Journal of Environmental Science International
30(7); 537~545; July 2021

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2021.30.7.537

ORIGINAL ARTICLE

녹두(*Phaseolus aureus* L.) 첨가 식이가 고지혈증 흰쥐의 지질성분 개선 및 단백질 농도에 미치는 영향

김한수 · 강동수[1)*]

부산대학교 식품공학과, [1)]전남대학교 해양바이오식품학과

Mung Bean (*Phaseolus aureus* L.) Improves Lipid Composition Protein Concentration in Hyperlipidemic Rats

Han-Soo Kim, Dong-Soo Kang[1)*]

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

[1)]Department of Marine Bio Food Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

Abstract

This study aimed to investigate the improvement effect of 5% (w/w) mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on lipid composition and protein concentration in hyperlipidemic rats. Seven-week-old male (Sprague-Dawley) rats were divided into four groups (n=6, each), and fed experimental diets containing mung bean meal [basal diet+5% (w/w) mung bean (BM), basal-hyperlipidemic diet+5% (w/w) mung bean (BHM)], basal-hyperlipidemic diet (BH), and control (basal diet, BD). Lipid composition in the mung bean diet groups (BM and BHM) evidenced significant reductions in serum total cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol, atherosclerotic index, cardiac risk factor, triglyceride, phospholipid, free cholesterol, cholesteryl ester, blood glucose, nonesterified fatty acid, and an elevation in high-density lipoprotein cholesterol. The serum albumin/globulin ratio was increased in mung bean diet-supplemented rats compared to that in hyperlipidemic rats ($p < 0.05$). Total calcium, phosphorus and potassium concentrations in sera were higher in the BM, BHM and BD groups than in the BH group. Concentrations of sodium and chlorine in sera were lower in the mung bean diet-supplemented groups than in the hyperlipidemic group. The *in vivo* experiments showed that ingestion of mung bean was effective in improving lipid composition, protein concentration, and blood glucose.

Key words : Mung bean (*Phaseolus aureus* L.), Lipid composition, Protein concentration, Albumin/globulin ratio, Blood glucose

1. 서 론

최근 국민생활이 향상되면서 식생활의 서구화 및 운동부족 등의 원인으로 인해 비만, 당뇨, 심혈관계 질환 등의 대사성질환이 증가하고 있다(Kim et al., 2010).

고지혈증(hyperlipidemia)은 콜레스테롤, 중성지방, 인지질 및 지방산 등의 주요 지질의 혈중 함량이 과도하게 증가된 상태이다(Go et al., 2014). 암과 함께 우리나라 3대 사인에 속하는 뇌혈관질환과 심장질환은 죽상동맥경화증으로 인한 혈류 감소로 발생되므로 이러한 질환을 예방하거나 치료하기 위해서는 고지혈증의 개선이 선행되어야 한다(Kim and Kim, 2016).

Received 29 April, 2021; **Revised** 8 June, 2021;
Accepted 16 June, 2021
***Corresponding author**: Dong-Soo Kang, Department of Marine Bio Food Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea
Phone : +82-61-659-7212
E-mail : dskang@jnu.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.

고지혈증의 치료에는 식이요법, 운동 등 생활습관을 변화시키는 것이 중요하고 simvastatin, atorvastatin과 같은 스타틴계열의 약물을 이용하여 혈중 콜레스테롤 수치를 낮출 수 있다고 알려지고 있다(Kim et al., 2013). 하지만 화합물소재 약물의 부작용이 주목되면서 식물소재의 천연 생리활성 물질에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Choung et al., 2013; Kwak and Lim, 2013; Seo et al., 2013; Lee et al., 2015).

녹두(*Phaseolus aureus* L.)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 1년생 작물로서 주로 아열대 기후에서 생육하며(Gu et al., 2006; Kim et al., 2008b), 당질 45~62%, 조단백질 20~28%, 조지방이 1~3% 함유되어 있다(Lee et al., 2019). 또한, 녹두는 다른 두류에 비하여 무기질, 비타민, 아미노산, 플라보노이드, 페놀성 화합물 등의 성분이 다량 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다(Lai et al., 2010). 녹두에 관한 연구로는 항산화 및 혈전용해 효과(Oh et al., 2003), 항염증 및 항비만 효과(Imm and Kim, 2010; Wi et al., 2012), 녹두 껍질의 항산화 효과 등의 연구가 진행되어 있다(Kim et al., 2008a; Kim et al., 2010).

