

눈꽃동충하초의 배양적 특성 및 생리활성

하남규 · 김승렬 · 강진호¹ · 강필돈² · 성규병² · 홍인표^{2*}
경상남도농업기술원, ¹경상대학교, ²농업과학기술원 농업생물부

Biological Activities and Cultural Characteristics of an Entomogenous fungus, *Paecilomyces tenuipes* (Peck) Samson

Nam-Gyu Ha, Seung-Yul Kim, Jin-Ho Kang¹, Pil-Don Kang², Gyoo-Byung Sung² and In-Pyo Hong^{2*}

Plant Environment Research Division, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju

¹College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju

²Department of Sericulture and Entomology, National Institute of Agricultural Science and Technology, R.D.A., Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT

To develop techniques for the production of *P. tenuipes* stromata on a large scale, the infection of *P. tenuipes* and the growth of stroma were investigated by silkworm (*Bombyx mori*) variety. Also, studied about biological activities of fruiting body formed on silkworm. Infection rate of the 5th instar larvae of the silkworm with *P. tenuipes* was the highest in Yangwonjam, followed by Hachojam, Baegokjam and Chilbojam in that order. Also, as the inoculation times was increased, infection rate tended to be raised. The rate of fruiting body formation of the silkworm pupae infected with *P. tenuipes* was the highest in Baegokjam, followed by Yangwonjam and Chilbojam in that order. But, actually the fruiting body formation of the 5th instar larvae of the silkworm tested was good in Chilbojam, followed by Yangwonjam and Baegokjam in that order in 3 times spraying inoculation. The fruiting bodies of Yangwonjam and Chilbojam infected with *P. tenuipes* had high amount of Mannitol, but Baegokjam and Hachojam had high concentration of Glucose on a dry weight basis. The mean content of total amino acid in the fruiting bodies of *P. tenuipes* was 1.03 $\mu\text{mole/g}$. The distribution rate of amino acid components decreased in the order of Arginine (12.2%) > Glycine (10.5%) > Proline (9.6) > Tyrosine (8.9%) > Serine > Leucine > Threonine. The most abundant amino acid in the fruiting bodies of the Baegokjam, Chilbojam and Hachojam infected with *P. tenuipes* was arginine, while Yangwonjam was Glycine. The most abundant fatty acid in *P. tenuipes* was Oleic acid on a dry weight basis. The unsaturated fatty acids such as Oleic acid, Linoleic acid and Linolenic acid accounted for more than 78% of the total fatty acids.

Key words : *Paecilomyces tenuipes*, Silkworm, Infection, Amino acid, Fatty acid

서 론

동충하초는 곤충의 애벌레, 번데기, 성충에 침입하여 체내에 내생 균핵을 형성하고 체외로 자실체(자좌)를 형성하는 곤충기생성균(Entomopathogenic fungi)으로 대부분의 동충하초는 분류학상 자낭균문(Ascomycota), 핵균강(Pyrenomycetes), 맥각균목(Clavicipitales), 맥각균과(Clavicipitaceae), *Cordyceps* 속에 속하며 전세계적으로 300여종이 분포하며, 국내에는 약 70여종이 자생하는 것으로 보고되어 있다(Kobayasi, 1940; 성 등, 1998).

동충하초는 원래 중국의 티벳 등 히말라야의 해발 3,000~

5,000 m의 고산지대 인시목 박쥐나방(*Endoclyta excres* Butler; Hepialidae armoricanus)의 유충에서 발생하는 *Cordyceps sinensis*(Bereley) Sacc.를 지칭하였으나, 최근에는 곤충뿐만 아니라 거미, 균류 등에서 발생하는 자실체를 총칭한다(조 등, 1999).

