

## 번데기동충하초(*Cordyceps militaris*) 에탄올 추출물의 항산화성 및 항돌연변이원성 효과

김미남 · 오상화 · 이득식 · 함승시\*  
강원대학교 식품생명공학부

### Antioxidative and Antimutagenic Effects of the Ethanol Extract from *Cordyceps militaris*

Mi-Nam Kim, Sang-Wha Oh, Deuk-Sik Lee and Seong-Shi Ham\*

Division of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

#### Abstract

*Cordyceps militaris* is a parasitic fungus that has been used as a Chinese medicine for the treatment of fatigue, debility, kidney disease, tuberculosis, asthma and cardiac insufficiency etc. This study was carried out to determine the antioxidative and antimutagenic effects of *Cordyceps militaris* using DPPH free radical donating method and Ames test, respectively. They were extracted with ethanol and then further fractionated to n-hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol and water, stepwise. Among five fractions, the EtOAc and BuOH fractions showed the highest electron donating activities, about 2-fold higher than other fractions. In Ames test, most of the extracts had strong antimutagenic effects against the mutagenesis induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG), 4-nitroquinoline-1-oxide(4NQO), benzo( $\alpha$ )pyrene(B( $\alpha$ )P) and 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indol (Trp-P-1). The EtOH extracts of *C. militaris* (200  $\mu$ g/plate) showed 62.8%, 74.4% and 67.2% inhibitory effects on the mutagenesis induced by 4NQO, B( $\alpha$ )P and Trp-P-1, respectively, against TA98 strain, whereas 78.1%, 78.6%, 78.6% and 82.7% inhibition were observed on the mutagenesis induced by MNNG, 4NQO, B( $\alpha$ )P and Trp-P-1, respectively, against TA100 strain. Especially, the BuOH fraction showed the highest antimutagenic effects against mutation induced by MNNG.

**Key words** : *Cordyceps militaris*, electron donating ability, antimutagenicity

#### 서론

산업화와 더불어 변이원성 물질과 인체가 접촉할

가능성이 증가되었을 뿐 아니라 식생활 환경이 복잡하고 다양해짐에 따라 암을 위시한 성인병의 발병율이 높아지고 있기 때문에 각종 식품들이 가지는 생리활성에 대한 관심이 점차 높아지면서 약용식품(1)이나 식품의 가공과정 중 생성되는 갈변반응 생성물들(2)의 변이원성 및 항변이원성에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있는 것이다.

Corresponding author : Division of food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Hyoja 2-dong, Chunchon-si, Kangwon-do 200-701, Korea  
E-mail : hamss@kangwon.ac.kr

예로부터 중국에서 불로장생의 비약으로 알려진 동충하초(冬蟲夏草)라는 버섯은 곤충을 기주로 하여 자실체를 형성하는 버섯으로 동물성인 기주와 식물성인 자실체(버섯)로 이루어진 신비한 버섯이다. 따라서 식물체를 기주로 하여 발생하는 영지버섯, 표고버섯, 느타리버섯 등과는 전혀 다른 동물성과 식물성이 같이 존재하는 버섯이다. 동충하초속군의 분류학적 위치는 자낭균문(Ascomycota), 핵균강(Pyrenomycetes), 맥각균목(Clavicipitales), 맥각균과(Clavicipitaceae), 동충하초속(*Cordyceps*)에 속하며 한국을 비롯한 중국, 일본 등 전 세계적으로 100속 750여종이 보고되었다(3,4). 자실체를 형성하는 동충하초속군으로는 *Cordyceps*속이 대표적이며 티벳, 네팔, 중국 등지에서 채집되는 동충하초(*C. sinensis* Sacc.)는 박쥐나방(*Hepialus armoricanus* Oberthur)의 유충을 기주로 자실체를 형성하며 항균, 항암제, 면역기능강화제 등의 기능에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다(5). 고대로부터 중국에서 결핵, 천식, 마약중독 해독, 자양강장제 등의 한방약재로 사용되어 온 대표적인 동충하초는 *Cordyceps militaris*와 *Cordyceps sinensis*이다. 그중 자낭균강 맥각균과 코디셉스속(*Cordyceps* sp.)에 속하는 번데기동충하초(*Cordyceps militaris* (L. ex Fr.) Link.)는 북동충하초(北冬蟲夏草), 잠용충초, 용초 등의 이름으로 부르며 주로 땅 속에 있는 죽은 나비목의 큰번데기에서 발견되며, 여러 개의 자좌를 형성한다. 곤봉형의 자좌는 17~28 mm이고, 진한 주황색을 띠는 머리와 그것을 받쳐 주는 17 mm×8 mm인 자루로 구성되며, 경계가 명확하다. 반이 돌출한 자낭각은 달걀 모양이고, 조밀하게 분포하며, 그 크기는 490~550 μm×280~350 μm이다. 자낭은 400~420 μm×3~4 μm이고, 일렬로 배열되었으며, 실 모양의 자낭포자들이 존재한다. 자낭포자는 투명하고 명확한 격막으로 분리된 세포들로 이루어졌으며, 원형의 2차포자로 발달하여 발아하기 시작한다. 불완전한 세대의 포자는 운생결가지포자균속(*Verticillium*)의 형태와 일치한다(6).