따라서, 본 연구에서는 녹두 급여 시에 고지혈증을 억제하고, 지질대사 조절과 관련한 생리학적 기능에 어떠한 영향을 미치는지 검증하고자, Sprague Dawley계 흰쥐를 정상군과 고지혈증 유발 질환군으로 나누어 5% (w/w) 녹두가 첨가된 식이를 급여한 후 지질성분, 혈당, 단백질 및 전해질 농도 등에 미치는 영향을 확인하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에 사용한 녹두(*Phaseolus aureus* L.)는 콩과(Leuminosae)에 속하는 녹두종을 부산광역시 수영구소재 재래시장에서 구입하였으며, 진공동결건조(EYELA, FDU-2000, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)시킨 후, 분쇄기(HMF-3250S, Han-I1 Co., Seoul, Korea)로 마쇄한 다음 −80℃ (DF-8514, I1-Shin Bio Base Co., Yangju, Korea)에 저장하여 본 실험에 사용하였다.

2.2. 실험 동물

평균 체중이 200±10 g인 Sprague Dawley (SD)계 수컷 7주령 흰쥐를 대한 바이오링크(Eumseong, Korea)에서 구입하여, 5% (w/w) 콩기름(Ottogi, soybean oil, Anyang, Korea)을 함유한 기초식이로 1주일간 예비 사육한 후, 난괴법으로 각 실험군 당 6마리씩 4군으로 나누어 5주간 사육하였다. 사육실의 온도는 20±1℃, 상대습도는 50±10%로 일정하게 유지하였으며, 명암주기는 12시간으로 하여 사육실의 상태를 실험 기간 동안 일정하게 유지하였다(Jin et al., 2018). 동물실험은 부산대학교 동물실험윤리위원회의 심의(PNU-2017-1422)를 거쳐 실험하였다.

2.3. 식이조성 및 실험군

기본식이를 섭취시킨 대조군(control)인 정상군(basal diet)은 BD군, 정상 실험군에 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, 식이조성과 실험군은 Table 1과 같다.

2.4. 실험 동물의 처치

실험 사육 최종일에 7시간 동안 절식시킨 후, 가스마취기(SK-INC-100A, Daejong, Seoul, Korea)를 사용하여 CO_2 gas로 마취하여 채혈하였으며, 혈액을 4℃에서 약 1시간 방치한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 혈청을 채취해 실험에 사용하였다(Jin et al., 2018).

2.5. 혈청의 생화학적 지표성분 분석

혈청 중의 총 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤(HDL-콜레스테롤), 저밀도 지단백 콜레스테롤(LDL-콜레스테롤), 중성지질(TG)과 인지질(phospholipid, PL) 농도의 측정은 Eiken사(Tokyo, Japan)의 kit 시약(Cholestezyme-V, HDL-C555, β-lipoprotein C-Test, Triglyzyme-V, PLzyme)을 사용하여 생화학분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 측정된 총 콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 농도로 부터 심혈관 위험 지수(Cardiac Risk Factor, CRF)를 산출하였으며. 동맥경화지수(Atherogenic Index: AI)는 Haglund et al.(1991)의 방법에 따라 AI = (totalcholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol의 식을 이용해 구하였다. 유리 콜레스테롤(free cholesterol)은 kit 시약((Free-cholestezyme-V555, Eiken, Tokyo, Japan)을

Table 1. Experimental groups and compositions of experimental diets (%)

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 (*Phaseolus aureus* 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).

사용하여 생화학분석기(Modular Analytics P, Mannheim, Germany)로 분석하였으며, 콜레스테롤 에스테르(cholesterol ester)는 총 콜레스테롤에서 유리 콜레스테롤을 뺀 평균값으로 계산하였다. 콜레스테롤 에스테르와 총 콜레스테롤 값으로 콜레스테롤 에스테르 비를 산출하였고, 혈당(blood glucose)과 유리지방산(Non Esterified Fatty Acid, NEFA)은 Eiken사의 kit 시약(SICDIA NEFAZYME, Tokyo, Japan)을 이용하여 자동분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

2.6. 단백질(총단백질, 알부민, 글로불린) 농도의 정량

총 단백질, 알부민과 글로불린의 농도는 효소법으로 조제된 Eiken사의 측정용 시약(Tokyo, Japan)을 이용하여 자동분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 측정하였고, 측정된 알부민과 글로불린 농도로 부터 알부민/글로불린의 비(A/G 비)를 계산하였다.

2.7. 전해질 농도의 정량

혈청 중의 총 칼슘(T-Ca) 및 인(Pi)은 효소법으로 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)을 이용하여 자동분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 측정하였고, 나트륨(Na), 칼륨(K) 및 염소(Cl)는 ion selective electrode 방법으로 electrolyte analyzer (Easylyte-Plus, USA)를 이용하여 분석하였다.

