

## 소규모 재배상을 이용한 생동충하초 재배

남성희\* · 이광길 · 여주홍 · 이희삼 · 황재삼 · 최영철 · 박관호  
농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부

## Cultivation of *Paecilomyces tenuipes* using Mini-kit, small culture container

Sung-Hee Nam\*, Kwang Gill Lee, Joo Hong Yeo, Heui Sam Lee,  
Jae Sam Hwang, Young-Cheol Choi, Kwan-Ho Park

<sup>1</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-853, Republic of Korea  
(Received April 18, 2012, Accepted October 15, 2012)

### Abstract

*Cordyceps* and its allies fungi has been described as a secret medicine that gives eternal youth and a long life. Some species of *Cordyceps* are sources of biochemicals, such ascordycepin, with interesting biological and pharmacological properties. Hence, it has been studied to uncover its pharmacological effect. We attempted to study the formation of fruiting bodies and to develop means of mass production Korean isolate of *Paecilomyces tenuipes* has been inoculated into silkworms, where it reproduced using culture container, mini-kit successfully. Culture container, mini-kit is composed of a cylinder-shaped body and lid. The container is made of translucent polyethylene terephthalate. The size of the container is 82 × 75 mm, reduced by 10 times as compared with the conventional culture kit. The mini kit has many advantages - high culture amount, ability of maintaining optimal humidity, parasite-free cultivation and high-end appearance. With the kit, the optimal cultivation condition is under 22°C, culture period of 53 days. And synnemata of *P. tenuipes* could be kept fresh for 14 days at the temperature of under 10°C. Therefore, the Min-kit can be used in both ways as a culture container and a packing kit for end-user customers.

**Key words :** *Cordyceps*, Entomopathogenic fungi, *Paecilomyces tenuipes*, Culture container, Cultivation

### 서 론

동충하초는 진균포자가 곤충의 몸에 침입하여 곤충에 병을 일으키는 진균병의 일종으로 야생에 서식하는 대부분의 곤충 중에서 발생한다. 동충하초는 중국을 중심으로 오래전부터 불로장생의 비약으로 알려져 왔으며, 인체에 유익하고 다양한 효능이 과학적으로 입증되면서 약용자원으로 활발히 연구되고 있다. 세계적으로 동충하초는 300여종 이상이 자생하는 것으로 보고된다. 그 중 대표 종은 박쥐나방 유충을 기주로 하여 발생하는 *Cordyceps sinensis* 균으로 해발 3,000여 미터 이상의 티벳 등 고산지대에서 자생한다.

*C. sinensis*의 약리효능은 과학적으로 입증되어 현재는 세계적으로 다양한 측면에서 활용을 하기 위해 수요가 지속적으로 증가하고 있다(Tanada and Kaya 1993). 그러나

야생에서 수집되는 자연산은 발생이 많지 않고 자생지가 고산지대이므로 채집 또한 까다로워 충분한 자원확보가 어려운 실정이다. 특히 이 균의 기주곤충인 박쥐나방 유충은 현재까지 인공사육기술이 보고되지 않아 인공재배를 위한 기주곤충 확보가 어려운 실정이다.

이 문제를 해결하기 위해 오랜 기간 균학자들은 동충하초의 인공증식을 위해 다양한 배양연구를 시도하였다. 최초 배양시도 연구는 Pettit (1895)에 의해 감자배지 상에 *C. militaris*를 접종하여 자좌 형성에 성공하였으나 성숙한 자낭각은 형성되지 않았다. 1911년 Sopp은 인공배지 내에 적정 영양원을 첨가한 후 성숙한 자좌를 형성하였으며(Brady 1979) 이후에도 세계적으로 다양한 균종을 대상으로 곤충기주 혹은 곡류배지를 이용하여 재배시험을 시도하였다(Kobayasi 1940, Yamanaka et al. 1998, Agudelo and Falcon 1983, Lee et al. 2000, Sung et al. 1999). 동충

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

하초의 배양 및 증식시험을 가속화하는 원동력은 배양 동충하초로부터 항진균, 항세균, 항암에 작용하는 Cordycepin (3'-deoxyadenosin) 등의 물질의 발견 등 경제적 가치에 근거한다(Hung et al. 1996, Iwashima et al. 1992).