담자균류의 항산화 효과에 대한 연구는 Hayashi(7)가 큰비단그물버섯의 아세트 추출물중 에탄올 분획인 *bolegrivilol*, 정 등(8)은 영지버섯의 n-핵산 추출물과 메탄올 추출물, 느타리버섯의 자실체 및 균사체

추출물의 에탄올 분획에서 강한 항산화능을 보고하였으며, 이 등(9)은 영지, 양송이, 표고버섯의 전자공여능을 측정된 결과 영지버섯의 디에틸에테르 및 부탄올 추출물에서 우수한 결과가 나타났다고 보고하였다.

이와같이 담자균류에 있어서의 항산화 효과는 매우 우수한 것으로 보고되고 있으며, 아울러 본 연구에서도 최근 건강식품으로 각광을 받고 있는 번데기동충하초(*Cordyceps militaris*)의 항산화능과 돌연변이 물질을 이용한 돌연변이 억제활성을 Ames 법을 이용하여 실험하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에 사용한 번데기동충하초는 강원대학교 동충하초은행(EFCC. Entomopathogenic Fungal Culture Collection)으로부터 구입하였으며, 건조 분말화한 후 -20℃ 냉동실에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 시 약

직접돌연변이원(direct mutagen)으로서 4-nitroquinoline-1-oxide(4NQO), N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), D-biotin, β-NADP, glucose-6-phosphate은 미국 Sigma 회사로부터 구입하였다. 간접돌연변이원(indirect mutagen)으로 benzo(α)pyrene (B(α)P)과 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido-(4,3-b)indol(Trp-P-1) 그리고 L-histidine은 일본 和光純藥 특급시약을 구입하였다. Nutrient broth는 Difco laboratories(U.S.A.)사의 것을 사용하였고, 그외 추출 용매인 에탄올, 헥산, 클로로포름, 에틸 아세테이트 및 부탄올 등의 유기 용매는 특급시약을 사용하였다.

### 시료의 추출 및 분획

분말상태인 번데기동충하초를 시료중량으로 10배의 70% 에탄올을 첨가하고 80℃에서 3시간씩 5회 추출하였으며, 감압여과 장치에서 뜨거운 상태로 여

과하여 감압농축기를 사용하여 추출용매를 제거한 후 동결건조기를 이용하여 건조시켰다. 70% 에탄올로 추출물을 용매의 극성에 따라 분별분리를 행하여 hexan, chloroform, 에틸아세테이트, 부탄올 및 물층으로 극성의 차이에 의해 다섯가지 분획으로 조제하였다. 분리된 각각의 용매 분획물은 감압농축후 동결건조하여 분물을 얻었다.

수소전자공여능(electron donating ability)에 의한 항산화 활성

70% 에탄올 추출물과 각 분획물들은 최 등(10)의 방법에 의한 수소전자공여능에 의해 항산화 활성을 측정하였다. 여러 농도의 시료를 4ml의 MeOH에 녹여,  $1.5 \times 10^{-4}$  M DPPH solution(in methanol)을 1ml를 첨가한 후, 30분간 암소에 방치한 후 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 수소전자공여능은 각 실험을 3회 반복하여 평균을 낸 다음 대조구에 대한 흡광도의 감소 정도를 다음 식에 의하여 계산하였다. IC50은 시료가 대조구의 흡광도를 1/2로 감소시키는 농도로 표시되었으며, 검체의 농도에 따른 수소전자공여능 변화곡선을 통해 결정하였다.

$$EDA(\%) = [ 1 - (A/B) ] \times 100$$

A : 시료의 흡광도

B : 대조구 흡광도

Ames test를 이용한 돌연변이원성 억제효과

균주

실험에 사용한 *Salmonella typhimurium* LT-2의 histidine 영양요구성변이주(auxotroph)는 TA98, TA100의 두 종류였으며, California(USA) 대학의 B.N. Ames로부터 제공 받았다. Maron과 Ames의 방법(11)에 따라 histidine 요구성, rfa, uvrB 돌연변이와 R-factor에 대한 유전형질을 확인하였다.