동충하초의 약리효능은 종에 따라 매우 다양하여 중국 의 *C. sinensis*는 면역증강 및 부신피로몬 분비 촉진 작용이 있으며(Wang 등, 1998), *C. militaris*의 생리활성물질인 Cordycepin은 RNA와 DNA의 합성 억제 작용이 있으며(Kuo 등, 1994), *C. cicadae*의 Galactomannan은 항종양 효과가 있으며(Huang 등, 1997), *C. pruinosa*의 HEA(N⁶(2-

*Corresponding author. E-mail: iphong20@rda.go.kr

hydroxyethyl)-adenosine)는 근육 수축 작용(Furuya 등, 1983), *Paecilomyces tenuipes*로부터 항암, 면역증강, 항피로 등의 효과가 보고되었다(조 등, 1999).

동충하초는 이와 같은 우수한 약리 효능이 밝혀짐에 따라 수요가 급증하고 있으나 자연산 동충하초는 수량이 제한되어 있고 또한 대량 수집 점차 어려워짐에 따라 안정적 인공 자실체 형성에 관한 연구가 요구되고 있다. Petit (1895)는 감자배지에서 최초로 *C. militaris*의 자좌를 형성시켰으며, 1932년 Yakusiji와 Kumazawa는 *C. militaris*의 자좌를 곡류(쌀)배지에서 형성시켰으며(Kobayasi, 1940), Shanor(1936)는 나방 번데기에서 *C. militaris*의 자낭각 형성을 유도하였으며, Harada 등(1995)은 *C. militaris* 균을 *Mamestra brassicae*의 번데기에 접종하여 자실체 형성을 유도하였다.

국내에서는 곡물과 번데기배지를 이용하여 *C. militaris*와 *Isaria japonica*의 자실체를 형성시켰으며(Yamanaka 등, 1998; Ban 등, 1998), 조 등(1999)은 살아 있는 가잠 누에에 *Paecilomyces tenuipes* 균을 접종하여 인공재배에 성공하였다.

본 연구에서는 경제적 가치가 높은 눈꽃동충하초를 가잠을 이용한 안정적 대량 생산이 가능하도록 누에 품종별 배양적 특성과 생리활성에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

- 가. 균주: 눈꽃동충하초(*Paecilomyces tenuipes*)
- 나. 누에 품종: 백옥잠, 양원잠, 하초잠, 칠보잠

2. 배양적 특성

가. 현미배지 조제

분생포자를 생산하기 위한 현미 배지는 500 ml 삼각flask에 현미 150 g, 누에 번데기가루 15 g, Dextrose 15 g, 증류수 70 ml을 넣고 121°C에서 40분간 살균한 후 평판배지에서 자란 동충하초 균사 선단부분을 3 mm cork borer로 균총을 떼어내어 접종하였다. 접종이 완료된 배지는 25°C의 incubator에서 20일간 배양하면서 균이 뭉치는 것을 방지하고 균일하게 성장하도록 3~4일 간격으로 흔들기 작업을 하여 분생포자를 발생시켰다.

나. 분생포자 수확

배양이 완료된 현미배지는 Tween 20(Polyoxyethylene sorbitan monolaurate, 0.1 g/100 ml)을 첨가한 증류수를 가하여 분생포자를 수확하였다. 수확한 분생포자는 혈구계수기(hemocytometer)로 측정하여 1×10^8 conidia/ml 농도가

되도록 증류수로 희석하여 조절하였다.

다. 동충하초 감염

5령 누에 기잠에 1×10^8 conidia/ml 농도로 조절된 분생포자 액체균을 12시간 간격으로 각각 1회, 2회, 3회 분무 접종한 다음 누에를 보호하고 감염을 유도하기 위해 사육실을 고온다습한 조건(28°C · 95%)에서 24시간 유지한 후 급상하고 표준누에사육법에 따라 사육하였다. 상족 1주일 후 고치를 수건하여 1주간 20~25°C 온도에서 고치를 보호한 다음 절건하여 누에 품종별, 접종회수별 동충하초 감염률을 조사하였다.

라. 동충하초 발생

감염된 번데기는 온도 20~24°C, 습도 90%, 광 1500~1700 lx로 조절된 생육실에서 배양하여 자실체 형성을 유도하였다. 배양 15~20일 후 자실체의 두부가 팽대해지고 자낭각이 형성되기 시작될 때 수확하여 누에 품종별, 접종회수별 동충하초 발생률을 조사하였다.

