

고지혈증 유발 흰쥐에서 녹두가 혈청 BUN 및 효소활성에 미치는 효과

김한수¹ · 강동수^{2†}

¹부산대학교 식품공학과, 교수

^{2†}전남대학교 해양바이오식품학과, 교수

(2022년 11월 16일 접수: 2022년 12월 19일 수정: 2022년 12월 22일 채택)

Effects of Mung Bean on Serum BUN and Enzyme Activities in Hyperlipidemic Rats Induced by High Cholesterol Diet

Han-Soo Kim¹ · Dong-Soo Kang^{2†}

¹Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

²Department of Marine Bio Food Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

(Received November 16, 2022; Revised December 19, 2022; Accepted December 22, 2022)

요 약 : 본 연구의 목적은 5% 녹두(*Phaseolus aureus* L.)의 급여가 고지혈증 유발 Sprague-Dawley (SD)계 흰쥐의 혈청 blood urea nitrogen(BUN), creatinine 및 요산(uric acid)의 농도와 aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase(ALT), alkaline phosphatase(ALP), lactate dehydrogenase(LDH), amylase, lipase 및 catalase 활성에 미치는 영향을 규명하고자 시행하였다. 연구 결과 녹두는 고지혈증으로 유발된 흰쥐의 혈청 BUN, creatinine, 요산 농도 및 AST, ALT, ALP, LDH, amylase, lipase의 활성 감소와 catalase 활성을 증가시키는 것으로 나타났다. 따라서 녹두는 신장과 간 등의 기능 개선과 예방에 효과적인 것으로 판단되어 기능성 소재로서의 이용 가능성이 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 녹두, 효소활성, 혈액요소질소, 크레아티닌, 요산

Abstract : The purpose this study was to investigate the influences of 5% mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on BUN and enzyme activities in serum of hyperlipidemic rats. Sprague-Dawley(SD) rats (24 male) were divided into four groups, namely the BD group(normal-nonhyperlipidemic diet), BM group(normal-nonhyperlipidemic diet+5% mung bean), BH group(control-hyperlipidemic diet), and BHM group(hyperlipidemic diet+5% mung bean). Serum concentrations of blood urea nitrogen (BUN) and uric acid were significantly decreased ($p<0.05$) by mung bean supplementation diet. The activities of AST, ALT, ALP, LDH, amylase and lipase in sera of mung bean diet group were

[†]Corresponding author

(E-mail: dskang@jnu.ac.kr)

significantly decreased ($p < 0.05$). The catalase activity in serum of mung bean supplementation group was significantly increased than hyperlipidemic diet ($p < 0.05$). *In vivo* experiment with hyperlipidemic rats showed that ingestion of mung bean were effective in kidney and hepatic functional enzyme activities. Which suggests that mung bean material could be used for further studies as a potential source for nutraceutical foods.

Keywords : *Mung bean (Phaseolus aureus L.), Enzyme activities, Blood urea nitrogen, Creatinine, Uric acid*

1. 서론

고지혈증(Hyperlipidemia)은 콜레스테롤, 중성지방, 인지질 및 지방산 등 주요 지질의 혈중 함량이 과도하게 증가된 상태이다[1]. 암에 이어 우리나라 3대 사망 원인에 속하는 뇌혈관 및 심장 질환은 동맥경화증으로 인한 혈류 감소로 발생하므로 이러한 질환을 예방하거나 치료하기 위해서는 고지혈증의 개선이 먼저 이루어져야 한다[2]. 그리고 급성 뇌졸중 및 고지혈증, 동맥경화와 뇌경색, 고혈압성 심장병의 발병률은 혈액요소질소(Blood urea nitrogen, BUN) 및 creatinine 농도의 증가와 관련 있다고 알려져 있다[3-5]. 또한, 요산(uric acid) 농도의 증가는 고요산혈증(Hyperuricemia)의 원인으로 고지혈증, 고혈압, 당뇨, 비만 등의 합병증을 유발하고, 허혈성 심장 질환과 뇌혈관 장애 등의 발병률을 높이는 것으로 알려져 있다[6].

