

ORIGINAL ARTICLE

동충하초(*Cordyceps militaris*)가 당뇨의 혈당 및 동맥경화 개선에 미치는 영향

김한수 · 김민아 · 장성호^{1)*} · 강동수²⁾ · 이원기³⁾ · 류재용⁴⁾ · 이춘식⁵⁾

부산대학교 식품공학과, ¹⁾부산대학교 바이오환경에너지학과, ²⁾전남대학교 식품공학·영양학부, ³⁾부경대학교 고분자공학과, ⁴⁾한국원자력연구원 공업환경연구부, ⁵⁾경남과학기술대학교 환경공학과

Effects of *Cordyceps Militaris* on the Improvement Actions of Blood Glucose and Atherosclerosis in Diabetes

Han-Soo Kim, Min-A Kim, Seong-Ho Jang^{1)*}, Dong-Soo Kang²⁾, Won-Ki Lee³⁾,
Jae-Young Ryu⁴⁾, Chun-Sik Lee⁵⁾

Department of Food Science & Technology, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

¹⁾Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

²⁾Division of Food Technology & Nutrition, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

³⁾Department of Polymer Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

⁴⁾Division for Industrial & Environmental Research, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), Jeollabuk-do 580-185, Korea

⁵⁾Department of Env. Eng., Gyeongnam National University of science and Technology, Gyeongnam 660-758, Korea

Abstract

The purpose of this study was to assess the effects of *Cordyceps militaris* extract supplementation on the improvement of blood glucose, lipid compositions and hepatic functional enzyme activities in the serum of streptozotocin(STZ, 50 mg/kg BW, IP injection)-induced diabetic rats fed the experimental diets for 5 weeks. The concentrations of blood glucose and lipid compositions(total cholesterol, β -lipoprotein, free cholesterol, cholesteryl ester, triglyceride and phospholipid) and atherosclerotic index in serum were significantly lower in the DM+CM group than in the DM group, whereas the ratio of HDL-cholesterol concentration to total cholesterol in the DM+CM group were higher than in the DM group.

The activities of hepatic functional enzymes(aminotransferase, LDH and ALP) in serum were lower in the *Cordyceps militaris* extract administration group(group DM+CM) than in the hyperglycemic DM group. The results shown above suggested that *Cordyceps militaris* extract supplementation effectively improves blood glucose and atherosclerosis in the serum of diabetic rats.

Key words : *Cordyceps militaris*, Diabetes, Blood glucose, Lipid compositions, Atherosclerosis

Received 13 December, 2012; Revised 20 December, 2012;

Accepted 19 March, 2013

*Corresponding author : Seong-Ho Jang, Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea
Phone: +82-55-350-5435
E-mail: jangsh@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

동충하초(*Cordyceps militaris*)는 주로 나비목(Lepidoptera)의 유충이나 번데기에 기생하는 곤충기생균(Entomopathogenic fungi)의 일종이며, 자실체와 번데기의 복합체로 *Cordyceps* 속이 대표적인 동충하초로 인공재배가 활발하게 이루어지고 있다(Jo 등, 2008). 동충하초에서 분리한 2차 대사산물인 cordycepin (3'-deoxyadenosine)은 m-RNA의 합성을 저해하고 항균, 면역 증강 및 항암 등의 생리적 활성이 있는 것으로 보고되어 있으며(Lee 등, 2004; Ying 등, 1987), 항산화 작용(Kim 등, 2001), 혈당 저하(Kim, 2011), 성기능 강화(Huang 등, 2001)와 testosterone, estrogen, progesterone 등 steroid성 hormone 분비 촉진(Hong 등, 2011; Hsu 등, 2003; Huang 등, 2004), 간기능 개선(Jo 등, 2008) 등 다양한 기능성이 있는 것으로 알려져 있다. 이에, 본 실험에서는 진공동결 건조시킨 동충하초(*Cordyceps militaris*) 추출액을 streptozotocin으로 유발한 당뇨병 실험동물 모델에서 혈액내 glucose 및 지질농도와 항동맥경화에 미치는 영향을 비교 분석한 후, 식이의 불균형과 환경요인 등에서 유발되는 생활습관병인 당뇨의 개선과 바이오헬스 건강기능식품의 자원으로 이용하기 위하여 실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료의 조제

