

한국산 야생식용식물이 당뇨 유발 흰쥐의 혈당과 에너지대사에 미치는 영향*

임숙자 · 원세봄

덕성여자대학교 자연과학대학 식품영양학과

Effects of Korean Wild Vegetables on Blood Glucose Levels and Energy Metabolites in Streptozotocin Induced Diabetic Rats

Sook Ja Lim and Sae Bom Won

Department of Foods and Nutrition, College of Natural Sciences Duksung Women's university

Abstract

The hypoglycemic effects of five Korean wild vegetables, *Aralia continentalis* (*A. con.*), *Castanea crenata* (*C. cre.*), *Xanthium strumarium* (*X. str.*), *Alisma canaliculatum* (*A. can.*) and *Eupatorium chinense* var. *simplicifolium* for *tripartium* (*E. tri*) which have been utilized for the traditional remedies were investigated in this study. Diabetes mellitus was induced in male Sprague-Dawley rats by injections of streptozotocin (STZ) into the tail veins at a dose of 45 mg/kg. Five groups of STZ-induced diabetic rats were fed one of each experimental diet containing 10% of the Korean wild vegetable powder and normal and STZ-control rats were fed the control diet for five weeks. The body weight change, feed efficiency ratio (FER) and organ weights were compared. The plasma levels of glucose, protein, cholesterol, HDL-cholesterol, triglyceride, free fatty acid, and aminotransferase activity were determined. Mineral (Ca, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn and Zn) contents of the Korean wild vegetables were analyzed. The body weight gain was higher in normal, *C. cre.*, *A. can.* and *E. tri.* groups than in the diabetic control group. The FER of *C. cre.*, *A. can.* and *E. tri.* groups was significantly higher ($p < 0.05$) than that of diabetic control group. Liver weight was heavier in *A. con.*, *X. str.* and *A. can.* groups compared with the diabetic control group. The weights of kidney were lighter in all five Korean wild vegetable groups than in the diabetic control group. After five weeks, the plasma glucose level tends to be decreased in *A. con.*, *A. can.* and *E. tri.* groups. Plasma cholesterol level was decreased the Korean wild vegetables except for *X. str.* group. Plasma HDL-cholesterol level was significantly higher in *A. con.*, *A. can.* and *E. tri.* groups compared with the diabetic control group. Plasma triglyceride and free fatty acid levels were significantly higher in *X. str.* group compared with the diabetic control group. Mineral contents were higher in *E. tri.* (Ca, K, Na and Fe). The results suggest that the intakes of *A. con.*, *A. can.* and *E. tri.* have a hypoglycemic effect in diabetic rats showing the possibility as the valuable food resources for the prevention of diabetic mellitus.

Key words: hypoglycemic effect, *Aralia continentalis*, *Alisma canaliculatum*, *Eupatorium chinense* var. *simplicifolium* for *tripartium*

I. 서 론

당뇨병(diabetes mellitus)은 췌장에서 분비되는 인슐린의 분비장애로 혈중의 포도당을 에너지로 전환시키지 못하여 혈당치가 상승하고 당이 뇨로 배설되는 이 질환성 질병이다¹⁾. 당뇨가 유발되면 인슐린과 글루카곤의 분비이상으로 탄수화물, 단백질 및 지질의 생체

내 대사조절기능 장애를 일으킨다²⁾. 특히, 지질대사 장애는 중성지방의 증가 및 HDL-cholesterol의 감소를 가져와 주요 합병증인 관상동맥질환의 위험을 높이는 요인으로 확인되었다³⁾. 박 등⁴⁾의 연구에서는 인슐린 비의존성 당뇨병에 동반되어 나타나는 위험인자를 고혈압, 고지혈증 및 비만 등의 심혈관계질환으로 보고 적절한 당뇨 치료와 예방의 방향을 제시하였다. 근래에는 약물복용에 따른 부작용 문제가 부각되면서 오래전부터 민간약용으로 쓰여온 야생식용식물의 혈당

*본 논문은 1997년도 덕성여자대학교 교내 연구비에 의해 이루어졌음.