동충하초 인공재배기술 확립은 농촌진흥청에서 살아있는 가잠, 즉 누에를 기주로 하여 *P. tenuipes*의 균을 접종하는데 성공하여 대량증식이 가능하게 된 것이다(Cho et al. 1999, Nam et al. 1999, 2001, 2002). 가잠은 수 천여 년 동안 인간에게 길들여져 수시로 인공부화를 통해 공급이 가능할 뿐 아니라 대량사육이 용이해 동충하초를 생산하는 기주 곤충으로 매우 적합하다. 한편 눈꽃동충하초 (*P. tenuipes*)는 인시목 곤충에 발생하는 균으로 전 세계에 분포하고 있으며 국내 발생 시기는 6월에서 10월까지 광범위해 채집이 용이한 균에 속한다. 더욱이 누에를 기주로 대량생산된 *P. tenuipes*로부터 항산화, 항암, 강기능 보호효과 등의 효능이 입증되었다(Shin et al. 2003). 현재 국내에서 누에를 기주로 재배된 눈꽃동충하초는 국내 식품원료로 허가되어 새로운 품종명인 누에동충하초로 보급되고 있다. 그러나 동충하초의 관리문제로 동결 건조된 제품만이 유통되고 있으며, 단가가 높아 일반인이 이용하기에는 아직도 어려움이 있다.

따라서, 본 시험에서는 누에동충하초의 식품소재로써 용도를 다양화하고자 연중 수시로 재배 및 소량으로 배양할 수 있는 조건구명을 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재배를 위한 단계별 경과 일수

본 시험에서는 동충하초를 소량 재배할 수 있는 용기 선별과 최적 배양조건을 선별하기 위한 시험을 수행하였으며, 선별된 소량 재배용기 및 그 재배용기에서 배양된 동충하초를 이차 미니키트 및 미니키트 동충하초라 한다. 먼저 소량재배 용기를 이용한 동충하초 생산에 요구되는 총 소요 일을 조사하였다. 누에동충하초 생산은 우선 기주곤충으로 이용되는 누에의 사육기와 누에유충에 동충하초 균을 접종하고 자실체를 형성시키는 재배기로 나눈다. 균 증식용 누에의 유충, 번데기 등 생육단계 및 동충하초 자실체의 발육 단계를 각각 세분하여 소요일수를 측정하였다. 누에는 유충기간을 5단계로 명별로 구분하고, 균 감염된 번데기 체내에 균사가 생장하여 충체 표면을 전체 덮는 균사확장 기간, 감염번데기를 미니키트에 투입 후 자실체의 재배 종료시점까지의 기간을 각각 산정하여 총 경과일수를 분석하였다. 시험에서 누에사육은 가잠의 표준사육법(Cho et al. 2003)에 의거하였다.

### 2. 미니키트 내 동충하초 자실체 형성 유도

동충하초 생육을 위한 재배용기를 선별하였다. PET 재질 원통형으로 규격은 내부용량이 350 ml 높이 82 mm 폭은 75 mm이다. 동충하초 균 접종은 누에동충하초 표준재배법(Cho et al. 2003)에 따라 수행하였으며, 균에 감염된 번데기를 발육상태에 따라 적정 두수를 투입하였다. 고밀도 배양은 감염번데기 상호간 균사생장 방해로 자실체 유발이 억제되므로 후기 감염번데기는 15두, 추기는 20두가 적절하였다. 자실체 최적배양 조건 구명을 위해 온도별 배양처리하고 배양종료 후 자실체의 길이, 자실체 수 및 개체 중을 측정하였다. 자실체 길이 측정은 감염번데기 표면에서 10 mm 이상 발생한 것으로 하였으며 그 이하는 제외하였다.

시험은 10회 반복 결과이며 통계분석은 ANOVA test를 각 시험구간 평균 차이에 대한 유의성 검정은 Duncan multiple range test,를 이용하여  $p < 0.05$  수준일 때 유의차가 있는 것으로 하였다.