동충하초는 경남 밀양시 한약재 시장에서 구입한 후, Kim 등(Kim 등, 2012)의 방법에 따라 실험 재료로 사용하였다. 깨끗한 물로 세척하여 말린 다음 진공동결건조(EYELA, FDU-2000, Tokyo, Japan)시킨 동충하초 200 g을 플라스크에 취해 증류수(DW) 700 mL를 넣고 450 mL가 될 때까지 가열한 후 추출액을 다른 용기에 옮기고 다시 DW 500 mL를 가하여 350 mL가 될 때까지 가열 처리 하였다. 추출한 후의 잔사에 증류수 400 mL를 넣고 200 mL가 될 때까지 가열한 후, 이들을 합하여 본 실험의 시료로 사용하였다.

2.2. 실험동물

평균 체중이 60±5 g인 4주령된 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐(Dae Han Biolink)를 구입하여 고형 사료로 1주일간 예비 사육하여 사육실 환경에 적응시킨 후 난괴법(Randomized Complete Block Design)에 의해서 6마리씩 3군으로 나누어 Metabolic cage(JD-C-71, Jeongdo, Co, Ltd, Korea)에 나누어 5주간 실험 사육하였다. 사육실의 온도는 20±1 °C, 습도(50±10%)와 명암은 12시간 주기(07:00~19:00)로 최적의 상태를 유지하였다.

2.3. 식이조성 및 실험군

실험동물의 식이 및 실험군은 Table 1에서와 같이, 기본 식이에 물만 섭취시킨 대조군(BDC군), streptozotocin (STZ, Sigma, USA, 50 mg/kg BW, IP injection)을

Table 1. Experimental group and compositions of diet (g/kg diet)

Ingredient	Basal diet	Streptozotocin (STZ, IP) ¹⁾
Casein	200	200
DL-methionine	3	3
Corn starch	150	150
Sucrose	500	500
Cellulose powder	50	50
Mineral mixture ²⁾	35	35
Vitamin mixture ³⁾	10	10
Choline bitartrate	2	2
Corn oil	50	50

Group BDC: basal diet(control), DM: basal diet+STZ, DM+CM: basal diet+STZ+Cordyceps militaris.

¹⁾IP; intraperitoneal injection (STZ 50 mg/kg BW; 0.01 M citrate buffer sol'n (pH 4.6))

²⁾AIN-76TM mineral mixture contained (in g/kg mixture) calcium phosphate, dibasic, 500.0; sodium chloride, 74.0; potassium citrate, monohydrate, 220.0; potassium sulfate, 52.0; magnesium oxide, 24.0; manganous carbonate, 3.5; ferric citrate, 6.0; zinc carbonate, 1.6; cupric carbonate, 0.3; potassium iodate, 0.01; sodium selenite, 0.01; chromium potassium sulfate, 0.55; sucrose, 118.03.

³⁾AIN-76TM vitamin mixture contained (in g/kg mixture) thiamine Hcl, 0.6; riboflavin, 0.6; pyridoxine Hcl, 0.7; niacin, 3.0; D-calcium pantothenate, 1.6; folic acid, 0.2; biotin, 0.02; vitamin B₁₂, 1.0; vitamin A palmitate, 0.8; vitamin E acetate, 10.0; vitamin D₃, 0.25; menadione sodium bisulfite, 0.15; sucrose, 981.08.

0.01 M citrate 완충용액(pH 4.6)에 용해한 후 복강내 주사하여 실험 사육시킨 당뇨 유발군(DM군)과 STZ으로 유도된 당뇨성 실험 모델에 동충하초 추출물을 급여시킨 DM+CM군으로 분군하여 실험 사육을 하였다. 식이 조성은 AIN-76™ 설치류 정제 사료 조제법에 따라 제조하였다.

