

Fibrinolytic Activity and Chemical Properties of Cordycepin-Enriched *Cordyceps militaris* JLM 0636Hee-Young Ahn<sup>1</sup>, Jae-Hong Lee<sup>1</sup>, Min-Jeong Kang<sup>1</sup>, Jae-Young Cha<sup>2</sup> and Young-Su Cho<sup>3\*</sup><sup>1</sup>Department of Medical Biosciences, Graduate School, Dong-A University, Busan 604-714, Korea<sup>2</sup>Technical Research Institute, Daesun Distilling Co., Ltd., Busan 619-951, Korea<sup>3</sup>Department of Biotechnology, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

Received December 16, 2011 / Revised February 10, 2012 / Accepted February 10, 2012

The effect of cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* JLM 0636 (CMA) and *Cordyceps militaris* (CM) on fibrinolytic activity was investigated. The bioactive compounds and nutritional materials such as polyphenolic compounds, flavonoids, glutathione, minerals, and fatty acids were also measured. Concentrations of polyphenol compounds, flavonoids, and glutathione were higher in CMA than that in CM. The major minerals of both materials were K, Ca, Mg, and Na. The major fatty acids of both materials were linolenic acid, linoleic acid, oleic acid, and palmitic acid. Fibrinolytic activity was higher in CMA than that in CM. These results may provide the basic data to understand the fibrinolytic activity and bioactive compounds of CMA.

**Key words** : *Cordyceps militaris*, cordycepin, fibrinolytic activity, glutathione

## 서 론

인구의 고령화와 서구화된 식단에 의해 심혈관성 질환이 빠르게 증가되고 있다. 그 중 혈전증(thrombosis)은 외인성 또는 내인성 요인에 의한 혈전의 과다생성으로 인해 혈액순환이 비정상적인 상태를 말하며, 혈액 내에서 복잡한 blood cascade mechanism에 의해 활성화된 thrombin에 의하여 fibrinogen이 fibrin으로 전환되어 응고된 중합체를 형성함으로써 생성된다[14]. 혈액순환 장애, 혈액 속도 감소, 혈액점도 이상 및 이로 인한 조직 기관의 손상 등의 문제점을 야기하며[3], 특히 심혈관 및 뇌혈관 이상의 경우 생명이 위협받기도 한다[10]. 이러한 혈전 생성을 예방하고 조절하기 위해 처방되는 항응고제인 와파린과 헤파린은 치료 안전범위가 좁고 약물과 음식물의 상호 작용 위험 및 출혈위험 등으로 인해 사용이 한정되고 있으며, 항혈소판제인 아스피린의 경우에는 위장장애와 과민 반응 등으로 장기적인 사용이 어렵다는 단점이 있다[26]. 이외에 항혈전제로 streptokinase, urokinase 및 tissue type plasminogen activator가 알려져 있으나, 이들은 전신 출혈과 혈액 내에서 반감기가 매우 짧아 사용하기 불편하고 가격이 비싼편이며, 유로키나제를 제외하고는 경구 투여가 불가능한 문제점이 있다[26]. 따라서, 최근에는 기존의 혈전 생성 억제제의 문제점을 극복하는 새로운 활성인자의 개발과 천연물에서의 혈전 용해제 개발에 많은 노력이 진행되고 있으나 만족할만한 결과들이 도출되지 못하고 있는 실정이다.

동충하초는 전통 한약제로서 면역력 증강, 항산화, 고지혈증, 항암, 항염증, 항피로 등의 다양한 효능이 알려지고 있어서 만성 성인병이나 난치병의 예방 및 치료제로서의 개발가치가 높은 것으로 사료되어 진다[29]. 이러한 효능을 나타내는 동충하초의 주요 생리활성 성분으로 cordycepin (3'-deoxyadenosine), 2'-deoxycoformycin, polysaccharides, lectin 및 enzymes 등이 알려져 있는데 이들은 면역증강과 항균작용[22], 항당뇨 작용[20], 고지질혈증 개선작용[12] 및 혈소판 응집억제 작용[8]이 보고되어 있다. 특히 동충하초는 전 세계적으로 널리 분포되어 있어 많은 연구자들로부터 관심의 대상이 되고 있는 버섯의 한 종류로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 동충하초의 주요 생리활성 물질인 cordycepin 함량을 높인 변태 동충하초(*Cordyceps militaris* JLM 0636)를 이용하여 혈전 예방 및 치료에 응용될 수 있는 천연 항혈전제 소재 탐색을 위한 기초연구의 일환으로 진행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 실험에 사용한 시료는 청원농산(경남, 김해)에서 cordycepin 함량을 높이기 위하여 단세포 교집법에 의하여 육종 개량된 cordycepin 고함유 *Cordyceps militaris* JLM 0636 (CMA) 과 일반 *Cordyceps militaris* (CM) 두 종류의 동충하초 시료를 제공받아 건조시킨 후 분말화 하여 사용하였다. 두 종류의 동충하초 분말은 모두 외관상 열은 갈색을 띄었으며, cordycepin 고함유 *C. militaris* JLM0636보다 일반 *C. militaris* 가 조금 더 진한 갈색을 보였다.

