

붉은자루동충하초의 자실체 증식 특성

홍인표^{1*} · 남성희¹ · 정이연¹ · 성규병¹ · 김현복¹ · 정인모¹ · 조수묵² · 이민웅³

¹농업과학기술원 잠사양봉소재과, ²농산물가공이용과, ³동국대학교 생물학과

Biological Activities and Artificial Cultivation of *Cordyceps pruinosa* Petch

In-Pyo Hong¹, Sung-Hee Nam¹, I-Yeon Jung¹, Gyoo-Byung Sung¹, Hyun-Bok Kim¹, In-Mo Jung¹,
Soo-Muk Cho² and Min-Woong Lee³

¹Division of Sericulture and Entomology,

²Division of Agriproduct processing, National Institute of Agricultural Science and Technology, R.D.A. Suwon 441-707, Korea

³Dept. of Applied Biology, Dongguk University, Seoul 100-715

ABSTRACT : Fruiting bodies of *Cordyceps* have been regarded as popular folk and effective medicines to treat human diseases such as asthma, bronchial and lung inflammation, and kidney disease.

Cordyceps pruinosa (Clavicipitaceae; Hypocreales; Ascomycotina) has received special attention for medicinal purpose due to its various physiological activities. The nucleoside derivative N⁶-(2-hydroxyethyl) adenosine (HEA) isolated from it showed a Ca²⁺ antagonistic effect and negative inotropic response.

The artificial production of fruiting body of *C. pruinosa* has not been tried successfully yet by using living silkworm substrate.

To develop techniques for the production of *C. pruinosa* stromata on a large scale, the infection of *Bombyx mori* with *C. pruinosa* and the growth characteristics of stroma of *C. pruinosa* were investigated. Also, studied about biological activities of fruiting body formed on silkworm.

Infection rate of the silkworm pupae with *C. pruinosa* was the highest in injection inoculation. The formation of the fruiting body of *C. pruinosa* was quite good in the room controlled at 21~25°C, over 91% of relative humidity and over 1500 lx.

Glucose concentration was high in the fruiting bodies of the silkworm pupae infected with *C. pruinosa* on a dry weight basis. The most abundant amino acid in the fruiting bodies was arginine and phenylalanine. The fruiting bodies of silkworm pupae infected with *C. pruinosa* was rich in oleic acid. The high amount of citric acid was found in the fruiting bodies of silkworm pupae infected with *C. pruinosa*.

KEYWORDS : Amino acid, *Cordyceps pruinosa*, Injection inoculation, Silkworm Pupae

서 론

동충하초는 자낭균아문(Ascomycotina), 핵균강(Pyrenomycetes), 맥각균목(Clavicipitales), 맥각균과(Clavicipitaceae)에 속하는 버섯으로 *Cordyceps* 속과 불완전균류의 *Paecilomyces*속, *Podonectria*속, *Torrubiella*속, *Beauveria*속 등이 있다(Alexopoulos, 1996).

동충하초는 곤충의 애벌레, 번데기, 성충에 침입하여 체내에 내생 균핵을 형성한 후 체외로 자실체(자좌)를 형성하는 곤충기생성균(Entomopathogenic fungi)으로 전세계적으로 300여종이 분포하며, 국내에는 약 70여종이 자생하는 것으로 보고되었다(Kobayasi, 1940; 성 등, 1998).

동충하초는 원래 중국의 티베트 등 히말라야의 해발 3,000~5,000 m의 고산지대에서 인시목 박쥐나방(*Endoclyta excres* Butler; Hepialidae *armoricanus*)의 편복아 유충

에서 발생하는 *Cordyceps sinensis* (Bereley) Sacc.를 지칭하였으나, 최근에는 곤충뿐만 아니라 거미, 균류 등에서 발생하는 자실체를 총칭한다(조 등, 1999). 동충하초는 형태적 특성 때문에 서양에서는 "Chinese plant worm"으로 불리며, 중국에서는 불로장생, 강정, 강장 등의 비약으로 이용되었으며, 본초종신에는 산장과 폐 질환, 본초강목에는 허약체질을 튼튼히 하고 면역력을 증가시키는 효과가 기재되어 있는 가장 광범위한 효과를 가지고 있는 버섯 중 하나이다.

