

동충하초 추출물과 균사체의 성분분석에 관한 연구

차월석* · 조배식^{1,2} · 박세영³

조선대학교 화학공학과, ¹조선대학교 식품의약학과, ²광주광역시 보건환경연구원, ³조선대학교 식품영양학과

Received July 1, 2004 / Accepted August 23, 2004

A Study on the Composition of *Cordyceps militaris* Extract and Mycelium. Wol-Suk Cha*, Bae-Sick Cho^{1,2} and Se-Young Park³. Dept. of Chemical Engineering, ¹Dept. of Food and Drug, ²Dept. of Food and Nutrition, ³Chosun University, Gwang-Ju 501-759, Korea, Health & Environment Research Institute, Gwang-Ju 502-240, Korea – The composition of fruit body extract and mycelium in *Cordyceps militaris* has been investigated to determine the nutritional value. The nutritional compositions of fruit body extract were as follows; the content of crude fat, carbohydrate, crude protein were 0.16%, 3.10% and 1.05%, respectively. And content of crude fat, carbohydrate, crude protein in mycelium were 14.01%, 54.70% and 20.54%, respectively. Potassium concentration in 1.36 g/100ml sample of fruit body extract was high up to 79.09 mg/100 g and Ca, P, Mg, Na, Mn, Zn and Cu were followed. As well, potassium concentration in 0.50 g/100 ml sample of mycelium was high up to 1,679.96 mg/100 g and P, Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Zn and Cu were followed. There were 21 and 22 amino acids in fruit body extract and mycelium, respectively. The total content of 21 amino acids in fruit body extract was 223.78 mg/100 ml. It is more than 147.40 mg/100 ml which total content of 22 amino acid in mycelium. But the total content of essential amino acids in mycelium were higher than fruit body extract. The total content of 10 vitamin in fruit body and mycelium were 13.88 mg/100 g and 221.23 mg/100 g respectively, and the total content of vitamin in mycelium was sixteen times as more as fruit body extract.

Key words – *Cordyceps militaris*, composition, mineral, amino acid, vitamin

최근 식음료를 중심으로 기능성식품의 개발이 급속도로 진행되고 있는 현실에서 고부가 기능성식품의 검색 및 제품화는 소비자의 선택적 구매욕구를 충족시키는 능동적인 시도가 될 것이며 건강식품의 개발소재로 활용하기 위하여 다양한 식품의 기능성에 대한 관심이 높아지고 있다. 천연식품의 일종인 버섯은 자실체를 가진 고등균류로서 옛날부터 부작용이 없는 저칼로리 식품으로서 영양적인 측면과 의약품으로서의 효능을 가진 “wholesome food”로 인식되어 소비량이 날로 증가하는 추세이다[18,19].

최근 많은 종류의 버섯이 항균작용, 항암작용, 항산화작용과 아질산염 소거능 등의 다양한 기능성을 나타낸 것으로 보고되고 있으며 특히 버섯류는 일반 항암제와 달리 뚜렷한 부작용이 없고 면역기능을 증강시킴으로써 항암력을 나타낸다는 점에서 새로운 항암면역요법제로 관심의 대상이 되고 있다[6-9,11,15,22]. 페니실린, 스트렙토마이신 등의 항생물질이 약품화 되고부터 버섯의 특수성분을 약품화하려는 연구가 활발하게 진행되어, 구름버섯으로부터 크레스틴(PSK)이 정제되어 항암제로 사용되고 있으며 표고로부터는 렌티난(lentinan)이 추출되어 각종 임상실험이 진행되고 있다. 약리활성에 대한 최초의 연구는 1957년 Lucas 등의 그물버섯의 열수 추출물을 이용한 sarcoma180 고형암에 대한 저해활성능의

조사이며, 이 추출물이 tumor에 대한 완화작용이 있는 것으로 밝혀지면서부터 비롯되었다[17].

