

번데기동충하초와 눈꽃동충하초의 배양특성 및 항균활성

이기만^{1,2*} · 홍인표¹ · 남성희¹ · 성규병¹ · 배운환²

¹국립농업과학원 농업생물부, ²대진대학교 자연과학대학 생명과학과

The Cultural Characteristics and Antibacterial Activities of *Cordyceps militaris* and *Paecilomyces tenuipes*

Ki-Man Lee^{1,2*}, In-Pyo Hong¹, Sung-Hee Nam¹, Gyoo-Byung Sung¹ and Yoon-Hwan Bae²

¹Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707

²Department of Life Science, College of Natural Science, Daejin University, Pocheon 487-711

ABSTRACT : The cultural characteristics and antibacterial activities of *Cordyceps militaris* and *Paecilomyces tenuipes* were compared. The mycelial growth was the highest on MCM (Mushroom Complete Medium) for *C. militaris* and on YMA (Yeast Malt Agar) for *P. tenuipes*. But the mycelial density on MMM (Mushroom Minimal Medium) was lower than other on media. The optimum mycelial growth was observed at 25°C. *C. militaris* was low mycelial growth when it was transferred over 5 times generation. The carbon source for the optimum mycelial growth was fructose of monosaccharide, maltose of disaccharide and dextrin of polysaccharide. The calcium nitrate of organonitrogen was found the best mycelial growth on *C. militaris*, while the sodium nitrate observed to be well for mycelial growth on *P. tenuipes*. The ammonium tartrate was observed to be the best among the inorganonitrogen used for mycelial growth. Antibacterial activities were found out just *C. militaris* against *Bacillus cereus* of Gram (+).

KEY WORDS : *Cordyceps militaris*, *Paecilomyces tenuipes*, Mycelial growth, Antibacterial activities

초 록 : *Cordyceps militaris*(번데기동충하초)와 *Paecilomyces tenuipes*(눈꽃동충하초)의 배양특성 및 항균활성을 비교하였다. 균사 성장 최적 배지는 *C. militaris*는 MCM, *P. tenuipes*는 YMA이며 MMM 배지 상에서는 두 균주 모두 생장이 저조하였다. 균사 생육 최적 온도는 25°C 이였고 *C. militaris*는 5회 이상 계대 시 균사 생육이 저하되었다. 적정 영양원 선발에 있어 두 균주 모두 탄소원은 단당류의 fructose, 이당류의 maltose 그리고 다당류의 dextrin이 적합하였다. 질소원은 유기태에서 *C. militaris*는 calcium nitrate, *P. tenuipes*는 sodium nitrate가 적합하였으며 무기태에서는 ammonium tartrate가 적합하였다. 항균활성은 Gram(+)의 *Bacillus cereus*에 대하여 *C. militaris*에서만 나타났다.

검색어 : 번데기동충하초, 눈꽃동충하초, 균사생장, 항균활성

동충하초(冬蟲夏草)란 겨울에는 벌레(곤충)상태로 있다가 여름에 풀처럼 자실체(자좌)가 돋아나는 버섯을 의미한다. 즉, 동충하초는 동충하초의 포자 또는 균사가 곤충에

침입한 후 기주 안에 있는 물질을 영양원으로 이용하여 내생 균핵을 만든 다음 체외로 자실체(자좌)를 형성하는 곤충기생성균(Entomopathogenic fungi)으로써 세계적으로 800여

*Corresponding author. E-mail: leekiman@rda.go.kr

종이 알려져 있으나 문헌에 기록된 종은 300여 종이며 지금까지 한국에서 동충하초로 발견된 것은 70여 종으로 분류학적으로는 자낭균문(Ascomycota), 핵균강(Pyrenomycetes), 육좌균목(Hypocreales), 맥각균과(Clavicipitaceae), *Cordyceps* 속에 속하며 불완전균문(Deuteromycota)의 *Paecilomyces* 속, *Podonectria*속, *Torrubiella*속 등을 포함한다(Kobayasi, 1941; Sung *et al.*, 1997; Sung *et al.*, 1998; Nam *et al.*, 1999).