대사활성제(S-9 mix의 조제)

간접변이원을 활성화시키기 위하여 Maron과 Ames의 방법(8)에 따라 rat의 간 microsomal enzyme

mixture인 S-9 mixture를 조제하였다. 약 200g의 male Sprague Dawley Rat의 간 효소를 유도시키기 위하여 유도물질로는 phenobarbital(PB)과 5,6-benzoflavone(BF)을 사용하였다. 멸균 생리식염수 1 mL당 20 mg의 PB를 용해하였고 corn oil 1 mL당 10 mg의 BF를 용해하여 유도물질로 사용하였다. 1일째는 30 mg/kg의 PB를, 2일째는 60 mg/kg의 PB를, 3일째는 60 mg/kg의 PB와 60 mg/kg의 BF를, 4일째는 60 mg/kg의 PB를 복강주사한 후 사료를 절식시키고 5일째는 단두도살하여 4℃ 무균상태에서 간을 적출하였다. 적출한 간을 0.15 M KCl로 수회 세척하고 미리 칭량한 용기에 넣어 중량을 달고 간 무게의 3배의 0.15 M KCl용액을 가한 다음 homogenizer로 마쇄하였다. Homogenate를 9000×g에서 10분간 원심분리하여 얻어진 상등액이 S-9 fraction이며 이것을 1 mL씩 microbial centrifuge tube에 담아 dry ice bed중에서 급속히 동결한 후 -80℃ deep freezer에 보존하면서 실험에 사용하였다.

돌연변이원성 실험(Mutagenicity test)

번데기동충하초 추출물 및 그 분획물에 대한 돌연변이원성 실험은 *S. typhimurium*의 변이주인 TA98과 TA100을 이용하여 Ames test를 개량한 preincubation 법(12)으로 실시하였으며, 대사 활성물질로서 S-9 mix를 첨가하였다.

번데기동충하초 추출물 및 그 분획물들을 미리 건조된 멸균시킨 glass cap tube에 각각의 농도별로 50 μl씩을 가하고 여기에 전배양시킨 *S. typhimurium* 배양균액을 100 μl씩을 가한 다음 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 7.4)로 전체량이 700 μl가 되도록 하였다. 이것을 37℃에서 20분간 진탕배양한 다음 histidine/biotin이 첨가된 top agar(45℃)를 2 mL씩 가하여 잘 혼합 후에 미리 조제해 놓은 minimal glucose agar plate상에 도말하고 평판고화시켜 37℃ 배양기에서 48시간 배양하여 생긴 복귀돌연변이(his+ revertant colony)수를 측정하여 추출물의 돌연변이원성의 유무를 판정하였다.

항돌연변이원성 실험(Antimutagenicity test)

건열멸균시킨 glass cap tube에 추출물 및 분획물들을 각각의 농도별로 50  $\mu$ l씩 첨가하고 변이원 물질을 각각 50  $\mu$ l씩 첨가한 다음 대사활성물질이 필요한 경우에는 S-9 mix를 250  $\mu$ l를 각각 첨가하였다. 여기에 전배양시킨 *S. typhimurium* 균액을 100  $\mu$ l씩 주입한 후에 0.2 M sodium phosphate buffer를 가하여 최종부피가 700  $\mu$ l가 되도록 하였다. 이것을 37°C에서 20분간 진탕배양한 다음 상기의 돌연변이원성 실험과 같은 방법으로 실험하여 생성된 복귀돌연변이 colony수를 측정하여 항돌연변이원성 유무를 판정하였다. 번데기동충하초 추출물과 변이원물질의 농도는 예비실험을 통하여 결정하였으며 항돌연변이활성은 변이원물질의 활성에 대한 시료의 억제율 (Inhibition, %)로 나타내었다.

$$\text{Inhibition(\%)} = [ (M-S1) / (M-S0) ] \times 100$$

M : 돌연변이 물질만 존재한 경우의 복귀 돌연변이 수

S0 : 자연 복귀 돌연변이 수

S1 : 시료를 첨가하였을 때의 복귀 돌연변이 수

## 결과 및 고찰

### 번데기동충하초의 생리활성 물질의 추출 및 수율

번데기동충하초 에탄올 추출물의 순차용매 분획별 수율은 Table 1과 같다. 70% 에탄올 추출물은 52g(20.8%)의 추출물을 얻었으며, 각각의 분획용매에 대하여 다음과 같은 분획물을 얻었다. 극성이 가장 큰 물 분획물에서 수율(64.6%)이 가장 높았으며, 클로로포름에서 수율(4.0%)이 가장 낮게 나타났다.

Table 1. The extraction yields of 70% ethanol extract and each fraction from *Cordyceps militaris*.