강하에 대한 관심과 식이보충제 개발의 중요성이 증대되고 있으며, 이 분야에 대한 연구도 국내외적으로 활발히 이루어지고 있다⁷⁾. 그러나, 이들의 약리효능과 생리적 기전 및 유효성분에 대한 연구는 아직 미흡하여 이 부분에 대한 체계적이고 과학적인 연구가 요구되고 있다. 본 연구에서는 한국산 야생식용식물의 섭취가 당뇨병 예방 및 치료에 미치는 영향을 알아보고자 민간에서 항당뇨병(抗糖尿病)에 식용 및 약용으로 이용되어 오던 독활, 밤, 창이자, 택사 및 향등골나물을 선택하여 streptozotocin(STZ)으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에서 혈당강하효과와 에너지원 조성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

야생식용식물은 그 종류가 다양하고, 전초(全草)나 열매, 잎, 줄기 및 뿌리 등의 각 부위가 식용 및 약용으로 이용되고 있다. 독활(*Aralia continentalis*)은 두릅나무과(*Araliaceae*)에 속하는 다년생초본으로 땃두릅 및 땅두릅이라고도 불리우며, 뿌리부분을 독활(獨活)이라고 한다. 한방과 민간에서는 뿌리를 해열·강장·거담·위암 및 당뇨병 등에 쓰이며, 어린 잎과 줄기는 특유의 향기와 맛이 있어 식용으로 널리 이용되고 있는 유용한 식물자원이다^{8,10)}. 화학성분으로는 15-diene-19-oic acid, herulic acid, diterpenic acid 및 caffeic acid 등이 있으며¹⁰⁾, 김 등¹¹⁾은 이 식물의 어린 잎으로부터 6종의 flavonoid성분을 분리하였다. 밤(*Castanea crenata*)은 참나무과(*Fagaceae*)로서 보통 밤나무를 일컫기도 한다. 일본과 중국에 분포하고, 우리나라는 산기슭에서 자생해서 산밤나무(*C. kusakuri*)에서 유래하는 것으로 보기도 한다. 민간에서는 이 견과를 달여서 먹으면 만성구토와 당뇨병을 치료한다고 알려져 있다^{8,12-14)}. 창이자(*Xanthium strumarium*)는 국화과(*Compositae*)에 속하는 한해살이풀로 도꼬마리라고도 불리우며, 높이는 1 m 내외로서 잎과 더불어 털이 있다. 어린 순을 식용으로하고, 익은 열매를 따서 건조한 '창이자(蒼耳子)'는 한방과 민간에서 진통·소양증·관절염 및 이뇨 등에 효과가 있다고 알려져 있다^{8,12,14)}. 열매는 황색 비결정형의 배당체 xanthostrumarin을 함유하고¹⁷⁾, 잎과 종자에 xanthanol, isoxanthanol, xanthinin, xanthumin 및 choline 등을 지니고 있다¹³⁾. 택사(*Alisma canaliculatum*)는 택사과(*Alismataceae*)에 속하는 다년생 초본으로 한국산 택사류는 2속 4종 2변종으로 분류되며 쇠귀나물 및 물택사라는 이름으로 불리운다. 줄기뿌리를 캐어 털뿌리를 떼어내고 말린 것을 '택사(澤瀉)'라 하고 한방에서는 습열을 제거하는 이뇨, 지갈제로 소변불리·빈뇨·소갈 및 신장염 등에 처방되고, 잎은 '엽택사'라 하며 만성