3. 성분 분석

가. 탄수화물 분석

탄수화물은 자실체를 동결 건조하여 분말화한 건조시료 1 g에 85% ethanol 10 ml을 가하여 상온에서 24시간 추출한 다음 원심분리(3,000 rpm, 10 min.)하여 얻은 상등액을 분석시료로 사용하였다. 분석은 HPLC(high performance liquid chromatography), 검출기는 RI-410(refractive index), 컬럼은 high performance carbohydrate column(4.6×250 mm, Waters Co.)을 사용하였으며, 용매는 75% acetonitrile을 사용하여 유속을 1 ml/min로 하였다. 유리당은 Millenium 2010 program(Waters Co.)을 이용하여 측정하였다.

나. 단백질 분석

건조시료 0.1 g을 6 N HCl로 105°C에서 24시간 동안 완전 가수분해한 후 농축하여 20 mM HCl로 일정 농도로 조정된 다음 AccQ-Tag system(Waters Co.)을 이용하여 형광 유도체화 시켰다. 분석은 HPLC(Waters Co.), 검출기는 Waters 형광검출기 474, 컬럼은 Waters AccQ-Tag column(3.9×150 mm, Waters Co.)을 사용하였다. 아미노산은 Millenium 2010 program(Waters Co.)을 이용 retention time을 측정하여 표준물질의 값과 비교하여 계산하였다.

다. 지방산

지방 성분중 함유된 지방산 성분을 조사하기 위하여 가장 보편적으로 사용되는 분리법(Modified Folch method)과 유도체화(Methylation : BF₃-methanol) 방법을 사용하

여 gas chromatography(GC)로 측정하였다. GC 조건은 1) column은 supelco sp-2560 fused silica capillary column 100 m, 0.25 mm ID., 0.20 µm film을 사용하였으며, 2) 분석 조건은 detector: FID, injection volume: 1 µl, carrier gas: He, detector temp.: 260°C, injector temp: 260°C, oven temp: initial temp. 140°C for 5 min., 140°C to 240°C at 4°C/min, final temp. 240°C for 15 min., split: 100:1, flow rate: 20 cm/sec 으로 조정하여 분석하였다. 유리지방산의 정량은 표준물질로 SP-37 component FAME Mix(Supelco Co.)를 사용하여 각각의 화합물에 대한 검량곡선을 도시한 다음 retention time을 측정하여 표준물질의 값과 비교하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 배양적 특성

가. 동충하초 감염

5령 기잠 누에에 눈꽃동충하초 분생포자를 1.0×10^8 conidia/ml 농도로 조절하여 12시간 간격으로 각각 1회, 2회, 3회 분무 접종한 다음 상족 2주 후에 절건하여 누에 품종별, 접종회수별 동충하초 감염률을 조사한 결과는 표 1과 같다. 1회 분무 접종시 눈꽃동충하초 감염률은 하초잠과 양원잠에서 86%~87%로 양호하였으며, 백옥잠이 82%, 칠보잠이 70.7%로 가장 저조하였다. 2회 접종시 감염률은 하초잠, 양원잠, 백옥잠 등은 1회 접종에 비해 4~6% 증가하였으나, 칠보잠은 약 15% 증가하였다. 3회 접종시 눈꽃동충하초 감염률은 양원잠과 하초잠에서 92%로 가장 높았으며, 백옥잠과 칠보잠은 각각 90%, 88.0%였다. 공시 누에 품종의 눈꽃동충하초 감염률은 분무 접종 회수가 증가함에 따라 감염률이 상승하는 경향을 나타내었다. 3회 분무 접종시 감염률은 1회 접종에 비하여 양원잠과 하초잠은 6%, 백옥잠은 약 8%의 증가율을 보였으며, 칠보잠은 약 17%의 증가율을 나타내었다. 따라서 눈꽃동충하초 재배시 85% 이상의 감염률을 얻기 위해서는 양원잠과 하초잠은 1회, 백옥잠과 칠보잠은 2회 이상 분무 접종이 필요할 것으로 생각된다. 눈꽃동충하초에 감염된 번데기는

색깔이 갈색으로 변하며 수분이 탈수되면서 표피가 경화되어 딱딱하게 굳어지는 현상을 보였다.