동충하초는 그 종에 따라 다양한 효능을 가지고 있다. 대표적으로 박쥐나방의 유충을 기주로 하는 *Cordyceps sinensis*는 고대부터 중국에서 불로장생의 비약으로 인식되어 한방에서 이용되는데 면역증강 및 부신흡르몬 분비를 촉진하는 작용을 하는 등 매우 다양한 약물활성을 발현한다는 사실이 입증되고 있다(Zhu *et al.*, 1998). 국내에서도 Shim *et al.* (2000)은 *Paecilomyces tenuipes*의 혈당강하 및 면역증가로 인한 항피로 효과를 보고하였고 Park *et al.* (2002)은 동충하초의 항산화작용을 보고하였으며 Heo *et al.* (2007)은 동충하초 균사와 배양 배지를 이용한 항산화 및 항암효과를 보고하여 동충하초는 새로운 천연물질로서 주목되고 있다.

이렇게 다양한 효능을 가진 동충하초 중 비교적 활발하게 연구가 진행된 동충하초는 *C. militaris*와 *P. tenuipes*이다(Sung *et al.*, 2002; Ha *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2006). 하지만 그 중요성에도 불구하고 이들 두 종간 비교를 한

연구 실적은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 *C. militaris*와 *P. tenuipes* 균사의 배양특성을 비교하고 버섯균의 생육특성을 이용하여 액체배양을 할 경우, 그 생육조건에 따라 항균활성을 갖는 중간 대사산물을 얻을 수 있다고 보고한 바(Kim *et al.*, 2006), *C. militaris*와 *P. tenuipes*의 항균활성 비교를 통해 천연물질로서의 이용 가능성을 확인코자 하였다.

재료 및 방법

시험균주

본 실험에 사용한 동충하초 균주는 국립농업과학원 잠사양봉소재과 보존주로 *C. militaris* J233(번데기동충하초)과 *P. tenuipes* J2(눈꽃동충하초)를 사용하였다. 균주를 PDA (Potato Dextrose Agar) 배지에 접종하여 25°C 배양기에서 14일간 정치 배양하여 접종원으로 이용하였다.

배지조제 및 균접종

적정 배지 선발을 위해 PDA 배지 등 7종의 배지를 시험에 사용하였다(Table 1). 각 배지는 121°C에서 20분간 고압멸균 후 petri dish (87×15 mm, 녹색자)에 분주하였고

Table 1. Composition of culture media for *C. militaris* and *P. tenuipes*.

Ingredient	Media (g/l) ^a						
	PDA	YMA	MCM	MMM	MEA	Lilly	Czapek
Potato	200.0						
Dextrose	20.0	1.0	20.0				
Peptone		5.0	2.0		5.0		
Yeast extract		3.0	2.0				
Malt extract		3.0			20.0		
Maltose						9.5	
Asparagine						2.0	
KH ₂ PO ₄			0.5	0.5		1.0	1.0
K ₂ HPO ₄			1.0	1.0			
MgSO ₄ ·7H ₂ O			0.5	0.5		0.5	0.5
NaNO ₃							2.
KCl							0.5
FeSO ₄							0.01
Agar	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

^aPDA, Potato Dextrose Agar; YMA, Yeast Extract Agar; MCM, Mushroom Complete Medium; MMM, Mushroom Minimal Medium; MEA, Malt Extract Agar.

시험균주의 균사 선단 부분을 5 mm cork borer를 사용하여 균총을 떼어내어 접종하였다. 접종균은 25°C 배양기에서 14일간 정지 배양한 후 colony 직경 및 균사 밀도를 측정하였다. 적정 온도 선발을 위해 *C. militaris* J233과 *P. tenuipes* J2는 MCM과 YMA 배지에 각각 접종하였으며, 배양온도 10~30°C 범위에서 5°C 간격으로 14일간 정지배양한 후 colony 직경을 측정하였다. 균사의 계대횟수에 따른 변화를 조사하기 위하여 PDA 배지를 이용하여 25°C에서 14일 간격으로 총 5회 계대하여 colony 직경을 측정하였다.