기관지염 및 당뇨병에 달여서 마시면 효과가 있다고 한다. 약리실험에서 현저한 이뇨작용 및 혈중 cholesterol의 양과 혈당치를 강하시키는 효능이 인정되었다^{16,17)}. 주요성분으로는 alisol A, alisol B, alisol monoacetate, episol A, choline, 전분 및 단백질 등이 함유되어 있다¹⁰⁾. 향등골나물(*Eupatorium chinense var. simplicifolium for tripartium*)은 국화과(*Compositae*)의 다년생초본으로서 한방과 민간에서는 풀 전체를 황달·보익·당뇨병·수종 및 산후복통 등에 사용되었고, 특히 당뇨병의 경우에 향등골풀 전체를 말린 것 적당량을 물로 끓여 그 즙을 차 대용으로 계속마시면 효과가 있다고 한다^{9,12,13)}. 민간요법으로 당뇨치료에 이용되어 온 식물은 전세계적으로 400여종에 달하고 있으며 그 효과에 대한 연구가 점차 진행되고 있다⁹⁾.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 한국산 야생식용식물은 독활(*Aralia continentalis*; *A. con.*), 밤(*Castanea crenata*; *C. cre.*), 창이자(*Xanthium strumarium*; *X. str.*), 택사(*Alisma canaliculatum*; *A. can.*) 및 향등골나물(*Eupatorium chinense var. simplicifolium for tripartium*; *E. tri.*)로서 5가지 식물을 선택하였다.

실험재료 중에서 독활, 창이자, 택사 및 향등골나물은 음건하여 세절한 것을 경동시장에서 구입하였고, 밤은 껍질질을 벗겨서 건조시켰다. 건조 후 분쇄하여 분말로 만들어 식이에 첨가하였다.

2. 실험동물사육 및 당뇨유발

실험동물은 실험사육장으로부터 공급받은 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 환경에 적응시키기 위해 고히 사료(삼양사료 주식회사)로 1주일간 예비사육하였다. 실험군은 1개의 정상대조군과 6개의 당뇨실험군으로 나누었고, 당뇨실험군은 당뇨를 유발시킨 후에 체중이 유사하도록 대조군, 독활군, 밤군, 창이자군, 택사군 및 향등골나물군으로 나눈 후에 stainless steel cages에서 5주간 사육하였다. 정상대조군과 당뇨대조군은 대조군식이료, 5가지 야생식용식물군은 각각 해당식이를 오전 9~10시 사이에 ad libitum으로 공급하였다.

실험식이는 과량의 당섭취가 혈당에 영향을 주는 것을 고려하여 AIN-76조제식이¹⁸⁾(대조군은 cellulose를 5%, corn starch 15%로, 실험군은 야생식용식물분말을 10%, corn starch 10%로)를 변형하여 동물사료로

Table 1. Composition of experimental diets (%)

Components	Control diet	A. con.*	C. cre.	X. str.	A. can.	E. tri.
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Corn starch	15.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Sucrose	20.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Cellulose	5.0	-	-	-	-	-
Korean wild vegetable	-	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AIN mineral mixture ¹⁾	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
AIN vitamin mixture ²⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

* A. con.: *Aralia continentalis*, C. cre.: *Castanea crenata*, X. str.: *Xanthium strumarium*, A. can.: *Alisma canaliculatum*, E. tri.: *Eupatorium chinense* var. *simplicifolium* for *tripartitum*.

1) AIN-76 Mineral mixture (g/kg)

Calcium phosphate dibasic (CaHPO₄) 500.0 Ferric citrate (16~17% Fe) 6.0 Potassium citrate, monohydrate (K₃C₆H₅O₇ · H₂O) 220.0 Sodium chloride (NaCl) 74.0 Manganous carbonate (43~48% Mn) 3.5 Magnesium oxide (MgO) 24.0 Potassium sulfate (K₂SO₄) 52.0 Cupric carbonate (53~55% Cu) 0.3 Potassium iodate (KIO₃) 0.01 Chromium potassium sulfate (CrK(SO₄)₂ · 12H₂O) 0.55 Zinc carbonate (70% ZnO) 1.6 Sodium selenite (Na₂SeO₃ · 5H₂O) 0.01 Sucrose, finely powdered to make 1000

2) AIN-76 Vitamin mixture (g/kg)

Thiamin-HCL 0.6 Riboflavin 0.6 Pyridoxine-HCL 0.7 Folic acid 0.2 D-Calcium pantothenate 1.6 Nicotinic acid 3.0 Cholecalciferol (vitamin D₃) 2.5 Retinyl palmitate or acetate (vitamin A) 0.8 Cyanocobalamin (vitamin B₁₂) 0.001 dl- α -Tocopheryl acetate (vitamin E) 20.0 Menaquinone (vitamin K) 0.005 D-Biotin 0.02 Sucrose, finely powdered to make 1000.

