 흡광도와 시료비첨가시 흡광도의 백분율로 표시하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} \\ = \{1 - (\text{Sample O.D} / \text{Control O.D})\} \times 100$$

항균활성 측정

본 실험에 사용된 세균은 KACC (Korean Agricultural

Culture Collection)에서 분양받은 식중독균으로 *Listeria monocytogenes* KACC 10764, *Staphylococcus aureus* KACC 10768, *Bacillus cereus* KACC 10004를 포함하는 Gram (+) 3종과 *Salmonella enteria* KACC 10763, *Escherchia coli* KACC 10115, *Pseudomonas aeruginosa* KACC 10260, *Shigella boydii* KACC 10792를 포함하는 Gram (-) 4종 등 총 7종을 사용하였다. 항균활성은 paper disc법(Lee et al., 2008)으로 측정하였다. 배양된 세균은 600 nm에서 흡광도(O.D)를 측정(Amersham Biosciences, Ultrospec 6300 pro)하여 균수를 약 10⁶~10⁷ CFUs/ml 정도 되도록 조절한 후 각각의 배지에 100 µl씩 spreader를 이용하여 균일하게 도말하였다. 지름이 8 mm인 paper disc (Advantec)에 40 mg/ml로 희석된 시료 50 µl를 흡수시켜 실온에서 약 1시간 정도 확산시켰다. 확산된 paper disc는 세균이 도말된 배지 표면에 고정시킨 후 28~37°C의 조건에서 24시간 배양하여 paper disc 주위의 inhibition zone 크기로 항균활성을 확인하였다.

통계분석

결과 값의 통계적 처리와 검량곡선의 상관관계수 값은 Microsoft Office Excel 2007 소프트웨어를 사용하여 나타내었다.

결과 및 고찰

총 페놀 함량

*Cordyceps militaris*와 *Paecilomyces tenuipes*의 균사체와 배양액을 이용하여 총 페놀 함량을 측정한 예비실험에서 표준물질 tannic acid를 기준으로 *C. militaris*의 균사체와 배양액의 총 페놀 함량은 각각 41.24 µg/g, 67.24 µg/g이었고 *P. tenuipes*의 균사체와 배양액의 총 페놀 함량은 각각 24.74 µg/g, 26.86 µg/g으로 나타나 균사체에서 보다는 배양액의 총 페놀 함량이 높았다 (Table 2). 따라서 총 페놀 함량 측정을 포함한 DPPH radical 소거능 측정 및 항균활성 측정 등 모든 제반 실험은 곤충병원성진균의 배양액을 대상으로 수행하였다. 총 페놀 함량 측정은 주로 분광광도법에 의존하고 있는데 분석방법에는 Folin-Dennis법, Prussian blue법, Vanillin-HCl법 등이 있다(Whang et al., 2001). 이 중

Table 2. Total phenol contents in parts of *Cordyceps militaris* and *Paecilomyces tenuipes*

Isolates	Part used	Total phenol contents ($\mu\text{g/g}$)	
		Tannic acid	Gallic acid
<i>Cordyceps militaris</i> J233	Mycelia	41.24	34.00
	Culture broth	67.24	55.44
<i>Paecilomyces tenuipes</i> J2	Mycelia	24.74	20.39
	Culture broth	26.86	22.14

Table 3. Total phenol contents of entomopathogenic fungi culture broth by Folin-Denis method

Strains	Total phenol contents ($\mu\text{g/g}$)	
	Tannic acid	Gallic acid
<i>Cordyceps bifusispora</i> J114	121.9 \pm 6.81	100.5 \pm 5.61
<i>Cordyceps isarioides</i> J121	89.5 \pm 2.12	73.8 \pm 1.75
<i>Cordyceps militaris</i> J233	67.2 \pm 0.11	55.4 \pm 0.21
<i>Cordyceps nutans</i> J11	106.6 \pm 4.42	87.9 \pm 3.64
<i>Cordyceps pruinosa</i> J9	66.9 \pm 4.33	55.2 \pm 3.57
<i>Cordyceps scarabiaeicola</i> J123	116.9 \pm 6.89	96.4 \pm 5.69
<i>Cordyceps sinensis</i> J85	63.1 \pm 3.71	52.0 \pm 3.06
<i>Cordyceps sphecocephala</i> J201	26.6 \pm 1.15	21.9 \pm 0.95
<i>Ascospaera apis</i> A017	52.6 \pm 0.44	43.3 \pm 0.36
<i>Aspergillus flavus</i> J66	553.0 \pm 52.15	456.0 \pm 43.01
<i>Aspergillus parasiticus</i> J64	529.9 \pm 60.10	436.9 \pm 49.57
<i>Beauveria bassiana</i> J200	76.5 \pm 1.94	63.1 \pm 1.60
<i>Gibellula spp.</i> J7	66.9 \pm 1.17	55.1 \pm 1.46
<i>Hirsutella nutans</i> J22	52.6 \pm 3.80	43.3 \pm 3.13
<i>Hymenostilbe odonatae</i> J17	90.8 \pm 6.10	74.9 \pm 5.03
<i>Isaria sinclairii</i> J16	39.0 \pm 8.13	32.1 \pm 6.71
<i>Metarhizium anisopliae</i> J88	62.5 \pm 2.12	51.5 \pm 1.75
<i>Paecilomyces farinosus</i> J5	85.0 \pm 5.48	70.1 \pm 4.52
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> J30	77.9 \pm 6.54	64.2 \pm 5.39
<i>Paecilomyces tenuipes</i> J2	26.9 \pm 0.13	22.1 \pm 0.31

