

## The Effect of Extract Powder from Fresh and Black Garlic on Main Components in Serum and Organs of Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Min-Jung Kang<sup>2</sup>, Soo Jung Lee<sup>1</sup>, Nak Ju Sung<sup>1</sup> and Jung-Hye Shin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, Institute of agriculture and life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea  
<sup>2</sup>Namhae Garlic Research Institute, Namhae 668-812, Korea

Received December 4, 2012 / Revised January 28, 2013 / Accepted February 13, 2013

In this study, we examined the biological activity and synergistic effects of an extract powder of 1% and 3%, each fresh (FGP) and black garlic (BGP) in streptozotocin-induced diabetic rats. Blood glucose content was significantly lower in FGP and BGP groups than control group. Glycosylated Hb was significantly higher in streptozotocin induced diabetic control group than normal group, but significantly lower in FGP and BGP groups. Total cholesterol content of the FGP and BGP groups were lower than control group, but not shown the significant difference between garlic fed groups. HDL-cholesterol concentrations of the FGP and BGP fed groups were significantly higher than control group, except of 1% BGP group. LDL and VLDL-cholesterol contents were significantly lower in 3% FGP group, and the same tendency atherogenic index and cardiac risk factor. GOT, GPT, and  $\gamma$ -GTP activity of serum were lower in FGP and BGP fed groups than control group. Glycogen contents in liver significantly higher than control group, and has not significantly difference between normal group. TBARS content was no significantly difference in the liver and serum, but in the kidney, 3% FPG and BGP fed groups were significantly lower than other experimental group. DPPH radical scavenging activity of liver has not significant difference among experimental groups, but activity was higher garlic extract powder fed groups in serum and kidney. These results indicate that dietary supplements of fresh and black garlic extract powder was contributed to lower of blood glucose, loss prevention of glycogen in liver and improve of lipid metabolism.

**Key words** : Streptozotocin, garlic extract, diabetes, blood glucose, DPPH radical scavenging activity

### 서 론

전 세계적으로 성인의 당뇨병 발생률은 꾸준히 증가하는 추세이며 현재 당뇨병 인구는 전체 인구의 10%로 30년 전에 비해 10배 이상 증가하였고[24], WHO에서 조사한 자료의 수치에 의하면 2030년에는 약 3억 6천명 이상의 당뇨 환자가 발생할 것으로 예상되고 있다[40]. 우리나라에서도 생활양식이 바뀌고 육류 위주의 식습관 및 운동부족 현상이 증가하면서 당뇨환자의 발생률이 급격히 높아지고 당뇨병으로 인한 사망률도 암, 뇌혈관 질환 및 심장 질환에 이어 4위를 차지하고 있다[26].

당뇨병은 생체 내 대사 기능의 이상을 초래하는 만성적인 대사성 질환으로 급격히 상승한 혈당은 비효소적 당화과정이 진행되어 구조적으로 대사적 이상이 일어나고, 이러한 당화과

정에서 많은 유리가 형성되므로 지질의 과산화 반응을 유도하며 동맥경화를 유발시킬 수 있다[13, 34]. 당뇨 및 합병증의 예방은 혈당 조절과 함께 지질과산화물 생성과 산화스트레스를 감소시키는 것이 중요한데 이를 위해 사용하는 혈당강하제 등의 부작용을 최소화하면서 고혈당과 산화스트레스를 낮추는 방법을 찾는 일이 시급하다. 근래에는 약물 복용에 따른 부작용 문제가 부각되면서 오래전부터 민간약용으로 쓰여 온 식용식물의 혈당 강하에 대한 관심과 식이 보충제 개발의 중요성이 증대 되고 있으며, 이 분야에 대한 연구도 국내외적으로 활발히 이루어지고 있다[8, 23]. 그러나 이들의 약리 효능과 생리적 기전 및 유효성분에 대한 연구는 아직 미흡하여 이 부분에 대한 적극적이고 과학적인 연구가 요구되고 있다.

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과(Liliaceae) 알리움(Allium) 속에 속하는 다년생 구근식물로 독특한 향미와 다양한 생리활성을 가지고 있으며, 전 세계적으로 식재료 및 약재료로 오랫동안 사용되어 왔다[9]. 생마늘은 약 64% 정도의 수분 함량이 낮고, 대부분 fructan인 inulin으로 구성된 당질이 24% 정도 함유되어 있으며, 유기황 화합물이 특정성분으로 약 0.3% 함유되어 있다[36]. 마늘은 천연 조미료 및 강장 식품으로 이용됨과 동시에 가공식품의 향신료로 이용되고 있으며, 항균작용[1, 4], 항고혈압 작용[39], 항암 및 세포의 항돌연변이

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-860-8947, Fax : +82-55-860-8960

E-mail : whanbee@daum.net

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.

효과[2, 42], 항산화 작용[10, 18] 등이 밝혀져 있다. 이러한 생리적 활성으로 인하여 기능성 식품소재로 광범위하게 사용되고 있으며, 의약품 개발의 소재로도 이용되고 있다.

근래에 들면서 기존의 생마늘이 지니는 강한 향과 맛, 자극성이 감소된 흑마늘이 개발되어 기능성 식품소재로 활용하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 흑마늘과 관련하여서는 품질 변화 및 항산화 활성에 관한 연구[7, 41]가 진행되어 있으나 아직 다양한 측면에서 생리활성 검정을 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 흑마늘의 생리활성 규명을 위한 연구의 일환으로 현대인의 건강을 위협하는 주요 인자중의 하나인 당뇨병에 대한 효능을 분석하였다. 즉 streptozotocin에 의해 당뇨가 유발된 흰쥐에 생마늘 및 흑마늘 추출물 동결건조 분말을 혼합 급여 한 후 체중, 혈당, 혈중 지질성분, 혈액과 간장 내 과산화지질 함량 등의 생리적 변화에 미치는 영향을 관찰하였다.

### 재료 및 방법

#### 시료

생마늘(Garlic, *Allium sativum* L.)과 흑마늘은 남해군 고현면 대사리에 위치한 새남해농협 흑마늘가공사업소에서 제공받아 사용하였다. 흑마늘에 부피 대비 10배의 정제수를 가하여 진공추출기(COSMOS 660, Kyungseo Machine Co., Incheon, Korea)로 90°C에서 5시간 추출하여 제조한 추출물을 동결건조(Super modulyo, Thermo electron corp., USA)하여 분말화 하였다. 제조된 열수 추출분말은 -40°C에서 냉동 보관

하면서 시료 조제에 사용하였다.

#### 실험동물

실험동물은 생후 4주된 90±10 g의 Wister계 수컷 성장기 흰쥐를 (주)샘타코(Seoul, Korea)로부터 분양 받아, 온도 22±2°C, 습도 50±5%, 명암주기 12시간(07:00~19:00)이 자동설정된 동물사육실에서 1주간 시판 고형사료(Rat chow, Samyang Co. Ltd.)로 적응시켰다. 기본식으로 1주일간 예비사육한 후 외관상 건강한 135±10 g의 흰쥐를 체중에 따른 난괴법으로 8마리씩 6그룹으로 나누어 사육상자에 한 마리씩 넣어 4주간 실험 사육 하였다. 실험은 정상군(Normal group), 당뇨 대조군(Control group), 생마늘 추출분말 1%급여군(FGP 1), 생마늘 추출분말 3%급여군(FGP 3), 흑마늘 추출분말 1%급여군(BGP 1), 흑마늘 추출분말 3%급여군(BGP 3)으로 분류하였으며 각 실험군의 식이 조성은 Table 1과 같다.