Sample	Yields of ethanol extracts(%)	Step-wise fractionation of ethanol extracts	Yields (%)
<i>C. militaris</i>	20.8	Hexane	10.9
		Chloroform	4.0
		Ethylacetate	4.1
		Butanol	17.0
		Aqueous	64.6

### 수소전자공여능(electron donating ability)에 의한 항산화 활성

수소전자공여능은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 식품중의 지방질 산화를 억제하는 목적으로 사용되고 있을 뿐만 아니라, 인체내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 작용의 목적으로 이용되고 있다. 본 실험에서는 번데기동충하초 에탄올 추출물 및 분획물의 전자공여능은 IC<sub>50</sub>(Inhibition concentration) 즉, 산화를 50% 억제시키는데 요구되는 시료의 농도로서 표시하였다. 그 결과 Table 2에서와 같이 부탄올 분획물과 에틸 아세테이트 분획물에서 수소전자공여능이 다른 시료에 비해 2배 이상 높게 나타났다. 특히, 동충하초 에탄올 추출물 중에서도 부탄올 분획물의 수소전자공여능은 다른 분획물 보다 우수하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 각 분획물들의 항산화 활성이 천연 혹은 인공 항산화제인  $\alpha$ -Tocopherol과 BHA에 비해 IC<sub>50</sub>이 매우 높은 것은 각 분획물의 활성물질 농도가 분산 혹은 낮은 농도로 함유되어 있기 때문인 것으로 추측된다.

Table 2. Electron donating ability(EDA) of each fraction of *Cordyceps militaris* 70% ethanol extract

Sample	IC <sub>50</sub> *( $\mu$ g)
70% ethanol extract	599.0
Hexane fraction	602.1
Chloroform fraction	551.9
Ethyl acetate fraction	266.5
Butanol fraction	245.1
Aqueous fraction	690.8
$\alpha$ -Tocopherol	14
BHA	12

\* Amount required for 50% inhibition of DPPH after 30 min

한편, 중국 복건의과대학의 Liu 등(13)은 생쥐의 간을 적출하여 균질화하고 동충하초 물 추출물과 섞은 후에 진탕배양(37°C)한 후 유효활성산소 제거 효소인 SOD (superoxide dismutase)의 함량을 측정된 결과 SOD 함량을 증가시켰다고 보고하였다. 또한 생물체의 산소대사 과정에서 발생하는 superoxide ion이 나 체내로 흡수된 약물이나 독극물 대사에서 발생하는 superoxide ion의 작용에 의한 손상을 동충하초추

출물이 줄여줄 수 있고 세포막 계통 과산화물에 의한 손상으로부터 보호해 준다고 하였다. 단, 동충하초가 어떻게 SOD 함량을 증가시키는지 앞으로 그 증가기작에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

Ames test를 이용한 돌연변이원성 검색 및 항돌연변이원성

번데기동충하초 추출물의 돌연변이원성

*S. typhimurium* TA98과 TA100을 이용한 Ames test를 행한 결과 음성대조군의 복귀 돌연변이 집락수는 TA98이 18±3, TA100은 176±7 이었다. 에탄올 추출물을 50, 100, 150, 200 µg/plate의 여러 농도를 첨가하여 시험한 결과, 집락수가 음성대조군에 비하여 농도 변화에 따른 집락수의 큰 변화를 나타내지 않으므로 번데기동충하초 에탄올 추출물은 돌연변이원성을 나타내지 않은 것으로 판단되었다(자료미제시).

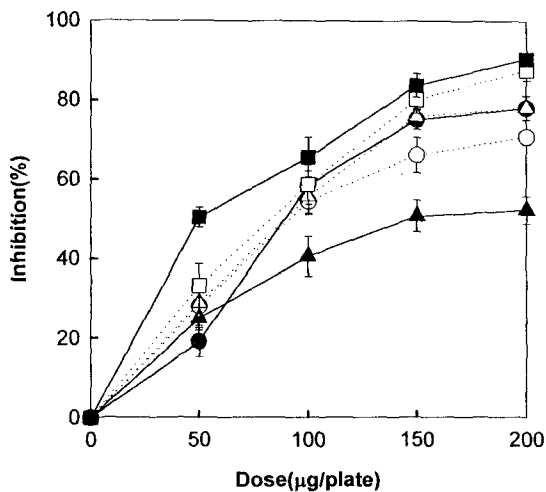


Fig. 1. Inhibitory effects of each fraction of *Cordyceps militaris* 70% ethanol extract on the mutagenicity by MNNG(0.4 µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.

- Ethanol extract    ...○... Hexane fr.
- ▲- Chloroform fr.    ...△... Ethylacetate fr.
- Butanol fr.        ...□... Aqueous fr.