나. 동충하초의 자실체 발생

감염된 번데기를 온도 20~24°C, 습도 90%, 광 1500~1700 lx로 조절된 생육실에서 배양하여 자실체 형성을 유도하여 누에 품종별, 접종회수별 눈꽃동충하초의 자실체 발생률을 조사한 결과는 표 2와 같다. 1회 분무 접종하여 감염된 번데기의 자실체 발생률은 백옥잠이 72%로 가장 높았으며, 칠보잠 69%, 양원잠 66%, 하초잠 55% 순으로 낮았다. 3회 접종시 눈꽃동충하초 발생률은 백옥잠과 양원잠, 칠보잠에서 81~82%로 양호하였으며, 하초잠이 72%로 가장 저조하였다. 눈꽃동충하초는 균의 접종 회수가 증가함에 따라 감염률뿐만 아니라 자실체 발생률도 증가하는 경향을 나타내었다. 백옥잠은 3회 분무 접종시 1회 접종에 비하여 자실체 발생률이 백옥잠은 약 10%, 칠보잠 12%, 하초잠 약 17%, 양원잠 약 16%의 증가율을 나타내었다.

공시 누에 수에 대한 자실체 발생률을 조사한 결과는 표 3에서와 같이 3회 분무 접종시에 칠보잠이 81%로 가장 높았으며, 양원잠 78%, 백옥잠 74%이었으며, 하초잠이 65.4%로 가장 저조하였다. 3회 접종시 자실체 발생률은 1회 접종에 비하여 백옥잠은 약 7%, 하초잠은 약 10%, 양원잠은 약 13%, 칠보잠은 32% 증가하였다. 본 시험 결과 눈꽃동충하초는 누에 품종에 따라 약간 차이는 있지만 1회 접종보다는 2~3회 접종해야 감염률 및 자실체 발생률을 높일 수 있었다.

Table 1. Infection of the 5th instar larvae of the silkworm with *Paecilomyces tenuipes* 3 weeks after spraying inoculation

Spraying times	Infection rate (%)			
	Variety			
	Baegokjam	Chilbojam	Hachojam	Yangwonjam
1	81.7	70.7	85.8	86.6
2	87.7	85.3	89.3	91.9
3	89.7	88.0	91.5	92.3

Table 2. Fruiting body formation of pupae infected with *Paecilomyces tenuipes*

Inoculation times	Rate of fruiting body formation (%)			
	Variety			
	Baegokjam	Chilbojam	Hachojam	Yangwonjam
1	71.9	68.9	55.0	65.5
2	74.1	72.3	65.4	78.2
3	82.1	81.1	72.4	81.7

Table 3. Fruiting body formation from silkworm infected with *P. tenuipes*

Inoculation times	Rate of fruiting body formation (%)			
	Variety			
	Baegokjam	Chilbojam	Hachojam	Yangwonjam
1	67.3	48.7	55.0	65.5
2	71.9	72.3	64.5	70.8
3	74.1	81.1	65.4	78.2

Table 4. Carbohydrate composition of *Paecilomyces tenuipes*

Species	Silkworm variety	Content of carbohydrate (mg/g dry weight)			
		Glycerol	Glucose	Mannitol	Sucrose
<i>Paecilomyces tenuipes</i>	Baegokjam	3.71 ± 0.44	9.21 ± 1.31	8.40 ± 0.58	2.67 ± 0.81
	Chilbojam	3.12 ± 0.08	9.08 ± 0.37	10.06 ± 0.18	2.00 ± 0.08
	Hachojam	2.55 ± 0.05	9.27 ± 0.30	7.72 ± 0.00	1.72 ± 0.22
	Yangwonjam	4.80 ± 0.37	8.76 ± 0.98	9.40 ± 0.84	1.79 ± 0.42