#### 식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

실험기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급여 하였고 다음날 오전 10경에 식이섭취량을 조사하였다. 식이섭취량의 오차를 최소화하고자 손실량을 보정하였다. 물은 수도수를 매일 신선하게 공급하였다. 체중은 1주일에 한 번씩 일정한 시간에 측정하였으며, 실험기간 동안의 체중 증가량을 같은 기간 동안의 총 식이섭취량으로 나누어 식이효율(FER, %)을 구하였다.

#### 당뇨유발

당뇨를 유발하기 위하여 췌장의 β-세포에만 특이적으로 작

Table 1. Composition of experimental diets for streptozotocin induced diabetic rats (g/100 g diet)

Ingredient <sup>1)</sup>	Normal	Control	FGP 1	FGP 3	BGP 1	BGP 3
Starch	39.74	39.74	39.74	39.74	39.74	39.74
Casein	20	20	20	20	20	20
Dextrin	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
Cellulose	5	5	5	5	5	5
Sucrose	10	10	10	10	10	10
Vitamin Mix. <sup>2)</sup>	1	1	1	1	1	1
Mineral Mix. <sup>3)</sup>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
L-Cystein	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Corn oil	10	10	10	10	10	10
Fresh garlic powder	-	-	1	3	-	-
Black garlic powder	-	-	-	-	1	3

<sup>1)</sup>AIN-96<sup>TM</sup> diet composition

<sup>2)</sup>AIN-76<sup>TM</sup> Vitamin mixture

<sup>3)</sup>AIN-76<sup>TM</sup> Mineral mixture

<sup>4)</sup>Normal: Non diabetic control group

Control: Diabetic control group

FGP: Fresh garlic powder was supplement (1%, 3%) with diabetic group

BGP: Black garlic powder was supplement (1%, 3%) with diabetic group

용하며 다른 장기에는 영향을 미치지 않는 것으로 알려진 streptozotocin (STZ)을 0.01 M citrate buffer (pH 4.5)에 용해하여 1회(50 mg/kg BW) 복강 주사해 당뇨를 유발하였다. 정상군은 동량의 citrate buffer 용액을 복강 주사하였다. 당뇨 유발 확인은 streptozotocin을 주사한 48시간 후 공복상태에서 꼬리정맥으로부터 채혈하여 혈당계(Active Blood Glucose Meter, ACCU-CHEK®, USA)로 혈당을 측정하여 혈당농도가 300 mg/dl 이상인 흰쥐만을 당뇨유발 상태로 간주하고 실험에 사용하였다.

#### 실험동물의 처리

실험 최종일에 실험동물을 16시간 절식시킨 후 에테르로 가볍게 마취시켜 심장에서 채혈하였다. 채혈된 혈액은 빙수 중에서 30분간 응고시킨 후 원심분리기(Mega 17R, HANIL, Korea)로 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리시켜 혈청을 얻어 -70°C에 보관해두고 분석용 시료로 사용하였다. 장기(간장, 심장, 신장, 비장, 고환)는 채혈 후 즉시 분리시켜 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거하고 무게를 측정 후 -70°C에 보관하였다.

#### 혈당 및 당화 헤모글로빈 측정

실험 사육 최종일에 심장 채혈하여 얻은 혈청으로부터 혈당 측정은 glucose 측정용 kit시약(AM 201-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. 당화 헤모글로빈 함량은 Hemoglobin A1c (Glycosylated hemoglobin, Asan, Korea)를 이용하여 EDTA가 처리된 전혈에 Helena laboratories kit시약을 사용하여 microcolumn chromatography법으로 측정하였다. 총 hemoglobin에 대한 당화 헤모글로빈의 흡광도비에 의해 당화 hemoglobin 함량을 산출하였다.

#### 혈액 중 지질 함량 분석

혈액 중의 총 지질(total lipid) 함량은 Frings 등[12]의 방법에 따라 혈청 20 µl에 phospho-vanillin 시약을 첨가한 후 37°C에서 15분간 배양한 후 시료 무침가구를 대조로 하여 파장 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

혈액 중의 총 콜레스테롤(total cholesterol), 중성지방(triglyceride) 및 high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) 함량은 각각의 해당 kit를 사용하여 측정하였다. 즉, 총 콜레스테롤 측정용 kit시약(AM 202-k, Asan, Korea), 중성지방 측정용 kit시약(AM 157S-k, Asan, Korea) 및 HDL-C 측정용 kit시약(AM 203-k, Asan, Korea)을 사용하여 혈청 중의 함량을 측정하였다.

LDL (low density lipoprotein) 콜레스테롤은 Friedewald 등[11]의 방법에 따라 총콜레스테롤 함량에서 HDL 콜레스테롤과 중성지방/5를 합한 값을 제하여 줌으로써 산출하였다. VLDL (very low density lipoprotein) 콜레스테롤 함량은 혈

청 총 콜레스테롤에서 HDL 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤의 합을 제하여 산출하였다[6].

동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 Haglund 등[15]의 방법에 따라  $[(\text{Total cholesterol}) - (\text{HDL-C})] / \text{HDL-C}$ 식에 의하여, 심혈관 위험지수(cardiac risk factor, CRF)는 Kang 등[21]의 방법에 따라 총 콜레스테롤 함량을 HDL 콜레스테롤 함량으로 나눈 값으로부터 산출하였다.

#### 혈중 효소 활성 측정

GOT (glutamic oxaloacetic transaminase) 측정용 kit (P111 3150, Fugi, Japan) 및 GPT (glutamic pyruvic transaminase) 측정용 kit (P111 3250, Fugi, Japan)로 혈액분석기(DRI-Chem 3500I, Fugi, Japan)에서 분석하여, 혈청 1 ml당 Karmen unit로 표시하였다.  $\gamma$ -GTP ( $\gamma$ -glutamyltranspeptidase, AM 150, Asan, Korea) 활성도는 해당 kit를 사용하여 측정하였다.

#### 간장 조직의 글리코겐 함량 측정

간 조직의 글리코겐 함량 측정을 위하여 간 조직 0.2 g에 30% KOH 1 ml를 첨가한 후 98°C의 수욕상에서 20분간 가열한 후 얼음으로 냉각을 하였다. 여기에 95% ethanol 1.25 ml를 첨가하여 혼합한 다음 98°C 수욕상에서 5분간 가열한 후 빙수 중에서 냉각 하였다. 상층액을 버린 후 침전물에 증류수 5 ml를 가하여 침전물을 용해시킨 다음 이 용액 0.5 ml를 취하고 4.5 ml의 증류수를 더한 후 잘 혼합하였다. 이중 1 ml를 취해 0.2% anthrone 용액을 2 ml 첨가하여 98°C의 수욕상에서 10분간 가열을 한 후 식혀서 620 nm에서 흡광도 값을 측정하였다.