번데기동충하초 추출물의 항돌연변이원성

돌연변이원성 억제작용을 검토하기 위하여 Ames

test에서 양성반응을 나타내며, 물질 그 자체로서 돌연변이를 유발하는 직접변이원물질로 MNNG와 4NQO 그리고 대사활성을 필요로 하는 간접변이원물질인 B(α)P과 Trp-P-1을 사용하여 각각의 농도에 따른 돌연변이원성 억제효과를 검토하였다.

에탄올 추출물과 각각의 분획물을 가지고 항돌연변이 실험을 한 결과, 식품의 조리과정 중 발생하는 강력한 발암물질로써 직접변이원으로 사용된 MNNG (0.4 µg/plate)의 경우 *S. typhimurium* TA100 균주에서 시료농도 200 µg/plate에서 에탄올 추출물이 78.1%인데 반해 부탄올, 물 분획물에서는 각각 90.4%와 87.6%로 다소 높은 억제효과가 나타났다. 또한 에틸 아세테이트, hexan 및 클로로포름 분획물에서는 각각 78.2%, 70.8%, 52.3% 순으로 나타났다(Fig. 1).

한편, Fig. 2의 경우 4NQO(0.15 µg/plate)에 대한 *S. typhimurium* TA98과 TA100 균주 실험결과로써 두 경우 모두 에틸 아세테이트 분획물의 경우 높은 억제효과를 보였다. TA98의 경우 에탄올 추출물이 시료농도 200 µg/plate에서 62.8%를 나타내는데 비해 에틸 아세테이트, 물 및 부탄올 분획물은 각각 80.4%, 78.2%, 72.3%로 높은 억제효과를 나타내었다. TA100 균주의 경우 에탄올 추출물은 같은 시료농도에서 78.6%의 억제효과가 나타났으며, 부탄올, 에틸 아세테이트 및 물 분획물에서는 각각 88.6%, 85.2%, 73.2% 순으로 나타났다.

이와 같이 번데기동충하초 에탄올 추출물 및 각 분획물은 시료 농도 증가에 따라 TA98과 TA100 균주 모두에서 각 변이원에 대한 돌연변이 억제효과도 증가하였다.

한편, microsomal enzyme의 대사활성에 의해서만 돌연변이원성을 나타내는 간접변이원으로서 실제로 식품을 통해 흡수될 수 있는 polycyclic aromatic hydrocarbon인 B(α)P과 아미노산 가열분해물인 Trp-P-1을 사용하여 실험을 수행하였다. Fig. 3, 4에서는 각각의 변이원 물질에 대한 번데기동충하초 추출물 및 분획물의 돌연변이 억제효과를 나타내었다. B(α)P(10 µg/plate)을 사용한 Fig. 3에서는 *S. typhimurium* TA98, TA100 두 균주 모두에서 시료농도 증가에 따라 억제효과 또한 증가하는 경향을 보

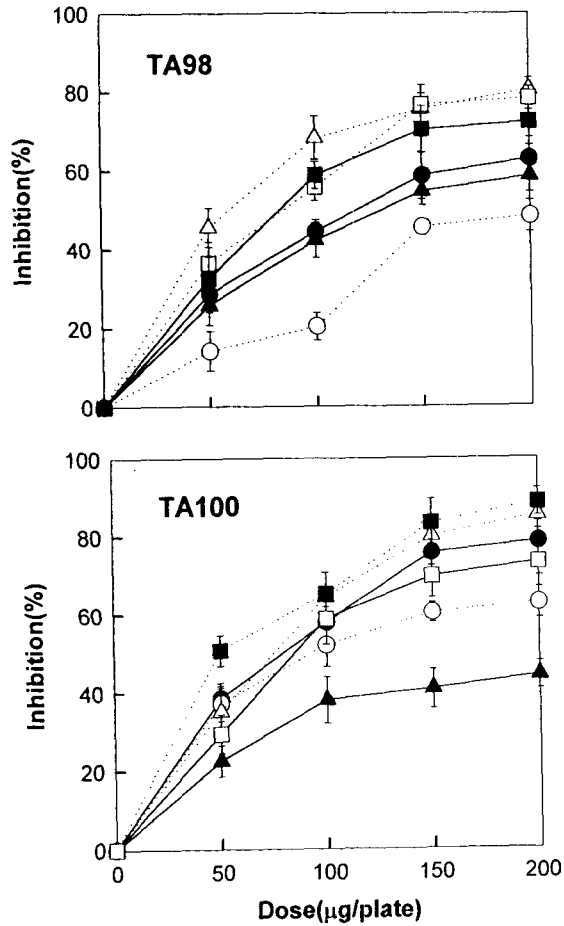


Fig. 2. Inhibitory effects of each fraction of *Cordyceps militaris* 70% ethanol extract on the mutagenicity by 4NQO(0.15  $\mu\text{g}/\text{plate}$ ) in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100.