### \*Corresponding author

Tel : +82-51-200-7586, Fax : +82-51-200-7505

E-mail : choys@dau.ac.kr

### 페놀성 화합물 함량 측정

페놀성 화합물의 함량은 페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색을 나타내는 원리를 이용한 Folin-Denis 법[28]으로 측정하였다. 즉, 0.1%(w/v) 시료 용액 0.5 ml에 Folin-ciocalteu's phenol reagent 2.5 ml를 첨가하여 잘 혼합하고 5분간 실온에서 방치하였다. 정확히 5분 반응시킨 후 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 ml를 가하여 혼합하고 50°C에서 5분간 발색시킨 후 spectrophotometer (Hitachi U-2900, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan) 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 페놀성 화합물의 함량은 tannic acid를 0-500 µg/ml 농도로 하여 시료와 동일한 방법으로 측정한 표준곡선으로부터 계산하였다.

### Flavonoid 함량 측정

Flavonoid 함량은 Jia 등의 방법[15]에 따라 측정하였다. 0.1%(w/v) 시료 용액 0.25 ml에 1.25 ml의 정제수와 5% NaNO<sub>2</sub> 용액 5 ml를 가하고, 5분후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.15 ml를 잘 혼합하고, 이 혼합 용액을 spectrophotometer (Hitachi U-2900, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)의 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 플라보노이드 함량은 표준 물질로서 (+)-catechin hydrate을 20-200 µg/ml 농도로 시료와 동일한 방법으로 측정하여 작성한 표준곡선으로부터 계산하였다.

### Mineral 함량 측정

동충하초 분말의 미네랄 함량은 AOAC분석 방법[1]에 준하여 측정하였다. 즉, 이들 시료 분말 1 g씩을 각 550°C 회화로에서 3시간 회화시킨 후 6 N HCl에 용해시켜 완전히 산분해시켜 수용상에서 산을 완전히 제거하고, 이 건고물에 3 N HCl를 가하여 Whatman No. 4 여과지로 1차 여과하고 0.2 µm 필터로 여과시켜 원소 종류에 따라 각각 일정비율로 희석한 후 고주파 유도결합 플라즈마(ICP Optical Emission Spectrometer, Varian 720-ES, USA)를 이용하여 측정하였다.

### 지방산 조성 분석

동충하초 분말 1 g에 15 ml chloroform 및 7.5 ml methanol 혼합액(2:1)을 넣고 37°C에서 30분간 가온 추출한 후 chloroform 및 methanol 혼합액(2:1)으로 25 ml로 맞추어 여과시켰다. 여과한 용액에 4.5 ml의 증류수를 가하여 혼합시킨 후, 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 버리고 chloroform 층을 질소가스 하에서 농축하여 5 ml의 석유에테르로 다시 용해하였다. 추출된 지질 용액에 methanol : HCl (5:1, v/v%) 용액을 가하여 65°C에서 3시간 methylation 한 후 hexane으로 지방산 methylester를 추출하였다. 지방산 분석은 Omega was capillary column (30 m × 0.25 µm, Supelco, USA)을 사용하여 Gas chromatography (GC-17A, Shimatsu,

Koyto, Japan)로 분석하였다. 캐리어가스는 헬륨을 사용하였고, injection 온도는 250°C, oven 온도는 180°C 및 detection 온도는 260°C로 하였다. 지방산 분석 결과는 총 지방산에 대한 비율(%)로 나타내었다.