2.8. 통계 처리

실험을 통하여 얻어진 모든 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, 결과 값 간의 유의성검정은 one-way analysis of variance로 분석한 후 α=0.05의 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 간의 유의적인 차이를 분석하였다. 통계처리 프로그램은 IBM SPSS statistic ver. 22를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 지질성분 농도와 동맥경화지수(AI) 및 심혈관 위험지수(CRF)

고지혈증 유발 흰쥐에서 녹두가 혈청 내 지질성분 농도와 동맥경화지수(AI) 및 심혈관 위험지수(CRF)를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 총콜레스테롤은 고지혈증

Table 2. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum biochemical parameters, AI and CRF in hyperlipidemic rats

Group[1)]	BD	BM	BH	BHM
Total cholesterol (mg/dL)	107.5±10.2[a]	100.3±9.2[a]	184.5±12.8[c]	159.7±9.9[b]
LDL-cholesterol[2)] (mg/dL)	67.0±5.8[a]	64.4±5.2[a]	136.9±10.5[c]	114.1±7.2[b]
HDL-cholesterol[3)] (mg/dL)	32.8±1.2[c]	34.1±1.4[c]	24.2±1.3[a]	26.9±1.2[b]
HDL-C/Total cholesterol (%)	30.5±1.1[c]	34.0±1.4[d]	13.1±0.7[a]	16.8±0.8[b]
AI[4)]	2.28±0.27[a]	1.94±0.23[a]	6.62±0.48[c]	4.94±0.32[b]
CRF[5)]	3.28±0.31[a]	2.94±0.27[a]	7.62±0.53[c]	5.94±0.36[b]

[1)]See Table 1.
[2)]LDL-cholesterol : low-density lipoprotein cholesterol.
[3)]HDL-cholesterol : high-density lipoprotein cholesterol.
[4)]Atherosclerotic index : (total cholesterol − HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol.
[5)]Cardiac risk factor : total cholesterol/HDL-cholesterol.
[6)]The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different (α=0.05) by Duncan's multiple range tests.

유발 실험군에 녹두를 5% (w/w)로 급여시킨 실험군(BHM)이 159.7±9.9 mg/dL로 고지혈증 모델 대조군(BH)의 184.5±12.8 mg/dL보다 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 저밀도지단백 콜레스테롤도 BHM군이 114.1±7.2 mg/dL로 BH군의 136.9±10.5 mg/dL보다 유의한 감소를 보였으며, 고밀도지단백 콜레스테롤은 BHM군이 26.9±1.2 mg/dL로 BH군 24.2±1.3 mg/dL보다 유의한 증가를 보였다(p<0.05). 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 농도 비는 정상군과 고지혈증 유발 실험군 모두 대조군에 비하여 5% (w/w) 녹두 급여군들이 유의한 증가를 보였다(p<0.05). 동맥경화지수(atherosclerotic index, AI)는 BHM군이 4.94±0.32 mg/dL, BH군이 6.62±0.48 mg/dL, 심혈관 위험지수(cardiac risk factor, CRF)는 BHM군이 5.94±0.36 mg/dL, BH군이 7.62±0.53 mg/dL로 나타나 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 본 실험에서 5% (w/w) 녹두의 급여는 고지혈증 유발 흰쥐의 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤은 감소시키고 HDL-콜레스테롤은 증가시켜 AI 및 CRF 개선에 유효한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 녹두의 급여가 당뇨 유발 흰쥐의 총 콜레스테롤은 감소시키고 HDL-콜레스테롤은 증가시켜 AI 및 CRF 개선에 유효하다고 한 보고(Bark and Kim, 2020)와 일치하였다.

3.2. 중성지질 및 인지질 농도

혈청 중의 중성지질, 인지질, 유리 콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르의 농도를 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 혈청 중성지질 농도는 BHM군에서 110.8±5.2 mg/dL로 BH군의 123.4±6.3 mg/dL에 비하여 낮게 나타났으며, 인지질의 농도도 BHM군에서 107.3±4.5 mg/dL로 BH군의 116.8±4.0 mg/dL에 비하여 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 본 실험의 결과, 5% (w/w) 녹두 급여는 고지혈증 유발 흰쥐에서 중성지질 및 인지질의 농도를 감소시키는 것을 확인하여, 녹두의 급여가 혈중 지질 성분의 조절에 효과가 있을 것으로 판단된다. 녹두의 급여는 당뇨성 흰쥐에서도 LDL-콜레스테롤, 중성지질 및 인지질의 농도를 감소시키는 것을 보고되었다(Bark and Kim, 2020).