녹두(*Phaseolus aureus L.*)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 1년생 작물로서 다른 두류에 비하여 무기질, 비타민, 아미노산, 플라보노이드 및 페놀성 화합물 등의 성분이 다량 함유되어 있다고 보고되어 있으며[7], 우리나라에서는 위도에 따라 성분의 함량 차이가 큰 것으로 알려져 있다[8]. 녹두에 관한 연구로는 항산화 및 혈전용해 효과, 항염증 및 항비만 효과, 녹두 껍질의 항산화 효과 등의 연구가 보고되어 있지만 대두와 같은 다른 두류에 비하면 부족한 실정이다[9-13].

따라서, 본 연구에서는 5% 녹두의 급여가 고지혈증 유발 흰쥐의 혈액요소질소(BUN), creatinine 및 요산의 농도와 효소활성에 미치는 영향을 분석하여 기능성 소재로서의 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 시료

본 실험에 사용한 녹두(*Phaseolus aureus L.*)는 부산광역시 수영구 소재 재래시장에서 구매하였으며, 진공동결건조(EYELA, FDU-2000, Rikakikai Co., Tokyo, Japan) 후, 분말화(HMF-3250S, Han-I1 Co., Seoul, Korea)한 다음 -80°C 의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

2.2. 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 평균 체중이 200 ± 10 g인 7주령의 Sprague-Dawley(SD)계 수컷 흰쥐를 (주)대한바이오링크(Eumseong, Korea)에서 구매하여, 기초 식이로 1주일간 예비 사육한 후, 난괴법(randomized complete block design)에 따라 나누었다. 사육용 케이지에 각 실험군 당 6마리씩 4군으로 나누어 5주간 실험 사육하였다. 실험사육실 온도는 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도는 $50 \pm 10\%$ 로 유지했으며, 명암은 12시간(07:00 ~ 19:00) 주기로 자동조절 되었다[14]. 예비사육 및 실험사육 등 동물실험은 부산대학교 동물실험윤리위원회의 승인(PNU-2017-1422)과 관리 감독하에 실시되었다. 실험식은 기본 식이를 섭취시킨 대조군(control)인 정상군(basal diet)은 BD군, BD군에 5% (w/w) 녹두가 첨가된 식이 급여군(BM), 고콜레스테롤 식이로 고지혈증 유발 실험군인 고지혈증 모델 대조군(basal-hyperlipidemic, BH)과 고지혈증 모델 실험군(hyperlipidemic)에 5% (w/w) 녹두가 첨가된 식이를 급여시킨 실험군(BHM)으로 나누었으며, 식이 조성 및 실험군은 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental groups and compositions of experimental diets

(Unit: %)

Ingredient	Group ¹⁾			
	BD	BM	BH	BHM
Casein	22.0	20.7	22.0	20.7
Corn starch	48.0	44.3	48.0	44.3
Sucrose	15.0	15.0	15.0	15.0
Cellulose	5.0	5.0	4.0	4.0
Mineral mix ²⁾	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mix ³⁾	1.0	1.0	1.0	1.0
Soybean oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Cholesterol	-	-	0.75	0.75
Sodium cholate	-	-	0.25	0.25
L-Cystine	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2
Mung bean (<i>Phaseolus aureus</i> L.)	-	5.0	-	5.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

¹⁾BD : basal diet (control group).BM : basal diet+5% mung bean (*Phaseolus aureus* L.).

BH : basal-hyperlipidemic diet.

BHM : basal-hyperlipidemic diet+5% mung bean (*Phaseolus aureus* L.).²⁾AIN-93G-MX mineral mix (MP Biomedicals, California, USA).³⁾AIN-93-VX vitamin mix (MP Biomedicals, California, USA).

2.3. 혈청의 분리 및 생화학적 분석

채혈은 실험종료 후 7시간 동안 절식시킨 다음 CO₂ gas로 마취한 후 심장에서 채혈하였다. 혈액은 4°C에서 약 1시간 두었다가 3,000 rpm에서 20분간 원심 분리한 혈청을 혈액 분석에 사용하였다[14].

혈액요소질소(Blood urea nitrogen, BUN), creatinine 및 요산(Uric acid) 농도와 aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase(ALP) 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성은 Eiken사의 kit시약 (Tokyo, Japan)을 사용하여 분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 분석하였다. Amylase 활성은 Roche사의 kit시약(Indianapolis, USA)을 사용하여 분석기(Hitachi Modular, Tokyo, Japan)로 측정하였다. Lipase 활성은 Roche사의 kit시약(Indianapolis, USA)으로 분석기(Integra 800, Roche, Basel, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. Catalase 활성은 Cayman Chemical사의 시약 (Ann Arbor, MI, USA)을 사용하여 ELISA

reader(Model 550 Microplate Reader, BIO-RAD, USA)로 540 nm에서 측정된 후 mL 당 nmol로 나타내었다.