### Glutathione 함량 측정

Owens와 Belcher [25]의 방법에 따라 0.2 M phosphate buffer (pH 7.1) 2.5 ml, 1.0 mM EDTA 0.8 ml, 0.6 mM DTNB 0.03 ml, glutathione reductase (5 unit)와 시료 0.2 ml를 혼합한 후 412 nm에서 흡광도를 측정하고 0.2 mM NADPH 용액 0.1 ml를 첨가하여 30°C에서 5분간 방치한 후 412 nm에서 흡광도를 측정하였다. NADPH용액 첨가 전후의 흡광도 차이를 구하여 작성된 표준곡선으로부터 glutathione 함량을 정량하였다.

### 혈전용해 효소 활성 측정

혈전용해 효소 활성은 fibrin plate 법[2]을 변형하여 lysed zone으로 측정하였다. Fibrin plate는 0.06% fibrinogen (Sigma, St. Louis MO, USA)을 0.2 M borate buffer (pH 7.5)에 용해시킨 후 petri dish에 10 ml씩 분주하고 thrombin (5,000 unit, Sigma, St. Louis MO USA) 40 unit를 균일하게 섞이도록 가하면서 균일한 두께의 fibrin clot를 형성시킨 후 실온에서 30분간 방치한 후 사용하였다. 시료를 증류수에 1% 농도로 용출시킨 후 여과(Whatman No. 2)하여 fibrin plate 상에 50 µl씩 점적하여 37°C에서 3시간 동안 반응시킨 후 생성된 투명한 부위의 직경을 측정하였다. 직경은 서로 수직인 두 개의 지름을 측정하였고, 투명대가 타원인 경우에는 가장 긴 지름과 가장 짧은 지름을 측정하여 투명대의 면적을 구하였다. 이때 대조구는 플라즈민을 시료와 동일한 농도로 용해시켜 사용하였다. 혈전용해 활성은 다음과 같은 식에 의해서 계산하였다.

$$\text{혈전용해활성(\%)} = \text{시료의 용해 영역} / \text{양성 대조구의 용해 영역} \times 100$$

### 통계처리

실험으로부터 얻어진 결과치는 one-way ANOVA 검정에 의한 평균치와 표준오차(mean±S.E.)로 표시하였다[9].

## 결과 및 고찰

### 총 폴리페놀 화합물의 함량

폴리페놀 화합물은 주로 식물과 버섯류에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물로서 flavonoid, catechin, tannin 류로 크게 구분되며, 이들 화합물들은 전자공여능이 있어 높은 항산화 작용을 나타내는 것으로 알려져 있다[4]. 본 실험에서 사용한 CM과 CMa의 총 폴리페놀 화합물 함량을 측정한 결과는

Table 1과 같다. 총 폴리페놀 화합물 함량은 CMa에서 3.07%로, CM의 2.68% 보다 약 1.14배 더 높은 함량을 보였다. 한편, 국내산 버섯 종류의 총 폴리페놀 함량은 표고버섯 0.34%, 영지버섯 0.20%, 느타리버섯 0.34%가 함유되어 있었고[21], Kim 등[17,18]도 팽이버섯과 만가닥 버섯 물 추출물의 총 폴리페놀 함량이 각각 3.17~3.50 mg/100 g 및 1.52~2.92 mg/100 g으로 보고한 것과 비교하면 상대적으로 많이 함유되어 있었다. 이러한 결과는 동충하초 육종 개량과정 중에 어떤 기전에 의해 2차대사 산물생성에 영향을 미쳐 폴리페놀 함량이 증가된 것으로 추측되어 진다.

Flavonoid 함량

CM과 CMa의 flavonoid 함량은 각각 0.44% 및 0.55%로, CMa 가 많이 함유하고 있었다(Table 1). 대부분의 식물체나 버섯류에서 폴리페놀 함량이 flavonoid 보다 많이 함유되어 있으며, 대체로 폴리페놀 함량이 많을수록 flavonoid 의 함량도 많이 함유하고 있다[19]. CM과 CMa에서도 폴리페놀 함량이 flavonoid 보다 5배 이상 많아 flavonoid 이외의 다른 페놀성 화합물이 함유하고 있는 것으로 사료되어 진다.

Mineral 함량

CM과 CMa의 미네랄 조성 비율은 K가 각각 28.63 및 92.36 ppm으로 가장 많았고, 다음으로 많은 Mg이 각각 19.86 및

Table 1. Concentrations of polyphenolic compounds and flavonoids of *Cordyceps militaris* (CM) and cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* (CMa)

	Total phenolic compounds (%)	Flavonoids (%)
CM	2.68±0.03	0.44±0.02
CMa	3.07±0.02	0.55±0.06

Values are mean±SE, n=3.