하였다(Table 1).

당뇨를 유발시키기 위하여 실험동물을 16시간 절식 시킨 후, 체장의 β -세포에만 특이적으로 작용하고 다른 기관에 영향을 미치지 않는다고 알려진 STZ (Sigma Chemical Co.)을 pH 4.5의 0.01M citrate buffer 에 최대 주사량이 1 ml 이내가 되도록 45 mg/kg BW 농도로 녹여 꼬리정맥에 주사하였다¹⁹⁾. 주사 후 24시간 후에 안구정맥총에서 혈액을 채취하여 원심분리 (HA-300, Hanil Centrifuge Co., Ltd) 한 후 상정액을 취하여 혈장 중의 포도당 농도가 300 mg/dl 이상인 것을 당뇨가 유발된 것으로 확인하였다. 정상대조군은 동량의 citrate buffer 용액을 주사하였다.

3. 분석시료 채취

일주일 간격으로 실험동물을 ether로 마취시킨 후, 혈액을 안구정맥총에서 채혈하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 혈장만을 취해 포도당과 cholesterol 농도를 측정하였다.

실험 마지막 주에는 실험동물을 단두로 희생시킨 후, heparinized tube에 혈액을 취하여 원심분리한 후 혈장만을 취하여 분석시까지 -70°C에서 급속냉동시켜 냉동보관하였다. 혈장에서 포도당, 단백질, cholesterol, HDL-cholesterol, 중성지방 및 유리지방산 농도와 aminotransferase 활성도를 측정하였다.

채혈 후 즉시 실험동물의 복부를 절개하여 간장, 신장, 비장 및 심장을 적출하여 여과지로 혈액을 닦아낸 후 각각의 무게를 측정하였다.

4. 식이섭취량, 식이이용효율 및 체중 변화량

매일 일정한 시간에 식이섭취량을 칭량하여 1일 섭취한 식이의 양을 측정하였고, 매주 평균 식이섭취량을 구하였다. 체중은 실험식 개시일을 0 day로 하여 매주 일정한 시간에 동일한 순서로 동물용 체중계로 측정하였고, 일주일 전의 체중과 비교하여 그 변화량을 구하였다.

식이이용효율(feed efficiency ratio: FER)은 측정된 식이섭취량에 대한 체중증가량으로 계산하였다.

5. 생화학적 분석

당뇨병의 지표로 많이 사용되는 혈중 포도당 농도는 glucose oxidase법²⁰⁾을 적용한 glucose kit(영동제약)를 이용하였다. 혈장 단백질 함량은 biuret법²¹⁾에 의한 biuret reagent(영동제약)를 이용하여 545 nm에서 흡광도를 측정하였다. 당뇨로 인한 지방대사의 이상을 알아보기 위하여 혈장 cholesterol²²⁾, HDL-cholesterol²³⁾ 및 중성지방²⁴⁾ 함량은 효소법에 의한 kit를 사용하여 측정하였다. 혈장 유리지방산은 ACS-ACOD 효소법²⁵⁾에 의한 NEFAZYME-S(신양화학약품)를 이용하여 측정하였다.

Hematocrit치는 Micro-hematocrit법²⁶⁾으로 모세관에 혈액을 넣어 microcapillary centrifuge로 고속원심 침전시켜 분리한 후 packed cell volume을 microcapillary reader로 측정하여 %로 표시하였다.

혈장 중의 aminotransferase 활성도의 측정은 Reitman-Frankel법²⁷⁾에 의해 aspartate aminotransferase(AST)

및 alanine aminotransferase(ALT) kit(영동제약)를 이용하여 505 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. 무기질의 함량 분석

야생식용식물의 건조시료에 함유된 무기질의 양은 습식분해방법에 의해서 발광광도계(Labtam Limited Inc., Model 8440 ICP: inductively coupled plasma)로 Ca, K, Mg, Na, Fe, Cu, Mn 및 Zn의 함량을 측정하였다²⁸⁾.