동충하초(冬虫夏草, *Cordyceps militaris*)는 겨울철에 여러 종의 곤충에 기생하였다가 여름이 되어 온도와 습도가 높아지면 곤충을 기주로 하여 자실체를 발생하거나 충체상에 포자를 형성하는 버섯의 일종이다. 전 세계적으로 약 100속 750여종이 분포되어 있으며 그 중 대표적인 동충하초 속으로는 완전세대의 유성색식 기관으로 자낭균류(Ascomycetes)의 맥각균과(Clavicipitaceae)에 속하는 *Cordyceps*속과 불완전균류의 Paecilomyces속, Torrubiella속 및 Podonectria속 등이 자실체를 형성하는 대표적인 *Cordyceps*속은 전 세계적으로 300여종이 분포되어 있는 것으로 알려져 있다[12,20]. 동충하초의 유용성분은 cordycepin, cordycepic acid, 아미노산, 다당류, 비타민 등으로 보고된 바 있고, 동충하초 자실체와 균사체 분말 3%를 고콜레스테롤혈증 유발 흰쥐에 급여한 결과 지질과산화 억제효과가 있는 것으로 알려지고 있다[14,21,25,26]. 동충하초는 항암활성이 우수한 것으로 보고되고 있는데, 이는 주로 대부분의 담자균류 버섯에서 생산되는 β -D-glucan polysaccharide의 항암작용에 기인하며 또한 동충하초에 존재하는 cordycepin (3'-deoxyadenosine)에 의한 종양세포의 m-RNA 합성저해에 기인한다고 알려져 있다[5]. 최근에는 polysaccharide와 cordycepin 이외의 제3의 물질에 의한 항암작용 가능성이 제기되기도 하였다[14]. 동충하초는 또한 면역증강제로서의 효과가 있으며, 혈당강하 또는 콜레

*Corresponding author

Tel : +82-62-230-7218, Fax : +82-62-230-7226

E-mail : wscha@chosun.ac.kr

스테를 저하효과에 대해서도 보고된 바가 있었으며 생체내에서 superoxide anion에 의한 세포막 계통 과산화물 생성을 감소시킬 수 있다는 연구도 있었다[9,10,13,16]. 그리고 특히 Cordyceps sinensis 균주의 각종 생리활성, 동물 및 임상실험에 대한 과학적인 총설자료도 있다[25].

따라서 본 연구는 동충하초(Cordyceps militaris) 자실체 열수추출물과 액체배양한 균사체의 성분분석을 통하여 그들의 성분차이와 함량을 조사함으로써 기능성식품으로서의 상품 활용도를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

분석재료

본 실험에 사용한 동충하초는 신농생명공학(광주광역시 광산구)에서 제공받은 자실체와 균사체를 이용하여 분석을 진행하였다. 추출물은 표면의 불순물을 증류수로 깨끗이 세척, 제거한 동충하초 자실체 100 g을 증류수 1,000 ml와 함께 가정용 소형약탕기(대웅 DWP-3800P)에 넣고 100~120℃에서 120분간 가열하여 얻은 추출액을 면포로 여과한 후 3,000 rpm으로 15분간 원심분리하고 상층액을 감압농축하여 동결 건조 과정을 거쳐 분말로 만들어 시료로 사용하였다. 균사체는 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 침전물을 동결 건조하여 시료로 사용하였다.

일반성분의 분석

동충하초의 추출물과 균사체의 수분, 회분, 탄수화물, 조지방, 조단백질의 함량을 분석하기 위하여 시료를 식품공전의 일반성분 시험법[2]에 따라 측정하였고 시료당 3번씩 반복수행 하였다.

무기성분의 분석

식품공전의 미량영양성분시험법[3]에 따라 시료 7.5 g에 증류수 500 ml 을 가하여 100℃에서 24시간 가열 교반하여 여과 한 후 용액화된 시료의 주원소 및 미량원소의 농도를 측정할 수 있는 flame and furnace, 4-lamp turret, Quadline background correction, GFTV로 된 원자 흡광 분광분석기(UNICAM 989)를 이용하여 분석을 하였다.