균주 영양원 시험

적정 탄소원 및 질소원 선발을 위해 Lilly 배지를 기본배지로 이용하였다. 각각의 배지는 121°C에서 20분간 고압 멸균 후 petri dish(87×15 mm, 녹십자)에 분주하여 제조하였고 시험균주의 균사 선단 부분을 5 mm cork borer를

사용하여 균총을 떼어내어 접종하여 3주 후 colony 직경 및 균사 밀도를 측정하였다. 탄소원은 Table 2와 같이 glucose를 비롯하여 12종을 사용하였으며 질소원은 적정 탄소원으로 선발된 fructose를 고정하고 Table 3과 같이 potassium nitrate를 비롯하여 9종을 사용하였다.

항균활성

균주 준비

PDA 배지 상에서 배양된 시험균주인 *C. militaris* J233과 *P. tenuipes* J2의 균사 선단 부분을 5 mm cork borer를 사용하여 균총을 떼어내어 250 ml 삼각플라스크에 100 ml씩 분주된 PDB (Potato Dextrose Broth) 배지에 접종하였다. 접종된 균은 14일간 150 rpm의 25°C 조건의 진탕배양기(Daeil DSK 522)에서 배양하였다. 액체배양균은 멸균된 여과지(Whatman No. 1)를 이용하여 배양액과 균사체로 분리하였으며, 배양액은 동결건조(Ilshin Lap Co.,

Table 2. Content of carbon source in Lilly medium.

Carbon sources		Content (g/l)
Monosaccharide	Glucose	10.0
	Galactose	
	Fructose	
	Xylose	
	Mannose	
	Arabinose	
	Dextrose	
Disaccharide	Lactose	9.5
	Sucrose	
	Maltose	
Polysaccharide	Starch	9.0
	Dextrin	

Table 3. Content of nitrogen source in Lilly medium.

Nitrogen sources		Molecular formula	Content (g/l)
Organo nitrogen	Potassium nitrate	KNO ₃	3.060
	Sodium nitrate	NaNO ₃	2.572
	Calcium nitrate	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	3.576
	Ammonium sulfate	(NH ₄) ₂ SO ₄	2.000
	Ammonium chloride	NH ₄ Cl	1.620
	Ammonium citrate	(NH ₄) ₂ HPO ₄	2.000
	Ammonium nitrate	NH ₄ NO ₃	1.212
Inorgano nitrogen	Ammonium tartrate	C ₄ H ₁₂ N ₂ O ₆	2.816
	Urea	CO(NH ₂) ₂	0.908

Ltd.)하여 일정한 농도로 희석 후 실험에 사용하였다(Fig. 1). 본 실험에 사용된 세균은 KACC(한국농업미생물자원센터)에서 분양받아 사용하였다. Gram (+)균으로는 *Bacillus cereus* KACC 10004와 *Listeria monocytogenes* KACC 10764를 사용하였으며 Gram (-)균으로는 *Salmonella enterica* KACC 10763, *Escherchia coli* KACC 10115, *Pseudomonas aeruginosa* KACC 10260을 사용하였다. 배지 및 배양 조건은 KACC의 product information sheet에 따라 Table 4에 나타냈다.

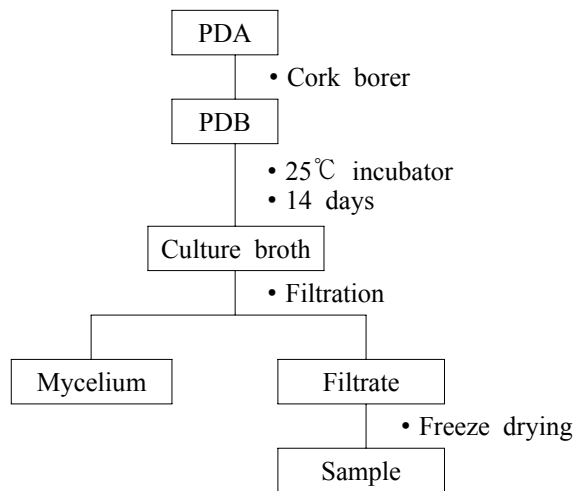


Fig. 1. The procedure of *C. militaris* and *P. tenuipes* extracts.