동충하초는 종에 따라 약리효능이 매우 다양하여 중국의 *C. sinensis*는 면역증강 및 부신흡르몬 분비 촉진 작용이 있으며(Wang 등, 1998), *C. militaris*의 생리활성물질인 Cordycepin은 항세균, 항암효과(Cordycepin이 암세포의 RNA와 DNA의 adenine에 치환됨)가 있으며(Cory 등, 1965; Kuo 등, 1994), *C. cicadae*에서 항중양 물질인 Galactomannan이 보고되었다(Huang 등, 1997), 눈꽃동충하초(*Paecilomyces tenuipes*)의 약리효과는 혈당강화

*Corresponding author: <iphong20@rda.go.kr>

작용, 면역기능 촉진효과, 항피로 효과 등이 보고되었다 (조 등, 1999; 심 등, 2000).

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 시작되었다. Pettit(1895)는 감자배지에서 최초로 번데기동충하초(*C. militaris*)의 자좌를 형성시켰으며, Yakusiji와 Kumazawa는 곡류(쌀) 배지에서 (Kobayasi, 1940), Shanor(1936)는 나방 번데기에서 번데기동충하초의 자낭각 형성을 유도하였다. 또한 Kobayashi(1940)는 곡류배지에서 불완전균류인 *I. japonica*의 완전세대 *C. takaomontana* 발생에 성공하였다. Agudelo 등(1983)은 *P. farinosa*를 이화명나방 유충, 번데기, 성충에 포자 접종 또는 액체종균을 이용하여 경구 접종을 시도하였으며, 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(Sung 등, 2002; Ban 등, 1998), 조 등(1999)은 살아 있는 가잠 누에에 눈꽃동충하초(*P. tenuipes*) 균을 접종하여 인공재배에 성공하였다.

동충하초는 이와 같이 암 억제, 면역성 회복, 항균작용 등 약리효과가 높은 부가가치 버섯으로 알려져 있지만, 인공재배가 가능하거나 기능성이 규명되어 건강보조식품으로 개발된 종은 몇 종에 불과하다.

동충하초의 일종인 붉은자루동충하초(*Cordyceps pruinosus* Petch)는 처음에는 번데기동충하초(*C. militaris*)로 분류되었으나(Berkeley and Broome, 1873), Petch(1924)에 의해 자낭각, 자낭과, 자낭포자 등에서 번데기동충하초와 다른 점이 발견되어 *Cordyceps pruinosus* Petch로 명명되었으며, Kobayasi(1940)에 의해 붉은자루동충하초(*C. pruinosus*)의 분류체계가 확립되었다.

Furuya 등(1983)은 붉은자루동충하초의 배양균사체에서 Ca^{2+} 길항작용과 근육수축 기능이 있는 HEA (N^6 -(2-hydroxyethyl)-adenosine)를 추출한 바 있다.

본 연구에서는 경제적 부가가치가 높은 붉은자루동충하초의 안정적 대량생산 기틀을 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

균주 : 본 시험에 이용한 붉은자루동충하초(*Cordyceps pruinosus*)는 2002년 전북 지리산에서 채집하였으며, 균분리는 자실체를 2~3% Sodium hypochloride로 소독한 다음 페트리디쉬 뚜껑 내측에 멸균 테이프를 부착시켜 water agar에 낙하된 자낭포자를 분리하여 감자한천배지(potato dextrose agar; PDA)에 이식하였다.

자실체 생산

종균제조

분생포자 : 분생포자를 생산하기 위한 현미 배지는 500ml Δ flask에 현미 150g, 누에 번데기가루 15g, Dextrose 15g, 증류수 70ml를 넣고 121°C에서 40분간 살균한 후 액체 접종원을 5ml씩 접종하였다. 접종이 완료된 배지는 25°C의 incubator에서 20일간 배양하면서 균이 뭉치는 것을 방지하고 균일하게 성장하도록 3~4일 간격으로 흔들기 작업을 하여 분생포자를 형성시켰다. 배양이 완료된 현미배지는 Tween 20(Polyoxyethylene sorbitan monolaurate, 0.1g/100ml)을 첨가한 증류수를 가하여 분생포자를 수확하였다. 수확한 분생포자는 혈구계수기(hemocytometer)로 측정하여 1×10^8 conidia/ml 농도가 되도록 증류수로 희석하여 조절하여 접종 종균으로 사용하였다.