#### 혈액, 간장 및 신장 중 지질과산화물의 함량 측정

혈청 중 지질과산화물 함량은 혈청 100 µl에 1/12 N 황산용액 4 ml, 10% phosphotungstic acid 0.5 ml를 차례로 가하고 잘 혼합한 5분간 반응시킨 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 시켰다. 원심분리 후 침전물에 증류수 및 TBA (thiobarbuturic acid) 시약을 1 ml 가하여 95°C 수욕상에서 60분간 반응시켰으며, 여기에 butanol을 3 ml 가하여 다시 4,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

간과 신장 조직의 지질과산화물 함량은 Uchiyama와 Mihara [46]의 방법과 Lee 등[28]의 방법에 따라 간과 신장 조직 각 1 g에 1.5% KCl 용액을 가하여 homogenizer로 마쇄하여 10% 균질액을 만든 다음, 이를 0.5 ml 취하여 3 ml의 1% phosphoric acid와 1 ml의 0.6% TBA를 넣어 잘 혼합하였다. 이것을 95°C 수욕상에서 45분간 가열한 뒤 4 ml의 butanol을 가하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 butanol층으로 이행된 발색물질을 추출한 다음 흡광도(532 nm)를 측정하였다. 조직 중 TBARS 함량은 표준용액으로 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP)을 사용한 표준 검량선으

로부터 산출하였다.

**혈액과 간장 및 신장의 항산화 활성 측정**

혈청의 항산화 활성은 Lim 등[29]의 방법에 따라 혈청 100 µl에 tris-HCl 완충액(100 mM, pH 7.4)을 1 ml 가하여 혼합하였으며, 간장 및 신장 조직의 항산화 활성은 각 조직 1 g에 1.5% KCl 용액으로 10% 균질액을 제조한 다음 이를 100 µl 취하였다. 여기에 0.5 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 1 ml를 가한 다음 37°C의 암실에서 15분간 반응시켰다. 이어 chloroform 2 ml를 가해 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 시킨 다음 chloroform층을 취하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화 활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었다.

**통계처리**

각 실험 결과는 SPSS 12.0을 사용하여 통계처리 하였으며, 각각의 시료에 대해 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 한 후  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**식이 효율**

생마늘 및 흑마늘 추출분말을 첨가 급이한 당뇨유발 흰쥐의 총 식이섭취량, 체중증가량 및 식이 효율을 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 총 식이 섭취량은 정상군(466.52±19.01 g/4 week)에 비하여 당뇨 대조군에서 유의적인 증가를 나타내어 521.58±17.55 g/4 week였고, 생마늘 및 흑마늘 추출분말 첨가 급이군에서는 505.92±16.44~536.06±12.26 g/4 week의 범위였다. 당뇨 실험군에서 식이 섭취량이 정상쥐보다 높은 이유는 인슐린이 결핍된 쥐의 neuropeptide Y (NPY) mRNA 증가와 시상하부 렙틴 수용체의 작용 저하 때문이며, 인슐린 보충시 식이 섭취량은 감소한다고 보고되어 있다[32].

4주간 실험식이 후 체중 증가량은 흑마늘 추출분말 1% 첨가 급이군이 160.60±25.78 g으로 정상군과 유의적인 차이가 없어 당뇨로 인한 체중 감소를 방지하는 효과가 있었고, 식이 효율도 흑마늘 추출분말 1% 첨가 급이군에서 31.77±5.11%로 실험군 중 가장 높았다. 생마늘과 흑마늘 추출분말 3% 첨가군의 경우 식이 섭취량에 비해 체중 증가량이 낮아 식이효율이 상대적으로 낮았는데, Lee 등[27]은 그 원인이 당뇨에 의해 체내 대사의 퇴행적인 변화 때문이라고 보고하였다. 당뇨에 의한 체중 저하는 생체 내 인슐린의 기능이 저하됨으로써 세포내의 포도당 이용율이 감소되고 이에 따라 간, 근육, 지방조직 등에서 단백질과 지방이 부족한 열량을 생산하는데 이용되기 때문으로 알려져 있다[13].

**장기의 중량**

STZ에 의해 유도된 당뇨 흰쥐에 생마늘 및 흑마늘 추출분말을 급이하여 4주간 사육 후 흰쥐의 장기무게를 측정하고, 체중 증가에 따른 오차를 배제하기 위하여 체중 100 g 당 무게로 환산하여 나타낸 결과는 Table 3과 같다. 실험동물의 간장 무게는 4.87±0.91~6.07±0.41 g/100 g body weight (BW) 범위로 모든 실험군간에는 유의차가 없었으며, 심장과 비장의 무게도 정상군과 실험군간의 유의차가 없었다. 신장의 무게는 흑마늘 추출분말 1% 첨가 급이군이 0.87±0.09 g/100 g BW로 정상군과 유사한 범위였으며, 다른 당뇨 실험군에서는 1.0 g/100 g BW 이상이였다.

당뇨 쥐에서 신장의 비대는 포도당이 UDP-glucose 또는 글리코젠으로 대사되어 사구체내의 혈관사이세포(mesangial cells)에 축적되거나[44], 오타당 인산 경로에서 포도당의 유출과 RNA 및 DNA의 합성을 증가시킴으로써 신장의 세포분열을 촉진시키기 때문으로 보고[31]되고 있다.

고환(testis)의 무게는 정상군이 0.85±0.19 g/100 g BW였으며 당뇨대조군과 실험군은 1.16±0.33~1.52±0.30 g/100 g BW의 범위로 정상군에 비해 유의적으로 높았으나, 생마늘 및 흑마늘 추출분말의 첨가 식이에 따른 유의차는 없었다.

Table 2. Changes in food intake, one days body weight and food efficiency ratio on streptozotocin induced diabetic rats

Group <sup>1)</sup>	Food intake (g/day)	Total body weight gain (g/4 weeks)	Total Food intake (g/4 weeks)	FER <sup>2)</sup> (%)
Normal	16.66±0.68 <sup>a</sup>	183.40±12.58 <sup>c</sup>	466.52±19.01 <sup>a</sup>	39.35±2.92 <sup>c</sup>
Control	18.63±0.63 <sup>bc</sup>	92.80±50.82 <sup>a</sup>	521.58±17.55 <sup>bc</sup>	17.65±9.52 <sup>a</sup>
FGP 1%	19.15±0.44 <sup>c</sup>	119.60±58.96 <sup>ab</sup>	536.06±12.26 <sup>c</sup>	22.52±11.60 <sup>ab</sup>
FGP 3%	18.33±0.58 <sup>b</sup>	92.20±27.57 <sup>a</sup>	513.26±16.19 <sup>b</sup>	17.91±5.00 <sup>a</sup>
BGP 1%	18.07±0.59 <sup>b</sup>	160.60±25.78 <sup>bc</sup>	505.92±16.44 <sup>b</sup>	31.77±5.11 <sup>bc</sup>
BGP 3%	18.83±0.28 <sup>bc</sup>	141.80±50.79 <sup>abc</sup>	527.28±7.74 <sup>bc</sup>	26.85±9.42 <sup>ab</sup>

<sup>a-c</sup>Mean±SD in the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

<sup>2)</sup>FER: Food efficiency ratio

Values are mean±SD (n=8).

**혈당 및 당화 헤모글로빈 함량**

생마늘 및 흑마늘 추출분말을 각각 1%와 3% 첨가하여 4주 동안 급이 한 흰쥐의 혈청 중 혈당 및 당화 hemoglobin (Hb)의 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 생마늘 및 흑마늘 추출분말 급이군의 혈당은 224.49±11.36~269.23±9.26 mg/dl로 당뇨 대조군(580.08±8.04 mg/dl)에 비해 유의적으로 감소하여 마늘 추출물의 첨가 급이가 혈당 감소에 효과적임을 확인할 수 있었는데, 생마늘 추출분말 1% 첨가 급이군의 혈당이 가장 낮았다.