3.3. 유리 콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르 농도

혈청 중의 유리 콜레스테롤, 콜레스테롤 에스테르의 농도와 콜레스테롤 에스테르의 비는 Table 3에 나타내었다. 유리 콜레스테롤 농도는 BHM군에서 21.3±3.0 mg/dL로 BH군의 28.1±2.8 mg/dL에 비하여 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 콜레스테롤 에스테르 농도도 BHM군에서 138.4±6.5 mg/dL로 BH군의 156.4±7.8 mg/dL에 비하여 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 콜레스테롤 에스테르의 비는 BD, BM, BH 및 BHM군에서 각각 85.3±5.7, 84.7±5.6, 84.8±4.2 및 86.7±4.0%로 나타나 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Bark and Kim(2020)은 당뇨병 유발 흰쥐에 있어서 녹두 급여가

Table 3. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum biochemical parameters and ratio of cholesterol ester in hyperlipidemic rats

Group[1)]	BD	BM	BH	BHM
Triglyceride (mg/dL)	75.8±5.2[a]	71.3±4.5[a]	123.4±6.3[c]	110.8±5.2[b]
Phospholipid (mg/dL)	87.0±5.7[a]	86.2±4.8[a]	116.8±4.0[c]	107.3±4.5[b]
Free cholesterol (mg/dL)	15.8±1.9[a]	15.3±2.0[a]	28.1±2.8[c]	21.3±3.0[b]
Cholesterol ester (mg/dL)	91.7±6.1[a]	85.0±5.6[a]	156.4±7.8[c]	138.4±6.5[b]
Cholesterol ester ratio (%)[2)`]	85.3±5.7[a]	84.7±5.6[a]	84.8±4.2[a]	86.7±4.0[a]

[1)]See Table 1.
[2)]Cholesteryl ester ratio (%) : cholesteryl ester/total cholesterol×100.
[3)]The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different (α=0.05) by Duncan's multiple range tests.

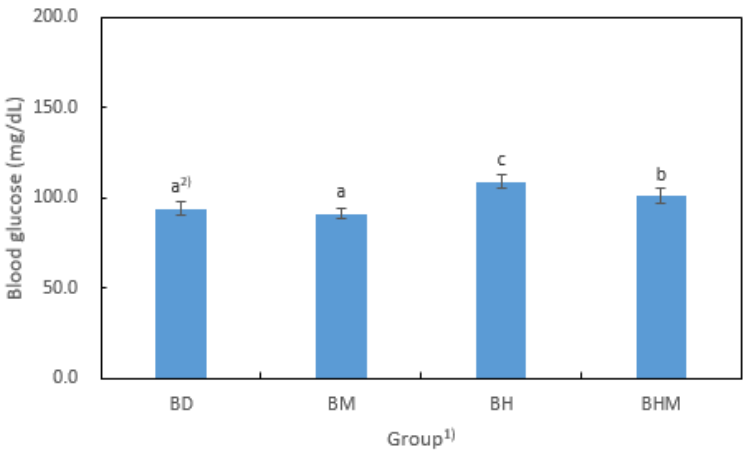

Fig. 1. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum blood glucose concentrations in hyperlipidemic rats.
[1)]See Table 1.
[2)]The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different (α=0.05) by Duncan's multiple range tests.

유리 콜레스테롤과 콜레스테롤 에스테르의 농도를 유의하게 감소시킨다고 보고하였다. 혈청 중의 유리 콜레스테롤의 증가는 심혈관 질환을 유발할 수 있으며, 고지혈증과 당뇨병 등의 합병증이 있을 때에는 콜레스테롤 에스테르의 비가 증가한다고 알려져 있다(Kim, 1980).

3.4. 혈당(blood glucose) 농도

고지혈증 유발 흰쥐의 혈당 농도는 Fig. 1과 같다. 고지혈증 유발 실험군에 5% (w/w) 녹두를 섭취시킨 실험군(BHM)에서 101.0±4.0 mg/dL로 나타났으며, 고지혈증 유발 실험군(BH) 109.0±3.8 mg/dL와 비교하여 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 기본식이를 섭취시킨 대조군인 BD군 및 기본식이에 5% (w/w) 녹두 섭취군(BM군)에서 각각 94.1±3.8 및 91.2±2.7 mg/dL로 나타나 녹두의 섭취로 인한 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 고지혈증 유발 흰쥐에서 5% (w/w) 녹두첨가 급여가 혈당을 낮추는 효과가 있는 것으로 나타났다. Bark and Kim(2020)도 당뇨병 유발 흰쥐에서 5% 녹두를 섭취시킨 경우 유의하게 혈당을 감소시킨다고 보고하였다.