항균활성 측정

항균활성은 paper disc diffusion (Imtiaj *et al.*, 2007)의 방법으로 측정하였다. 멸균된 petri dish (87×15 mm, 녹십자)에 NA 또는 BHIA 배지를 각각 20 ml 분주하였다. 배양된 세균은 동일한 농도가 되도록 생리식염수를 이용하여 단계희석 후 600 nm에서 흡광도(Optical Density, O.D)를 측정(Ultrospec 6300 pro)하였다. 세균수는 $4.0 \times 10^6 \sim 8.8 \times 10^6$ CFU 정도 되도록 조절한 후 각각의 배지에 100 μ l씩 spreader를 이용하여 균일하게 도말하였다. 지름이 8 mm인 paper disc (Advantec)에 희석액 60 μ l를 흡수시켜 배지 표면에 고정시키고 28~37°C의 조건에서 48시간 배양 후 paper disc 주위의 inhibition zone 크기를 측정하여 항균활성을 확인하였다. 대조는 ampicillin과 streptomycin sulfate salt (Sigma)를 1:1의 비율로 혼합하여 50 ppm 농도로 사용하였으며 inhibition zone의 크기는 세균의 생육이 나타나지 않는 부분의 크기로 측정하였다.

결과 및 고찰

최적 배지 선발 및 생리적 특성 관찰

C. militaris 및 *P. tenuipes* 균사 생육에 적합한 배지 선발을 위하여 7종의 배지(Table 1)에 *C. militaris* J233과 *P. tenuipes* J2를 접종하여 colony 직경 및 균사 밀도를 조사한 결과는 Table 5와 같이 나타났다. *C. militaris*의

Table 4. List of strain and cultural condition of pathogenic bacteria.

Strains		Media ^a	Temperature (°C)
Gram(+)	<i>Bacillus cereus</i> KACC 10004	NA, NB	30
	<i>Listeria monocytogenes</i> KACC 10764	BHIA, BHI	37
Gram(-)	<i>Salmonella enterica</i> KACC 10763	NA, NB	37
	<i>Escherchia coli</i> KACC 10115	NA, NB	28
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> KACC 10260	NA, NB	37

^aNA, Nutrient Agar; NB, Nutrient Broth; BHIA, Brain Heart Infusion Agar; BHI, Brain Heart Infusion.

Table 5. Effect of mycelial growth of *C. militaris* and *P. tenuipes* on different cultural media.

Isolates	Media ^a						
	PDA	YMA	MCM	MMM	MEA	Lilly	Czapek
<i>C. militaris</i> J233	44.0±0.10 ^b +++ ^c	46.8±0.05 +++	50.5±0.06 +++	40.6±0.09 +	32.8±0.13 +++	37.6±0.05 +++	35.8±0.11 +++
<i>P. tenuipes</i> J2	43.3±0.15 +++	53.6±0.15 +++	50.0±0.17 +++	46.4±0.13 +	35.4±0.26 +++	37.4±0.27 +++	42.4±0.05 +++

^aPDA, Potato Dextrose Agar; YMA, Yeast Malt Agar; MCM, Mushroom Complete Medium; MMM, Mushroom Minimum Medium; MEA, Malt Extract Agar. ^bColony diameter (unit, mm) : measured after 14 days at 25°C incubator. ^cMycelial density : +, thin; ++, moderate; +++, compact.