2.4. 실험동물의 처치

실험사육 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 심장채혈법으로 채혈하였으며, 혈액은 4℃에서 약 1시간 정도 방치한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 얻어서 실험에 사용하였다.

2.5. 혈당 농도의 정량

혈청 중의 glucose 농도는 혈당 측정용 kit 시약 (GLzyme, Eiken, Tokyo, Japan)으로 측정하였다. 혈청 0.02 mL에 효소 시액 3.0 mL를 가하여 37℃에서 15분간 가온한 후 500 nm에서 흡광도(OD)를 측정하여 산출하였다.

2.6. 지질성분의 농도

혈청 중의 지질성분의 측정은 Kim 등(2012)이 보고한 바와 같이, 총 콜레스테롤 농도는 총 콜레스테롤 측정용 kit 시약(Cholestezyme-V, Eiken, Tokyo, Japan), HDL (high density lipoprotein)-콜레스테롤 농도는 HDL-콜레스테롤 측정용 kit 시약(HDL-C555, Eiken, Tokyo, Japan), 혈청 β-lipoprotein의 농도는 β-lipoprotein 측정용 kit 시약(β-lipoprotein C-Test, Wako, Osaka, Japan)으로 측정하였으며, LDL-콜레스테롤 농도는 β-lipoprotein 농도로부터 산출하여 표시하였다. 유리 콜레스테롤 농도는 유리 콜레스테롤 측정용 kit 시약(Free-cholestezyme-V555, Eiken, Tokyo, Japan)으로 측정하였으며, 콜레스테롤 에스테르 농도는 총 콜레스테롤 농도에서 유리 콜레스테롤 농도를 뺀 값으로 표시하였다. 혈청 중의 중성지질 농도(Triglyzime-V, Eiken, Tokyo, Japan)와 인지질 농도(PLzyme, Eiken, Tokyo, Japan)는 각 농도별 측정용 kit 시약으로 정량하였다.

2.7. 효소 활성의 측정

혈청 중 aminotransferase의 활성은 Reitman과 Frankel

(1957)의 방법에 준해 조제된 kit 시약(혈청 transaminase 측정시약, Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 AST(aspartate aminotransferase) 및 ALT(alanine aminotransferase) 활성을 측정하였으며, 단위는 혈청 1 mL당 unit로 표시하였다. LDH(lactate dehydrogenase) 활성은 kit 시약(LDH, Neo D, Eiken, Tokyo, Japan)으로 측정하였고, ALP(alkaline phosphokinase) 활성 (NEW-K-PHOS, Eiken, Tokyo, Japan)은 혈청 1 mL당 unit로 표시하였다.

2.8. 통계처리

분석 결과의 통계 처리는 실험군 당 평균값과 표준편차를 계산하였고, 군간의 차이는 One-way analysis of variance(ANOVA, ver. 12.0) 분석 후 α=.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 실험군간의 유의적인 차이를 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 혈당 농도

동충하초의 당뇨성 실험동물 모델에 대한 혈당 농도에 미치는 영향을 Fig. 1에 나타내었다. 기본식에 물을 급여한 대조군(BDC군)의 경우 혈당량은 123.4±4.8 mg/dL이었고, streptozotocin(STZ)을

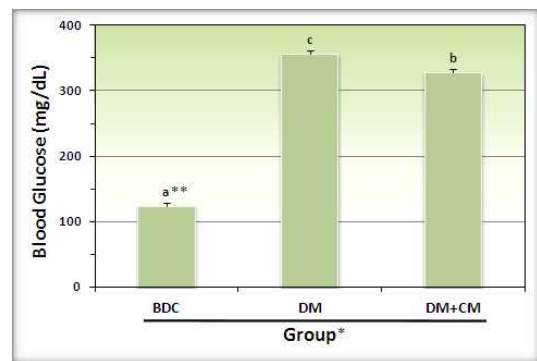


Fig. 1. Effects of *Cordyceps militaris* on concentration of blood glucose in serum of STZ-induced diabetic rats.