총 페놀 함량 측정에 가장 많이 쓰이며 본 실험에 사용된 Folin-Denis법은 페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 방법 (Lee & Lee, 1994)으로 곤충병원성진균 20종의 총 페놀 함량을 Folin-Denis법으로 표준물질인 tannic acid와 gallic acid를 이용하여 분석한 결과는 Table 3과 같다. 다른 균주의 총 페놀 함량이 26.6~121.9 $\mu\text{g/g}$ 인 것에 반해 *A. flavus*와 *A. parasiticus*의 총 페놀 함량이 각각 553.0 \pm 52.15 $\mu\text{g/g}$, 529.9 \pm 60.10 $\mu\text{g/g}$ 으로 비교적 높게 나타났다.

표준물질에 따라 같은 균주 간에도 총 페놀 함량이 차이가 나타났는데 이는 표준물질의 흡광도를 이용하여 결과 값을 측정하였기 때문으로 표준물질 간의 흡광도 차이에 기인하는 것으로 판단된다. Lee & Lee (1994)는 총 페놀 함량은 표준물질 외에도 실험절차, 추출방법 등에 따라 분석치 간의 차이가 크다고 보고하였다. 따라서 곤충병원성진균의 총 페놀 함량 측정을 위한 표준물질 선택 및 정량분석 방법을 연구할 필요성이 있다고 판단된다.

많은 페놀계 물질들은 다양한 생리활성을 가지고 있

기 때문에 기능성 식품의 주요 성분으로 주목받고 있다 (Whang et al., 2001). 또한 Martinez et al. (2005)은 페놀 함량은 pH 등에 영향을 받을 수 있으며 항산화활성과 서로 상관관계가 있다고 보고하였다. 따라서 본 실험 결과는 곤충병원성진균의 성분 분석 및 항산화활성 측정의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

항산화활성

DPPH는 항산화 물질과 반응하게 되면 본래 보라색의 안정된 free radical인 DPPH가 무색으로 변하게 되는데 항산화활성을 비교적 신속하고 간단하게 측정할 수 있다. 곤충병원성진균 20종을 DPPH를 이용하여 항산화활성을 측정한 결과는 Table 4와 같이 나타났다. 본 실험결과 *C. bifusispora*, *C. scarabiaeicola* 그리고 *Gibellula spp.*를 제외한 균주에서 21.8% 이상의 항산화활성을 보여 곤충병원성진균의 천연 항산화제로서의 역할을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 페놀 함량이 가장 높게 나타났던 *A. flavus*와 *A. parasiticus*는 free radical 소거능 또한 가장 높게 나타나 항산화활성과 총 페놀 함량 간에는 Konyahoglu et al. (2005)의 보

고와 같이 높은 연관성이 나타났다.

오래전부터 페놀계 합성 항산화제로 BHA (Butylated Hydroxy Anisole), BHT (Butylated Hydroxy Toluene) 등이 개발되어 사용되었으나 간 비대증이나 발암성을 나타내는 것으로 알려진다. 따라서 이러한 합성 항산화제를 대체하기 위한 천연 항산화제에 대한 연구 필요성이 제기된다. 실험결과 *A. flavus*와 *A. parasiticus*는 Moon & Heo (2007)가 보고한 BHA와 BHT의 항산화활성 79~90%보다 높거나 유사하였으며 이러한 곤충병원성진균의 항산화활성 성분을 이용 시 그 활용도가 매우 높을 것으로 판단된다. 이를 위하여 앞으로 free radical 소거능에 작용하는 곤충병원성진균의 물질에 대한 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