경우 MCM 배지에서 colony 직경이 50.5 ± 0.06 mm로 다른 배지에서 $32.8 \sim 46.8$ mm인 것에 비해 생장률이 가장 우수하였다. 한편 MMM 배지를 제외한 6종의 배지에서는 높은 생장 밀도를 확인할 수 있었다. *P. tenuipes*의 경우 YMA 배지에서 colony 직경이 53.6 ± 0.15 mm로 가장 높았으며 MMM 배지를 제외한 6종의 배지에서 생장 밀도가 높았다. 두 균주의 생장배지로서 각각 MCM, YMA 배지가 우수한 것에 반해 MMM 배지에서는 생장 밀도가 저조하였는데 이는 MMM 배지가 dextrose, peptone 등이 첨가되지 않은 최소 배지로서 영양원이 결핍된 결과라 할 수 있다. 이에 대한 연구로 Lee et al. (2000)은 *C. scarabaeicola*의 적정 배지로 MCM 배지 등을 보고하고 Sung et al. (2002)은 *C. militaris*에서 YMA 배지 등이 균사 생장에 적합하다는 보고를 하였다.

균사 생육 적정 온도는 *C. militaris*과 *P. tenuipes*가 각각 25°C 에서 우수하였으며(Fig. 2), 최근 보고(Choi et al., 1999, Lee et al., 2000, Sung et al., 2002, Shim et al., 2003)와 비교 시 25°C 온도 범위에서 균사 생장이 우수하다는 결과와 일치하였다. 균사의 계대 횟수에 따른 변화에 있어 *C. militaris*는 1회 계대 시 44.3 ± 0.15 mm로 최다 5회 계대 시 39.8 ± 0.13 mm로 점차 생장률이 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 반면에 *P. tenuipes*는 계대 횟수에 관계없이 일정한 균사 생육을 가졌다(Fig. 3). Choi et al. (1999)은 *P. tenuipes*의 경우 계대 횟수에 따른 생육 저하가 없었으나 *C. militaris*을 3회 이상 계대할 경우 계대 배양에 따른 균사노화로 인해 생육 저하가 일어난다고 보고하였다. 따라서 *C. militaris*의 경우 계대 횟수에 따른 생장량 감소는 동일한 결과를 보였으며 균주의 특성에 따라 횟수의 차이는 다소 있는 것으로 보인다.

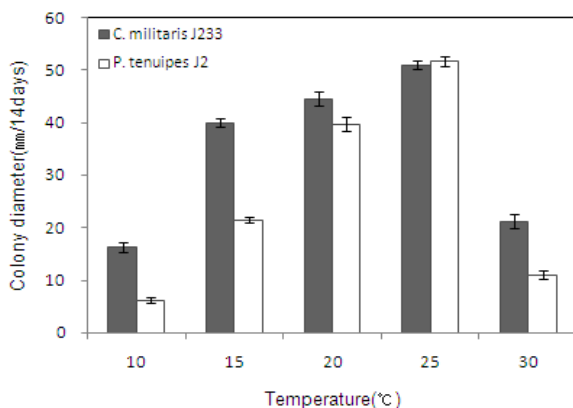


Fig. 2. Effect of mycelial growth of *C. militaris* and *P. tenuipes* on different cultural temperatures.

균주 영양원별 특성

탄소원 선발 실험결과 단당류에서는 *C. militaris*와 *P. tenuipes* 모두 fructose에서 균사 생육이 각각 52.3 ± 0.21 mm, 57.6 ± 0.27 mm로 성장하여 가장 우수하였다. 또한 이당류에서는 maltose에서 균사 생육이 각각 51.4 ± 0.11 mm, 55.5 ± 0.07 mm로 높았으며 다당류에서는 균사 밀도 고려 시, dextrin이 적합하였는데 starch의 생장량은 dextrin 보다는 높았으나 균사 밀도가 매우 저조하였다(Table 6). Sung et al. (2002)의 기중균사 밀도는 lactose를 제외한 모든 탄소원에서 유사밀도를 나타냈다는 보고와 비슷한 결과를 나타냈으며 Shim et al. (2003)과 Shin et al. (2004)은 각각 *P. sinclairii*와 *C. pruinosa*의 적합 탄소원으로 dextrin을 선발하였다고 보고하였다.