Table 2. Mineral concentration of *Cordyceps militaris* (CM) and cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* (CMa) (ppm)

	K	Mg	Ca	Na	Fe	Zn
CM	28.63±1.38	19.86±0.10	8.43±0.68	3.83±0.29	1.03±0.05	0.45±0.01
CMa	92.36±0.23	31.22±0.12	33.06±0.12	4.03±0.11	1.69±0.27	0.93±0.01

Values are mean±SE, n=3.

Table 3. Fatty acid compositions of *Cordyceps militaris* (CM) and cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* (CMa) (% for area of total fatty acids)

Fatty acid	Myristic acid (14:0)	Palmitic acid (16:0)	Palmitoleic acid (16:1, n-9)	Stearic acid (18:0)	Oleic acid (18:1, n-9)	Linoleic acid (18:2, n-6)	Linolenic acid (18:3, n-3)	Arachidic acid (20:0)	SFA	MUFA	PUFA
CM	2.45	33.09	0.12	19.22	26.31	5.12	12.18	1.51	56.27	26.43	17.30
CMa	3.73	36.58	3.05	13.41	39.22	0.93	1.99	1.08	54.80	42.28	2.92

SFA: saturated fatty acid

MUFA: monounsaturated fatty acid

PUFA: polyunsaturated fatty acid

31.22 ppm 이었으며, Ca는 각각 8.43 및 33.06 ppm, Na은 각각 3.83 및 4.03 ppm, Fe는 각각 1.03 및 1.69 ppm, Zn은 각각 0.45 및 0.93 ppm이 함유되어 있었다(Table 2). 측정된 미네랄 성분들은 CM 보다는 CMa 에서 더 높게 나타났는데, 특히 K은 3.2배, Ca은 4배 정도 높은 함량을 보였다.

지방산 함량

CM과 CMa의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 3과 같다. CM 에서는 palmitic acid가 가장 많은 비율을 차지하였으며, 다음으로 n-9 계열의 cis-9-oleic acid와 stearic acid 순으로 나타났다. CMa에서는 n-9 계열의 cis-9-oleic acid가 많았으며, 그 다음으로는 palmitic acid와 stearic acid 순이었다. 한편, CM 이 CMa보다 linoleic acid (18:2, n-6)에서 약 5배, linolenic acid (18:3, n-3)에서 약 6배 높은 함량을 보여, PUFA 비율도 높았다. 이중결합 수에 의한 분류에서는 두 시료 모두 포화지방산(SFA), 일가불포화지방산(MUFA), 다가불포화지방산(PUFA) 순이었다.

Glutathione 함량

Glutathione은 tripeptide ( $\gamma$ -L-glutamyl-cysteinyl-glycine)의 비단백질성 thiol 화합물로 세포 내에서 산화형(GSSG)과 환원형(GSH)으로 존재하면서 생체 내의 산화 환원 반응에 관여하며[23], 생체내 강한 항산화 능력을 가진것으로 널리 알려져 있다. 독성물질의 해독[27], 세포증식[11], 활성 산소 제거, 지질 과산화 방지, 산화적 스트레스 저감, 면역 반응 증진 등 생체 내에서 중요한 생리활성을 나타내는 것으로 보고 되고 있다. 본 실험의 연구 결과, CMa의 glutathione 함량은 22.4 mg/g으로 CM의 11.0 mg/g 보다 2배 정도 높았다(Fig. 1). Cha 등[5]의 연구에 의하면 glutathione 고함유 효모 *Saccharomyces cerevisiae* FF-8 균주가 알코올 급여 흰쥐의 각 조직에서 과산화 지질 함량을 저하 시켰다고 하였으며, Han

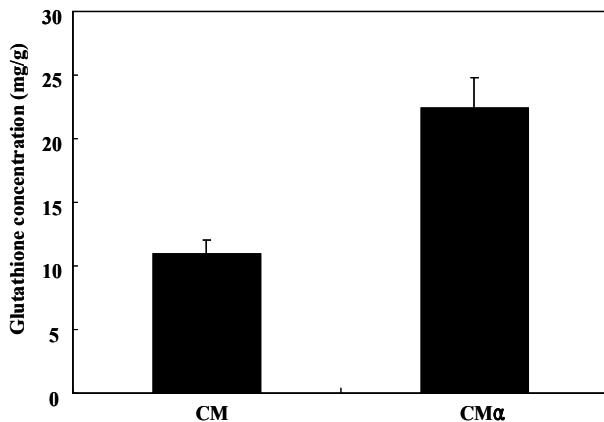


Fig. 1. Glutathione concentration of *Cordyceps militaris* (CM) and cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* (CMα). Values are mean±SE, n=3.