3.5. 유리지방산(Non Esterified Fatty Acid, NEFA) 농도

고지혈증 유발 흰쥐의 혈청 유리 지방산(Non Esterified

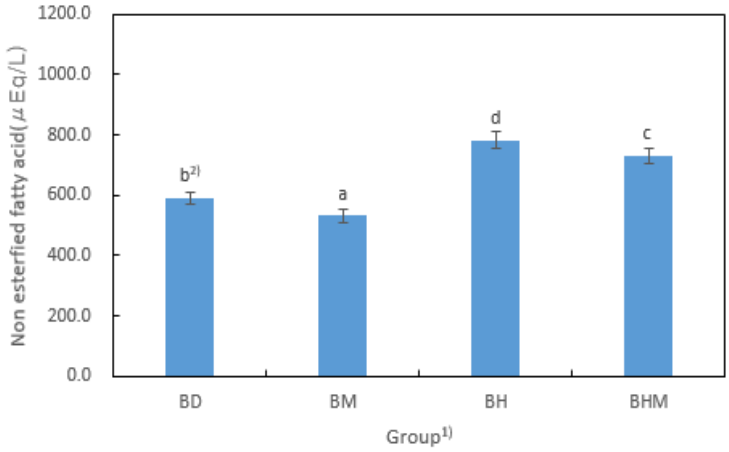

Fig. 2. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum non esterified fatty acid (NEFA) concentrations in hyperlipidemic rats.

1)See Table 1.
2)The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different (α=0.05) by Duncan's multiple range tests.

Fatty Acid, NEFA)의 농도는 Fig. 2와 같다. 유리 지방산의 농도는 정상 대조군에 5% (w/w) 녹두첨가 급여군인 BM군에서 531.8±21.8 μEq/L로 정상 대조군인 BD군 592.1±20.4 μEq/L에 비하여 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 또한 고지혈증 유발 실험군에 5% (w/w) 녹두를 섭취시킨 BHM군에서 729.8±23.8 μEq/L로 고지혈증 유발 실험군인 BH군 781.7±27.5 μEq/L에 비하여 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 유리지방산은 인슐린 기능에 중요한 역할을 하며, 유리지방산의 증가는 인슐린의 분비를 저하시킨다고 보고되어 있다(Boden, 1997). 고지혈증 유발 흰쥐에서 5% (w/w) 녹두첨가 급여는 유리지방산 농도를 감소시켜 인슐린 분비작용의 개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 당뇨병 유발 흰쥐에서도 녹두 급여는 유리지방산 농도를 감소시켜 인슐린 분비작용 개선에 도움을 줄 수 있다고 보고되었다(Bark and Kim, 2020).

3.6. 단백질(총단백질, 알부민, 글로불린) 농도와 알부민/글로불린(A/G) 비

혈청 중의 총 단백질, 알부민, 글로불린의 농도 및 알부민/글로불린의 비(albumin/globulin ratio, A/G 비)는 Table 4와 같다. 총 단백질 농도는 BD군에서 7.57±0.20 g/dL로 BM군의 7.42±0.22 g/dL와 비하여 유의한 차이를 나타내지 않았다. 반면에 BH군 및 BHM군에서 각각 8.50±0.29 및 7.90±0.30 g/dL로 나타났으며 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 알부민의 농도는 BD군에서 3.61±0.07 g/dL로 BM군에서 3.52±0.08 g/dL, BH군에서 3.81±0.06 g/dL, BHM군에서 3.72±0.05 g/dL로 나타나 정상군과 고지혈증 유발군 모두 5% (w/w) 녹두 섭취로 감소하는 것을 확인하였다. 글로불린의 농도는 BD군에서 3.95±0.08 g/dL로 BM군의 3.90±0.07 g/dL와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면에 고지혈증 유발 실험군에서는 BD군 4.68±0.07 g/dL에 비하여 BHM군에서 4.24±0.06 g/dL의 농도로 측정되어 유의하게 감소하였다(p<0.05). A/G 비는 BD군이 0.91±0.02, BM군이 0.90±0.02로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 반면에 BHM군은 0.88±0.01로 BM군의 0.81±0.02,에 비하여 유의한 차이를 보이며 증가 하였다. 혈청 중 알부민과 글로불린 농도는 간 기능 검사의 유효한 지표로 알려져 있다(Mansour et al., 2002). 본 실험의 결과, 고지혈증 유발 흰쥐에서 5% (w/w) 녹두첨가 급여가 총 단백질, 알부민, 및 글로불린 농도를 감소시키고, A/G 비는 증가시키는 것을 확인하였다. 당뇨 유발 흰쥐에서도 녹두 급여가 총 단백질, 알부민, 글로불린, A/G 비를