—●— Ethanol extract    ···○··· Hexane fr.  
 —▲— Chloroform fr.    ···△··· Ethylacetate fr.  
 —■— Butanol fr.        ···□··· Aqueous fr.

였다. 특히 에틸 아세테이트와 부탄올 분획물은 시료농도 200  $\mu\text{g}/\text{plate}$ 에서 85% 이상의 높은 억제율을 나타내었다. TA98의 경우 최고농도 200  $\mu\text{g}/\text{plate}$ 에서 클로로포름 분획물을 제외하고 모두에서 60% 이상의 억제효과를 보였다.

또한 Trp-P-1(0.15  $\mu\text{g}/\text{plate}$ )에서는 TA98 균주의 경우 200  $\mu\text{g}/\text{plate}$  농도에서 hexan 분획물과 부탄올 분획물이 각각 90.2%, 87.6%로 높은 억제율을 보여주었고, TA100 균주에 대해서는 에탄올 추출물이 200

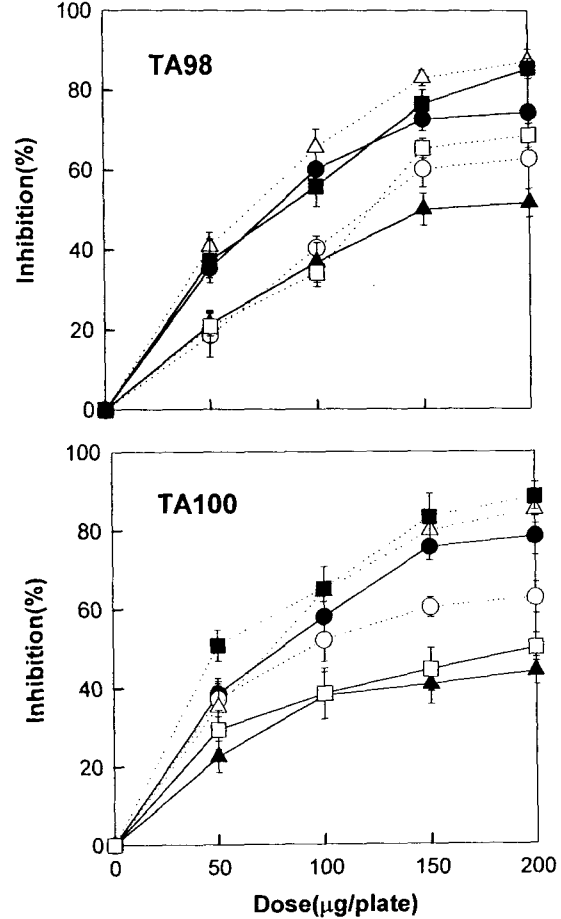


Fig. 3. Inhibitory effects of each fraction of *Cordyceps militaris* 70% ethanol extract on the mutagenicity by B(a)P(10  $\mu\text{g}/\text{plate}$ ) in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100.

—●— Ethanol extract    ···○··· Hexane fr.  
 —▲— Chloroform fr.    ···△··· Ethylacetate fr.  
 —■— Butanol fr.        ···□··· Aqueous fr.

$\mu\text{g}/\text{plate}$  농도에서 82.7%의 효과를 보였으며, 에틸 아세테이트 분획물이 90.1%로 억제효과가 가장 높게 나타났다. 또한 같은 농도에서 부탄올과 물 분획물에서 각각 87.0%와 75.4%의 억제율을 나타내었다(Fig. 4). Ames test 결과에서 동충하초에 포함되어 있는 유용생리활성 성분은 돌연변이물질에 의해 손상된 DNA가 수복되는 system에 참여하여 bio-antimutagen으로서의 역할과, 또한 돌연변이 물질에 desmutagen으로서 역할을 하는 것으로 추정할 수 있었다.