실험동물에 당뇨를 유발 시킨 후 혈당이 증가하는 것은 STZ 투여로 체내에 생성된 nitric oxide (NO·)가 superoxide anion (O<sub>2</sub><sup>-</sup>)과 반응하여 peroxynitrite (ONOO)를 생성하기 때문이며, peroxynitrite는 췌장 langerhans섬의 β-cell을 파괴하여 인슐린 결핍을 초래하고 포도당에 대한 β-cell의 예민도를 저하시키는 역할을 한다[33]. Peroxynitrite에 의한 인슐린의 기능 저하는 세포내 포도당 이용률을 저하시키고, 당신생을 촉진시켜 고혈당을 초래하게 된다[19].

당화 헤모글로빈은 혈중 포도당의 함량에 비례하며, 포도당과 carbonyl기간의 가역적 축합에 의해 생성, 변형된 것으로 장기간의 혈당관리 지표로 활용되는데[37], 혈중 당화 헤모글로빈 함량은 정상군의 경우 0.67±0.40%으로 유의적으로 낮았으며, 당뇨실험군은 3.44±2.01~6.80±1.69% 범위로 높게 정량

되었다. 당뇨 쥐의 혈중 헤모글로빈이 정상군에 비하여 증가되는 것은 당뇨로 인한 혈액의 수분 손실 때문이라고 보고[25]로 미루어 볼 때 본 실험의 결과 마늘 추출분말의 급이는 당뇨 쥐의 수분손실을 억제함으로써 혈중 당화 헤모글로빈의 증가를 방지하는 것으로 추정된다.

**혈액 중 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질 함량**

당뇨 유발 흰쥐에 생마늘 및 흑마늘 추출분말 급이 후 혈액 중 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질의 농도를 분석한 결과 Table 5에 나타내었다. 총 지질의 농도는 정상군에서 201.23±9.84 mg/dl로 가장 낮았으며, 실험군은 284.66±6.65~307.30±8.90 mg/dl의 범위로 당뇨대조군(325.15±9.20 mg/dl)에 비해 유의적으로 낮은 범위였다. 총 콜레스테롤의 농도는 당뇨 대조군이 96.40±8.57 mg/dl로 유의적으로 높은 함량이었으며, 생마늘 추출분말 1% 첨가급이군에서는 74.63±3.55 mg/dl로 정상군과 유의차가 없었다. 여타 실험군들은 77.28±2.76~86.26±8.58 mg/dl로 당뇨 대조군에 비해서는 유의적으로 낮은 함량이었다.

당뇨 유발군에서 총 콜레스테롤 함량이 증가하는 것은 탄수화물이 에너지원으로 이용되지 못하고 유리지방산이 에너지로 이용되면서 콜레스테롤을 합성하기 때문인데[22, 30], O'Meara 등[35]에 의하면 당뇨가 조절되지 않은 상태에

Table 3. The organ weight of liver, heart, kidney, spleen and testis in fresh and black garlic extract administered in streptozotocin induced diabetic rats (tissue g/100 g body weight)

Group <sup>1)</sup>	Liver	Heart	Kidney	Spleen	Testis
Normal	5.01±1.19 <sup>NS2)</sup>	0.44±0.08 <sup>NS</sup>	0.87±0.22 <sup>a</sup>	0.18±0.04 <sup>NS</sup>	0.85±0.19 <sup>a</sup>
Control	6.07±0.41	0.33±0.03	1.35±0.29 <sup>b</sup>	0.22±0.03	1.25±0.19 <sup>b</sup>
FGP 1%	4.94±0.65	0.35±0.14	1.08±0.21 <sup>ab</sup>	0.19±0.07	1.16±0.33 <sup>ab</sup>
FGP 3%	5.66±1.38	0.39±0.06	1.19±0.37 <sup>ab</sup>	0.25±0.08	1.52±0.30 <sup>b</sup>
BGP 1%	4.87±0.91	0.34±0.04	0.87±0.09 <sup>a</sup>	0.21±0.05	1.26±0.21 <sup>b</sup>
BGP 3%	5.09±0.84	0.33±0.06	1.04±0.18 <sup>ab</sup>	0.17±0.03	1.37±0.39 <sup>b</sup>

<sup>a-b</sup>Mean±SD in the same column with different superscripts are significantly different at *p*<0.05.

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

NS: not significant

Values are mean±SD (n=8).

Table 4. Effect of feeding in fresh and black garlic extract on fasting blood glucose levels and glycosylated Hb in streptozotocin induced diabetic rats

Group <sup>1)</sup>	Blood glucose (mg/dl)	Glycosylated hemoglobin (%)
Normal	183.18±9.20 <sup>a</sup>	0.67±0.40 <sup>a</sup>
Control	580.08±8.04 <sup>e</sup>	6.80±1.69 <sup>c</sup>
FGP 1%	224.49±9.36 <sup>b</sup>	3.44±2.01 <sup>b</sup>
FGP 3%	237.63±6.02 <sup>c</sup>	4.39±2.55 <sup>bc</sup>
BGP 1%	269.23±9.26 <sup>d</sup>	4.67±2.13 <sup>bc</sup>
BGP 3%	264.82±9.55 <sup>d</sup>	4.56±1.27 <sup>bc</sup>

<sup>a-c</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=8).

서는 간장의 hydroxymethyl glutaryl-CoA (HMG-CoA) reductase가 증가되어 순환 혈액을 따라 콜레스테롤 이동이 증가하게 되고 결과적으로 혈중 콜레스테롤이 증가한다고 보고되어 있다.

중성지질의 농도는 당뇨 대조군이 44.67±2.80 mg/dl였으며 실험군은 35.50±1.26~44.67±3.15 mg/dl의 범위였는데, 당뇨 유발 쥐의 혈중 중성지방의 증가 원인은 당뇨 유발에 의한 당대사의 이상이 지질대사에 장애를 일으키기 때문으로 알려져 있다. 즉, 인슐린의 부족으로 인해 VLDL 생성은 증가하고 말초 조직에서 LDL 활성 저하로 VLDL과 chylomicron 대사가 저하되기 때문이다[43]. 중성지방 이동 kinetics 연구결과 [33] 당뇨병의 경우 혈장 내 지방이 중성지방으로 전환되는 속도가 증가하여 혈중 중성지방 함량이 높아진다고 보고되어 있다. 본 실험에서는 당뇨 대조군에 비해 생마늘 추출분말 첨가 급이군들에서 혈중 중성지질의 함량이 유의적으로 낮았으며, 생마늘 3% 추출분말 첨가 급이군은 정상군(34.67±1.52 mg/dl)의 수준으로 현저히 감소되었다.

당뇨병과 관련하여 혈청 지질 이상에 대한 관심이 증대된 것은 최근 당뇨와 관련한 주된 사망원인이 죽상동맥경화증 및 고지혈증과 관계가 있다고 알려졌기 때문이다[20]. 본 실험의 결과 생마늘 및 흑마늘 추출분말의 급이는 당뇨 쥐의 혈중

콜레스테롤이나 중성지방의 감소에 기여함으로써 당뇨에 따른 지질대사 이상을 억제시키는 것으로 사료된다.