2.4. 통계 처리

본 연구의 실험 결과는 평균±표준편차($n=6$)로 나타내었고, 실험 군 간의 유의성검정은 one-way ANOVA로 분석한 후 $p<0.05$ 의 수준에서 Duncan's multiple range test로 하였다. 통계 처리 프로그램은 IBM SPSS statistic ver. 22를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 혈액요소질소(BUN), creatinine 및 요산 농도

고지혈증 흰쥐의 혈액요소질소(blood urea nitrogen, BUN), creatine 및 요산의 농도는 Table 2와 같다. BUN의 농도는 고지혈증 유발

Table 2. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum BUN, creatinine and uric acid concentration in hyperlipidemic rats

(Unit: mg/dL)				
Group ¹⁾	BD	BM	BH	BHM
BUN ²⁾	16.1±1.4 ^{a3)}	14.5±1.3 ^a	23.1±1.5 ^c	19.8±1.6 ^b
Creatinine	0.74±0.02 ^a	0.73±0.04 ^a	0.83±0.01 ^b	0.79±0.02 ^b
Uric acid	1.73±0.04 ^a	1.67±0.03 ^a	2.40±0.11 ^c	2.12±0.10 ^b

¹⁾See Table 1.

²⁾BUN : blood urea nitrogen.

³⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 19.8±1.6 mg/dL로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 23.1±1.5 mg/dL보다 유의한 감소세를 보였다($p<0.05$). 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 14.5±1.3 mg/dL로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 16.1±1.4 mg/dL와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 따라서 5% (w/w) 녹두의 급여는 고지혈증 유발 흰쥐의 혈청 BUN 농도의 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 오 등[15]이 5% 울금 급여가 이상지질혈증 흰쥐의 혈청 BUN 농도 감소에 효과적이라고 한 보고와 일치하였다.

혈청 creatinine의 농도는 고지혈증 유발 실험군(BH)은 0.83±0.01 mg/dL, 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)은 0.79±0.02 mg/dL로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 또한 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD)이 0.74±0.02 mg/dL, 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 0.73±0.04 mg/dL로 차이를 보이지 않아 녹두의 급여로 인한 혈청 creatinine 농도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 오 등[15]이 울금을 급여한 흰쥐의 혈청 creatinine 농도가 감소하여 신장 기능 개선에 효과적이라는 보고와 차이를 보였다. 이러한 차이를 보인 이유로는 울금에 함유된 curcumin, bis-demethoxycurcumin, demethoxycurcumin과 같은 curcuminoid가 간장, 신장, 심장 등의 산화적 손상으로부터 보호한다는 보고[16]로 설명되어 진다.

혈청 요산 농도는 고지혈증 유발 실험군에 녹

두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 2.40±0.11 mg/dL로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 2.12±0.10 mg/dL보다 유의한 감소세를 보였다($p<0.05$). 한편 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 1.67±0.03 mg/dL로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 1.73±0.04 mg/dL와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 따라서 5% (w/w) 녹두의 급여는 고지혈증 흰쥐의 지질대사 장애로 인한 신장질환에 효과적일 것으로 판단된다. 이러한 결과는 이상지질혈증 유발군에 5% 울금 급여가 요산 농도를 감소시켜 지질대사 장애에 의한 신장질환에 효과가 있을 것이라는 보고[15]와 유사하였다. 또한 Saxena 등[17]은 신독성 흰쥐에 *Curcuma aromatica* 잎 추출물의 급여가 요산 농도를 감소시켜 신장 기능 개선에 효과적이라고 보고하였다.

3.2. 혈청 효소활성

혈청 AST 및 ALT 활성은 Fig. 1과 같다. AST 활성은 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 99.5±3.9 U/L로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 91.3±3.3 U/L보다 유의한 감소세를 보였다($p<0.05$). 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 70.7±4.1 U/L로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 75.8±3.7 U/L와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 또한 ALT 활성도 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 54.5±2.4 U/L로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 48.8±2.7 U/L보다 유의한 감소를 했다($p<0.05$). 대조군에 녹두를 5%

(w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 38.2 ± 2.0 U/L로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 41.3 ± 1.9 U/L와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없어 AST 활성과 일치하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 오 등[15]이 이상지질혈증 유발 흰쥐에서 AST 및 ALT 활성이 증가하였으며, 5% 울금의 급여로 감소한다는 보고와 일치하였다. AST 및 ALT 활성은 지방간 등에서 증가하며, 간 손상 지표로 널리 사용되고 있다[18].