질소원 선발은 Table 7과 같이 유기태의 경우 *C. militaris*와 *P. tenuipes* 모두 ammonium sulfate의 생장량이 각각 56.5 ± 0.71 mm, 64.0 ± 2.65 mm로 가장 우수하였으나 밀도 고려 시, *C. militaris*는 calcium nitrate, *P. tenuipes*는 sodium nitrate가 적합하였다. 무기태의 경우 ammonium tartrate와 urea의 균사 생육은 모두 우수하였으나 밀도 고려 시, ammonium tartrate가 적합하였다. Sung et al. (2002)은 동충하초 균주 배양 시, 질소원으로 유기태가 적합하다고 보고하였으나 본 실험결과 균주의 특성에 따라 적합한 질소원을 선택적으로 선별해야 할 것으로 판단된다.

균주의 항균활성 검증

동충하초 배양액의 항균활성을 paper disc법으로 조사하여 inhibition zone의 크기를 비교한 결과는 Table 8과 같다. *C. militaris*의 경우 Gram (+)의 *B. cereus*를 제외한

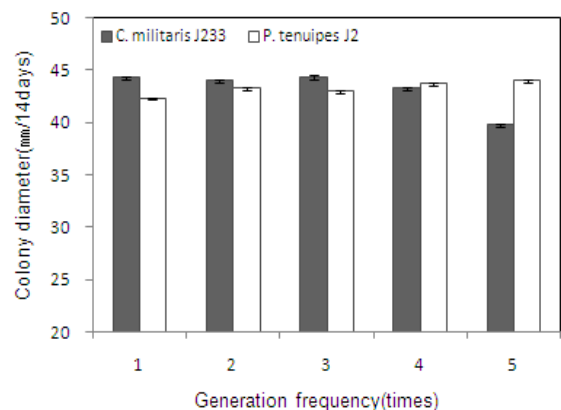


Fig. 3. Effect of mycelial growth of *C. militaris* and *P. tenuipes* on the generation frequency.

Table 6. Effect of mycelial growth of *C. militaris* and *P. tenuipes* on different carbon source.

Carbon sources		<i>C. militaris</i> J233	<i>P. tenuipes</i> J2
Monosaccharide	Glucose	50.8±0.28 ^a +++ ^b	54.0±0.17 +++
	Galactose	46.5±0.13 +++	41.4±0.19 +++
	Fructose	52.3±0.21 +++	57.6±0.27 +++
	Xylose	21.3±0.10 ++	27.3±0.25 +++
	Mannose	48.8±0.13 +++	53.5±0.05 +++
	Arabinose	41.0±0.18 ++	50.0±0.19 +
	Dextrose	49.0±0.25 +++	53.4±0.27 +++
	Disaccharide	Lactose	35.0±0.29 +
Sucrose		49.6±0.21 +++	52.0±0.14 +++
Maltose		51.4±0.11 +++	55.5±0.07 +++
Polysaccharide	Starch	53.8±0.23 ++	59.3±0.10 ++
	Dextrin	53.8±0.10 +++	52.0±0.10 +++
Control	None	33.4±0.25 +	45.8±0.22 ++

^aColony diameter (unit, mm) : measured after 3 weeks at 25°C incubator. ^bMycelial density : +, thin; ++, moderate; +++, compact.

세균에서는 항균활성이 나타나지 않았다. *B. cereus*에서는 13 mm의 항균활성을 나타내어 대조구인 항생제의 25 mm보다는 적은 항균활성을 나타내었다(Fig. 4). 이는 *Prevotella intermedia* 등이 30~80 ppm사이의 농도에서



Fig. 4. Inhibition zone of *C. militaris* and *P. tenuipes* extracts against *B. cereus*. A, Antibiotic; 1, *C. militaris* J233; 2, *P. tenuipes* J2.

항균활성이 나타남을 보고(Kang *et al.*, 2005)함에 따라 50 ppm으로 처리된 항생제보다는 낮은 수치였으나 *C. militaris*의 항균활성에 대한 가능성을 나타낸 결과라 할 수 있다. 따라서 균주의 배양 조건 및 농도의 다양화로 항균활성을 높일 수 있을 것으로 보인다. 반면에 *P. tenuipes*의 경우 Gram (+)와 Gram (-) 모든 세균에 대하여 항균활성을 나타내지 않아 *P. tenuipes* 보다는 *C. militaris*에서 항균활성이 높다고 할 수 있다.