유리아미노산의 분석

시료 200 mg을 absolute ethanol 1 ml에 첨가하여 혼합한 후 상온에서 24시간 동안 교반하여 유리아미노산을 추출한다. 혼합액을 원심분리하여 상층액 0.5 ml을 취하여 Dowex 50-X8 resin (200-400 mesh) column (made in a Pasteur pipette)을 통과 시킨 다음 10X column volumn의 증류수로 column washing하고, 10X column volumn의 absolute ethanol로 protein, phenolic compound, carbohydrates, lipid를 제거하고, 10X column volumn의 2N ammonium hydroxide

로 유리아미노산을 용출한다. Column 용출액은 rotary evaporator를 이용하여 evaporation 시키고, 건조된 시료는 pH 2.2 lithium citrate loading buffer를 이용하여 녹인 후 0.2 µm filter로 여과하였다.

이 중 20 µl을 취하여 HPLC (Waters 510)를 이용하여 분석하였고, column은 High Resolution Column Bio 20 PEEK Lithium이며 유속은 buffer 20 ml/hr, ninhydrin 20 ml/hr, 압력은 buffer 75 bar, ninhydrin 14 bar의 조건으로 유리아미노산 분석을 하였다.

비타민 분석

시료 1 g을 식품공전의 미량 영양성분 시험법[4]에 따라 처리하여 이 중 20 µl을 취하여 HPLC(Waters 510)로 분석하였다. HPLC 분석조건은 C₁₈ column (µ Bondapak C₁₈, 0.39 × 30 cm, 10 µm)이며 유속은 solvent 30 ml/hr, ningydrin 20 ml/hr이고, 압력은 solvent 55 bar, ninhydrin 12 bar이었다.

결과 및 고찰

일반성분

동충하초의 자실체 추출물과 균사체에 대한 일반성분을 분석한 결과 추출물의 수분은 95.24%, 회분 0.45%, 조지방 0.16%, 조단백질 1.05%, 탄수화물이 3.10 %인 것으로 분석되었으며 균사체에서는 수분 3.72%, 회분 7.03%, 조지방 14.01 %, 조단백질 20.54%, 탄수화물 54.70% 함유되어 있는 것으로 측정되었다(Table 1). 이상의 결과로 볼 때 동충하초의 균사체에는 추출물보다 수분을 제외한 회분, 조지방, 조단백질과 탄수화물의 함량은 모두 추출물보다 훨씬 많았으며 추출물의 대부분 일반성분은 수분뿐이었다.

무기성분

원자흡광 분광분석기를 이용하여 원소분석을 한 결과 동충하초 자실체추출물 1.36 g/100 ml 중에 K이 79.09 mg/100 g, Ca 58.31 mg/100 g, P 23.29 mg/100 g, Mg 18.29 mg/100 g, Na 16.18 mg/100 g, Mn 0.42 mg/100 g, Zn 0.35 mg/100 g, Cu 0.18 mg/100 g 함유되어 있었다. 그러나 동충

Table 1. General composition of Cordyceps militaris extract and mycelium (unit: %)

Component	Amount	Cordyceps militaris extract	Cordyceps militaris mycelium
Moisture		95.24	3.72
Ash		0.45	7.03
Crude fat		0.16	14.01
Crude protein		1.05	20.54
Carbohydrate		3.10	54.70

하초 균사체 sample 0.50 g/100 ml 중의 K은 1,679.96 mg/100g, Na 72.79 mg/100 g, Fe 27.72 mg/100g, Mn 16.53 mg/100 g, Zn 10.69 mg/100g, Cu 1.19 mg/100 g으로 같은 부피중의 시료함량은 적지만 미네랄성분이 오히려 더욱 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다(Table 2).