### 3. 미니키트 동충하초의 보관 및 평가

배양된 동충하초의 보존기간 및 저장력을 조사하기 위해 미니키트 동충하초를 최소 7일에서 최장 21일간 정치 보존하였다. 이때 보관온도는 4°C, 10°C 및 24°C로 처리하였으며 정치기간 종료 후 신선도를 측정하였다. 저장력을 측정하기 위해 동충하초 특성별 5개 주요항목을 대상으로 평가하고 자실체의 수직성장도 및 포자발생, 색상, 냄새 및 육안 보존상태 분석을 통하여 최상에서 최하 5 단계로 분석, 평가하였다.

소량 생동충하초 재배를 위해 선별한 미니키트 동충하초의 수요자의 선호도 조사를 위해 구매자를 대상으로 미관, 희망 단가에 분석을 실시하였다. 현재 동충하초에 대한 인지도가 있는 수요자 30여명을 대상으로 하여, 생산 용기이며 유통용기로 동시 활용하고자 하는 미니키트에 대한 선호도를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 미니키트 내 재배 동충하초의 생장 경과

누에유충 1령에서 4령까지 발육은 총 17일이 소요되는데 표준 누에사육법에 따라 사육하였다. 5령 기잠 균 접종 후 섭식까지의 소요일은 1일, 이후 5령 발육기는 7일이 소요되었다(Table 1). 상숙된 고치 내에 유충은 균에 감염된 직후에는 치사하지 않고 번데기 단계로 용화된다. 이때 동충하초 균은 충체 내에서 지속적으로 균사증식이 진행되면서 균핵이 충체 내부를 가득 채우면서 점차 몸이 단단히 굳어지면서 치사한다. 상숙 후 감염 충체에서 균

**Table 1.** Total period and growth stage of *Paecilomyces tenuipes* into cultural container

Growth stage	Treated condition	Required period (day)	Treated temperature (°C)
Development stage from 1st to fourth instar	Standard breeding	17	25-27
Inoculation on the fifth instar	Standard inoculation	1	28
Hyphal development into the 5th instar larva	Hyphal growth on the surface of the silkworm	7	22-23
Spinning of cocoon	Infected silkworm pupa into cocoon	8	23-24
Cutting cocoon and cultivation of infected pupa	cultivation of infected pupa	5	28
Cultivation period	<i>P. tenuipes</i> cultivation into mini-kit	15	22
Total period	-	53	-



**Fig. 1.** Cultural process and development of *Paecilomyces tenuipes* in the mini-kit, Left : Proliferation of *P. tenuipes* in the pupa (38 days), Middle : Growth of Synnemata(15 days), Right : Cuture using the mini kit

사 발달까지는 약 5일이 소요되며 이때 감염번데기의 표면은 균사체의 발달에 의해 전면이 하얗게 덮였다(Fig 1). 이때 번데기를 미니키트 내 투입하여 재배 착수하는데 자실체의 길이생장은 만 15일 경과되면 포자는 전혀 발생되지 않은 상태로 자실체의 생장이 최대가 된다. 1령의 누에유충 사육에서 부터 동충하초 재배 종료까지는 총 53일이 소요되는 것으로 확인되었다.

## 2. 온도처리별 동충하초의 생육특성

동충하초 재배 시 미니키트에 단위 당 투입 번데기는 춘기 15두, 추기는 20두로 한다. 춘기에 사육된 번데기의 개체중이 추기에 비해 높다. 즉 미니키트 하부면 직경은 65 mm 크기인데, 추기 동충하초 감염번데기의 개체중은 평균 17 mg이며 크기는 개체 당 장경 30 mm, 단경 10 mm 범위이다. 따라서 20두를 투입 시 개체 간 조밀하지 않게 균사생장 및 자실체 배양면적을 적절히 확보할 수 있었다. 그 외에도 감염투입 수는 개체크기에 따라 조절하면 면적 대비 자실체 유발 및 생장량 향상을 위해 효율적이다.