*See the legend of Table 1.

**The data are presented as mean±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at α=.05 by Duncan's multiple range test.

복강주사하여 당뇨를 유발한 DM군의 혈당량은 355.7±5.1 mg/dL이었다. 한편, STZ에 의하여 당뇨를 유도시킨 당뇨 모델에 동충하초 추출물을 섭취(DM+CM군)시킨 결과, 혈당량은 327.8±4.7 mg/dL로 동충하초 투여는 STZ에 의하여 유도되는 당뇨의 증상을 완화시키는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 미루어 볼 때 동충하초가 당뇨 유발 실험동물 모델에서 체내 혈당 조절계에 영향을 미침으로써 glucose 농도 감소와 insulin 분비량의 조절기능에 관여한다는 보고(Kim, 2011; Koo와 Lee, 2004)와 같은 경향을 보였다.

3.2. 혈청 중의 지질성분 농도 및 동맥경화 지수

혈청 중의 지질성분의 농도와 동맥경화 지수는 Table 2와 같다. 총 콜레스테롤 농도는 기본식이를 섭취한 BDC군의 91.6±2.7 mg/dL에 비하여 여타 실험군에서 높게 나타났지만, STZ으로 유도된 당뇨성 실험군(DM군)의 112.8±3.1 mg/dL에 비해 동충하초를 섭취한 DM+CM군이 104.6±3.3 mg/dL로 혈청 중의 총 콜레스테롤 농도가 유의적으로 저하되었다. 한편, HDL-콜레스테롤 농도는 DM군(22.0±1.1 mg/dL)에 비해 동충하초를 급여하므로써 DM+CM군이 24.5±1.2

mg/dL로 증가를 보였다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 농도비는 DM군(19.5%)보다 동충하초 추출물 급여군인 DM+CM군(23.4%)에서 높은 비율을 나타내었고, 동맥경화의 지수는 DM군(4.13)에 비해 DM+CM군(3.27)이 낮게 나타났으나, 비교군인 대조군(BDC군)의 2.36의 수준에는 미치지 못하였다. 당뇨성 질환의 환자는 당질대사 이상에 따른 지질대사 장애로 총 콜레스테롤 농도의 증가와 함께 HDL-콜레스테롤 농도비 또한 감소되며 혈액 중의 지질성분이 증가되는 것으로 보고되어 있다(Goldberg, 1981; Reaben, 1987; Tol, 1977).

혈청 중의 β -lipoprotein 농도는 STZ 투여군인 DM군의 238.6±8.9 mg/dL보다 당뇨 유발 모델에 동충하초를 섭취시킨 DM+CM군에서 217.7±8.3 mg/dL로 유의적인 감소를 보였으나, BDC군의 165.1±7.7 mg/dL의 수준에는 미치지 못하였다. LDL-콜레스테롤 농도는 각 군간에 있어서 β -lipoprotein 농도와 같은 경향을 나타내었다. β -lipoprotein은 말초조직이나 동맥벽에 콜레스테롤을 침착시킴으로써 동맥경화를 촉진시키는 주요 인자로 알려져 있다(Smith, 1974). 유리 콜레스테롤 농도와 콜레스테롤 에스테르는 당뇨성 실험 모델군(DM군)에 비해 동충하초 섭취군인 DM+CM군에서 감소되는 것으로 나타났다. 한편, 중성지질과 인지질 농도는 Table 2에서 보는 바와 같이, 당뇨성 실험 모델군(DM군, DM+CM군)에 있어서, 대조군인 BDC군에 비하여 유의적으로 높게 나타났으나, DM군에 비해 동충하초 급여군인 DM+CM군의 농도가 감소되는 경향을 보였다. 따라서 본 실험 결과, 당뇨성 실험동물 모델에 대한 동충하초의 급여에 의한 지질성분의 농도 저하, HDL-콜레스테롤 상대비의 상승 및 동맥경화 지수의 감소 등으로 미루어 보아 혈청 지질 개선 효과와 당뇨의 합병증으로 유발 될 수 있는 동맥경화 등의 예방 및 개선에 영향을 미칠 것으로 추정된다.