유리아미노산의 성분

HPLC를 이용하여 유리아미노산의 함량을 분석한 결과 동중하초 자실체추출물에는 21종의 유리아미노산이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 그 중 asparagine이 112.46 mg/100 ml로 가장 많았고 proline이 21.92 mg/100 ml, arginine 14.68 mg/100 ml, alanine 8.58 mg/100 ml, phenylalanine 8.02 mg/100 ml, glutamic acid 7.12 mg/100 ml, lysine 5.40 mg/100 ml, r-aminobutyric acid 5.32 mg/100 ml, tyrosine 5.04 mg/100 ml, aspartic acid 4.72 mg/100 ml, valine 4.48 mg/100 ml, leucine 4.18 mg/100 ml, histidine 3.48 mg/100ml, glycine 3.28 mg/100 ml, serine 3.20 mg/100 ml, isoleucine 2.94 mg/100 ml, threonine 2.74 mg/100 ml, carnosine 2.72 mg/100 ml, orinitine 1.78 mg/100 ml, 5-hydroxylysine 0.88 mg/100 ml, methionine 0.84 mg/100 ml 등의 순으로 총 223.78 mg/100 ml이었으며 인체 필수아미노산의 총합량은 48.32 mg/100 ml로 유리아미노산 총합량의 21.60%를 차지하였다. 또한 균사체에는 모두 22종의 유리아미노산이 함유되어 있으며 그 중 proline이 29.70 mg/100 ml, alanine 14.80 mg/100 ml, phenylalanine 13.90 mg/100 ml, valine 12.20 mg/100 ml, arginine 10.90 mg/100 ml, leucine 7.80 mg/100 ml, glutamic acid와 tyrosine가 7.40 mg/100 ml, lysine 6.80 mg/100 ml, r-aminobutyric acid 4.20 mg/100 ml, threonine, methionine 및 isoleucine이 3.60 mg/100 ml, serine 3.50 mg/100 ml, cystathionine 3.00 mg/100 ml, aspartic acid와 β-aminoisobutyric acid가 2.70 mg/100 ml, glycine 2.60 mg/100 ml, histidine 2.20 mg/100 ml, asparagine 2.10 mg/100 ml, α-aminobutyric acid 1.90 mg/100

Table 2. Mineral composition of *Cordyceps militaris* extract and mycelium (unit: mg/100g)

Component	Amount	<i>Cordyceps militaris</i> extract	<i>Cordyceps militaris</i> mycelium
Ca	58.31	58.31	213.63
Fe	2.53	2.53	27.72
Zn	0.35	0.35	10.69
Na	16.18	16.18	72.79
Mn	0.42	0.42	16.53
Cu	0.18	0.18	1.19
P	23.29	23.29	1,594.20
Mg	18.29	18.29	508.74
K	79.09	79.09	1,679.96
sample양 (g/100ml)	1.36	1.36	0.5032

ml, orinitine 0.80 mg/100 ml의 순으로 총 147.40 mg/100 ml 함유되어 있었다. 그 중 인체 필수아미노산은 69.80 mg/100ml로 유리아미노산 총합량의 47.35%를 차지하였다(Table 3). 이러한 결과로부터 보다 많이 균사체의 유리아미노산의 함량은 자실체 열수추출물 중의 유리아미노산보다 훨씬 적지만 인체의 필수아미노산의 함량과 비중은 오히려 더욱 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다.

비타민 분석

자실체 열수추출물과 균사체 중의 비타민 함량을 분석한 결과 총 10종류의 비타민이 측정되었다. 자실체 열수추출물 중의 비타민 총합량은 13.88 mg/100 g으로 pantothenic acid 가 6.29 mg/100 g, vitamin E 2.33 mg/100 g, nicotinic acid 2.00 mg/100 g, vitamin B₆ 1.37 mg/100 g, vitamin B₁ 1.11 mg/100 g, vitamin C 0.36 mg/100 g, folic acid 0.35 mg/100 g, vitamin B₂ 0.05 mg/100 g, vitamin A와 K₁이 0.01 mg/100 g의 순으로 함유되어 있었다. 반면에 균사체 중의 비타민 총합량은 221.23 mg/100 g으로 자실체 열수추출물

Table 3. Composition of free amino acid in *Cordyceps militaris* extract and mycelium (unit: mg/100ml)

Component	<i>Cordyceps militaris</i> extract	<i>Cordyceps militaris</i> mycelium
Aspartic acid	4.72	2.70
*Threonine	2.74	3.60
Serine	3.20	3.50
Asparagine	112.46	2.10
Glutamic acid	7.12	7.40
Proline	21.92	29.70
Glycine	3.28	2.60
Alanine	8.58	14.80
α-aminobutyric acid	-	1.90
*Valine	4.48	12.20
*Methionine	0.84	3.60
Cystathionine	-	3.00
*Isoleucine	2.94	3.60
*Leucine	4.18	7.80
*Tyrosine	5.04	7.40
*Phenylalanine	8.02	13.90
β-aminoisobutyric acid	-	2.70
r-aminobutyric acid	5.32	4.20
5-hydroxylysine	0.88	-
Orinitine	1.78	0.80
*Lysine	5.40	6.80
Histidine	3.48	2.20
Carnosine	2.72	-
*Arginine	14.68	10.90
Total	0	0
*Total of essential amino acid	48.32	69.80

*Composition of essential amino acid.