미니키트 재배상에 감염번데기 투입 시기는 고치내부에서 번데기가 균에 의해 완전히 경화 후 균사가 체 표면을 완전히 덮었을 때가 가장 적절하였다. 배양을 위해 온도별 처리 결과 자실체 길이 생장은 20°C 및 22°C 하에서 각각 23.0 ± 4.0, 32.2 ± 1.9 mm로 성장하였으며, 25°C 처리 시는 37.0 ± 5.5 mm로 생장해 최장을 나타내었다(Fig 2). 자실체

길이가 40 mm 이상을 성장하면 용기 뚜껑에 접촉하게 되어 자실체가 수직생장에서 꺾이거나 곡선형태로 손상되고 뚜껑부위에 수분과 접촉으로 조기에 시드는 경향이 있었다. 미니키트 배양용기 외장높이는 87 mm이나 바닥의 중심 면이 내부 돌출된 형태이고 뚜껑이 차지하는 부피가 있어 실제 내부높이는 약 60 mm로 번데기가 차지하는 높이를 제외하면 자실체가 40 mm 이하의 길이생장이 유지되어야 공간대비 적절한 생육이 가능하다. 따라서 본 시험에서는 배양시 15일간 22°C에 정치하였을 때 자실체의 길이는 35 mm 내외로 적절한 크기도 배양되었다. 한편 자실체는 지상부에서 30 ~ 50 mm로 다발형태로 발생하며 평균 55개의 분지를 형성하였으나(Nam et al. 1999), 미니키트 재배 경우는 이에 비해 자실체의 길이 및 수가 더 증가하는 경향을 보였다. 이것은 미니키트의 뚜껑 사용으로 인해 발생하는 조도의 감소로 인한 변화에 기인하는 것으로 판단된다.

배양온도별 성장한 자실체의 발생 수를 측정하였다. 처리조건은 온도 20°C, 22°C 및 25°C로 하였을 때 자실체 개수는 각각 67.4 ± 6.0, 64.6 ± 6.2, 59.2 ± 10.9 개로 나타났으며 조사범위 내에서는 배양 온도별 자실체 발생 수는 통계적 유의차는 없는 것으로 확인되었다(Fig. 3).

15일간 20°C, 22°C, 25°C시 온도에서 배양된 동충하초의 개체중은 각각 11.2 ± 1.6, 11.9 ± 2.0, 8.8 ± 1.4 mg으로 나타났다(Fig 4). 본 시험에서 추계 사육 시 측정된 균 감

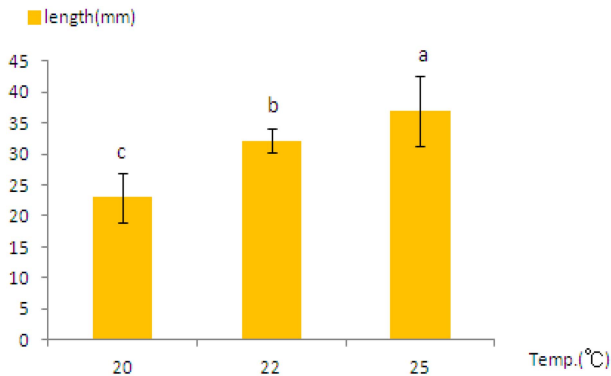


Fig. 2. Synnemata length of *P. tenuipes* by various temperature treatment

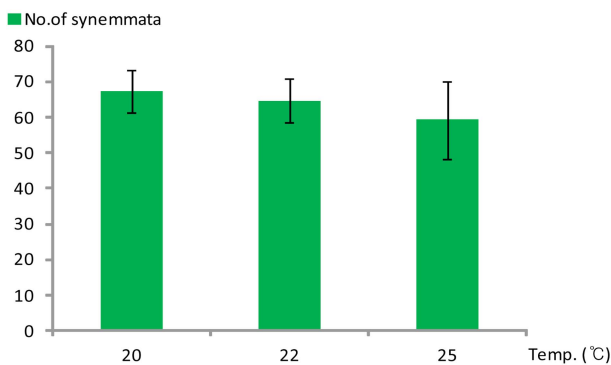


Fig. 3. Synnemata length of *P. tenuipes* by various temperature treatment

염번테기의 개체중은 평균 17 mg이므로 실질적으로 배양 종료 후 개체중은 최소 30%에서 최대 48.2%까지 감소된 것으로 나타났다. 이것은 배양기간 동안 총체 내 수분이 자실체 형성으로 인해 지속적으로 탈취된 것에 기인하는 것으로 판단된다. 특히 25°C 배양하였을 때 개체중이 현저히 감소하였으며 온도가 낮을수록 개체중의 무게는 높은 것으로 나타났다. 20°C 및 22°C 배양은 개체 중에 유의성이 없이 우수한 것으로 나타났으나 냉방 등 시설유지를 위한 효율성을 감안할 때 22°C 조건하에서 배양이 가장 효과적인 것으로 판단된다.