2. 성분 분석

가. 탄수화물

눈꽃동충하초의 유리당 함량을 누에 품종별로 조사한 결과는 표 4에서와 같이 백옥잠과 하초잠에서는 Glucose 함량이 높았으며, 칠보잠과 양원잠에서는 Mannitol 함량이 많았다. Glycerol 함량은 양원잠에서 가장 많았으며, Glucose는 백옥잠과 하초잠, Sucrose는 백옥잠, Mannitol 함량은 칠보잠에서 가장 많았다. 이러한 결과는 담자균류와 자낭균류의 자실체에 Mannitol 함량이 가장 많다는 Lewis 등의 보고와 일치한다(Lewis & Smith, 1967). 버섯은 Mannitol 함량이 많아서 다이어트 식품으로 유용하게 이용된다.

나. 단백질

눈꽃동충하초에 함유된 아미노산의 총 평균 함량은 10.3 μmole/g이며, 백옥잠이 10.7 μmole/g로 가장 높았으며, 하초잠과 칠보잠이 10.5 μmole/g, 양원잠이 0.96 μmole/g로 가장 낮은 함량을 나타내었다(표 5). 16종의 구성 아

Table 5. Amino acid composition of *Paecilomyces tenuipes*

Amino acid	Content of amino acids (μmole/g dry weight)			
	Variety			
	Baegokjam	Chilbojam	Hachojam	Yangwonjam
Aspartic acid	0.76	0.73	0.83	0.86
Serine	1.19	1.15	1.15	1.04
Glutamic acid	0.85	0.80	0.91	0.90
Glycine	1.77	1.68	1.70	1.75
Histidine	0.61	0.62	0.63	0.50
Arginine	2.21	2.17	1.98	1.69
Threonine	1.07	1.06	1.03	0.96
Alanine	0.97	0.91	0.94	0.94
Proline	1.68	1.67	1.49	1.49
Tyrosine	1.51	1.58	1.52	1.27
Valine	0.87	0.83	0.85	0.77
Methionine	0.36	0.36	0.35	0.29
Lysine	0.53	0.48	0.58	0.62
Isoleucine	0.64	0.63	0.62	0.54
Leucine	1.08	1.06	1.08	0.97
Phenylalanine	0.99	1.07	1.07	0.83

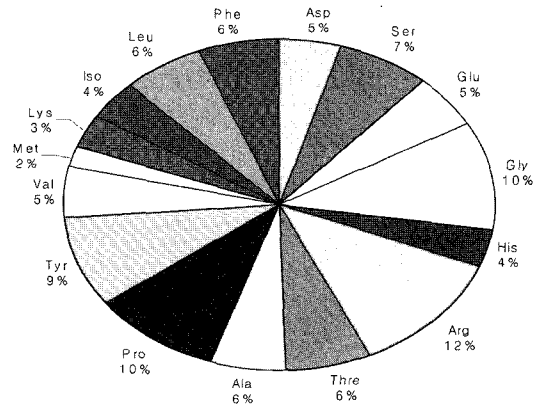


Fig. 1. Distribution of amino acids in *P. tenuipes*.

미노산 분포비율은 Arginine이 12.2%로 가장 높았으며, 다음으로 Glycine(10.5%) > Proline(9.6%) > Tyrosine(8.9%) 순이었으며, Methionine이 2.1%로 가장 낮게 분포하였다(그림 1). 누에 품종별로는 백옥잠, 칠보잠, 하초잠에서는 Arginine 함량이 시료 1g당 각각 2.21 μmole, 2.17 μmole, 1.98 μmole로 가장 많았으며, 양원잠은 Glycine 함량이 1.75 μmole로 가장 많았다(표 5).