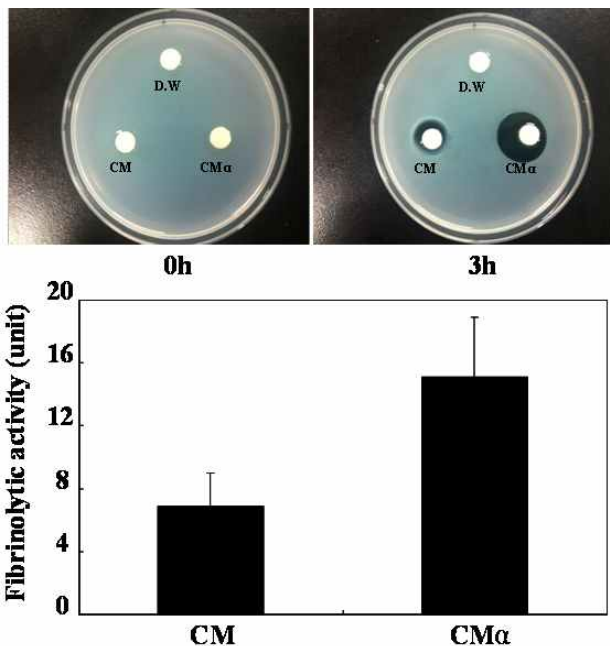


Fig. 2. Fibrinolytic activities of *Cordyceps militaris* (CM) and cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* (CMα). Values are mean±SE, n=3.

등[13]의 연구에서도 에탄올 투여 흰쥐에 인진쑥 및 눈꽃 동충하초를 식이 급여 하였을 때 지질대사 및 간 독성이 저하되고, 간 조직내 글루타치온 함량이 높아 에탄올에 의한 지방간 및 간경변과 같은 간 손상을 완화시키는데 효과적인 것으로 보고되었다.

본 연구자들도 이러한 글루타치온 함량이 높은 cordycepin-고함유 CMα가 orotic acid-유발 지방간과 조직 내 항산화 활성을 증가시켰고, 또한 알코올성 간독성과 고지혈증에 대해서도 개선 효과를 나타내는 결과를 얻었다[6,7].

따라서, glutathione 함량이 높은 CMα는 독성물질의 해독 작용에 의한 생체내 산화를 억제시킴으로써 이와 관련한 각종

질환의 유발을 예방할 것으로 사료되어 진다[16].

#### 혈전용해 활성

혈관에 혈전이 만들어지게 되면 혈액순환을 방해하여 고혈압, 동맥경화, 뇌졸중, 협심증 등을 일으키는데, 이 때 혈전용해 효소가 활성화되면 혈전 생성이 억제되어 각종 순환기계 질환을 예방하는데 효과가 있다고 알려져 있다[24]. 본 실험에서 사용된 CM과 CMα의 혈전용해 활성을 나타낸 결과는 Fig. 2과 같다. CMα에서 15.1 unit로, CM의 6.9 unit 보다 약 2.2 배 높은 활성을 나타내었다. 동충하초의 주요 생리활성 성분인 cordycepin (3'-deoxyadenosine)은 아데노신 리보오스 잔기의 3번째 탄소에 산소가 결합된 구조로 혈소판 응집억제 작용[8]이 보고되어 있다. 이전의 실험에서 *C. militaris*, *C. sinensis* 및 *P. tenuipes* (Larva)의 cordycepin 함량이 각각 448, 30 및 54 mg/100 g이었는데[30], 육종개량된 *C. militaris* JLM 0636 (CMα)에서는 cordycepin 함량이 742 mg/100 g [7]으로 다른 동충하초 보다 많이 함유되어 있어 본 실험 결과에서 보여주는 높은 항혈전 작용과 깊은 상관관계를 가지는 것으로 사료되어 진다.