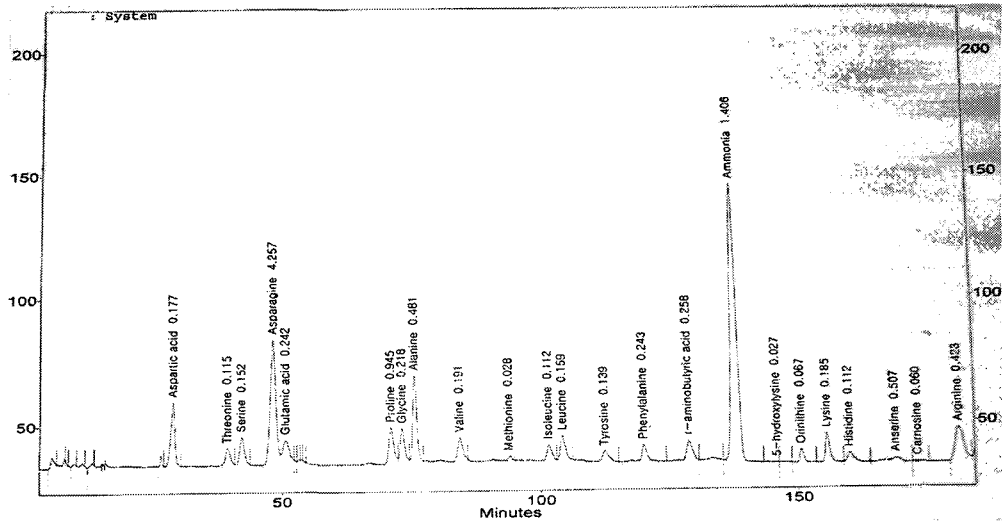


Fig. 1. Pattern of free amino acid in extract of *Cordyceps militaris* fruit body.

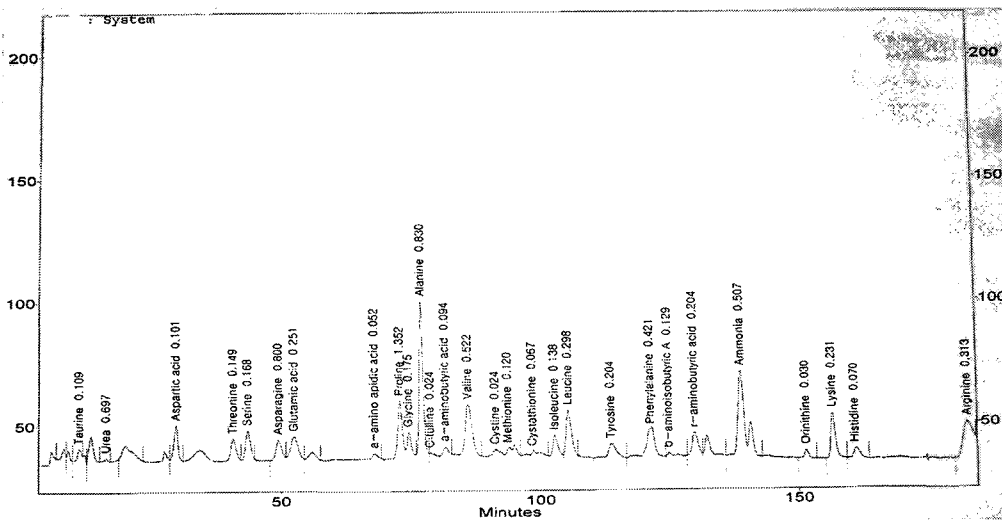


Fig. 2. Pattern of free amino acid in *Cordyceps militaris* mycelium.