혈액 중 HDL-, LDL-, VLDL-콜레스테롤의 함량, AI 및 CRF

Streptozotocin으로 유도된 당뇨 흰쥐에 생마늘 및 흑마늘 추출분말을 첨가 급이 한 후 혈액 중 HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, VLDL-콜레스테롤의 농도, 동맥경화지수(AI) 및 심혈관계질환 위험지수(CRF)를 분석한 결과는 Table 6과 같다. HDL-콜레스테롤의 농도는 정상군에 비해 당뇨 대조군에서 감소하였는데 이러한 결과는 일반적으로 당뇨 쥐는 lipoprotein lipase (LPL) 활성이 저하되어 중성지방이 풍부한 지단백 분해를 감소시켜 HDL-콜레스테롤 생성을 억제하기 때문이라 알려져 있다[3]. 본 실험의 결과 생마늘 추출분말 3% 첨가 급이군의 경우 혈중 HDL-콜레스테롤 함량은 41.37±0.95 mg/dl로 정상군과 유사한 범위로 HDL-콜레스테롤 함량이 증가된 것으로 보아 마늘의 섭취는 항동맥경화에 효과가 있을 것으로 추정된다.

LDL-콜레스테롤의 농도는 당뇨 대조군에서 53.16±8.70 mg/dl으로 정량 되었으며, 생마늘 추출분말 1%와 3% 첨가 급이군에서는 각각 26.98±5.85 mg/dl와 17.28±7.91 mg/dl로

Table 5. Effect of feeding in fresh and black garlic extract on total lipid total cholesterol and triglyceride in serum on streptozotocin induced diabetic rats (mg/dl)

Group <sup>1)</sup>	Total lipid	Total cholesterol	Triglyceride
Normal	201.23±9.84 <sup>a</sup>	72.80±6.37 <sup>a</sup>	34.67±1.52 <sup>a</sup>
Control	325.15±9.20 <sup>d</sup>	96.40±8.57 <sup>c</sup>	44.67±2.80 <sup>c</sup>
FGP 1%	301.84±2.74 <sup>c</sup>	74.63±3.55 <sup>a</sup>	40.17±2.66 <sup>b</sup>
FGP 3%	306.14±6.65 <sup>c</sup>	81.11±9.66 <sup>ab</sup>	35.50±1.26 <sup>a</sup>
BGP 1%	284.66±6.65 <sup>b</sup>	77.28±2.76 <sup>ab</sup>	44.67±3.15 <sup>c</sup>
BGP 3%	307.30±8.90 <sup>c</sup>	86.26±8.58 <sup>b</sup>	42.67±0.69 <sup>bc</sup>

<sup>a-d</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at  $p < 0.05$

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=8).

Table 6. Effect of feeding in fresh and black garlic extract on HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, VLDL-cholesterol AI and CRF in serum on streptozotocin induced diabetic rats

Group <sup>1)</sup>	HDL-Cholesterol	LDL-Cholesterol	VLDL-Cholesterol	Atherogenic index	CRF <sup>2)</sup>
		(mg/dl)			
Normal	41.50±2.03 <sup>b</sup>	15.45±6.82 <sup>a</sup>	7.07±1.00 <sup>a</sup>	1.30±0.00 <sup>b</sup>	1.28±0.18 <sup>a</sup>
Control	29.32±3.26 <sup>a</sup>	53.16±8.70 <sup>e</sup>	13.33±1.49 <sup>c</sup>	1.31±0.30 <sup>b</sup>	2.16±0.35 <sup>b</sup>
FGP 1%	38.05±5.84 <sup>b</sup>	26.98±5.85 <sup>bc</sup>	9.83±1.25 <sup>b</sup>	1.08±0.31 <sup>b</sup>	2.08±0.31 <sup>b</sup>
FGP 3%	41.37±0.95 <sup>b</sup>	17.28±7.91 <sup>ab</sup>	7.97±1.38 <sup>a</sup>	0.62±0.19 <sup>a</sup>	1.62±0.19 <sup>a</sup>
BGP 1%	31.21±2.69 <sup>a</sup>	39.96±8.39 <sup>de</sup>	11.13±1.18 <sup>b</sup>	1.10±0.42 <sup>b</sup>	2.10±0.42 <sup>b</sup>
BGP 3%	37.85±2.29 <sup>b</sup>	33.00±9.45 <sup>cd</sup>	9.93±0.68 <sup>b</sup>	0.47±0.18 <sup>a</sup>	1.47±0.18 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup>Mean±SD in the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

<sup>2)</sup>CRF: Cardiac risk factor

Values are mean±SD (n=8).

생마늘 추출분말의 급이량이 많을수록 더 낮은 함량이었다. 또, LDL-콜레스테롤의 농도는 흑마늘 추출분말 급이군보다는 생마늘 추출분말 첨가 급이군에서 유의적으로 더 낮았다.

당뇨에서 LDL-콜레스테롤의 증가는 콜레스테롤의 주된 운반체인 LDL-콜레스테롤이 인슐린 부족으로 인해 LDL 수용체가 감소되어 LDL의 제거가 지연되고, 당뇨병에서 관찰되는 당화 LDL의 생성 및 간에서의 VLDL 합성 증가로 인해 상대적으로 LDL의 생성이 증가 때문으로 보고되어 있다[14].

혈액 중의 VLDL 콜레스테롤 농도는 정상군은 7.07±1.00 mg/dl이었고, 생마늘 및 흑마늘 추출분말 급이군은 7.97±1.38~13.33±1.49 mg/dl의 범위로 당뇨 대조군(13.33±1.49 mg/dl)보다 유의적으로 낮은 함량이었다. Taskinen 등[45]은 당뇨에서 VLDL-콜레스테롤 함량이 증가되는 것은 말초 조직의 인슐린 저항성으로 인해 지방세포에서 지방분해가 억제되지 않고 간에서 VLDL-콜레스테롤 합성과 분비가 증가되기 때문이라고 보고하였다. 또한 당뇨가 유발되면 LDL 콜레스테롤의 생산 증가로 VLDL-콜레스테롤 전구체의 합성 증가와 더불어 VLDL-콜레스테롤 잔여물 제거계의 손상으로 VLDL-콜레스테롤 함량이 증가된다는 Rosenstock 등[38]의 보고도 있다.

동맥경화지수는 주로 동맥경화 발병위험도를 알리는 위험지수로 널리 이용이 되는데 본 실험에서 동맥경화 지수는 정상군의 경우 1.30±0.00이었으며, 생마늘 및 흑마늘 추출분말 3% 첨가 급이군에서 각각 0.62±0.19와 0.47±0.18로 유의적으로 낮은 경향을 나타내어 동맥경화발병 위험성을 정상군에 비해 유의적으로 낮출 수 있을 것으로 생각된다. 심혈관질환의 위험지수도 동맥경화지수와 동일한 경향으로 생마늘 및 흑마늘 추출분말 3% 첨가 급이군은 정상군과 유사한 범위로 타 실험군에 비해 유의적으로 낮았다.

**GOT, GPT 및  $\gamma$ -GTP의 활성**

마늘 및 흑마늘 추출분말을 3% 이내로 첨가 급이한 흰쥐의 혈청 GOT, GPT 및  $\gamma$ -GTP의 활성을 측정된 결과를 Table 7에 나타내었다. 정상군의 GOT 활성은 86.40±2.61 karman

unit/ml로 측정되었으며, 당뇨 대조군은 98.20±0.84 unit/ml로 유의적으로 활성이 높았다. 생마늘 및 흑마늘 분말 섭취군의 경우 대조군에 비해 유의적으로 낮았고, 실험군간에 유의차 없이 정상군과 유사한 범위였다. GPT 활성은 대조군이 15.28±0.70 karman unit/ml로 가장 높았고, 여타 실험군은 10.40±1.52~13.20±0.84 karman unit/ml로 범위였는데 생마늘 추출분말 첨가 급이군에 비해 흑마늘 추출분말 1% 및 3% 첨가 급이군에서 활성이 더 낮았다.  $\gamma$ -GTP의 활성은 정상군이 5.17±0.01 karman unit/ml로 측정되었으며 생마늘 추출분말 1% 및 3% 첨가 급이군이 각각 5.27±1.24 karman unit/ml와 5.73±0.81 karman unit/ml로 측정되어 당뇨 대조군에 비해 유의적으로 낮았고 정상군과 유사하였다.