Table 4. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum protein concentrations and ratio of A/G in hyperlipidemic rats

Group[1)]	Total protein (g/dL)	Albumin (g/dL)	Globulin (g/dL)	A/G ratio[2)]
BD	7.57±0.20[a]	3.61±0.07[ab]	3.95±0.08[a]	0.91±0.02[b]
BM	7.42±0.22[a]	3.52±0.08[a]	3.90±0.07[a]	0.90±0.02[b]
BH	8.50±0.29[b]	3.81±0.06[c]	4.68±0.07[c]	0.81±0.02[a]
BHM	7.90±0.30[a]	3.72±0.05[bc]	4.24±0.06[b]	0.88±0.01[b]

[1)]See Table 1.
[2)]A/G ratio : albumin/globlin ratio.
[3)]The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different (α=0.05) by Duncan's multiple range tests.

Table 5. Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on serum electrolyte concentrations in hyperlipidemic rats

Group[1)]	BD	BM	BH	BHM
T-Ca (mEq/L)	13.8±1.2[b]	16.4±0.9[c]	10.7±1.2[a]	12.0±0.8[ab]
Pi (mEq/L)	13.1±0.3[c]	13.5±0.2[c]	11.2±0.5[a]	12.1±0.3[b]
Na (mEq/L)	145.1±5.5[a]	143.7±4.9[a]	165.6±6.2[b]	152.2±6.8[a]
K (mEq/L)	6.5±0.3[b]	7.3±0.4[c]	5.4±0.1[a]	5.8±0.2[a]
Cl (mEq/L)	90.8±1.9[a]	90.9±1.5[a]	105.3±2.7[c]	100.0±2.5[b]

[1)]See Table 1.
[2)]The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different (α=0.05) by Duncan's multiple range tests.

감소시킨다고 보고되었다(Bark and Kim, 2020).

3.7. 전해질 농도

고지혈증 유발 흰쥐의 혈청 전해질의 농도는 Table 5와 같다. 혈청 총 칼슘(T-Ca)의 농도는 BM군에서 16.4±0.9 mEq/L로 BD군 13.8±1.2 mEq/L에 비하여 유의한 증가를 확인하였다(p<0.05). 고지혈증 유발 실험군인 BH군 및 BHM군에서 각각 10.7±1.2 및 12.0±0.8 mEq/L로 나타나 유의한 차이를 보이지 않았다. 인(Pi) 농도는 BHM군에서 12.1±0.3 mEq/L로 BH군 11.2±0.5 mEq/L에 비하여 유의한 증가를 관찰하였다 (p<0.05). BD군 및 BM군에서는 각각 13.1±0.3 및 13.5±0.2 mEq/L로 나타나 유의한 차이를 나타내지 않았다. 나트륨(Na)의 농도는 고지혈증 유발군(BH군)의 165.6±6.2 mEq/L에 비하여 5% (w/w) 녹두를 급여한 BHM군(152.2±6.8 mEq/L)이 유의한 농도로 감소하였다(p<0.05). BD군 및 BM군에서의 나트륨(Na)의 농도는 145.1±5.5 및 143.7±4.9 mEq/L로 나타나 군 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 칼륨(K)의 농도는 BM군에서 7.3±0.4 mEq/L로 BD군의 6.5±0.3 mEq/L에 비하여 유의한 증가를 확인하였다(p<0.05). BH군 및 BHM군에서 각각 5.4±0.1 및 5.8±0.2 mEq/L로 유의한 차이를 보이지 않았다. 염소(Cl)의 농도는 BHM군에서 100.0±2.5 mEq/L로 BH군의 105.3±2.7 mEq/L에 비하여 유의한 감소를 관찰하였다(p<0.05). BD군 및 BM군에서의 염소(Cl)의 농도는 각각 90.8±1.9 및 90.9±1.5 mEq/L로 나타나 유의한 차이를 나타내지 않았다. 호르몬의 분비와 신장기능의 장애 발생 시에 전해질 농도의 이상이 일어날 수 있으며, 나트륨(Na)의 농도 증가는 심각한 전해질의 불균형 등을 초래할 수 있다고 보고되어 있다(Kim, 1977; Kwon et al., 2003; Kim et al., 2008). 본 실험에서 고지혈증 유발 흰쥐에서 5% (w/w) 녹두 급여로 총 칼슘, 인, 칼륨의 농도는 증가하고, 나트륨 및 염소의 농도가 감소하여 전해질 농도가 조절되는 것을 확인할 수가 있었다. 이러한 결과는 당뇨 유발 흰쥐에서 녹두 급여를 통하여 총 칼슘, 인, 칼륨 농도가 증가하고, 나트륨, 염소 농도가 감소한다는 보고(Bark and Kim,

2020)와 일치하였다.