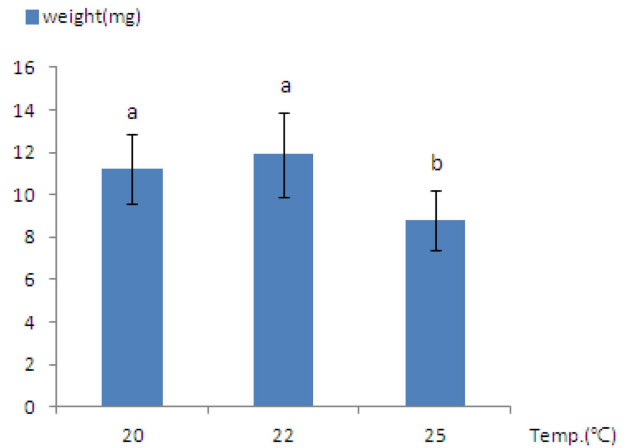


Fig. 4. Weight of infected pupa with Synnemata by various temperature treatment

### 3. 미니키트 동충하초의 처리조건별 신선도 변화

신선도 측정을 위한 지표는 자실체의 형태, 포자, 색상, 냄새, 키트 내 습도를 중심으로 총 5개의 항목으로 구분하고 재배동충하초 상품가치 중심의 특성을 조사하고 항목 당 20점을 최고점으로 최하는 0으로 산출하였다(Table 2).

미니키트에서 배양된 자실체의 신선도 기준은 표면에서부터 수직으로 자실체가 뺨어 나오고 시들지 않은 상태를 기준하여 측정하였으며, 색상은 기존의 표준동충하초와 동일한 등황색, 포자는 미발생 경우를 적절한 재배기준으로 정하였다. 또한 미니키트 뚜껑을 개봉하였을 때는 자실체로부터 버섯향이 나아지며 시간이 경과하면 무취에 근접하게 된다. 키트 내에 습기는 거의 없는 상태이나 장기간 냉장보관에 의해 수분이 차게 되면 자실체가 쉽게 물러지므로 하점을 부여하였다.

미니키트 동충하초를 4, 10, 24°C의 조건에서 보존처리하면서, 최장 보존기간을 조사하였다. 상온 24°C에서 보관 시 신선도는 7일 경과까지는 90%를 유지하였으나, 이후부터는 자실체 말달 부위에 분생포자가 다발적으로 발생되어 미니키트 내부에서 포자의 비산이 심하게 발생되었다. 보존 14일 경과 후는 일부 시험구에서 오염이 발생

Table 2. The factors for freshness determination of *P. tenuipes*

Division	Contents	Point (Total : 100)				
		excellent	very good	good	fair	poor
Spore	Existence and nonexistence of spore production	20	15	10	5	0
Synnemata	Freshness of synnemata	20	15	10	5	0
Color	From whitish to whitish yellow : 0 ~ 20	20	15	10	5	0
Odor	Mushroom flavors ~ odorless	20	15	10	5	0
Humidity	Dry or high humidity	20	15	10	5	0