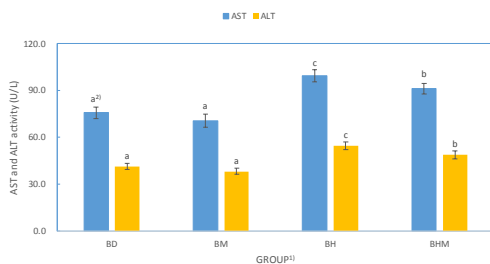


Fig. 1. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum aspartate and alanine aminotransferase (AST and ALT) activities in hyperlipidemic rats.

¹)See Table 1.

²)The data are presented as means \pm standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range tests.

혈청 ALP 활성은 Fig. 2와 같다. 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 352.5 ± 16.9 U/L로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 390.6 ± 19.0 U/L보다 유의한 감소세를 보였다($p < 0.05$). 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 269.5 ± 13.8 U/L로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 271.4 ± 15.5 U/L와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 이러한 결과는 오 등[15]이 이상지질혈증 유발 흰쥐에서 혈청 ALP 활성의 증가세를 보이지만, 5% 울금의 급여로 ALP 활성은 유의하게 감소한다고 한 보고와 유사하였다. 혈청 ALP 활성은 동맥경화 및 심장질환에서 증가하며 신장 장애의 생화학적 지표로 알려져 있다[19, 20].

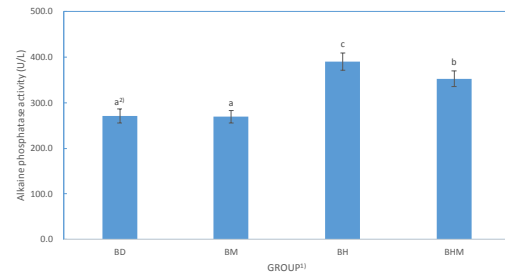


Fig. 2. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum alkaline phosphatase (ALP) activities in hyperlipidemic rats.

¹)See Table 1.

²)The data are presented as means \pm standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range tests.

혈청 LDH 활성은 Fig. 3과 같다. 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 1681.9 ± 96.7 U/L로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 1881.1 ± 101.1 U/L보다 유의한 감소세를 보였다($p < 0.05$). 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 1088.0 ± 95.6 U/L로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 1181.0 ± 99.8 U/L와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 이러한 결과는 오 등[15]이 이상지질혈증 유발 실험군에서 LDH 활성이 증가하며, 5% 울금의 급여로 유의적인 감소를 나타내었다는 보고와 유사하였다. LDH 활성은 간 기능 장애 및 심부전 등에서 상승하는 것으로 알려져 있다[21].

혈청 amylase 및 lipase 활성은 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. 혈청 amylase 활성은 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 148.3 ± 7.5 U/L로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 165.7 ± 7.9 U/L보다 유의한 감소세를 보였다($p < 0.05$). 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 123.5 ± 7.6 U/L로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 126.7 ± 8.8 U/L와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 혈청 lipase 활성도 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 8.9 ± 0.3 U/L로 고지혈증 모델 대조군(BH)의

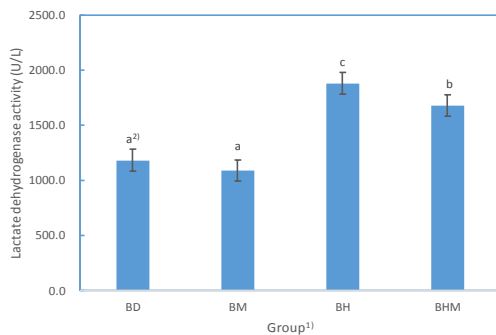


Fig. 3. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum lactate dehydrogenase (LDH) activities in hyperlipidemic rats.

¹⁾See Table 1.

²⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

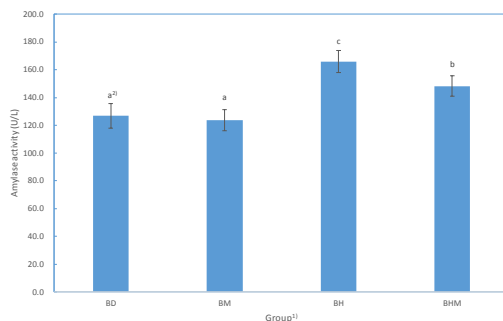


Fig. 4. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum amylase activities in hyperlipidemic rats.

¹⁾See Table 1.

²⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

9.5 ± 0.2 U/L보다 유의한 감소세를 보였다 ($p<0.05$). 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 6.6 ± 0.3 U/L로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 6.9 ± 0.2 U/L와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 이러

한 결과는 오 등[15]이 이상지질혈증 유발 흰쥐에서 5% 울금 급여로 amylase와 lipase 활성 모두 유의적으로 감소한다는 보고와 유사하였다. Amylase 활성은 췌장염일 때 증가하지만[22], 일부 환자에게는 변화가 없다는 보고도 있다[23]. 또한 lipase 활성은 급성 췌장염, 당뇨병, 위궤양 질환 및 신부전증에서 증가하는 것으로 알려져 있다[24].

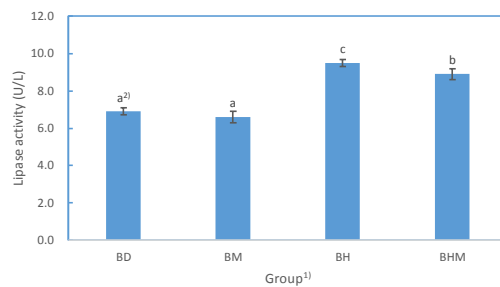


Fig. 5. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum lipase activities in hyperlipidemic rats.

¹⁾See Table 1.

²⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

혈청 catalase 활성은 Fig. 6과 같다. 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 6.15 ± 0.11 nmol/mL로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 5.85 ± 0.15 nmol/mL보다 유의한 증가세를 보였다($p<0.05$). 대조군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BM)은 6.80 ± 0.13 nmol/mL로 기본 식이를 섭취시킨 대조군(BD) 6.74 ± 0.14 nmol/mL와 비교하여 낮은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 이러한 결과는 오 등[15]이 이상지질혈증 유발 흰쥐에서 catalase 활성이 낮은 값을 보이지만 5% 울금을 급여함으로써 유의한 증가를 나타내었다는 보고와 유사하였다. Catalase 활성은 과산화수소를 분해하는 항산화 효소로 산화에 따른 스트레스를 개선하고 [25], 급성 및 만성 췌장염과 관련 있다고 보고되어 있다[26].

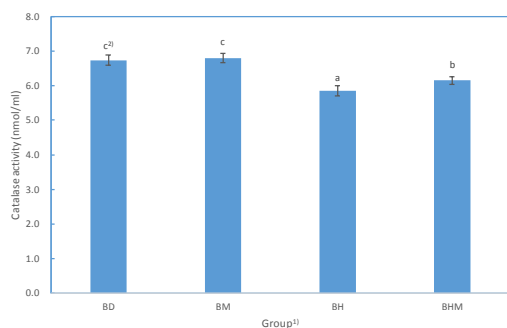


Fig. 6. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum catalase activities in hyperlipidemic rats.

¹⁾See Table 1.

²⁾The data are presented as means \pm standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range tests.

4. 결론

5% 녹두(*Phaseolus aureus* L.)의 급여가 고지혈증 유발 흰쥐의 혈청 blood urea nitrogen (BUN), creatinine 및 요산(uric acid)의 농도와 효소활성에 미치는 영향을 규명하고자 시행하였다. 기본 식이를 급여한 대조군(BD), 대조군에 5% (w/w) 녹두 급여군(BM), 고지질혈증 유발 모델 대조군(BH)과 BH군에 5% (w/w) 녹두를 급여한 실험군(BHM)으로 나누어 5주간 실험 사육한 결과, 혈청 BUN 농도는 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 고지혈증 모델 대조군(BH)보다 유의한 감소세를 보였다($p < 0.05$). Creatinine 및 요산 농도도 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 고지혈증 모델 대조군(BH)보다 유의한 감소세를 보였다($p < 0.05$). 고지혈증 유발 흰쥐의 AST, ALT, ALP 및 LDH 활성은 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 고지혈증 모델 대조군(BH)보다 유의한 감소세를 보였다($p < 0.05$). 혈청 amylase와 lipase 활성은 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 고지혈증 모델 대조군(BH)보다 유의한 감소세를 보였다($p < 0.05$). Catalase 활성은 고지혈증 유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로