중의 비타민보다 무려 16배 더 많이 함유되어 있었으며 각 성분의 함량은 다음과 같았다. Pantothenic acid가 155.83 mg/100 g, vitamin E 45.09 mg/100 g, vitamin C와 nicotinic acid가 8.13 mg/100 g, vitamin B₁ 2.22 mg/100 g, folic acid 0.93 mg/100 g, vitamin B₆ 0.57 mg/100 g, vitamin A 0.19 mg/100 g, vitamin K₁ 0.09 mg/100 g, vitamin B₂ 0.05 mg/100 g의 순으로 함유되어 있다(Table 4).

요 약

동충하초 자실체 열수추출물과 균사체 중의 성분물질들을 규명하고자 일반성분, 무기질, 유리아미노산, 비타민 등을 분석검토한 결과는 다음과 같았다. 자실체 열수추출물의 수분 함량은 95.24%, 탄수화물이 3.10%, 조단백질 1.05%, 회분 0.45%, 조지방 0.16%이었으며 균사체 중에 탄수화물 54.70%,

Table 4. Vitamin composition of *Cordyceps militaris* extract and mycelium (unit: mg/100g)

Component	Amount	<i>Cordyceps militaris</i> extract	<i>Cordyceps militaris</i> mycelium
Vitamin A	0.01	0.01	0.19
Vitamin B ₁	1.11	1.11	2.22
Vitamin B ₂	0.05	0.05	0.05
Vitamin B ₆	1.37	1.37	0.57
Vitamin C	0.36	0.36	8.13
Vitamin E	2.33	2.33	45.09
Vitamin K ₁	0.01	0.01	0.09
Nicotinic acid	2.00	2.00	8.13
Folic acid	0.35	0.35	0.93
Pantothenic acid	6.29	6.29	155.83
Total		0.01	0.19

조단백질 20.54%, 조지방 14.01%, 회분 7.03%, 수분이 3.72% 함유되어 있다. 또한 무기질을 분석한 결과 자실체 열수추출물 1.36 g/100 ml 중에 K이 79.09 mg/100 g으로 가장 많았고 Ca, P, Mg, Na, Mn, Zn, Cu의 순으로 함유되어 있으며 균사체 0.50 g/100 ml 중에 K, P, Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Zn Cu의 순으로 미네랄이 함유되어 있었다. 자실체 열수추출물과 균사체 중에서 각각 21종과 22종의 유리아미노산이 측정되었고 9종의 인체 필수아미노산을 모두 함유하고 있었으며 유리아미노산의 총합량과 필수아미노산의 함량은 각각 223.78 mg/100 ml, 48.32 mg/100 ml와 147.40 mg/100 ml, 69.80 mg/100 ml이었다. 비타민을 분석한 결과 총 10종의 비타민이 측정되었고 균사체 중의 비타민 총합량은 221.23 mg/100 g으로 자실체 열수추출물중의 비타민 총합량 13.88 mg/100 g보다 무려 16배 더 많이 함유되었다.