4. 결 론

고지혈증 유발 흰쥐에 있어서 5% (w/w) 녹두첨가 급여가 혈청 중 지질성분 및 단백질 농도에 미치는 영향을 조사하기 위해 기본식이를 섭취시킨 정상군(basal diet)인 BD군, 고지혈증 유발 실험군인 고지혈증 모델 대조군(basal-hyperlipidemic, BH)과 정상 실험군에 5% (w/w) 녹두가 첨가된 식이 급여군(BM), 고지혈증 모델 실험군(hyperlipidemic)에 5% (w/w) 녹두가 첨가된 식이를 급여시킨 실험군(BHM)으로 나누어 관찰하였다. 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 혈청 중성지질, 인지질, 유리 콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르 농도와 동맥경화지수 및 심혈관 위험지수는 BHM군이 BH군에 비하여 유의한 감소를 보였으며, HDL-콜레스테롤 농도는 BHM군에서 BH군에 비하여 유의한 증가를 확인하였다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 농도 비는 정상군과 고지혈증 유발 실험군 모두 대조군에 비하여 5% (w/w) 녹두 급여군들이 유의한 증가를 나타내었다. 혈당은 고지혈증 유발 실험군에 5% (w/w) 녹두를 섭취시킨 실험군(BHM)에서 101.0±4.0 mg/dL로 고지혈증 유발 실험군(BH)의 109.0±3.8 mg/dL와 비하여 유의한 감소를 확인하였다. 알부민/글로불린의 비는 BHM군이 BH군에 비하여 유의한 증가를 보였다. 혈청 중 총 칼슘, 인 및 칼륨의 농도는 BHM군이 BH군에 비하여 유의한 농도의 증가를 보였다. 한편, 나트륨 및 염소의 농도는 BH군에 비하여 BHM군에서 유의한 감소를 보였다.

따라서, 고지혈증 유발 흰쥐에서 녹두의 급여는 혈청 지질성분의 개선과 혈당조절에 효과가 있을 것으로 판단되며 기능성 식품의 소재로서 이용이 가능할 것으로 사료된다.

REFERENCES

Bark, S. W., Kim, H. S., 2020, Effects of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) on blood glucose and lipid composition improvement in streptozotocin-induced diabetic rats, J. Korean Appl. Sci. Technol., 37(2), 162-172.

Boden, G., 1997, Role of fatty acids in pathogenesis of insulin resistance and NIDDM, Diabetes, 46(1), 3-10.

Choung, M. G., Hwang, Y. S., Kim, G. P., Ahn, K. G., Shim, H. S., Hong, S. B., Choi, J. H., Yu, C. Y., Chung, I. M., Kim, S. H., Lim, J. D., 2013, Antimelanogenic effect and whitening of anthocyanin rich faction from seeds of *Liriope platyphylla*, Korean J. Medicinal Crop Sci., 21, 361-371.

Go, G. W., Srivastava, R., Hemandez-Ono, A., Gang, G., Smith, S. B., Booth, C. J., Ginberg, H. N., Mani, A., 2014, The combined hyperlipidemia caused by impaired Wnt-LRP6 signaling is reversed by Wnt3a rescue, Cell Metabolism, 4, 209-220.

Gu, Y. A., Jang, S. Y., Park, N. Y., Mun, C. R., Kim, O. M., Jeong, Y. J., 2006, Property changes of mung bean depending on hydrolysis conditions, Korean J. Food Preserv., 13(5), 563-568.

Haglund, O., Loustarinen, R., Wallin, R., Wibell, I., Saldeen, T., 1991, The effect of oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E, J. Nutr., 121, 165-172.

Imm, J. Y., Kim, S. J., 2010, Anti-cancer and anti-inflammatory effects of mung bean and soybean extracts, Korean J. Food Sci. Technol., 42(6), 755-761.

Jin, D. H., Oh, D. Y., Kang, D. S., Chung, H. S., Kim, D. S., Lee, Y. G., Seong, J. H., Kim, H. S., 2018, Effects of krill (*Euphausia superba*) on free fatty acid and electrolyte concentrations in rats, J. Korea Oil Chem. Soc., 35(1), 186-193.