3.3. 혈청 중 aminotransferase (AST, ALT)의 활성

동충하초 추출물이 당뇨 유발 실험 모델에 의한 혈청 중 AST 및 ALT 활성에 미치는 영향을 Fig. 2에 나타내었다. AST 활성은 DM군(75.1±2.6 unit/mL)이 대조군인 BDC군(62.5±3.1 unit/mL)에 비하여 유의적으로 높게 나타났으나, 동충하초 섭취(DM+CM군,

Table 2. Effects of *Cordyceps militaris* on lipid concentration and atherosclerotic index (AI) in serum of STZ-induced diabetic rats (mg/dL)

Lipid concentration	BDC	DM	DM+CM
Total cholesterol(A)	91.6±2.7 ^{a*}	112.8±3.1 ^c	104.6±3.3 ^b
HDL-cholesterol(B)	27.3±1.4 ^c	22.0±1.1 ^a	24.5±1.2 ^b
(B)/(A)×100(%)	29.8	19.5	23.4
AI ¹⁾	2.36	4.13	3.27
β -lipoprotein	165.1±7.7 ^a	238.6±8.9 ^c	217.7±8.3 ^b
LDL-cholesterol	57.8±2.7 ^a	83.5±3.1 ^c	76.2±2.9 ^b
Free cholesterol	21.5±1.4 ^a	27.6±1.2 ^c	25.0±1.3 ^b
Cholesteryl ester	70.1±1.3 ^a	85.2±1.9 ^c	79.6±2.0 ^b
Triglyceride	76.7±2.5 ^a	92.4±1.9 ^c	88.1±2.2 ^b
Phospholipid	102.6±3.1 ^a	125.7±2.9 ^c	118.4± ^b

¹⁾Atherosclerotic index; (Total chol. - HDL-chol.)/HDL-chol.

*The data are presented as mean±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at α =.05 by Duncan's multiple range test.

68.8±2.7 unit/mL)로 인하여 감소되는 것으로 나타났다. 혈청 ALT 활성 또한 동충하초 급여에 의하여 감소되는 경향을 볼 수가 있었다. Aminotransferase 활성은 각종 간장 관련 질환 등으로 간 실질세포의 장애에 의해 증가되는 것으로 알려져 있다(Yi와 Rhee, 1996).

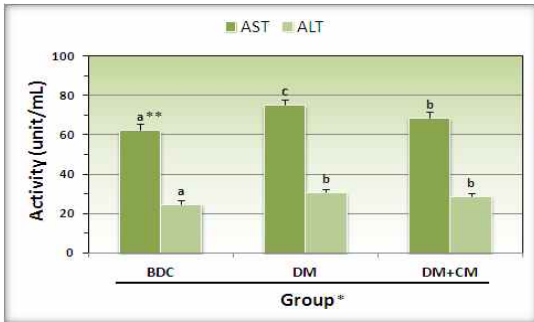


Fig. 2. Effects of *Cordyceps militaris* on aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) activities in serum of STZ-induced diabetic rats.

*See the legend of Table 1.

**The data are presented as mean±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at $\alpha = .05$ by Duncan's multiple range test.

3.4. 혈청 중 lactate dehydrogenase (LDH)의 활성

STZ에 의하여 유도된 당뇨성 실험동물에 있어서 동충하초가 LDH 활성의 변화에 대한 결과는 Fig. 3에서와 같다. 대조군인 BDC군의 792.5±13.8 unit/mL에

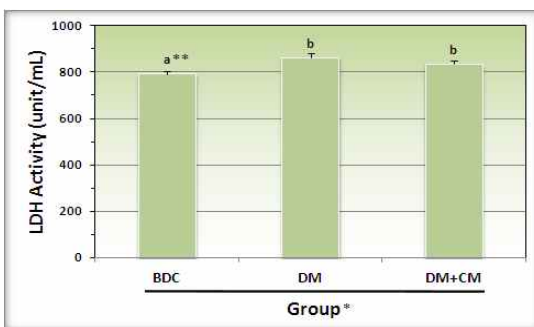


Fig. 3. Effects of *Cordyceps militaris* on lactate dehydrogenase (LDH) activity in serum of STZ-induced diabetic rats.