감사의 글

이 논문은 2002년도 조선대학교 연구보조비 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- Chang, H. G., G. D. Lee and H. K. Kim. 1997. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.* **29**, 432-436.
- Food Code. 2003. Conduct laboratory testing according to specifications and test methods of the Food Code. pp. 557-596, Korea Food & Drug Administration, Moon Yong Press, Seoul.
- Food Code. 2003. Conduct laboratory testing according to specifications and test methods of the Food Code. pp. 887-892, Korea Food & Drug Administration, Moon Yong Press, Seoul.
- Food Code. 2003. Conduct laboratory testing according to specifications and test methods of the Food Code. pp. 894-920, Korea Food & Drug Administration, Moon Yong Press, Seoul.
- Furuya, T., M. Hirotsu and M. Matsuzawa. 1983. N⁶-(2-hydroxy-ethyl)adenosine. A biologically active compound from cultured mycelial of *Cordyceps* and *Isaria* species. *Phytochemistry*. **22**, 2509-2512.
- Ha, Y. D. 2001. Antitumoral, antioxidant and antimicrobial activities of solvent fractions from *Grifola umbellatus*. *KOREAN J. POSTHARVEST SCI. TECHNOL.* **8**, 481-487.
- Ham, S. S., N. N. Kim, S. W. Oh and D. S. Lee. 2001. Antioxidative and antimutagenic effects of the ethanol extract from *Cordyceps militaris*. *KOREAN J. POSTHARVEST SCI. TECHNOL.* **8**, 109-117.
- Jeong, E. J. 1998. Antioxidative and nitrite-scavenging effects of solvent extracts from *Gyrophora esculenta*. *KOREAN J. FOOD & NUTR.* **11**, 426-430.
- Kiho, T., J. Hui, A. Yamane and S. Ukai. 1993. Polysaccharides in fungi, XXXII. Hypoglycemic activity and chemical properties of a polysaccharide from the cultural mycelium of *Cordyceps sinensis*. *Biol. Pharm. Bull.* **16**, 1291-1293.
- Kiho, T., J. Hui, A. Yamane and S. Ukai. 1996. Polysaccharides in fungi, XXXVI. Hypoglycemic activity of a polysaccharide (CS-F30) from the cultural mycelium of *Cordyceps sinensis* and its effect on glucose metabolism in mouse liver. *Biol. Pharm. Bull.* **19**, 294-296.
- Kim, S. W. 1998. Studies on anti-microbial and anti-cancer functions of polysaccharide extracted from *Ganoderma lucidum*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 1183-1188.
- Kobayashi, Y. and D. Shimizu. 1983. Iconography of vegetable wasps and plant worms. *Hoikusha Pub. Co., Ltd.*, Osaka. 280-285.
- Kou, Y. C., W. J. Tsai, M. S. Shiao, C. F. Chen and C. Y. Lin. 1996. *Cordyceps sinensis* as an immunomodulatory agent. *Am. J. Chin. Med.* **24**, 111-125.
- Kuo, Y. C., C. Y. Lin, W. J. Tasi, C. L. Wu, C. F. Chen and M. S. Shiao. 1994. Growth inhibitors against tumor cells in *Cordyceps sinensis* other than cordycepin and polysaccharide. *Cancer Invest.* **12**, 611-615.
- Kwon, S. H., H. J. Woo, D. S. Han and M. K. Kim. 2001. Effect of dried powders and water extracts of *Paecilomyces tenuipes* and *Cordyceps militaris* on lipid metabolism, antioxidative capacity and immune status in rats. *The Korean Nutrition Society.* **34**, 271-284.
- Liu, Y. X., C. Z. Wu and C. C. Li. 1991. Antioxidation of *Paecilomyces sinensis* (S. p. nov.). *Chin. J. Trad. Med.* **16**, 240-242.
- Lucas, E. H. and R. L. Ringler. 1957. Tumor inhibitors in *Boletus edulis* and other holobasidiomycetes. *Antibiotics and Chemotherapy.* **7**, 1-4.
- Mizuno, T. 1995. Bioactive biomolecules of mushroom fungi. *Food Rev. Int.*, **11**, 7-21.
- Ota, S. 1984. Shiitake (*Lentinus edodes*). *New. Food Industry*, **26**, 49.
- Samson, R. A., H. C. Evans and J. P. Latge. 1968. Atlas of entomopathogenic fungi. *Springer, Heidelberg*. 189-196.
- Shen, Q. and S. Chen. 2001. Effect of *Cordyceps militaris* on the damage of rats induced by n-hexane. *Zhong Yao Cai.* **24**, 112-116.
- Shim, M. J., H. J. Cho, E. C. Choi and B. K. Kim. 1988. Studies on constituents of higher fungi of Korea (L VII) comparison of various antitumor constituents of *Coriolus versicolor*. *Kor. J. Mycol.* **16**, 162-174.
- Tarr, G. E. 1986. Methods of protein microcharacterization, *Humana Press, Clifton, NJ*. 155-194.
- Waters Associates. 1983. Official method of amino acid analysis. Amino acid analysis system of operators manual of the Waters Associates, U.S.A. 33.
- Zhu, J. S., G. M. Halpern and K. Jones. 1998. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal regimen, *Cordyceps sinensis* Part I. *J. Altern complement Med.* **4**, 289-303.
- Zhu, J. S., G. M. Halpern and K. Jones. 1998. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal regimen, *Cordyceps sinensis* Part II. *J. Altern complement Med.* **4**, 2429-2457.