총 페놀 함량과 항균활성의 관계

항균물질의 경우 essential oil, flavonoid 및 tannin을 비롯하여 대부분이 terpenoid계와 phenol성 화합물로 알려져 있다(Lee et al., 2000). 특히 phenol성 물질 중에는 항균작용이 있는 물질이 많으므로 진균, 세균 또는 바이러스 등 병원균의 침입에 대한 방어 작용을 하

Table 4. Antioxidative activities of entomopathogenic fungi culture broth by DPPH method

Strains	Free radical scavenging activity (%)
<i>Cordyceps bifusispora</i> J114	-3.2±7.21
<i>Cordyceps isarioides</i> J121	59.1±1.70
<i>Cordyceps militaris</i> J233	63.5±2.06
<i>Cordyceps nutans</i> J11	38.4±11.11
<i>Cordyceps pruinosa</i> J9	33.3±1.86
<i>Cordyceps scarabiaeicola</i> J123	-3.3±0.64
<i>Cordyceps sinensis</i> J85	48.4±4.26
<i>Cordyceps sphecocephala</i> J201	30.3±9.41
<i>Ascospaera apis</i> A017	36.5±5.83
<i>Aspergillus flavus</i> J66	90.9±2.90
<i>Aspergillus parasiticus</i> J64	77.9±4.13
<i>Beauveria bassiana</i> J200	52.1±4.95
<i>Gibellula spp.</i> J7	-12.3±16.03
<i>Hirsutella nutans</i> J22	56.1±4.64
<i>Hymenostilbe odonatae</i> J17	44.9±3.26
<i>Isaria sinclairii</i> J16	42.6±7.19
<i>Metarhizium anisopliae</i> J88	49.8±4.27
<i>Paecilomyces farinosus</i> J5	21.8±9.72
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> J30	48.9±4.27
<i>Paecilomyces tenuipes</i> J2	32.6±4.82

Table 5. Antibacterial activities of entomopathogenic fungi culture broth against pathogenic bacteria

Category	Strains	Inhibition zone (mm)	
		<i>A. flavus</i> J66	<i>A. parasiticus</i> J64
Gram (+)	<i>Listeria monocytogenes</i> KACC 10764	22	16
	<i>Staphylococcus aureus</i> KACC 10768	12	11
	<i>Bacillus cereus</i> KACC 10004	13	11
Gram (-)	<i>Salmonella enterica</i> KACC 10763	16	12
	<i>Escherchia coli</i> KACC 10115	23	18
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> KACC 10260	18	11
	<i>Shigella boydii</i> KACC 10792	14	11

는 것으로 보고된다(Woo, 1996). 따라서 본 실험에서는 총 페놀 함량과 항산화활성이 높게 나타난 *A. flavus*와 *A. parasiticus* 두 종을 대상으로 식중독균에 대한 항균 활성을 측정하였다.

항균활성을 paper disc법으로 조사하여 inhibition zone의 크기를 측정한 결과는 Table 5와 같다. *A. flavus*와 *A. parasiticus* 모두 7종의 식중독균에 대하여 항균활성을 나타냈는데 두 종 모두 Gram (+)의 *L. monocytogenes*와 Gram (-)의 *E. coli*에 대하여 특히 강한 항균활성을 보였으며 *A. parasiticus*보다는 *A. flavus*에서 항균활성이 강하였다. 실험결과 Lee et al. (2008)이 보고한 항생제 inhibition zone의 크기 25~46 mm 보다는 낮은 수치였으나 두 종의 배양 조건 개선 및 물질 분석 등을 통하여 항균활성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

*A. flavus*와 *A. parasiticus*를 포함하는 *Aspergillus*속은 꿀벌 및 누에 등에 침입 후 기주를 치사시키는 곤충 병원성진균으로서(Nam et al., 2003) aflatoxin, ochratoxin, sterigmatocystin 등 다양한 독소(mycotoxin)를 생성한다. 이러한 독소를 생성하는 곰팡이는 대개 다른 미생물간 공존하고 상호작용을 하는 mechanism을 가지는 것으로 보고된다(Wisemam & Marth, 1981; Kang et al., 2001). 본 실험 결과, *A. flavus*와 *A. parasiticus*는 다양한 세균 중 식중독균과의 상호작용 과정에서 식중독균에 대해서 항균활성이 있는 것으로 나타났으며 총 페놀 함량이 높은 물질의 경우 항산화제로서의 역할과 더불어 식품보존제 등 천연 항균제로서의 역할을 기대할 수 있을 것이다.