$\gamma$ -GTP는  $\gamma$ -glutamylpeptide의  $\gamma$ -glutamyl 기를 아미노산 또는 peptide에 전이시키는 효소로 신장, 췌장, 간, 담도를 비롯한 여러 장기에 분포하고 알콜성이나 약물성 간 장해 등에서 높은 활성치를 보이는 효소이며 간 질환들 중 간경변증 환자에서 여러 가지 혈청 효소활성도 중  $\gamma$ -GTP 활성도가 가장 심하게 상승되는 것으로 알려져 있다[32]. 본 실험결과 간 기능장애의 지표들이 당뇨 대조군에 비해 마늘 추출분말 첨가 급이군들에서 더 활성이 낮음을 확인할 수 있었고 생마늘 보다는 흑마늘 추출분말의 첨가 급이가 더 효율적으로 간 손상 지표의 활성을 감소시켜, 상기 간 조직 내 지질 성분의 함량은 다소 차이가 있었다.

**간장 중 glycogen의 함량**

당뇨 유발 흰쥐에 생마늘 및 흑마늘 추출분말을 식이 중에 각각 1%와 3%씩 첨가하여 4주간 실험 급이한 흰쥐의 간장 중 글리코겐 함량을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 당뇨 대조군의 경우 321.78±10.90 mg/g wet liver로 유의적으로 낮은 수준이었고, 정상군과 실험군들에서는 474.85±13.52~580.04±79.70 mg/g wet liver의 범위였고 실험군간 유의차는 없었다.

STZ에 의해 당뇨가 유발된 경우 췌장의  $\beta$ -cell 세포 파괴로 인한 인슐린의 부족으로 glycogen synthase phosphatase

Table 7. Effect of feeding in fresh and black garlic extract on GOT, GPT and  $\gamma$ -GTP in serum on streptozotocin induced diabetic rats (karman unit/ml)

Group <sup>1)</sup>	GOT	GPT	$\gamma$ -GTP
Normal	86.40±2.61 <sup>a</sup>	8.90±2.30 <sup>a</sup>	5.17±0.01 <sup>a</sup>
Control	98.20±0.84 <sup>b</sup>	15.28±0.70 <sup>d</sup>	10.66±1.50 <sup>d</sup>
FGP 1%	83.80±3.49 <sup>a</sup>	12.28±0.42 <sup>bc</sup>	5.27±1.24 <sup>a</sup>
FGP 3%	85.00±4.95 <sup>a</sup>	13.20±0.84 <sup>c</sup>	5.73±0.81 <sup>ab</sup>
BGP 1%	84.80±5.89 <sup>a</sup>	10.40±1.67 <sup>ab</sup>	7.33±2.44 <sup>bc</sup>
BGP 3%	85.80±4.09 <sup>a</sup>	10.40±1.52 <sup>ab</sup>	7.80±0.77 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup>Mean±SD in the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=8).

Table 8. Effect of feeding in fresh and black garlic extract on glycogen in liver on streptozotocin induced diabetic rats (mg/g wet liver)

Group <sup>1)</sup>	Glycogen
Normal	566.51±18.03 <sup>b</sup>
Control	321.78±10.90 <sup>a</sup>
FGP 1%	558.66±44.51 <sup>b</sup>
FGP 3%	580.04±79.70 <sup>b</sup>
BGP 1%	474.85±13.52 <sup>b</sup>
BGP 3%	508.95±96.19 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>Mean±SD in the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=8).

가 비활성화 되어 glycogen이 합성되는 양은 줄어드는 반면 glycogen phosphorylase는 활성화되어 간의 글리코겐 분해를 증대하기 때문에[16] 글리코겐 함량은 감소하는 것으로 알려져 있는데, 본 실험의 결과에서도 당뇨가 유발된 대조군의 글리코겐 함량은 321.78±10.90 mg/g wet liver로 당뇨로 인해 감소되었으나 생마늘 및 흑마늘 추출분말의 항당뇨 효과로 글리코겐의 함량 감소에 기여함으로써 마늘 추출분말 급여군들의 글리코겐 함량이 정상군과 유사한 범위로 측

정된 것으로 판단된다.

혈액, 간장 및 신장 중의 TBARS 함량 및 DPPH 소거능

생마늘 및 흑마늘 추출분말을 급여하였을때 당뇨쥐의 혈액, 간장 및 신장 중 지질 과산화물 생성 정도를 정량한 결과를 Table 9에 나타내었다. 혈중 지질과산화물의 생성량은 30.82±8.65~40.15±8.13 mmol/ml 범위로 모든 실험군에서 유의차를 나타내지 않았다. 간장 중의 TBARS 함량도 정상군을 제외한 실험군들에서 82.07±1.53~90.67±7.40 mmol/g wet liver의 범위로 유의적으로 높은 함량이었으나 이들 간에 유의차는 없었다. 신장 조직에서 지질 과산화물인 TBARS 함량은 생마늘과 흑마늘 추출분말 3% 급여군에서 각각 86.67±6.74 mmol/g wet kidney와 81.04±9.96 mmol/g wet kidney로 정상군과 유사한 범위의 낮은 함량이었다.

암, 동맥경화 및 노화의 원인이 되기도 하는 지질과산화 반응은 세포 손상 기작의 하나로 일반적으로 당뇨 발생시 산화적 스트레스의 증가로 인하여 조직 내의 지질 과산화물이 증가하는데, 당뇨 쥐의 신장 및 간의 조직에서 말론알데히드 함량이 각각 증가했다는 보고가 있다[5]. 본 실험의 당뇨 대조군도 정상군에 비해 혈액, 간장 및 신장에서 TBARS 함량이 증가하였으나 생마늘 및 흑마늘 추출분말을 급여함으로써 대조군

Table 9. Effect of feeding in fresh and black garlic extract on TBARS content in serum, liver and kidney on streptozotocin induced diabetic rats

Group <sup>1)</sup>	Serum (mmol/ml)	Liver (mmol/g wet liver)	Kidney (mmol/g wet kidney)
Normal	34.82±3.90 <sup>NS</sup>	68.15±8.97 <sup>a</sup>	87.41±8.27 <sup>a</sup>
Control	40.15±8.13	90.67±7.40 <sup>b</sup>	117.33±6.82 <sup>c</sup>
FGP 1%	30.82±8.65	85.74±6.48 <sup>b</sup>	113.33±7.62 <sup>c</sup>
FGP 3%	35.89±7.51	82.07±1.53 <sup>b</sup>	86.67±6.74 <sup>a</sup>
BGP 1%	33.78±8.87	88.89±6.51 <sup>b</sup>	102.22±6.03 <sup>b</sup>
BGP 3%	36.11±6.34	83.00±6.14 <sup>b</sup>	81.04±9.96 <sup>a</sup>

<sup>a,c</sup>Mean±SD in the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=8).