천연물질로서 버섯류는 암, 뇌졸중 및 심장병 등의 성인병을 예방하고 개선하여 이에 대한 관심이 높아지고 있다(Kim *et al.*, 2006). 버섯 중에서도 동충하초는 불로장생과 영양 강장, 면역 기능 증강, 자연 치유력, 항암, 마약 중독 해독, 염증 억제 등의 효능을 가지고 있어 이에 대한 구체적인 연구가 필요하다(Sung, 1996). Park *et al.* (2002)은 *C. militaris*는 자실체, *P. tenuipes*는 균사체에서 항균활성이 있다는 보고를 하였으나 본 실험은 동충하초의 여러 부위 중 배양액으로 실시함으로써 다양한 부위 및 추출방

Table 7. Effect of mycelial growth of *C. militaris* and *P. tenuipes* on different nitrogen source.

Nitrogen sources		<i>C. militaris</i> J233	<i>P. tenuipes</i> J2
Organo nitrogen	Potassium nitrate	15.5±2.12 ^a +++ ^b	31.7±1.53 +++
	Sodium nitrate	52.0±0.73 +++	56.7±1.15 ++
	Calcium nitrate	54.3±0.58 +++	54.7±0.58 +++
	Ammonium sulfate	56.5±0.71 +	64.0±2.65 +
	Ammonium chloride	38.7±1.53 +++	40.0±1.00 +++
	Ammonium citrate	51.0±1.00 ++	53.0±1.73 +
	Ammonium nitrate	40.3±0.58 +++	34.0±1.73 +++
Inorgano nitrogen	Ammonium tartrate	55.0±1.00 +++	53.0±2.83 +++
	Urea	58.7±2.08 ++	59.0±1.00 ++
Control	None	57.3±1.15 +	65.7±1.15 +

^aColony diameter(unit, mm) : measured after 3 weeks at 25°C incubator. ^bMycelial density : +, thin; ++, moderate; +++, compact.

Table 8. Antibacterial activities of *C. militaris* and *P. tenuipes* against pathogenic bacteria.

Strains		<i>C. militaris</i> J233	<i>P. tenuipes</i> J2	Antibiotic
Gram (+)	<i>B. cereus</i> KACC 10004	13 ^a	NI	25
	<i>L. monocytogenes</i> KACC 10764	NI ^b	NI	25
Gram (-)	<i>S. enterica</i> KACC 10763	NI	NI	46
	<i>E. coli</i> KACC 10115	NI	NI	42
	<i>P. aeruginosa</i> KACC 10260	NI	NI	28

^aInhibition zone diameter(unit, mm) : measured after 48 hours at incubator. ^bNo inhibition zone.

법에 대한 실험이 요구되며 *C. militaris*와 *P. tenuipes* 이 외의 종에 대한 항균활성 검정도 요구된다. 또한 항균 활성을 나타내는 동충하초의 특정 물질에 대한 연구와 천연물질로서 동충하초의 특성을 구체화할 필요성이 있다. 이를 개선할 경우 천연물질로서 동충하초의 역할을 기대할 수 있을 것이라고 판단된다.

Literature Cited

- Choi, I.Y., J.S. Choi, W.H. Lee, Y.J. Yu, G.T. Joung, I.O. Ju and Y.K. Choi. 1999. The condition of production of artificial fruiting body of *Cordyceps militaris*. Kor. J. Mycol. 27: 243-248.
- Ha, N.G., S.Y. Kim, J.H. Kang, P.D. Kang, G.B. Sung and I.P. Hong. 2005. Biological activities and cultural characteristics of an entomogenous fungus, *Paecilomyces tenuipes* (Peck) Samson. Kor. J. Seric. Sci. 47: 12-17.
- Heo, J.C., S.H. Nam, S.W. Kang, I.P. Hong, K.K. Lee, J.Y. Park, K.H. Kim, S.Y. Han and S.H. Lee. 2007. Comparison of antioxidant, anticancer and immunomodulating activities of extracts from *DongChongXiaCao*. Kor. J. Food Preserv. 14: 681-687.
- Huang, S.J., S.Y. Tsai, Y.L. Lee and J.L. Mau. 2006. Nonvolatile taste components of fruit bodies and mycelia of *Cordyceps militaris*. LWT. 39: 577-583.
- Imtiaj, A., C. Jayasinghe, G.W. Lee and T.S. Lee. 2007. Antibacterial and antifungal activities of *Stereum ostrea*, inedible wild mushroom. Kor. J. Mycol. 35: 210-214.
- Kang, K.H., K.E. Lee. 2005. An antibacterial effect of colloidal silver on some oral bacteria. J. Kor. Acad. Oral Med. 30: 1-14.
- Kobayasi, Y. 1941. The genus *Cordyceps* and its allies. Sei. Rept. Tokyo Bunrika Daigaku Sect. B. 5: 53-260.