산성아미노산인 Aspartic acid의 평균 함량은 0.795 μmole/g이며, 분포비율은 전체 아미노산의 약 4.8%를 차지하였으며, 양원잠에서 0.86 μmole/g로 가장 높게 나타났다. 한편, Glutamic acid는 전체 아미노산의 약 5.3%를 차지하였으며, 하초잠에서 0.91 μmole/g로 가장 높게 나타났다.

히드록시(수산기)아미노산인 Serine은 전체 아미노산의 6.9%이며, 백옥잠에서 1.19 μmole/g로 가장 높게 나타났다. 인체에서 합성이 되지 않는 필수아미노산인 Threonine은 공시누에 품종에 모두 분포하였으며, 전체 아미노산의 6.2%를 차지하였다.

염기성아미노산인 Arginine이 12.2%로 16종의 구성 아미노산중 구성비율이 가장 많았으며, 누에 품종별로는 백옥잠에 2.21 μmole/g 가장 많이 분포하였다. Histidine은 평균 0.59 μmole/g이 포함되어 있으며, 인체에서 생합성이 되지 않는 필수아미노산인 Lysine은 평균 함량은 0.55 μmole/g로 공시 누에 품종에 모두 존재하였다.

황 함유 필수아미노산인 Methionine은 평균 함량 0.34

μmole/g 로 16종의 분석아미노산중 구성비율(2.1%)이 가장 낮았다.

중성아미노산인 Glycine의 평균함량은 1.73 μmole/g이며, 전체아미노산중 10.5%의 구성비를 차지하여 Arginine 다음으로 눈꽃동충하초에 많이 분포하였다. Alanine은 평균 함량 0.94 μmole/g로 구성비율은 5.7%이었다. 한편, 체내에서 합성이 되지 않는 필수아미노산인 Valine, Leucine, Isoleucine의 평균함량은 각각 0.83 μmole/g, 1.05 μmole/g, 0.61 μmole/g이였으며, 16종의 아미노산중 각각 5.0%, 6.3%, 3.7%의 비율을 나타내었으며, 누에 품종별로는 백옥잠에 가장 많이 분포하였다.

방향족아미노산인 Tyrosine의 평균 함량은 1.47 μmole/g이며, 16종의 분석아미노산중 8.9%로 눈꽃동충하초에서 높은 구성비율을 나타냈다.

Proline은 알칼에 녹는 유일한 아미노산으로 평균 함량은 1.58 μmole/g이며, 9.6%의 구성비율로 눈꽃동충하초에 Arginine, Glycine이 3번째로 많이 분포하였다.

다. 지방산

눈꽃동충하초의 유리 지방산 조성은 누에 품종에 관계없이 Oleic acid 함량이 가장 높았으며, 다음이 Linolenic acid, Palmitic acid, Linoleic acid 순이었다. 포화지방산은 주로 Palmitic acid와 Stearic acid이며, 필수 지방산인 Linolenic acid와 Linoleic acid의 함량은 백옥잠과 양원잠이 40%로 가장 많았으며, 칠보잠, 하초잠이 각각 38%, 34%로 나타났다. 포화지방산에 대한 불포화지방산의 조성비는 백옥잠과 하초잠이 80%로 가장 많았으며, 칠보잠 77%, 양원잠 76%이었다(표 6).

Table 6. Fatty acid composition of the fruiting body of *Paecilomyces tenuipes*

Fatty acid	% of total FA content			
	Variety			
	Baegokjam	Yangwonjam	Chilbojam	Hachojam
Palmitic (C16:0)	17.08	18.88	18.2	16.5
Palmitoic (C16:1)	0.76	0.71	0.69	0.77
Stearic (C18:0)	3.16	4.67	4.45	3.05
Oleic (C18:1)	38.35	35.13	38.4	45.85
Linoleic (C18:2)	12.35	12.64	12.9	11.89
Linolenic (C18:3)	28.3	27.96	25.37	21.93

적 요

경제적 가치가 매우 높은 눈꽃동충하초를 안정적 대량 생산이 가능하도록 균의 배양적 특성과 누에 품종별 생

리활성에 관한 연구를 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 눈꽃동충하초 감염률은 3회 분무 접종시 양원잠과 하초잠이 90% 이상으로 가장 높았으며, 칠보잠은 1회 접종시 71%에서 3회 접종시 88%로 접종 회수가 증가함에 따라 동충하초 감염률이 상승하는 경향을 나타내었다. 자실체 발생률은 3회 분무 접종시 칠보잠이 가장 양호하였으며, 양원잠, 백옥잠 순이었다.