NS: not significant

Table 10. Effect of feeding in fresh and black garlic extract on DPPH radical scavenging activity serum, liver and kidney on streptozotocin induced diabetic rats (%)

Group <sup>1)</sup>	Serum	Liver	Kidney
Normal	31.10±7.54 <sup>bc</sup>	29.28±1.06 <sup>NS</sup>	79.54±2.44 <sup>e</sup>
Control	12.80±6.68 <sup>a</sup>	28.75±2.53	10.71±0.52 <sup>a</sup>
FGP 1%	29.40±9.50 <sup>bc</sup>	24.50±3.76	36.42±2.14 <sup>c</sup>
FGP 3%	36.66±3.99 <sup>cd</sup>	28.16±8.80	78.26±5.20 <sup>e</sup>
BGP 1%	25.45±2.65 <sup>b</sup>	28.91±8.46	27.59±9.64 <sup>b</sup>
BGP 3%	45.01±9.82 <sup>d</sup>	24.50±4.06	45.32±3.47 <sup>d</sup>

<sup>a-e</sup>Mean±SD in the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1

Values are mean±SD (n=8).

NS: not significant



에 비해서 감소하는 경향이었는데, 이는 마늘에 함유되어 있는 함유황 성분의 항산화 작용[17]에 의한 것으로 추정된다.

생마늘 및 흑마늘 추출분말을 첨가한 흰쥐의 혈액, 간장 및 신장조직의 DPPH 라디칼 소거능 효과(Table 10)는 지질 과산화물의 함량 측정 결과와는 다소 상이하여 혈액과 신장조직에서는 실험군간에 유의차가 있었으나 간장조직에서는 유의차가 없었다. 즉, 혈액에서 지질 과산화물의 함량은 실험군간에 유의차가 없었으나 DPPH 라디칼 소거활성은 생마늘 및 흑마늘 추출분말 첨가군이군에서 대조군에 비해 유의적으로 높았고, 첨가 비율이 높을 때 더 활성이 높았다. 신장조직의 DPPH 라디칼 소거활성도 혈액과 동일한 경향이였다.

Shin과 Kim [42]은 마늘의 항산화능이 마늘에 함유된 총 페놀, 플라보노이드, 항산화 비타민 등에 의한 상호작용에 의한 것으로 보고한 바 있다. Shin 등[41]은 *in vitro*상에서 생마늘, 증숙마늘 및 흑마늘의 항산화능을 비교한 결과 흑마늘 열수 추출분말의 전자공여능 효과가 더 우수하다고 하였는데 본 실험 결과 *in vivo*상에서는 생마늘과 흑마늘 추출물 간에 항산화 활성에는 크게 차이가 나지 않았고, 첨가량에 영향을 받았으며, 그 영향은 장기 특이성을 가지는 것으로 추정된다.

### 감사의 글

본 논문은 지식경제부 지자체연구소육성사업(B0007984)의 추진에 따른 연구개발 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

### References

- Ankri, S. and Mirelman, D. 1999. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes Infect* **2**, 125-129.
- Belman, S. 1983. Onion and garlic oils inhibit tumor promotion. *Carcinogenesis* **4**, 1063-1067.
- Betteridge, J. 2001. Dyslipidaemia and diabetes. *Prac Diabetes Intern* **18**, 201-207.
- Cavallito, C. and Bailey, J. H. 1944. Allicin the antibacterial principle of *Allium sativum* Isolation Physical properties and antibacterial action. *J Am Chem Soc* **66**, 1944-1952.
- Celik, S., Baydas, G. and Yilmaz, O. 2002. Influence of vitamin E on the levels of fatty acids and MDA in some tissues of diabetic rats. *Cell Biochem Funct* **20**, 67-71.
- Cheung, P. C. K. 1998. Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are alter in hamsters fed straw mushroom diets. *J Nutr* **128**, 1512-1530.
- Choi, D. J., Lee, S. J., Kang, M. J., Cho, H. S., Sung, N. J. and Shin, J. H. 2008. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 465-471.
- Choi, J. S., Chung, H. Y. and Han, S. Y. 1990. A preliminary study on hypercholesterolemic and hyperglycemic activities of some medical plants. *Korean J Pharm* **21**, 153-157.
- Chung, D. H. and Chung, S. O. 2005. Garlic Science. pp. 9, World science. Seoul Korea.
- Corzo-Martinez, M., Corzo, N. and Villamiel, M. 2007. Biological properties of onions and garlic. *Trends Food Sci Tech* **18**, 609-625.
- Friedewald, W. T., Levy, R. I. and Fredrickson, D. S. 1972. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* **18**, 499-502.
- Frings, C. S., Fendley, T. W., Dunn, R. T. and Queen, C. A. 1972. Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Clin Chem* **18**, 763-764.
- Ghosh, R., Mukherjee, B. and Chatterijee, M. 1994. A novel effect of selenium on streptozocin-induced diabetic mice. *Diabetes Res* **25**, 165-171.
- Goldstein, L. J. and Brown, S. M. 1997. The low-density lipoprotein pathway and its relation to atherosclerosis. *Annual Rev Biochem* **46**, 897-930.
- Haglund, O., Loustarinen, R., Wallin, R., Wibell, I. and Saldeen, T. 1991. The effect of oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in mand supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* **121**, 165-172.
- Han, H. K., Yoon, S. J. and Kim, G. H. 2009. Effects of composite plants on plasma glucose and lipid level in streptozocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **36**, 674-682.
- Huh K., Kim, Y. H. and Jin, D. Q. 2001. Protective effect of an aged garlic-bamboo salt mixture on the rat with the alcohol-salicylate induced gastropathy. *Yakhak Hoeji* **45**, 258-268.
- Hwang, I. G., Woo, K. S., Kim, D. J., Hong, J. H., Hwang, B. Y. and Lee, Y. R. 2007. Isolation and identification of an antioxidant substnace from heated garlic(*Allium sativum* L.). *Food Sci Technol* **16**, 963-966.
- Kahn, C. R. 1985. The molecular mechanism of insulin action. *Ann Rev Med* **36**, 249-251.
- Kang, M. J., Kim, J. H., Chung, H. R., Lee, Y. A., Shin, C. H., Yang, S. W., Kim, Y. Y., Jin, S. M. and Noh, C. I. 2009. A study of the development of macrovascular complications and factors related to these complications in young adults with childhood/adolescence-onset type 1 diabetes mellitus. *Korean J Ped* **52**, 220-226.
- Kang, S. M., Shim, J. Y., Hwang, S. Y., Hong, S. G., Jang, H. E. and Park, M. H. 2003. Effects of *Saengshik* supplementation on health improvement in diet-induced hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **32**, 906-912.
- Kim S. H., Kang, J. S., Lee, S. J. and Chung, Y. J. 2008. Antidiabetic effect of korean red ginseng by puffing process in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 701-707.
- Kim, T. H., Yang, K. S. and Whang, S. H. 1990. studies on the physicochemical activities of Commelinae herba extract on the normal and streptozotocine-induced hyperglycemic rats. *Pharm Sci* **7**, 39-59.
- King, H., Aubert, R. E. and Herman, W. H. 1998. Global burden of diabetes. 1995-2025: Prevalance, numerical estimates, and projections. *Diabetes Care* **21**, 1414-1431.