- Kim, H.J., M.S. Ahn, G.H. Kim and M.H. Kang. 2006. Antioxidative and antimicrobial activities of *Pleurotus eryngii* extracts prepared from different aerial part. Kor. J. Food Sci. Technol. 38: 799-804.
- Kim, M.C., M.J. Kim, T. Kim, G.T. Park, H.J. Son, G.Y. Kim, W.B. Choi, D.C. Oh and M.S. Heo. 2006. Comparison of antibacterial and antioxidant activities of mushroom mycelium culture extracts cultivated in the citrus extracts. Kor. J. Biotechnol. Bioeng. 21: 72-78.
- Lee, J.K., Y.S. Choi and J.M. Sung. 2000. Investigation on cultural characteristics of mycelial growth by *Cordyceps scarabaeicola*. Kor. J. Mycol. 28: 81-87.
- Nam, S.H., J.S. Hwang, S.Y. Cho and T.W. Goo. 1999. Genetic relationship of *Cordyceps* spp. based on internal transcribed spacer sequence of ribosomal DNA. Kor. J. Seric. Sci. 41: 174-179.
- Park, C.S., C.J. Kwon, M.A. Choi, G.S. Park and K.H. Choi. 2002. Antibacterial activities of *Cordyceps* spp., mugwort and pine needle extracts. Kor. J. Food. Preserv. 9: 102-108.
- Park, C.S., C.J. Kwon, M.A. Choi, G.S. Park and K.H. Choi. 2002. Antioxidative and nitrite scavenging activities of *Cordyceps militaris* extracts. Kor. J. Food Preserv. 9: 109-113.
- 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.
- Shim, S.M., K.R. Lee, K.H. Im, U.Y. Lee, M.W. Lee and T.S. Lee. 2003. The characteristics of cultural conditions for the mycelial growth and fruiting body formation of *Paecilomyces sinclairii*. Kor. J. Mycol. 31: 8-13.
- Shin, J.C., B. Shrestha, W.H. Lee, Y.J. Park, S.Y. Kim, G.R. Jeong, H.K. Kim, T.W. Kim and J.M. Sung. 2004. Distribution and favorable conditions for mycelial growth of *Cordyceps pruinosa* in Korea. Kor. J. Mycol. 32: 79-88.
- Sung, J.M. 1996. The insects-born fungus of Korea in color. 1-299 pp. Kyohaksa.
- Sung, J.M., H.K. Lee, Y.S. Choi, Y.Y. Kim, S.H. Kim and G.H. Sung. 1997. Distribution and taxonomy of entomopathogenic fungal species from Korea. Kor. J. Mycol. 25: 239-252.
- Sung, J.M., H.K. Lee, Y.J. Yoo, Y.S. Choi, S.H. Kim, Y.O. Kim and G.H. Sung. 1998. Classification of *Cordyceps* species based on protein banding pattern. Kor. J. Mycol. 26: 1-7.
- Sung, J.M., Y.S. Choi, B. Shrestha and Y.J. Park. 2002. Cultural characteristics of mycelial growth by *Cordyceps militaris*. Kor. J. Mycol. 30: 1-5.
- 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 October 13 2008;
revised October 13 2008; accepted December 2 2008)