액체종균 : 접종용 액체종균 제조방법은 PDB 배지를 250ml Δ flask에 50ml씩 분주하고 121°C에서 20분간 멸균한 다음 액체 접종원을 2ml씩 접종하였다. 접종된 액체종균은 온도 25°C에서 14일간 정치 배양한 후 호모게나이저(Nissei AM-12)로 12,000rpm에서 30초간 마쇄하여 균질화한 다음 액체 종균으로 이용하였다.

접종방법

분무접종 : 시험에 공시한 누에는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 분양받은 누에씨를 향온 항습실에서 최침하여 사육하였다(표 1). 3령, 4령, 5령 누에 기잠시 1×10^8 conidia/ml 농도로 조절된 분생포자 현탁액을 12시간 간격으로 3회 분무 접종한 후 감염을 유도하기 위해 고온 다습한 조건(28°C · 95%)에서 24시간 유지한 다음 급상하고 표준누에사육법에 따라 사육하였다. 상족 1주 후 고치를 수건하여 20~25°C 온도에서 1주간 고치를 보호한 다음 절건하여 감염률을 조사하였다.

Table 1. Standard temperature and humidity for silkworm rearing

Instar	Temperature(°C)	Humidity(%)
1st	29 ~ 30	90
2nd	27 ~ 28	90
3rd	25 ~ 26	85
4th	23 ~ 24	75 ~ 85
5th	22 ~ 23	65 ~ 75

주사접종 : 접종용 번데기는 누에를 표준누에사육법에 따라 사육한 후 고치를 수건하여 보호한 다음 절건하여 번데기를 수확한 후 75% 에탄올에서 약 3~5분간 침지하여 표면 소독한 다음 크린벤치에서 건조시켰다. 접종방법은 균질화한 액체종균 0.2ml을 번데기 마디에 표면 주사하였으

며, 접종한 번데기는 감염률을 높이기 위하여 24℃, 90% R.H.에서 1주간 보호한 후 감염률을 조사하였다.

도말접종 : 붓을 이용하여 액체종균을 누에 3령부터 5령 까지 매일 3회씩 몸 표면에 칠하여 감염을 유도하였다. 누에를 표준누에사육법에 따라 사육한 후 고치를 수건하여 보호한 다음 절건하여 감염률을 조사하였다.

침지접종 : 침지접종용 액체 종균은 PDB 배지를 1 l 배양 병에 500ml 분주하고 121℃에서 45분간 멸균한 다음 접종원을 10ml 접종하고 온도 25℃에서 14일간 통기 배양 하였다. 표면 소독한 번데기를 배양이 완료된 액체종균에 3~5분간 침지 접종한 다음 온도 25℃에서 14일간 번데기를 보호한 후 감염률을 조사하였다.

자실체 발생

감염된 번데기는 각각 16~20℃, 21~25℃, 26~30℃ 의 온도로 조절된 생육실에서 배양하면서 자실체 발생 최적 온도를 선별하였으며, 자실체 발생 최적습도는 배양실을 자실체 생육 최적온도로 유지하면서 배양실의 습도를 81~90%, 91~100%로 조절하여 자실체 발생을 유도하였다. 또한 광이 자실체 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 생육실을 무광, 500~1000lx, 1000~1500lx, 1500~2000lx로 조절하여 자실체 생육을 조사 하였다.

자실체 성분 분석

탄수화물

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

단백질

건조시료 0.1g을 6N HCl로 105℃에서 24시간동안 완전 가수분해한 후 농축하여 20mM 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 이용하여 retention time을 측정하여 표준물질의 값과 비교하여 계

산하였다.

지방산

지방 성분중 함유된 지방산 성분을 조사하기 위하여 가장 보편적으로 사용되는 분리법(Modified Folch method)과 유도체화(Methylation : BF₃-methanol) 방법을 사용하여 gas chromatography(GC)로 측정하였다. GC 조건은 1) column은 supelco sp-2560 fused silica capillary column 100m, 0.25mm ID., 0.20 m film을 사용하였으며, 2) 분석 조건은 detector : FID, injection volume : 1μl, carrier gas : He, detector temp. : 260℃, injector temp : 260℃, oven temp : initial temp. 140℃ for 5min., 140℃ to 240℃ at 4℃/min, final temp. 240℃ for 15min., split : 100:1, flow rate : 20cm/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.