이상의 실험에서 동충하초의 주요 생리활성 물질인 cordycepin 고함유 변태기 동충하초 *C. militaris* JLM0636는 일반 변태기 동충하초 보다 cordycepin이 약 7배 많이 함유되어 있을 뿐만 아니라 혈전 용해 활성이 높은 것으로 밝혀져 혈전성 질환 개선용 건강보조식품 제조원료로 사용될 가능성을 제시하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 Medi-Farm 산업화 연구사업단 연구비 지원(610003032SB120)에 의해 이루어졌습니다.

#### References

- A.O.A.C. 1975. Official methods of analysis. 12th eds., Association of official analytical chemists. Washington, D.C., U.S.A.
- Astrup, T. and S. Mullertz. 1991. The fibrin plate method for estimating fibrinolytic activity. *Arch. Biochem. Biophys.* **40**, 346-351.
- Butenas, S. and S. Mullertz. 2002. Blood coagulation. *Biochemistry (Moscow)* **67**, 3-12.
- Cha, J. Y. and Y. S. Cho. 1999. Effect of potato polyphenolics on lipid peroxidation in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **28**, 1131-1136.
- Cha, J. Y., B. K. Park, K. E. Eom, H. Y. Ahn, and Y. S. Cho. 2009. Effect of Glutathione-Enriched *Saccharomyces cerevisiae* FF-8 on Tissues Lipid Peroxidation in Orotic Acid-Induced Fatty Liver Model Rats. *J. Life Sci.* **19**, 322-326.
- Cha, J. Y., H. Y. Ahn, S. J. Heo, M. J. Kang, J. H. Lee, S. H. Park, Y. K. Jeong, and Y. S. Cho. 2011. Improvement