*See the legend of Table 1.

**The data are presented as mean±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at $\alpha = .05$ by Duncan's multiple range test.

비해 당뇨 유발 실험군에서 높게 나타났으나, DM군 (863.7±15.5 unit/mL)보다는 DM+CM군이 835.4±14.7 unit/mL로 감소하였으나 유의한 차이는 관찰되지 않았다. LDH 활성은 당뇨 합병증 등에 의한 지질 대사 장애로 간장에 지방의 축적으로 인하여 증가되는 것으로 사료된다(Kim, 1980).

3.5. 혈청 중 alkaline phosphatase (ALP)의 활성

혈청 ALP 활성의 변화는 Fig. 4와 같다. 기본식을 섭취시킨 대조군인 BDC군(21.5±1.5 unit/mL)에 비해 여타 실험군에서 유의적으로 높게 나타났으나, STZ으로 유도된 당뇨성 실험 모델에 있어서 DM군 (27.8±1.7 unit/mL)에 비해서 동충하초 추출물을 급여시킨 DM+CM군에서 25.3±1.2 unit/mL로 감소되는 경향을 보였다. ALP 활성은 당뇨와 그 합병증 등에 의한 간조직이나 담관의 폐쇄에 의해서 증가된다고 한다(Kim, 1980).

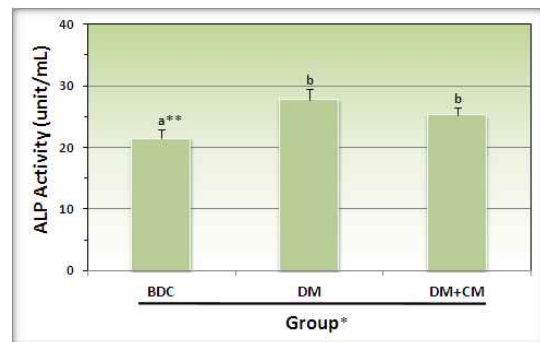


Fig. 4. Effects of *Cordyceps militaris* on alkaline phosphatase (ALP) activity in serum of STZ-induced diabetic rats.

*See the legend of Table 1.

**The data are presented as mean±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at $\alpha = .05$ by Duncan's multiple range test.

4. 결론

동충하초 추출물이 streptozotocin (STZ, Sigma, USA, 50 mg/kg BW, IP injection)으로 유도된 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐의 당뇨성 질환 모델에 있어서 혈당 및 혈청 지질개선 효과와 간기능 효소의 활성변화를 관찰하기 위하여 본 실험을 행하였다. 기본식을

섭취시킨 대조군인 BDC군과 당뇨 실험동물 모델군인 DM군, 당뇨 유발군에 동충하초 추출물을 급여한 DM+CM군을 5주간 실험 사육한 결과는 다음과 같다.