Literature Cited

Chae, S., J.S. Kim, K.A. Kang, H.D. Bu, Y. Lee, J.W. Hyun and S.S. Kang. 2004. Antioxidant activity of jionoside D from *Clerodendron trichotomum*. Biol. Pharm. Bull. 27: 1504-1508.

Jang, S.H., E.A. Yu, K.S. Han, S.C. Shin, H.K. Kim and S.G. Lee. 2008. Changes in total polyphenol contents and DPPH radical scavenging activity of *Agrimonia pilosa* according to harvest time and various part. Kor. J. Medicinal Crop Sci. 16: 397-401.

Kang, S.J., J.S. Kang and K.H. Chung. 2001. The effect of mixed culture with *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* and *Penicillium griseofulvum* on aflatoxin and patulin production. J. Fd Hyg. Safety. 16: 206-211.

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

Kuo, Y.C., C.Y. Lin, W.J. Tsai, C. L. Wu, C.F. Chen and M.S. Shiao. 1994. Growth inhibitors against tumor cells in *Cordyceps sinensis* other than codycepin and polysaccharides. Cancer Invest. 12: 611-615.

Konyahoglu, S., H. Saglam and B. Kivcak. 2005. α -tocopherol, flavonoid, and phenol contents and antioxidant activity of *Ficus carica* leaves. Pham. Biol. 43: 683-686.

Lee, J.H. and S.R. Lee. 1994. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. Kor. J. Food Sci. Technol. 26: 310-316.

Lee, G.D., H.G. Chang and H.K. Kim. 1997. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. Kor. J. Food Sci. Technol. 29: 432-436.

Lee, H.O., K.H. Lee, N.K. Park, S.I. Jeong, S.H. Baek and D.M. Han. 2000. Antibacterial effects of *Sophora flavescens* on *Streptococcus mutans*. Kor. J. Food & Nutr. 13: 539-546.

Lee, Y.S., E.J. Joo and N.W. Kim. 2006. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Lepista nuda*. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 35: 1309-1314.

Lee, K.M., I.P. Hong, S.H. Nam, G.B. Sung and Y.H. Bae. 2008. The cultural characteristics and antibacterial activities of *Cordyceps militaris* and *Paecilomyces tenuipes*. Kor. J. Appl. Entomol. 47: 479-486.

Martinez, S., L. Valek, J. Piljac and M. Metikos-Hukovic. 2005. Determination of wine antioxidant capacity by derivative potentiometric titration with electrogenerated chlorine. Eur. Food Res. Technol. 220: 658-661.

Moon, Y.G. and M.S. Heo. 2007. Screening of antioxidative and antibacterial activity from methanol extracts of indigenous plants, Jeju-island. Kor. J. Biotechnol. Bioeng. 22: 78-83.

Nam, S.H., H.J. Yoon and S.E. Kim. 2003. Morphological characteristics of *Aspergillus flavus* link causing stonebrood

- disease in Korean native bumblebee, *Bombus ignitus*. Kor. J. Apicul. 18: 43-48.
- Shim, J.Y., Y.S. Lee, S.S. Lim, K.H. Shin, J.E. Hyun, S.Y. Kim and E.B. Lee. 2000. Pharmacological activities of *Paecilomyces japonica*, A new type Cordyceps sp. Kor. J. Pharmacogn. 31: 163-167.
- Shah, P.A. and J.K. Pell. 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. Appl. Microbiol. Biotechnol. 61: 413-423.
- Shih, I.L., K.L. Tsai and C. Hsieh. 2007. Effects of culture conditions on the mycelial growth and bioactive metabolite production in submerged culture of *Cordyceps militaris*. Biochem. Eng. J. 33: 193-201.
- Whang, H.J., W.S. Han and K.R. Yoon. 2001. Quantitative analysis of total phenolic content in apple. Analytical Sci. Technol. 14: 377-383.
- Wiseman, D.W and E.H. Marth. 1981. Growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* when in the presence of *Streptococcus lactis*. Mycopathologia. 73: 49-56.
- Woo, W.S. 1996. Methods in studies of natural chemistry. 61-63 pp. SNU press. Korea.
- Zhu, J.S., G.M. Halpern and K. Jones. 1998. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine: *Cordyceps sinensis*. Part I. J. Altern. Complement. Med. 4: 289-303.

(Received for publication June 25 2009;
revised September 16 2009; accepted September 18 2009)