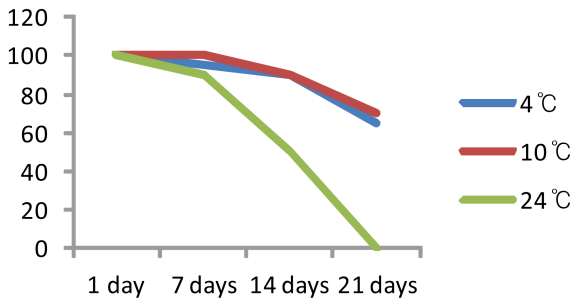


Fig 5. The longest storage period by various temperature

되었다. 4°C 및 10°C 저장 시는 자실체의 색상이 고유의 등황색, 포자 미발생, 고유의 버섯 향을 띠었으며 키트 내 습도도 적절히 유지되면서 14일까지는 신선도가 95~100 범위를 유지하였다. 특히 10°C에서는 14일간 보존하였을 때 90% 이상의 저장력을 나타냈다. 단 4°C 보존 시는 10°C 저장고에 보관하는 것 보다 저온유지를 위해 에너지 소모율도 클 뿐 아니라 저장고에서 꺼집어낸 직후는 자실체의 수직도가 꺾이고 형태가 일그러짐으로써 상품성이 저하되는 현상이 나타났다. 따라서 미니키트 동충하초의 보존은 10°C에서 14일간 보존 시에도 안정적 상태로 저장이 가능하였다(Fig 5).

배양된 미니키트 동충하초의 특성을 비교하였다. 관행의 동충하초 재배상 크기는 가로 600, 세로 390, 높이 145 mm로 구성된다. 미니키트 용기는 부피 350 ml이며 원통형의 높이는 82 mm 폭은 75 mm으로 구성되어 10배 이상 축소된 크기이다(Table 3). 또한 기존은 재배상이 뚜껑이 없어 내부가 공기 중에 노출된 상태로 재배되었으나

미니키트는 스크루방식의 PP 재질 뚜껑이 장착되어 배양 기간 동안 외부로부터 수분을 유지하고 오염을 차단한다. 투입되는 감염번데기는 250개에서 15~20개로 소규모로 재배할 수 있으며 기존과 동일한 색상 및 고유 향을 지니므로 최적의 상태를 유지하였다. 기존의 누에동충하초 생산은 대규모의 재배상을 이용, 생산한 후 동결건조 과정을 거쳐 수분을 4% 이하로 떨어뜨린 후 대량단위로 유통되고 있었다. 그러나 소량규모 유통하기 위한 규격용기의 부재로 동충하초 산물의 소비가 극히 제한되어 일반인이 활용하기에는 어려운 실정이었다. 따라서 개발 미니키트에 관한 선호도를 조사하였으며, 결과 구입희망은 87%, 용기의 편의성과 디자인에 관한 평가는 우수하다는 응답자의 90%를 차지하였다(Fig 6).

향후 미니키트는 농가적응시험을 통해 대량생산 및 식품소재로 확대하기 위해 농가현장 적용시험을 확대해야 할 것이다.

## 적 요

신선한 생동충하초를 소규모 용기에서 재배, 유통할 수 있는 기술개발에 대한 수요가 급증함에 따라, 소규모 재배상인 미니키트를 선발하고 장기간 보존 및 유통기간을 연장할 수 있는 최적 재배 조건을 구명하였다.

미니키트는 몸체가 투명한 PET, 뚜껑은 PP 재질로 구성되며 350 ml 용량으로 높이 (H : 82 mm × W : 75 mm) 용량의 밀폐형으로 구성되며 단위 당 투입 감염 번데기 수는 15~20개체 재배가 적합하였다. 미니키트 내 동충하초

Table 3. Comparison to conventional culture container and Mini kit

Division	Conventional culture container	Mini kit
Size (mm)	600 × 390 × 145	350 ml, (H : 60 ~ 82, *W : 75)
Composition	Square Container without Lid	Cylinder shape, airtight, PET
No. of the pupa in the container	250	15 ~ 20
Color	Whitish yellow	Whitish yellow
Odor	Mushroom flavors	Mushroom flavors
Lyophilization	needed	Unneeded

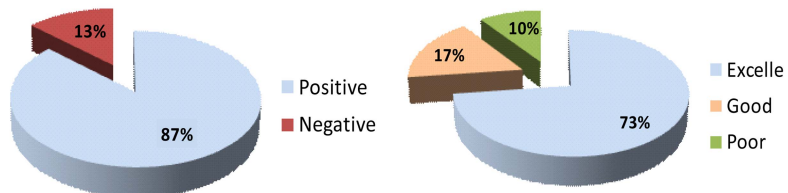


Fig. 6. A survey of public opinion on mini kit for culture of *Paecilomyces tenuipes*, Left; Mini-kit for cultivation of *P. tenuipes*, Middle; Purchase decisions of *P. tenuipes* product, Right; Spectacle estimation

생산은 총 53일이 소요되며 키트 내에서 자실체 생장기간은 15일이었으며, 배양은 온도 22°C 하에서 생산성이 가장 우수하였다. 미니키트 동충하초의 저장력은 냉장처리 14일까지 신선도를 90%로 유지하였다.