유기산

건조 시료 1 g을 80% methanol 10 ml에 추출하여 농축한 뒤 동량이 되도록 물에 현탁하였다. 추출액 1 ml을 Amberlite IRC-50 (Sigma Co.)이 든 유리컬럼에 적정하고 동량의 물로 세척한 후 동량의 0.1 N HCL로 유출하여 동결시킨 다음 speed vac.으로 농축하고 0.1% 인산용액 0.1 ml에 녹여서 -20℃에 보관하였다. 표준품으로는 oxalic acid(1 mg), citric acid(5 mg), tartaric acid(5 mg), malic acid(5 mg), succinic acid(5 mg), formic acid(5 mg), acetic acid(20 mg)를 0.1% 인산용액 950 μl에 녹인 다음 fumaric acid(5 mg/ml)를 50 μl 첨가하여 조제한 후 위의 용액을 1, 1/2, 1/4, 1/10 배로 희석하여 사용하였다.

분석은 HPLC(Waters Co.), 컬럼은 Supelcogel™ C-610 H column(7.8×300 mm)을 사용하였다. 용매는 0.1% 인산용액을 사용하여 유속은 0.5 ml/min로 하였으며, UV 210 nm(Waters Model 486)에서 측정하였다.

결과 및 고찰

자실체 생산

누에 감염

분생포자 농도를 1×10⁸conidia/ml 로 조절한 현탁액을 각각 3령, 4령, 5령 기잠 누에에 12시간 간격으로 3회 분무 접종한 다음 상족 2주 후에 절건하여 감염률을 조사한 결과는 표 2와 같다. 감염률은 22~25%였으며, 누에 4령 기잠 분무 접종시 25%로 가장 높았으며, 3령과 5령 접종 시에는 22~23%였다. 하(2005)등이 눈꽃동충하초 (*Paecilomyces tenuipes*)의 5령 누에 기잠 3회 분무 접종시 감염률을 88~92%로 보고한 바에 비하면, 붉은자루동충하초의 감염률 23%는 매우 저조한 편이다.

Table 2. Infection rate of the silkworm by spraying inoculation

Instar	No. of silkworm	No. of unhealthy silkworm	No. of sclerosis	Infection rate(%)
3	100	3	21	22
4	100	5	24	25
5	100	10	21	23

번데기 감염

붉은자루동충하초의 접종 시기를 관행인 5령 기잠 누에 대신에 누에 꼬치를 절건한 번데기에 분무감염, 주사감염, 도말감염, 침지감염 등으로 집중하여 감염률을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 분무접종법, 도말감염법, 침지감염법 등의 감염률은 2~5%였으나, 주사접종법의 감염률은 95%로 매우 높았다. 이 결과는 기존의 눈꽃동충하초 5령 기잠 누에 분무 접종법보다도 양호한 결과이다.

Table 3. Infection rate of the silkworm pupae by various inoculation method

Inoculation Method	No. of pupae	No. of sclerosis	others	Infection rate(%)
Spraying	100	5	2	5
Injection	100	95	1	95
Smearing	100	2	1	2
Dipping	100	2	1	2

자실체 발생

붉은자루동충하초에 감염된 번데기를 습도 80~90%, 90~100%, 온도 16~20℃, 21~25℃, 26~30℃로 조절된 발이실에서 배양하여 자실체 발생률을 조사한 결과는 Table 4에서와 같다. 습도 90% 미만에서 자실체 발생률은 55~70% 이었으나, 온도 16~25℃, 습도 91% 이상의 조건에서는 83~85%로 매우 높았다.