7. 통계 분석

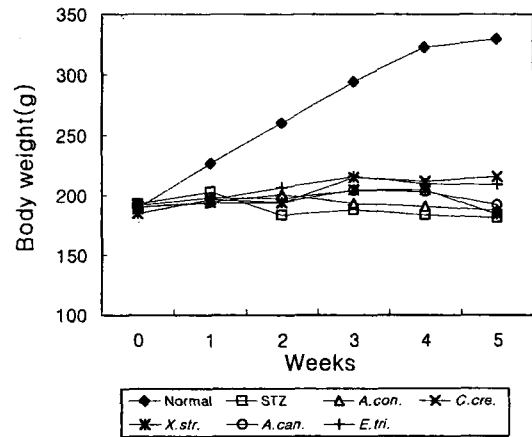
모든 data는 평균 및 표준편차를 계산하였고, 비교군들 간의 유의성 검증은 F-test로 한 후 L.S.D.검사법으로 확인하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식이섭취량, 식이이용효율 및 체중 변화량

야생식용식물의 식이섭취량 및 식이이용효율은 Table 2와 같다. 당뇨대조군의 1일 평균 식이섭취량은 25.8±6.4 g으로 정상대조군 17.6±1.8 g에 비해서 유의적인 증가를 보였고, 야생식용식물군들과 비교시 향등골나물군을 제외하고는 비슷하게 나타났다. 당뇨 실험군에서 식이섭취량의 증가는 당뇨병의 주요 증세인 다식현상으로 생각된다. 정상대조군의 식이이용효율은 0.23±0.03으로 당뇨대조군 -0.01±0.02 보다 유의적으로 높게 나타났다. 독활군, 밤군, 창이자군 및 택사군의 식이이용효율은 당뇨대조군과 비슷하였으나 향등골나물군은 유의적으로 높게 나타났다.

야생식용식물을 5주간 섭취시킨 흰쥐의 체중 변화는 Fig. 1에 나타나 있다. 본 실험기간 동안 실험동물의 체중변화는 초기 체중에 비해 당뇨가 유발되지 않은 정상대조군이 139.6±7.8 g의 가장 큰 체중증가를 보인 반면, 당뇨대조군은 10.9±16.1 g의 체중감소를 나타내었다. 당뇨대조군과 야생식용식물군들간의 비



A. con.: *Aralia continentalis*
 C. cre.: *Castanea crenata*
 X. str.: *Xanthium strumarium*
 A. can.: *Alisma canaliculatum*
 E. tri.: *Eupatorium chinense var. simplicifolium for tripartium*
 Values with different superscript are significantly different at the 5% level

Fig. 1. Changes in body weights of diabetic rats fed on Korean wild vegetables.

교에서는 향등골나물군(25.7±21.9 g)이 현저한 체중 증가를 보였다.

본 연구에서 당뇨실험군의 식이섭취량이 증가된 반면, 체중은 감소를 보여 식이이용효율은 낮게 나타났는데, 이것은 이 등²⁹⁾의 당뇨유발 흰쥐의 식이섭취량이 정상쥐에 비해 많음에도 불구하고 실험기간 중에 계속적인 체중의 감소가 일어나는 것이 당뇨에 의해 체내대사의 퇴행적인 변화 때문이라고 보고한 결과와도 일치한다.