- effect of cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* JLM 0636 powder against orotic acid-induced fatty liver in rats. *J. Life Sci.* **21**, 1274-1280.
7. Cha, J. Y., H. I. Moon, H. Y. Ahn, S. J. Heo, and Y. S. Cho. 2011. Comparative effects of *Paecilomyces japonic*, *Cordyceps militaris*, cordycepin3 enriched *Cordyceps militaris* against antioxidant and hypolipidemia in alcohol feeding Sprague-Dawley rats. *Immunopharmacology & Immunotoxicology* 2011 in press.
  8. Cho, H. J., J. Y. Cho, M. H. Rhee, H. S. Kim, H. S. Lee, and H. J. Park. 2007. Inhibitory effects of cordycepin (3'-deoxyadenosine), a component of *Cordyceps militaris*, on human platelet aggregation induced by thapsigargin. *J. Microbiol. Biotechnol.* **17**, 1134-1138.
  9. Duncan, D. B. 1959. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* **1**, 1-42.
  10. Eikelboom, J. W., S. L. Zelenkofske, and C. P. Rusconi. 2010. Coagulation factor IXa as a target for treatment and prophylaxis of venous thromboembolism. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* **30**, 382-387.
  11. Fahey, R. C. and G. I. Newton. 1983. *Eutamoeba historlytica*: A Eukaryote without glutathione metabolism. *Science* **224**, 70-72.
  12. Guo, P., Q. Kai, J. Gao, Z. Q. Lian, C. M. Wu, C. A. Wu, and H. B. Zhu. 2010. Cordycepin prevents hyperlipidemia in hamsters fed a high-fat diet via activation of AMP-activated protein kinase. *J. Pharmacol. Sci.* **113**, 395-403.
  13. Han, E. K., Y. X. Jin, Y. S. Yoo, E. J. Jung, J. Y. Lee, and C. K. Chung. 2009. Effect of *Artemisia capillaris* and *Paecilomyces japonica* on the Reduction of Hepatotoxicity and Lipid Metabolism Induced by Ethanol. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 1016-1023.
  14. Ji, D. B, J. Ye, C. L. Li, Y. H. Wang, J. Zhao, and S. Q. Cai. 2009. Antiaging effect of *Cordyceps sinensis* extract. *Phytother. Res.* **23**, 116-122.
  15. Jia, Z., M. Tang, and J. Wu. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and thier scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* **64**, 555-559.
  16. Kenzo, Y., T. Hirashi, and H. Yoshiteru. 1985. Glutathione no seizouho. *Japan Patent* 60-160894.
  17. Kim, H. K., Y. J. Choi, and K. H. Kim. 2002. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Flammulina velutipes*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34**, 1013-1017.
  18. Kim, H. K., Y. J. Choi, S. W. Jeong, K. H. Kim. 2002. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Lyophyllum ulmarium*. *Korean J. Food Preserv* **9**, 385-390.
  19. Kim, E. Y., I. H. Baik, J. H. Kim, S. R. Kim, and M. R. Rhyu. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**, 333-338.
  20. Li, S. P., G. H. Zhang, Q. Zeng, Z. G. Huang, Y. T. Wang, T. T. Dong, and K. W. Tsim. 2006. Hypoglycemic activity of polysaccharide, with antioxidation, isolated from cultured *Cordyceps mycelia*. *Phytomedicine* **13**, 428-433.
  21. Lie, C. H., M. T. Huang, and P. C. Huang. 1995. Sources of triglyceride accumulation in liver of rats fed a cholesterol-supplemented diet. *Lipids* **30**, 527-532.
  22. Muller, W. E., B. E. Weiler, R. Charubala, W. Pfeleiderer, L. Leserman, R. W. Sobol, R. J. Suhadolnik, and H. C. Schroder. 1991. Cordycepin analogues of 2', 5'-oligo-adenylate inhibition of reverse transcriptase. *Biochemistry* **30**, 2027-2033.
  23. Murata, K. and A. Kimura. 1986. Relationship between glutathione contents and generation times in *Saccaromyces cerevisiae*. *Agric. Biol. Chem.* **50**, 1055-1056.
  24. Ok, M. and Y. S. Cho. 2005. Screening of fibrinolytic enzyme producing from microorganism in Korean fermented soybean paste and optimum conditions of enzyme production. *Korean J. Food Preserv* **12**, 643-649.
  25. Owens, C. W. I. and R. V. Belcher. 1965. A colorimetric micro-method for the determination of glutathione. *Biochem J.* **94**, 705-711.
  26. Sohn, H. Y., Y. S. Kwon, Y. S. Kim, H. Y. Kwon, G. S. Kwon, G. J. Kim, C. S. Kwon, and K. H. Son. 2004. Screening of thrombin inhibitors from medicinal and wild plants. *Korean J. Pharmacogn.* **35**, 52-61.
  27. Sugimura, Y. and K. Yamamoto. 1998. The protective effect of glutathione-enriched yeast extract on acetaminophen-induced liver damage in rats. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* **51**, 189-193.
  28. Swain, T., W. E. Hillis and M. Oritega. 1959. Phenolic constituents of *Ptunus domestica*. I. Quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.* **10**, 83-88.
  29. Voet, D. and J. G. Voet. 1990. *Biochemistry*, John Wiley & Sons, New York. **9**, 1087-1095.
  30. Zhang, H. X., W. Wu, W. Chen, X. H. Gao, and L. S. Tang. 2005. Analysis of cordycepin and adenosine contents in fermentation supernatant of *Cordyceps militaris* by HPLC. *Acta Agriculture Shanghai* **21**, 53-56.

---

초록 : Cordycepin 고함유 동충하초 수용성 추출물의 이화학적 특성과 혈전 용해활성

안희영<sup>1</sup> · 이재홍<sup>1</sup> · 강민정<sup>1</sup> · 차재영<sup>2</sup> · 조영수<sup>3\*</sup>

(<sup>1</sup>동아대학교 대학원 의생명과학과, <sup>2</sup>대전주조(주) 기술연구소, <sup>3</sup>동아대학교 생명공학과)

Cordycepin 고함유 변태기 동충하초(*Cordyceps militaris* JLM0636, CMa)와 일반 변태기 동충하초(*Cordyceps militaris*, CM)의 생리활성 물질 및 영양성분 분석과 혈전 용해 활성을 비교 검토하였다. Total polyphenol compound, flavonoids 및 glutathione 함량은 CM 보다 CMa에서 높은 함량을 보였다. CM 및 CMa의 주요 미네랄 구성 성분으로는 K, Ca, Mg, Na이고, 주요 지방산 조성은 linolenic acid, linoleic acid, oleic acid, palmitic acid으로 나타났다. 혈전 용해 활성을 비교 검토한 결과 CMa이 CM보다 높은 활성을 보였다. 이상의 실험 결과 CMa의 생리활성물질과 혈전 용해 활성을 이용한 제품 개발에 필요한 기초 자료를 제공하고 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료되어 진다.