Table 4. Fruiting body formation after inoculation with *C. pruinosa*

Rate of fruiting body formation (%)					
Humidity(%)					
81~90			91~100		
Temperature(℃)					
16~20℃	21~25℃	26~30℃	16~20℃	21~25℃	26~30℃
65	70	55	83	85	65

또한 광과 자실체 생육과의 관계를 조사한 결과는 Table 5에서와 같이 1500lx 이상의 광 조건에서 자실체 생육이 양호하였다. 감염된 번데기 100 마리를 발생 처리한 결과 자실체 길이가 3cm 이상 자란 비율이 500~1000 lx 광조건에서는 10%였으나, 1500~2000 lx 조건에서는 60%를 차지하였다. 따라서 붉은자루동충하초의 자실체 발생 최적 조건은 온도 21~25℃, 습도 91% 이상, 광 1500 lx 이상으로 생각된다(Fig. 1).

Table 5. Degree of Fruiting body formation after inoculation

Light(lx)	Fruiting length(cm)		
	1 below	1~3	3 over
500~1000	50	40	10
1000~1500	20	40	40
1500~2000	10	30	60
Non-light	75	10	5

*A hundred of pupae were used for fruiting body formation.

자실체 성분

탄수화물

붉은자루동충하초의 유리당 함량은 Glucose가 7.9 mg으로 가장 많았으며, 다음이 Sucrose 이었으며 Glycerol과 Mannitol은 미량 검출되었다(Table 6). 번데기동충하초



Early stage



Fruiting bodies

Fig. 1. Fruiting body formation from silkworm pupae infected with *C. pruinosa*

Table 6. Carbohydrate composition of the fruiting body in *C. pruinosa*

Species	Values (mg/g dry weight)			
	Glycerol	Glucose	Mannitol	Sucrose
<i>C. pruinosa</i>	Tr	7.90 ± 0.53	Tr	0.71 ± 0.07
<i>C. militaris</i>	3.20 ± 0.45	8.72 ± 1.18	13.23 ± 1.53	3.64 ± 0.67
<i>P. tenuipes</i>	3.69 ± 1.12	9.08 ± 0.28	8.51 ± 0.85	2.06 ± 0.53

*Tr, trace (0.05%)

(*C. militaris*)에서는 Mannitol, 눈꽃동충하초에서는 Mannitol과 Glycerol 함량이 많았다.

단백질

붉은자루동충하초의 누에 자실체에 함유된 아미노산의 총 함량은 34.6 mole/g이며, 16종의 구성 아미노산 분포 비율은 Arginine이 15.6%로 가장 높았으며, 다음으로 Phenylalanine (11.0%) > Tyrosine (9.5%) > Threonine (7.7%) 순이었으며, Lysine이 3.4%로 가장 낮게 분포하였다(Table 7). 한편, 현미 배지와 번데기 배지의 자실체에 함유된 유리아미노산 조성은 Arginine, Proline, Phenylalanine, Glutamic acid가 많았으며, Lysine과 Methionine은 적었다.

누에 자실체에서 산성아미노산인 Aspartic acid의 분포 비율은 전체 아미노산의 약 4.5%, 히드록시(수산기)아미노산인 Serine은 5.8%를 차지하였으며, 인체에서 합성이 되지 않는 필수아미노산인 Threonine은 7.7% 존재하였다.

염기성아미노산인 Arginine의 함량은 누에 자실체 15.6%, 현미 자실체 10.0%, 번데기 자실체 10.9%로 16종의 구성 아미노산중 구성비율이 가장 높았으며, 인체에서 생합성이 되지 않는 필수아미노산인 Lysine은 0.94~1.16 μmole/g 존재하였다.

황 함유 필수아미노산인 Methionine의 함량은 0.87~1.25 μmole/g 으로 분석아미노산중 구성비율 (2.6~3.6%)이 가장 낮았다.

중성아미노산인 Glycine의 함량은 1.39~2.04 μmole/g 으로 전체아미노산중 4.0~5.8%의 구성비를 차지하였다. 한편, 체내에서 합성이 되지 않는 필수아미노산인 Valine, Leucine, Isoleucine의 누에 자실체 함량은 각각 1.45 μmole/g, 1.76 μmole/g, 2.13 μmole/g 이었다.

방향족아미노산인 Tyrosine의 함량은 누에 자실체 9.5%, 현미 자실체 4.7%, 번데기 자실체 3.8%의 구성비율을 나타냈다.