급여시킨 실험군(BHM)이 고지혈증 모델 대조군(BH)보다 유의한 증가세를 보였다($p < 0.05$). 이상의 결과를 보면, 녹두는 고지혈증으로 유발된 흰쥐의 혈청 BUN, creatinine, 요산 농도 및 AST, ALT, ALP, LDH, amylase, lipase의 활성 감소와 catalase 활성을 증가시키는 것으로 나타났다. 따라서 녹두는 신장과 간 등의 기능 개선과 예방에 효과적일 것으로 판단되어 기능성 소재로서의 이용 가능성이 있을 것으로 기대된다.

References

1. G. W. Go, R. Srivastava, A. Hernandez-Ono, G. Gang, S. B. Smith, C. J. Booth, H. N. Ginberg, A. Mani, "The combined hyperlipidemia caused by impaired Wnt-LRP6 signaling is reversed by Wnt3a rescue", *Cell Metabolism*, Vol.4, pp. 209-220, (2014).
2. J. B. Kim and T. Y. Kim, "Effects of fermented rhus verniciflua stokes extract on diet-induced hyperlipidemia in rats", *J. Physiol & Pathol. Korean Med.*, Vol.30, No.3 pp. 142-149, (2016).
3. W. C. Lin, H. M. Shih, L. C. Lin, "Preliminary prospective study to assess the effect of early blood urea nitrogen/creatinine ratio-based hydration therapy on poststroke infection rate and length of stay in acute ischemic stroke", *J. Stroke Cerebrovascular Diseases*, Vol.24, No.12 pp. 2720-2727, (2015).
4. J. W. Schrock, M. Glasenapp, K. Drogell, "Elevated blood urea nitrogen/creatinine ratio is associated with poor outcome in patients with ischemic stroke", *Clinical Neurol. Neurosurgery*, Vol.114, No.7 pp. 881-884, (2012).
5. T. Akimoto, C. Ito, M. Kato, M. Ogura, S. Muto, E. Kusano, "Reduced hydration status characterized by disproportionate elevation of blood urea nitrogen to serum creatinine among the patients with cerebral infarction", *Med. Hypotheses*, Vol.77, No.4 pp. 601-604, (2011).