2. 장기의 무게에 미치는 영향

5가지 야생식용식물 섭취에 따른 간장, 신장, 심장 및 비장의 무게는 체중 증가에 따른 오차를 배제하기

Table 2. Diet intake and feed efficiency ratio in diabetic rats efed on Korean wild vegetables¹⁾

	Normal	STZ	A. Con.*	C. cre.	X. str.	A. can.	E. tri.
Diet intake (g/day)							
1st week	14.1±1.0	17.9±5.6	19.8±2.1	19.8±5.0	23.0±3.3	20.2±4.2	19.7±6.2
2nd week	16.5±1.9	22.2±9.3	29.8±5.4	28.4±6.4	30.8±2.5	30.8±5.4	32.3±4.9
3rd week	18.6±3.2	29.8±7.6	33.8±2.7	33.2±8.4	35.0±5.4	32.9±3.3	36.1±2.6
4th week	19.2±4.0	29.6±7.2	31.7±2.4	30.7±5.8	32.7±5.6	33.8±3.4	35.2±2.9
5th week	21.6±2.9	33.1±9.2	31.0±8.8	33.9±5.9	36.3±5.8	36.0±6.2	38.8±2.9
MEAN ²⁾	17.6±1.8 ^a	25.8±6.4 ^b	30.3±4.9 ^{bc}	28.4±4.6 ^{bc}	30.8±3.3 ^{bc}	29.9±3.3 ^{bc}	31.5±2.7 ^c
FER	0.23±0.03 ^a	-0.01±0.02 ^c	-0.00±0.02 ^{bc}	0.00±0.04 ^{bc}	-0.00±0.03 ^c	0.00±0.02 ^{bc}	0.03±0.02 ^b

1) Values are mean ± S.D., n=5-7

2) Values with different superscript within the row are significantly different at 5% level.

Table 3. Organ weights in diabetic rats fed on Korean wild vegetables (g/100 g BW)¹⁾²⁾

	Liver	Kidney ³⁾	Heart	Spleen
Normal	3.44±0.19 ^a	0.33±0.02 ^a	0.30±0.02 ^a	0.44±0.07 ^a
STZ	5.52±0.99 ^{bc}	0.79±0.18 ^b	0.43±0.04 ^b	0.41±0.12 ^{ab}
<i>A. con.</i>	5.68±0.64 ^{bc}	0.75±0.05 ^{bc}	0.38±0.04 ^c	0.40±0.05 ^{ab}
<i>C. cre.</i>	4.84±0.77 ^c	0.69±0.17 ^{bc}	0.36±0.02 ^c	0.34±0.15 ^b
<i>X. str.</i>	6.11±1.77 ^b	0.74±0.07 ^{bc}	0.36±0.04 ^c	0.39±0.07 ^{ab}
<i>A. can.</i>	6.60±1.48 ^b	0.76±0.09 ^{bc}	0.37±0.03 ^c	0.40±0.03 ^{ab}
<i>E. tri.</i>	4.86±0.59 ^c	0.66±0.10 ^c	0.36±0.04 ^c	0.39±0.05 ^{ab}

1) Values are mean ± S.D., n=5-7

2) Values with different superscript within the column are significantly different at the 5% level

3) Means of two kidneys.

위하여 체중 100 g당 무게로 환산하여 나타내었다 (Table 3). 간장의 무게는 당뇨대조군(5.52±0.99 g)이 정상대조군(3.44±0.19 g)에 비해 무겁게 나타났다. 야생식용식물을 섭취한 군에서는 밤군(4.84±0.77 g)과 향등골나물군(4.86±0.59 g)을 제외한 나머지군에서 당뇨대조군과 비슷하게 나타나 당뇨유발로 실험동물의 간장이 무거워진 것을 알 수 있었다. STZ으로 당뇨가 유발되면 면역기능에 영향을 받아서 200~300 mg/dl의 혈당치일 때 간장조직이 비대해지는데³⁰⁾, 이는 인슐린 분비가 저하되어 당대사가 정상적으로 일어나지 않아 간장내에 지질성분이 축적되어 나타나는 것으로 보고되고 있다³¹⁾. 신장의 무게는 당뇨대조군(0.79±0.18 g)이 정상대조군(0.33±0.02 g)에 비해서 유의적으로 무겁게 나타났으며 야생식용식물군에서는 간장과 비슷한 경향을 보여서 향등골나물군(0.66±0.10 g)이 가장 가벼운 경향을 나타내었다. 신장의 비대현상은 혈장내 높은 농도의 포도당이 세포막의 비대를 가져오는 UDP-galactose 또는 glycogen으로 대사되어 사구체내의 mesangial cell에 축적되어 나타난다고 하였다³²⁾. 심장의 무게는 야생식용식물군이 정상대조군(0.30±0.02 g) 보다는 유의적으로 무거웠으나 당뇨대조군(0.43±0.04 g)과 비교시는 모두 가볍게 나타났다. 한³³⁾은 닭의장풀에서 심장무게의 증가는 근육과 조직에 혈액 공급이 원활하지 않아 심장의 작용이 증대되어 무게가 증가된 것으로 추정된다고 하였는데, 본 연구에서도 유사한 경향을 나타내었다. 비장의 무게는 당뇨대조군과 비교시 야생식용식물간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 밤군의 경우는 다른 실험군에 비해 낮게 나타났다.