Proline은 알콜에 녹는 유일한 아미노산으로 현미 자실체와 번데기 자실체의 함량은 각각 3.72 μmole/g, 3.50 μmole/g 으로 9.8~10.4% 의 구성비율을 차지하며, 분석아미노산중 Arginine 다음으로 2번째로 많이 분포하였다.

Table 7. Amino acid composition of the fruiting body in *C. pruinosa*

Amino acid	Content of amino acids (μmole/g dry weight)		
	Medium		
	Silkworm	Pupae	Rice
Aspartic acid	1.55	2.12	2.53
Serine	2.00	2.65	2.74
Glutamic acid	2.16	3.32	3.12
Glycine	1.39	1.95	2.04
Histidine	1.93	1.66	1.78
Arginine	5.40	3.69	3.80
Threonine	2.66	2.86	3.17
Alanine	1.18	1.61	1.66
Proline	2.00	3.50	3.72
Tyrosine	3.30	1.29	1.79
Valine	1.45	1.76	2.13
Methionine	1.25	0.87	1.10
Lysine	1.16	0.94	1.13
Isoleucine	1.40	1.27	1.57
Leucine	1.95	1.94	2.69
Phenylalanine	3.82	2.37	3.18

*ASP.; Aspartic acid, SER.; Serine, GLU.; Glutamic acid, GLY.; Glycine, HIS.; Histidine, ARG.; Arginine, THR.; Threonine, ALA.; Alanine, PRO.; Proline, TYR.; Tyrosine, VAL.; Valine, MET.; Methionine, LYS.; Lysine, ILE.; Isoleucine, LEU.;Leucine, PHE.; Phenylalanine.

지방산

붉은자루동충하초의 유리 지방산 조성은 누에 자실체에서는 Oleic acid 함량이 가장 많았으며, 다음은 Linolenic acid, Palmitic acid 순이었다. 현미 배지와 번데기 배지 자실체의 유리 지방산은 Linolenic acid 함량이 많았으며, 다음으로 Oleic acid이었다.

Table 8. Fatty acid composition of the fruiting body in *C. pruinosa*

Fatty acid	% of total FA content		
	Medium		
	Silkworm	Pupae	Rice
Palmitic (C16:0)	16.90	10.61	9.74
Palmitoic (C16:1)	1.19	3.10	0.21
Stearic (C18:0)	3.95	2.90	0.10
Oleic (C18:1)	34.29	28.18	29.60
Linoleic (C18:2)	19.20	52.41	47.08
Linolenic (C18:3)	23.78	1.44	10.86

C16:0 Palmitic Acid Methly Ester,
 C16:1 Palmitoic Acid Methly Ester,
 C18:0 Stearic Acid Methly Ester,
 C18:1 Oleic Acid Methly Ester,
 C18:2 Linoleic Acid Methly Ester,
 C18:3 Linolenic Acid Methly Ester.

유기산

붉은자루동충하초의 유기산 조성은 누에 자실체에는 Citric acid가 가장 많았으며, Malic acid와 Propionic acid는 미량 존재하였다. 번데기 배지 자실체의 유기산은 Acetic acid가 가장 많았으며, Propionic acid는 미량 존재하였고, 현미 배지에서는 Acetic acid와 Succinic acid가 많았으며, Fumaric acid와 Pyroglutamic acid는 미량 존재하였다(Table 9).

Table 9. Organic acid composition of the fruiting body in *C. pruinosa*

Acid	Values (mg/100g dry weight)		
	Medium		
	Silkworm	Pupae	Rice
Oxalic	8	12	11
Citric	41	26	95
Malic	Tr	4	3
Lactic	7	8	Tr
Succinic	15	4	138
Acetic	10	75	146
Fumaric	1	11	1
Pyroglutamic	4	2	Tr
Propionic	Tr	Tr	4

*Tr, trace (≥0.05%)