6. A. H. Wu, J. D. Gladden, M. Ahmed, A. Ahmed, G. Filippatos, "Relation of serum uric acid to cardiovascular disease", *Int. J. Cardiol.*, Vol.213, pp. 4-7, (2016).
7. F. Lai, Q. Wen, L. Li, H. Wu, X. Li, "Antioxidant activities of water-soluble polysaccharide extracted from mung bean (*Vigna radiata* L.) hull with ultrasonic assisted treatment", *Carbohydr. Polym.*, Vol.81, No.2 pp. 323-329, (2010).
8. D. K. Kim, S. U. Chon, K. D. Lee, K. H. Kim, Y. S. Rim, "Effect of seeding times on yield and flavonoid contents of mungbean", *Korean J. Crop Sci.*, Vol.53, No.3 pp. 273-278, (2008).
9. H. S. Oh, J. H. Kim, M. H. Lee, "Isoflavone content, antioxidative, and fibrinolytic activities of red bean and mung bean", *Korean J. Food Cook Sci.*, Vol.19, No.3 pp. 263-271, (2003).
10. J. Y. Imm, S. J. Kim, "Anti-cancer and anti-inflammatory effects of mung bean and soybean extracts", *Korean J. Food Sci. Technol.*, Vol.42, No.6 pp. 755-761, (2010).
11. H. R. Wi, M. J. Choi, S. L. Choi, A. J. Kim, M. S. Lee, "Effects of vitexin from mung bean on 3T3-L1 adipocyte differentiation and regulation according to adipocytokine secretion", *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, Vol.41, No.8 pp. 1079-1085, (2012).
12. D. K. Kim, S. U. Chon, K. D. Lee, J. B. Kim, Y. S. Rim, "Variation of flavonoids contents in plant parts of mung bean", *Korean J. Crop Sci.*, Vol.53, No.3 pp. 279-284, (2008).
13. D. K. Kim, D. M. Son, J. K. Choi, S. U. Chon, K. D. Leem, Y. S. Rim, "Growth property and seed quality of mung bean cultivars appropriate for labor saving cultivation", *Korean J. Crop Sci.*, Vol.55, No.3 pp. 239-244, (2010).
14. D. H. Jin, D. Y. Oh, D. S. Kang, H. S. Chung, D. S. Kim, Y. G. Lee, J. H. Seong, H. S. Kim, "Effects of krill (*Euphausia superba*) on free fatty acid and electrolyte concentrations in rats", *J. Korea Oil Chem. Soc.*, Vol.35, No.1 pp. 186-193, (2018).
15. D. Y. Oh, D. S. Kang, Y. G. Lee, H. S. Kim, "Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) supplementation on blood urea nitrogen and enzyme activities in dyslipidemic rats". *J. Environmental Sci.*, Vol.28, No.5 pp. 475-483, (2019).
16. G. H. Lee, H. Y. Lee, M. K. Choi, H. W. Chung, S. W. Kim, H. J. Chae, "Protective effect of *Curcuma longa* L. extract on CCl₄-induced acute hepatic stress", *BMC Res. Notes.*, Vol.10, No.1 pp. 77-85, (2017).
17. P. N. Saxena, S. Anand, N. Saxena, P. Bajaj, "Effect of arsenic trioxide on renal functions and its modulation by *Curcuma aromatica* leaf extract in albino rat", *J. Environ. Biol.*, Vol.30, No.4 pp. 527-531, (2009).
18. L. Elizondo-Montemayor, P. A. Ugalde-Casas, L. Lam-Franco, H. Bustamante-Careaga, M. Serrano-González, N. G. Gutiérrez, U. Martínez, "Association of ALT and the metabolic syndrome among Mexican children", *Obes. Res. Clin. Pract.*, Vol.8, No.1 e79-e87, (2014).
19. H. Zetterberg, "Increased serum concentrations of intestinal alkaline phosphatase in peritoneal dialysis", *Clin. Chem.*, Vol.51, No.3 pp. 675-676, (2005).
20. H. B. Lee, J. Kim, S. H. Kim, S. Kim, O. J. Kim, S. H. Oh, "Association between serum alkaline phosphatase level and cerebral small vessel disease", *PLoS one*, Vol.10, No.11 e0143355-e0143365, (2015).
21. E. C. Hu, J. G. He, Z. H. Liu, X. H. Ni, Y. G. Zheng, Q. Gu, Z. H. Zhao, C. M. Xiong, "High levels of serum lactate dehydrogenase correlate with the severity and mortality of idiopathic pulmonary arterial hypertension", *Exp. Ther. Med.*, Vol.9, No.6 pp. 2109-2113, (2015).
22. M. D. O'Donnell, O. FitzGerald, K. F. McGeeney, "Differential serum amylase determination by use of an inhibitor,

- and design of a routine procedure", *Clin. Chem.*, Vol.23, No.3 pp. 560-566, (1977).
23. A. L. Warshaw, C. A. Bellini, P. B. Lesser, "Inhibition of serum and urine amylase activity in pancreatitis with hyperlipemia", *Ann. Surg.*, Vol.182, No.1 pp. 72-75, (1975).
24. F. U. Weiss, C. Schurmann, A. Guenther, F. Ernst, A. Teumer, J. Mayerle, P. Simon, H. Volzke, D. Radke, A. Greinacher, J. P. Kuehn, M. Zenker, U. Völker, G. Homuth, M. M. Lerch, "Fucosyltransferase 2 (FUT2) non-secretor status and blood group B are associated with elevated serum lipase activity in asymptomatic subjects, and an increased risk for chronic pancreatitis: a genetic association study", *Gut*, Vol.64, No.4 pp. 646-656, (2015).
25. H. A. Al-Shobaili, A. A. A. Robaee, A. A. Alzolibani, Z. Rasheed, "Immunological studies of reactive oxygen species damaged catalase in patients with systemic lupus erythematosus: correlation with disease activity index", *Immunol. Invest.*, Vol.42, No.3 pp. 191-203, (2013).
26. M. H. Hadwan, "New method for assessment of serum catalase activity", *Indian J. Sci. Technol.*, Vol.9, No.4 pp. 1-5, (2016).