현재까지 농가 및 소비자로부터 동충하초의 소량확보 및 생동충하초의 유통에 관한 요구가 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 현실에 맞게 미니키트 동충하초는 생초로 유통하는 것이 주요 특징으로 밀폐용기를 적용함으로써 오염방지 및 위생적 관리가 가능하며 동결건조 공정이 생략됨으로써 공정을 줄이는 장점이 있다.

따라서 미니키트는 일반소비자로부터 생동충하초의 확보가 용이하게 되어, 식품소재로 널리 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

## 인 용 문 헌

- Agudelo F, Falcon LA (1983) Mass production, infectivity, and field application studies with the entomogenous fungus *Paecilomyces farinosus*. J Invertebr Pathol **42**, 124~132.
- Antioxidant and immunostimulating activities of the fruiting bodies of *Paecilomyces japonica*, a new type of *Cordyceps* sp. Healthy Aging for Functional Longevity **928**, 261~273.
- Brady BLK (1979) *Cordyceps militaris*. In: CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No.605.
- Cho SY, Shin KH, Song SK, Sung JM (1999) Mass production and useful material development of the entomopathogenic fungi (*Cordyceps*) growing on the silkworm, *Bombyx mori* L. Rural Development Agricultural. pp.1~234. (In Korean).
- Cho SY (1999) Mushroom and *Cordyceps*. Rural Development Administration, pp.319~360.
- Cho SY, Ji SD, Nam SH, Bang JN (2003) Power of *Cordyceps*, JungAngSaengHwalSa, pp.195~209.
- Hung YF, Thomason MJ, Rhys-williams W, Lioyd AW, Hanlon GW (1996) Chiral inversion of 2-phenylpropionic acid by *Cordyceps militaris*. J Appl Bacteriol **81**, 242~250.
- Iwashima A, Kawasaki Y, Nosaka K, Nishimura H (1992) Effect of thiamin on *Cordycepin* sensitivity in *saccharomyces cerevisiae*. FEBS letters **311**(1), 60~62.
- Kobayasi Y (1940) The genus *Cordyceps* and its allies. Sci Rept Tokyo Bunrika Daikaku Sect B **5**, 53~260.
- Lee JK, Choi YS, Sung JM (2000) Investigation on cultural characteristics of mycelial growth by *Cordyceps scarabaeicola*. Kor J Mycol **28**(2), 81~89.
- Pettit RH (1895) Studies in artificial cultures of entomogenous fungi. Cornell univ. Agr. Expt. Sta. Bull. **97**, 417~465.
- Nam SH, Jung IY, Ji SD, Cho SY (1999) Cultural condition and morphological characteristics of *Paecilomyces japonica* for the artificial cultivation. Korean J Seric Sci **41**(1), 36~40.
- Nam SH, Jung IY, Ji SD, Cho SY (2001) The medium development for entomopathogenic fungi by using silkworm powder. Korean J Seric Sci **43**(2), 82~87.
- Nam SH, Yoon CS, Jung IY, Ji SD, Cho SY, Han MS (2002) Occurrence and characteristics of other fungi in the artificial cultivation farms of *Paecilomyces tenuipes*. Korean J Seric Sci **44**(1), 32~36.
- Shin KH, Lim SS, Lee SH, Lee YS, Cho SY (2003) Anti-tumour and immuno-stimulating activities of the fruiting bodies of *Paecilomyces japonica*, a new type of *Cordyceps* spp. Phytotherapy Research **17**(8), 830~833.
- Sung JM, Choi YS, Lee HK, Kim SH, Kim YO, Sung GH (1999) Production of fruiting body using culture of entomopathogenic fungal species. Kor J Mycol **27**, 15~19.
- Tanada Y, Kaya HK (1993) Insect pathology, Academic press. pp.2-364.
- Yamanaka K, Inatomi S, Hanaoka M (1998) Cultivation characteristics of *Isaria japonica*. Mycoscience **39**, 43~48.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ9071972012, PJ0066482012)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.