적 요

경제적 부가 가치가 높은 붉은자루동충하초의 안정적 대량생산 기틀을 마련하고자 자실체 증식 특성 및 자실체 성분 분석을 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 붉은자루동충하초의 감염률은 관행인 누에 5령 기잠시 분무 접종하는 방법보다 번데기 시기에 주사접종 하는 방법이 높았다.
2. 붉은자루동충하초의 자실체 발생은 온도 21~25℃, 습도 91% 이상, 광 1500 lx 이상에서 양호하였다.
3. 붉은자루동충하초의 유리당 함량은 Glucose가 7.9 mg으로 가장 많았으며, 다음이 Sucrose 이었으며 Glycerol과 Mannitol은 미량 검출되었다
4. 붉은자루동충하초의 누에 자실체에 함유된 아미노산의 총 함량은 34.6 μmole/g이며, 16종의 구성 아미노산중 Arginine이 15.6%로 가장 높았으며, Lysine이 3.4%로 가장 낮게 분포하였다.
5. 붉은자루동충하초의 누에 자실체 유리 지방산 조성은 Oleic acid 함량이 가장 많았으며, Palmitoic acid는 소량 함유되어 있었다.
6. 붉은자루동충하초의 누에 자실체 유기산 조성은 Citric acid가 가장 많았으며, Malic acid와 Propionic acid는 미량 존재하였다.

인용문헌

Agudelo, F. and Falcon, L. A. 1983. Mass production, infectivity and field application studies with the entomogenous fungi, *Paecilomyces farinosus*. *J. Invertebr. Pathol.* 42: 124-132.

Alexpoulos, 1996, C. J., C. W. Mims and M. Blackwell. 1966. Introductory mycology. Fourth edition. Jone Wiley and Sons. INC p. 307.

Ban KW, Park DK, Shim JO, Lee YS, Park CH, Lee JY, Lee TS, Lee SS and Lee MW 1998. Cultural characteristics for inducing fruiting-body of *Isaria japonica*. *Korean J Mycology.* 26(3): 380-386.

Berkeley, M. J. and Broome, C. E. 1873. The fungi of Ceylon. *Journ. Linn. Soc.* XIV. p110

Cory, J. G., Suhadolnik, R. J., Resnick, B. and Rich, M. A. 1965. Incorporation of cordycepin(3'-deoxyadenosine) into ribonucleic acid and deoxyribonucleic acid of human tumor cells. *Biochem. Biophys. Acta.* 103: 646-653

Furuya T., Hirotani M, Matsuzawa M. 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. Shiota. 1995. Production of *Cordyceps militaris* fruit body on artificially inoculated pupae of *Mamestra brassicae* in the laboratory. *Mycol. Soc. Japan.* 36: 67-72.

- Huang BM, Stocco DM, Norman RL. 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.
- Kobayasi, Y. 1940. The genus *Cordyceps* and its allies. Sci. Rept. Tokyo Bunrika Daikaku, Sect. B. 5: 53-260.
- Kuo YC, Lin CY, Tsai WJ, Wu CL, Chen CF, Shiao MS. 1994. Growth inhibitors against tumor cells in *Cordyceps sinensis* other than cordycepin and polysaccharides. *Cancer Invest.* 12(6): 611-615.
- Petch, T. 1924. Studies in entomogenous fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 10: 28-38.
- 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.
- Sung JM, Choi YS, Shrestha B, Park YJ. 2002. Cultural characteristics of mycelial growth by *Cordyceps militaris*. *Korean J Mycology.* 30(1): 1-5.
- Wang SM, Lee LJ, Lin WW, Chang CM. 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.
- Wu CS, Leu SF, Yang HY, Huang BM. 2001. Melatonin inhibits the expression of steroidogenic acute regulatory protein and steroidogenesis in MA-10 cells. *J Androl.* 22(5): 245-254.
- 성재모, 이현경, 유영진, 최영상, 김상희, 김용욱, 성기호. 1998. 단백질 분석을 기초로 한 속 동충하초의 분류. *한국균학회지* 26(1): 1-7.
- 심진영, 이연실, 임순성, 신국현, 현진이, 김성연, 이은방. 2000. 눈꽃동충하초의 약물활성. *생약학*.
- 조세연, 신국현, 송성규, 성재모. 1999. 누에동충하초 생산 및 유용물질 개발. *농촌진흥청*. p. 5-230.
- 하남규, 김승렬, 강진호, 강필돈, 성규병, 홍인표. 2005. 눈꽃동충하초의 배양적 특성 및 생리활성. *한국잡사학회지.* 47(1): 12-17.