혈청 중의 glucose 농도는 당뇨성 질환 모델군(DM군)에 동충하초 추출물을 섭취시킴으로써 유의적으로 감소되었다. 지질성분(총 콜레스테롤, β -lipoprotein, 유리 콜레스테롤, 콜레스테롤 에스테르, TG, PL)의 농도와 동맥경화의 지수는 저하되는 것으로 나타났으며, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 농도비는 높게 나타났다. 한편, 간기능 효소(aminotransferase, LDH, ALP)의 활성은 동충하초를 급여함으로써 낮아지는 것으로 관찰되었다. 이에, 본 실험에서 동충하초 추출물이 당질대사 이상 등에서 오는 혈당 조절 기능과 혈청 지질성분 및 간기능 개선 등에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Goldberg, R. R., 1981, Lipid disorders in diabetes. *Diabetes Care*, 4, 561-572.
- Hong, I. P., Choi, Y. S., Woo, S. O., Han, S. M., Kim, H. K., Lee, M. R., Nam, S. H., Ha, N. G., 2011, Stimulatory effect of *Cordyceps militaris* on testosterone production in male mouse, *Kor. J. Mycology*, 39, 148-150.
- Hsu, C. C., Huang, Y. L., Tsai, S. C., Sheu, C. C., Huang, B. M., 2003, *In vivo* and *in vitro* stimulatory effects of *Cordyceps militaris* on testosterone production in mouse Leydig cells, *Life Sci.*, 73, 2127-2136.
- Huang, B. M., Hsu, C. C., Tsai, S. J., Sheu, C. C., Leu, S. F., 2001, Effects of *Cordyceps sinensis* on the testosterone production in normal mouse Leydig cells, *Life Sci.*, 19, 2593-2602.
- Huang, Y. L., Leu, S. F., Liu, B. C., Sheu, C. C., Huang, B. M., 2004, *In vivo* stimulatory effects of *Cordyceps militaris* mycelium and its fractions on reproductive functions in male mouse. *Life Sci.*, 75, 1051-1062.
- Jo, W. S., Nam, B. H., Oh, S. J., Choi, Y. J., Kang, E. Y., Hong, S. H., Lee, S. H., Jeong, M. H., 2008, Hepatic protective effect and single-dose toxicity study of water extract of *Cordyceps militaris* grown upon *Protaetia dreujtarsis*, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 40, 1-5.
- Kim, H. S., Kim, M. A., Jang, S. H., Kang, J. S., Lee, W. K., Ryu, J. Y., 2012, Studies of the *Cordyceps militaris* extract administration on the metabolic enzyme activities in hypercholesterolemia, *J. Environ. Sci.*, 21, 1213-1219.
- Kim, H. S., Kim, M. A., Jang, S. H., Lee, W. K., Ryu, J. Y., Lee, C. S., 2012, Anti-hyperlipidemic effects of *Cordyceps militaris* hot-water extract, *J. Environ. Sci.*, 21, 875-881.
- Kim, K. H., 1980, The Clinical application of the results of the test, Komoonsa, Seoul, Korea, 164-209.
- Kim, M. N., Oh, S. W., Lee, D. S., Ham, S. S., 2001, Antioxidative and antimutagenic effect of the ethanol extract from *Cordyceps militaris*, *Kor. J. Postharv. Sci. Technol.*, 8, 109-117.
- Kim, O. K., 2011, Antidiabetic metabolism effect on the water extract of *Cordyceps militaris* in streptozotocin-induced diabetic rats, *J. Kor. Oil Chemists' Soc.*, 28, 267-272.
- Koo, B. S., Lee, M. S., 2004, Effects of *Cordyceps militaris* extract powder on plasma lipids and glucose in rats, *Kor. J. Food Culture*, 19, 217-222.
- Lee, H. M., Lee, Y. J., Park, T. S., 2004, Tumor growth inhibitory and immunomodulatory activities of *Cordyceps militaris* water extracts in ICR mice bearing sarcoma-180 solid tumor, *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 33, 59-65.
- Reaben, K. M., 1987, Abnormal lipoprotein metabolism in noninsulin-dependent Diabetes mellitus, *Am. J. Med.*, 83, 31-40.
- Reitman, S., Frankel, S., 1957, A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminase, *Am. J. Clin. Pathol.*, 28, 56.
- Smith, E. B., 1974, The relationship between plasma and tissue lipid in human atherosclerosis, *Adv. Lipid Res.*, 11, 1-7.
- Tol, A. V., 1977, Hypertriglyceride in the diabetic rat effective removal of serum very low density lipoproteins, *Atherosclerosis*, 26-117-128.
- Yi, K. N., Rhee, C. S., 1996, Clinical pathology file, Euihakmunwhasa, Seoul, Korea, 101-283.
- Ying, J., Mao, X., Ma, Q., Zang, Y., Wen, H., 1987, Icons of medical fungi from china, science press, Beijing, China, 60-85.