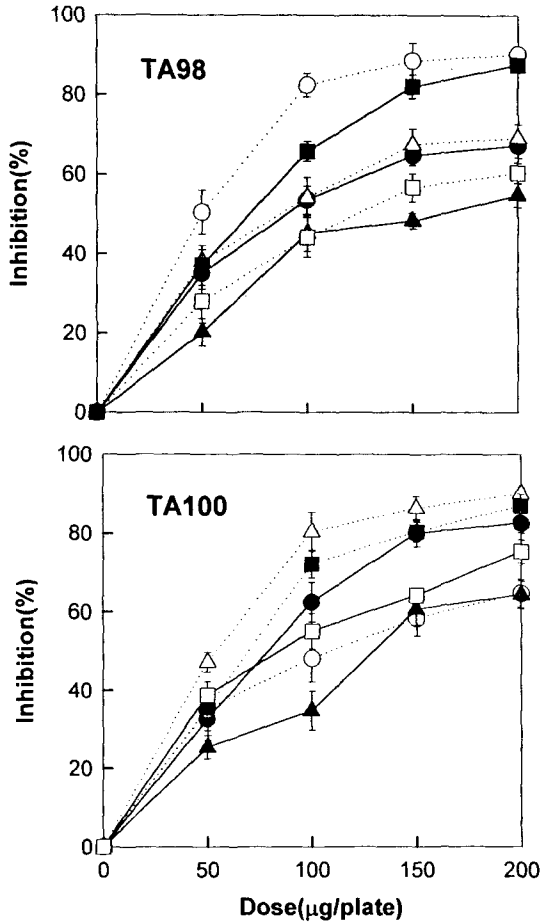


Fig. 4. Inhibitory effects of each fraction of *Cordyceps militaris* 70% ethanol extract on the mutagenicity by Trp-P-1(0.5 µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100.

- Ethanol extract    ○ Hexane fr.
- ▲ Chloroform fr.    △ Ethylacetate fr.
- Butanol fr.        □ Aqueous fr.

동충하초에 대한 연구는 중국, 일본 등지에서 각종 질환에 특효약으로 인정받고 있는 *Cordyceps sinensis*와 *Cordyceps militaris*를 중심으로 각종 생리활성 효과를 알아내기 위해 주로 임상실험을 통해 진행되고 있다. Guan 등(14)은 동충하초를 투약함으로써 신장기능 보호 및 회복작용이 있음을 시사하였고, Zhu와 Liu(15)는 간기능 개선 등에 효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 Cunningham 등(16)은 cordycepin이라는 항균물질을 분리해 내었고, 이 성분은 항산화성과도 관련성이 있을 것으로 추측되었다.

Miyazaki 등(17)은 다당류인 글루칸이라는 다당류를 동충하초로부터 분리해 내어 항종양 효과를 마우스를 가지고 실험한 결과, 매우 높은 효과를 나타내었음을 보고하였다. 이와같이 다양한 생리활성 효과를 가지고 있는 동충하초의 성분으로는 일반적인 5대 영양성분 이외에 cordycepin, cordycepic acid, ophiocordin, ergosteryl-β-D-glucopyranoside, N6-(2-hydroxyethyl) adenosine, glucan 및 복합다당류 등(18)이 알려져 있으며 아직 유용성분에 대한 정확한 지식은 차후 더 연구해 밝혀야 할 과제이다.

동충하초 추출물이 돌연변이 억제효과를 나타내는 양상은 각 분획물에 함유되어 있는 물질의 함량에 따라, 또는 돌연변이 물질의 종류나 균주에 따라 다르게 나타났다. 특히 부탄올 분획물은 수소전자공여능이 가장 우수하였으며, 이는 항돌연변이효과 실험에서도 마찬가지로 억제효과가 가장 높게 나타났다. 따라서 앞으로 항산화성 및 항돌연변이 활성이 높게 나타난 분획물에 대해서는 좀 더 세부적으로 유용 생리활성물질만을 순수 분리하여 실험을 더욱더 진행할 필요가 있는 것으로 사료된다.

### 요 약

번데기동충하초(*Cordyceps militaris*(L. ex fr.) Link)의 수소전자공여능 및 항돌연변이원성을 살펴본 결과 부탄올 분획물과 에틸 아세테이트 분획물에서 수소전자공여능이 다른 시료에 비해 2배 이상 높게 나타났다. 항돌연변이원성 실험결과에서는 직접변이원인 MNNG, 4NQO 그리고 간접변이원인 B(α)P, Trp-P-1에 대해서 유의성 있는 돌연변이 억제효과를 보였다. MNNG(0.4 µg/plate)의 경우 *S. typhimurium* TA100 균주에서는 시료농도 200 µg/plate에서 에탄올 추출물이 78.1%인데 반해 부탄올, 물 분획물에서는 각각 90.4%와 87.6%로 매우 높은 억제효과가 나타났다. 4NQO(0.15 µg/plate)에 대한 *S. typhimurium* TA98 균주의 경우 에틸 아세테이트 분획물의 경우 80.4%였고, TA100 균주에서는 부탄올 분획물이 88.6%의 억제효과를 보였다. 또한 간접변이원의 경우 B

( $\alpha$ )P(10  $\mu$ g/plate)을 사용한 경우 에틸 아세테이트와 부탄올 분획물은 시료농도 200  $\mu$ g/plate에서 85% 이상의 높은 억제율을 나타내었다. Trp-P-I(0.15  $\mu$ g/plate)에서는 TA98 균주의 경우 200  $\mu$ g/plate 농도에서 핵산 분획물과 부탄올 분획물이 각각 90.2%, 87.6%로 높은 억제율을 보여주었고, TA100 균주에 대해서는 에틸 아세테이트 분획물이 90.1%로 억제효과가 가장 높게 나타났다. 또한 같은 농도에서 부탄올과 물 분획물에서 각각 87.0%와 75.4%의 억제율을 나타내었다. 번데기동충하초 에탄올 추출물 및 분획물은 시료 농도증가에 따라 TA98과 TA100 균주 모두에서 각 변이원에 대한 돌연변이 억제효과도 증가하였다.