25. Koh, J. B., Choi, M. J., Kim, J. Y., Rho, M. H. and Kim, D. J. 1999. Effects of tea fungus/kombucha beverage on serum protein levels and enzyme activity in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **28**, 1137-1143.
26. Korean National Statistical Office. 2008. The cause of death statistics 2006. Annual Report on the Cause of Death statics p. 20.
27. Lee, S. H., Lim, S. W., Lee, Y. M., Kang, C. S., Cheong, Y. K., Park, C. S., Song, B. J. and Kim, D. K. 2010. Effects of *Triticum aestivum* sprout on blood glucose and lipid levels in the streptozotocin-induced diabetic mice. *Korean J Oriental Physiology Pathology* **24**, 1012-1018.
28. Lee, S. Z., Park, S. H. and Lee, H. S. 2001. Changes *in vivo* lipid peroxidation and antioxidant defense system in streptozotocin-induced diabetic rats: a time course study. *Korean J Nutr* **34**, 253-264.
29. Lim, B. O., Seo, T. W., Shin, H. M., Park, D. K., Kim, S. U., Cho, K. H. and Kim, H. C. 2000. Effect of *Betulae Platyphyllae* Cortex on free radical in diabetic rats induced by streptozotocin. *Korea J Herbology* **15**, 69-77.
30. Malabu, U. H., Dryden, S., McCarthy, H. D., Kilpatrick, A. and Williams, G. 1994. Effect of chronic vanadate administration in the STZ-induced diabetic rats: The anti-hyperglycemic action of vanadate is attributable entirely to its suppression of feeding. *Diabetes* **43**, 9-15.
31. Matkovic, B., Kotorman, M. and Varga, C. 1998. Oxidative stress in experimental diabetes induced by streptozotocin. *Acta Physiol Hung* **85**, 29-38.
32. Moon, H. Y., Yang, S. J., Jung, I. C., Yang, Y. H. and Koh, J. B. 2006. Effect of diet with meat for crossbred pig fed with tangerine peel on lipid metabolism protein level and enzyme activity in rats. *Korean J Food Sci Ani Resour* **26**, 58-63.
33. Nikila, E. A. and Kekki, M. 1973. Plasma triglyceride transport kinetics in diabetes mellitus. *Metabolism* **22**, 1-22.
34. O'Brien, R. M. and Granner, D. K. 1996. Regulation of gene expression by insulin. *Physiol Rev* **76**, 1109-1161.
35. O'Meara, N. M., Devery, R. A., Owens, D., Collins, P. B., Jonson, A. H. and Tomkin, G. H. 1990. Cholesterol metabolism in alloxan induced diabetic rabbits. *Diabetes* **39**, 629-633.
36. Pentz, R., Guo, Z., Kress, G., Muller, D., Muller, B. and Siegers, C. P. 1990. Standardization of garlic powder preparations by the estimation of free and hydrolysable SH groups. *Plant Med* **56**, 691.
37. Pinnell, A. E. and Northam, B. E. 1978. New automated dye-binding method for serum albumin determination with bromocresol purple. *Clin Chem* **24**, 80-86.
38. Rosenstock, J. G., Vega, G. L. and Rankin, P. 1998. Effect of intensive diabetes treatment on low-density lipoprotein apolipoprotein B kinetics in type diabetes. *Diabetes* **37**, 393-397.
39. Ruffin, J. and Hutter, S. A. 1983. An evaluation of the side effects of garlic as an antihypertensive agent. *Cytobios* **37**, 85-89.
40. Santoso, T. 2006. Prevention of cardiovascular disease in diabetes mellitus: by stressing the CARDS study. *Acta Med Indones* **38**, 97-102.
41. Shin, J. H., Choi, D. J., Lee, S. J., Cha, J. Y. and Sung, N. T. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 965-971.
42. Shin, S. H. and Kim, M. K. 2004. Effect of dried powders or ethanol extracts of garlic flesh and peel on antioxidative capacity in 16-month-old rats. *Korean J Nutr* **37**, 633-644.
43. Siegel, R. D., Cuples, A., Schaefer, E. J. and Wilson, P. W. F. 1996. Lipoproteins, apolipoproteins and low-density lipoprotein size among diabetics in the Framingham offspring study. *Metabolism* **45**, 1267-1272.
44. Steer, K. A., Sochor, M. and Mclearn, P. 1985. Renal hypertrophy in experimental diabetes changes in pentose phosphate pathway activity. *Diabetes* **34**, 485-490.
45. Taskinen, M. R., Kuusi, T., Helve, E., Nikkila, E. A. and Yki-Jarvien, H. 1998. Insulin therapy induce antiatherogenic change of serum lipoproteins in non insulin-dependent diabetes. *Atherosclerosis* **8**, 168-177.
46. Uchiyama, M. and Mihara, M. 1978. Determination of malondialdehyde precursor in tissues by TBA test. *Anal Biochem* **86**, 271-278.

## 초록 : 생마늘 및 흑마늘 추출분말이 Streptozotocin 유발 당뇨 흰쥐의 혈청 및 장기 내 주요성분에 미치는 영향

강민정<sup>2</sup> · 이수정<sup>1</sup> · 성낙주<sup>1</sup> · 신정혜<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원, <sup>2</sup>(재)남해마늘연구소)

생체내에서 마늘의 항당뇨 활성을 검증하기 위한 연구의 일환으로 생마늘과 흑마늘 추출물을 동결건조 한 후 streptozotocin으로 당뇨를 유발한 흰쥐의 식이에 각각 1% 및 3% 첨가 급이하였다. 4주간 실험사육 후 체중 증가량과 식이효율은 흑마늘 추출분말 1% 첨가급이군이 당뇨를 유발하지 않은 정상군과 유사한 범위로 당뇨로 인한 체중감소 방지 효과가 있었다. 생마늘 및 흑마늘 추출분말 첨가 급이는 당뇨 흰쥐의 혈당은 대조군에 비해 유의적으로 낮았는데 생마늘 추출분말 1% 첨가 급이군에서 224.49±9.36 mg/dl로 가장 낮았다. 당화헤모글로빈은 당뇨 유발로 인하여 정상군에 비해 유의적으로 증가하였으나 생마늘과 흑마늘 추출분말을 급이함으로써 유의적으로 감소하였다. 혈액 중 총 지질과 콜레스테롤 함량은 생마늘 및 흑마늘 추출분말을 급이함으로써 대조군에 비해 유의적으로 감소하였으나 추출분말의 급이량에 따른 차이가 적었다. HDL-콜레스테롤 함량은 흑마늘 추출분말 1% 첨가군을 제외한 모든 실험군에서 당뇨 대조군에 비해 유의적으로 높았다. LDL- 및 VLDL-콜레스테롤 농도는 생마늘 추출분말 3% 첨가 급이군에서 유의적으로 낮은 함량으로 정량되었고, 동맥경화지수와 심혈관질환위험지수도 동일한 경향을 나타내었다. 혈중 GOT, GPT 및  $\gamma$ -GTP 활성도는 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다. 간장 내 글리코겐의 함량은 대조군에 비해 유의적으로 높았으며, 정상군과도 통계적인 유의차가 없었다. 신장조직에서 지질 과산화물 함량은 생마늘 및 흑마늘 추출분말 3% 첨가급이군에서 각각 86.67±6.74와 81.04±9.96 mmol/g wet kidney로 여타 실험군에 비해 유의적으로 낮아 정상군과 유사한 범위였다. DPPH 라디칼 소거활성은 혈액과 신장에서 당뇨 대조군에 비해 활성이 유의적으로 높았고 마늘 추출분말의 첨가량이 많을수록 활성이 더 높았다. 이상의 결과들을 종합하여 볼 때 생마늘 및 흑마늘 추출분말의 급이는 혈당저하, 간장내 글리코겐 함량 유지 및 생체내 지질 개선효과가 있었으며 흑마늘 추출분말 보다는 생마늘 추출분말을 급이하였을 더 효과적이었다. 그러나 향후 제품개발시 섭취 용이성을 고려해볼 때 흑마늘 추출분말도 그 효능을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.