2. 눈꽃동충하초의 유리당 함량은 백옥잠과 하초잠에서는 Glucose 함량이 가장 높았으며, 칠보잠과 양원잠에서는 Mannitol 함량이 많았다.

3. 눈꽃동충하초에 함유된 아미노산의 총 평균 함량은 10.3 μmole/g이며, 백옥잠이 10.7 μmole/g로 가장 높았으며, 하초잠과 칠보잠이 10.5 μmole/g, 양원잠이 0.96 μmole/g로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 16종의 구성 아미노산 분포비율은 Arginine이 12.2%로 가장 높았으며, 다음으로 Glycine(10.5%) > Proline(9.6) > Tyrosine(8.9%) 순이었으며, Methionine이 2.1%로 가장 낮게 분포하였다.

4. 눈꽃동충하초의 유리 지방산 조성은 누에 품종에 관계없이 Oleic acid 함량이 가장 높았으며, 다음이 Linolenic acid, Palmitic acid, Linoleic acid 순이었다.

인용문헌

Ban, K. W., D. K. Park, J. O. Shim, Y. S. Lee, C. H. Park, J. Y. Lee, T. S. Lee, S. S. Lee and M. W. Lee (1998) Cultural characteristics for inducing fruiting-body of *Isaria japonica*. Kor. J. Mycol. **26**(3): 380-386.

조세연, 신국현, 송성규, 성재모(1999) 누에동충하초 생산 및 유용물질 개발. 농촌진흥청. 5-230.

Kobayasi, Y. (1940) The genus *Cordyceps* and its allies. Sci. Rept. Tokyo Bunrika Daikaku, Sect. **B 5**: 53-260.

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 cordycepin and polysaccharides. Cancer Invest. **12**(6): 611-615.

Furuya, T., M. Hirotani and M. Matsuzawa (1983) N⁶-(2-hydroxyethyl) adenosine, a biologically active compound from cultured mycelia of *Cordyceps* and *Isaria* species. Phytochemistry. **22**: 2509-2512.

Harada, Y., N. Aliyama, K. Yamamoto and Y. Shirota (1995) Production of *Cordyceps militaris* fruit body on artificially inoculated pupae of *Mamestra brassicae* in the laboratory. Mycol. Soc. Japan. **36**: 67-72.

Huang, B. M., D. M. Stocco and R. L. Norman (1997) The cellular mechanism of corticotropin-releasing hormone (CRH) stimulated steroidogenesis in mouse Leydig cells are similar to those for LH. J. Androl. **18**(5): 528-534.

Pettit, R. H. (1895) Studies in artificial cultures of entomogenous fungi. Cornell univ. Agr. Expt. Sta. Bull. **97**: 417-465.

Shanor, L. (1936) The production of mature perithecia of

Cordyceps militaris (Linn) Link in laboratory culture. J. Elisha Mitchell Sci. **52**: 99~104.

성재모, 이현경, 유영진, 최영상, 김상희, 김용욱, 성기호(1998) 단백질 분석을 기초로 한 속 동충하초의 분류. 한국균학회지. **26**(1): 1~7.

Yamanaka, K., S. Inatomi and M. Hanaoka (1998) Cultivation

characteristics of *Isaria japonica*. Mycoscience. **39**: 43~48.

Wang, S. M., L. J. Lee, W. W. Lin and C. M. Chang (1998) Effect of a water-soluble extract of *Cordyceps sinensis* on steroidogenesis and capsular morphology of lipid droplet in cultured rat adrenocortical cell. J. Cell Biochem. **69**(4): 483~489.