### 참고문헌

1. Seo, J.S., Lee, Y.W., Suh, N.J. and Chang, I.M. (1990) Assay of antimutagenic activities of vegetable plant. *Kor. J. Pharmacol.*, **21**, 88-91
2. Oh, H.S. and Ham, S.S. (1992) Antimutagenic effects of enzymatic browning reaction products of polyphenol compound by polyphenol oxidase derived from Mushroom. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **24**, 341-346
3. Kamata, N., Sato, H. and Shimazu, M. (1997) Seasonal changes in the infection of pupae of the beech caterpillar, *Quadricalcarifera punctatella*(Motsh) (Lep.,Notodontidae), by *Cordyceps militaris* Link Clavicipitales, Clavicipitaceae) in the soil of the Japanese beech forest. *J. Appl. Ent.*, **121**, 189-197
4. Sung, J.M., Lee, H.K., Yoo, Y.J., Choi, Y.S., Kim, S.H., Kim, Y.O. and Sung, G.H. (1998) Classification of *Cordyceps* species based on protein banding pattern. *Kor. J. Mycol.*, **26**, 1-7
5. Sung, J.M., Kim, C.H., Yang, K.J., Lee, H.K. and Kim, Y.S. (1993) Studies on distribution and utilization of *Cordyceps militaris* and *C. nutans*. *Kor. J. Mycol.*, **21**, 94-105
6. Sung, J.M.(1996) The insects-born fungus of Korea in color. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd. Seoul, Korea. p. 62-273
7. Hayashi, T., Kanetoshi, A., Ikura, M. and Shiirahama, H. (1989) Bolegrevilol, a new lipid peroxidation inhibitor from the edible mushroom *Suillus grevillei*. *Chem. Pharm. Bull.*, **37**, 1427
8. Jung, I.C., Park, S., Park, K.S., Ha, H.C., Kim, S.H., Kwon, Y.I. and Lee, J.S. (1996) Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **28**, 464-469
9. Lee, G.D., Chang, H.K. and Kim, H.K. (1997) Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **29**, 432-436
10. Choi, J.S., Park, J.H., Kim, H.G., Young, H.S. and Mun, S.I. (1993) Screening for antioxidant activity of plants and marine algae and its active principles from *Prunus daviana*. *Kor. J. Pharmacol.*, **24**, 299-303
11. Maron, D.M. and Ames, B.N. (1983) Revised methods for the *Salmonella typhimurium* mutagenicity test. *Mutation Res.*, **113**, 173-215
12. Yahagi, T., Nagao, M., Seino, Y., Matsushima, T., Sugimura, T. and Okada, M. (1977) Mutagenicities of N-nitrosoamines on Salmonella. *Mutation Res.*, **48**, 121-130
13. Liu, Y., Wu, C. and Li, C. (1991) Antioxidation of *Paecilomyces sinensis* (S. ponv.). *Chin. Med. J.*, **16**, 240
14. Guan, Y.J., Hu, Z. and Hou, M. (1992) Effect of *Cordyceps sinensis* on T-lymphocyte subsets in chronic renal failure. *Chin. J. Integr. Med.*, **12**, 338
15. Zhu, J.L., Liu, C. (1992) Modulating effects of Extractum semen persicae and cultivated *Cordyceps sinensis* hyphae on immuno-dysfunction of inpatients with posthepatic cirrhosis. *Chin. J. Integr. Med.*, **12**, 207



16. Cunningham, K.G., Manson, W., Spring, E.S. and Hutchison, S.A. (1950) Cordycepin, a metabolic product isolated from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.). *Link. Nature*, **166**, 9
17. Miyazaki, T., Oikawa, N. and Yamada, H. (1977) Studies on fungal (*Penicillium chrysogenum*) polysaccharides. XX. Galactomannan of *Cordyceps sinensis* other (*Lepi doptera*). *Chem. Pharm. Bull.*, **25**, 3324
18. Kenneth, J. (1997) *Cordyceps*, tonic food of ancient China. Sylvan Press, Seattle, Washington, U.S.A.

---

(접수 2000년 12월 12일)