Kim, D. K., Chon, S. U., Lee, K. D., Kim, J. B., Rim, Y. S., 2008a, Variation of flavonoids contents in plant parts of mung bean, Korean J. Crop Sci., 53(3), 279-284.

Kim, D. K., Chon, S. U., Lee, K. D., Kim, K. H., Rim, Y. S., 2008b, Effect of seeding times on yield and flavonoid contents of mung bean, Korean J. Crop Sci., 53(3), 273-278.

Kim, D. K., Son, D. M., Choi, J. K., Chon, S. U., Leem, K. D., Rim, Y. S., 2010, Growth property and seed quality of mung bean cultivars appropriate for labor saving cultivation, Korean J. Crop Sci., 55(3), 239-244.

Kim, G. Y., Jung, H. W., Kim, E. J., 2013, Anti-hyperlipidemic effect of shiitake mushroom extract in hyperlipidemic rats induced by poloxamer-407, Korean J. Oriental Physiology & Pathology, 27(4), 409-415.

Kim, H. W., Cho, S. J., Kim, B. Y., Jung, S., Park, J. S., Lee,

S. Y., Cho, S. I., 2008, Effects of herbal-cheonggukjang on serum composition and urine in rats, Kor. J. Herbology, 23(2), 137-143.

Kim, J. B., Kim, T. Y., 2016, Effects of fermented rhus verniciflua stokes extract on diet-induced hyperlipidemia in rats, J. Physiol & Pathol. Korean Med., 30(3), 142-149.

Kim, J. D., Lee, B. I., Jeon, Y. H., Bak, J. P., Jin, H. L., Lim, B. O., 2010, Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of green tea mixture and dietary fiber on liver of high fat diet-induced obese rats, Korean J. Medicinal Crop Sci., 18, 224-230.

Kim, J. S., 1977, The serum NPN, BUN and creatinine values in chronic congestive heart failure, Kor. Circulation J., 7(2), 35-40.

Kim, K. H., 1980, A Translation: the clinical application of the result of the test, Komoonsa, Seoul, Korea, 164-209.

Kwak, H. G., Lim, H. B., 2013, Ligustrum lucidum fruits extract inhibits acute pulmonary inflammation in mice, Korean J. Medicinal Crop Sci., 21, 323-328.

Kwon, M. A., Kim, G. S., Hong, J. K., Jo, H. S., Kim, J. K., Yang, M. K., Lee, B. D., 2003, The effects of 0.45% and 0.9% saline solutions on serum sodium concentrations in chronic renal failure patients, Kor. J. Anesthesiology, 44, 462-468.

Lai, F., Wen, Q., Li, L., Wu, H., Li, X., 2010, Antioxidant activities of water-soluble polysaccharide extracted from mung bean (*Vigna radiata* L.) hull with ultrasonic assisted treatment, Carbohy. Polym., 81(2), 323-329.

Lee, K. H., Park, H. S., Yun, Y. H., Shin, Y. B., Baik, Y. C., Kooh, D. H., Kim, S. K., Kim, M. S., 2015, Antihyperlipidemic effect of complex of medicinal plant products on hyperlipidemic rats induced by high cholesterol diet, Korean J. Medicinal Crop. Sci. 23(2), 109－116.

Lee, Y. G., Bark, S. W., Kim, H. S., 2019, Physicochemical propreties of the mung bean (*Phaseolus aureus* L.) as biohealth functional substance, J. Korean Appl. Sci. Technol., 36(4), 1096-1107.

Mansour, H. A., Newairy, A. A., Yousef, M. I., Sheeweita, S. A., 2002, Biochemical study on the effects of some egyptian herbs in alloxan-induced diabetic rats, Toxicol., 170(3), 221-228.

Oh, H. S., Kim, J. H., Lee, M. H., 2003, Isoflavone content, actioxidative, and fibrinolytic activities of red bean and mung bean, Korean J. Food Cook Sci., 19(3), 263-271.

Seo, Y. C., Kim, J. S., Kim, Y. O., Kim, J. C., Lee, H. Y., 2013, Immune activity of *Lithospermum erythrorhizon* extracted by extreme low temperature extraction process, Korean J. Medicinal Crop Sci., 21, 105-111.

Wi, H. R., Choi, M. J., Choi, S. L., Kim, A. J., Lee, M. S., 2012, Effects of vitexin from mung bean on 3T3-L1 adipocyte differentiation and regulation according to adipocytokine secreation, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 41(8), 1079-1085.

• Professor. Han-Soo Kim
Department of Food Science and Technology, Pusan National University
kimhs777@pusan.ac.kr
• Professor. Dong-Soo Kang
Department of Marine Bio Food Science, Chonnam National University
dskang@jnu.ac.kr