3. Hematocrit치

야생식용식물이 hematocrit치에 미치는 영향이 Table 4에 나타나 있다. 본 실험에서는 정상대조군(41.8±4.6%)과 비교시 당뇨대조군 및 실험군에서 37.9

Table 4. Levels of hematocrit and plasma protein in diabetic rats fed on Korean wild vegetables¹⁾²⁾

	Hematocrit (%)	Protein (mg/ml)
Normal	41.8±4.6 ^{ab}	52.3± 8.8 ^{ab}
STZ	39.7±6.1 ^b	48.5± 7.1 ^a
<i>A. con.</i>	43.6±4.3 ^{ab}	60.3±11.3 ^{bc}
<i>C. cre.</i>	47.0±4.7 ^a	60.7±11.5 ^{bc}
<i>X. str.</i>	37.9±9.3 ^b	61.7±11.6 ^{bc}
<i>A. can.</i>	39.6±3.4 ^b	63.6± 1.8 ^c
<i>E. tri.</i>	40.9±4.7 ^{ab}	55.0± 3.8 ^{abc}

1) Values are mean ± S.D., n=5-7

2) Values with different superscript within the column are significantly different at the 5% level.

~47.0%로 유의적인 차이를 보이지 않았지만 당뇨대조군(39.7±6.1%)과 비교시에는 밤군에서 47.0±4.7%로 유의적인 차이를 나타내었고, 창이자군과 향등골나물군은 각각 43.6%와 40.9%로 정상대조군과 유사하였다. Brooks 등³⁴⁾의 연구에서도 STZ 당뇨흰쥐는 40±2%, 정상흰쥐는 42±1%로 나타나 당뇨흰쥐와 정상흰쥐의 hematocrit치는 비슷한 수준이었다고 보고하였다.

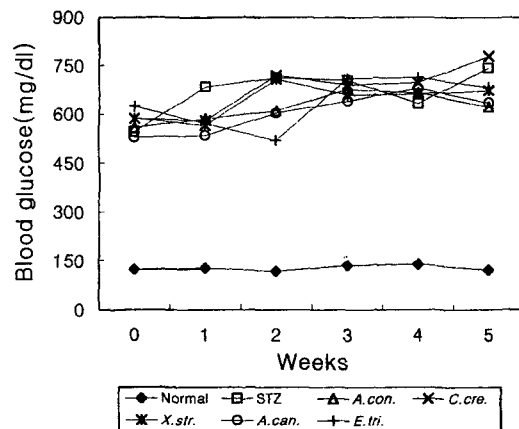


Fig. 2. Blood glucose levels in diabetic rats fed on Korean wild vegetables.

4. 혈장 포도당에 미치는 영향

야생식용식품 섭취에 따른 혈장 포도당 농도를 1주일 간격으로 측정한 변화가 Fig. 2에 나타나 있다. 실험기간 중에 당뇨대조군은 정상대조군에 비해 혈장 포도당 수준이 현저하게 증가하였다. 실험 5주 후 밤군을 제외한 야생식용식품군이 당뇨대조군 보다 낮은 혈당 수준을 보였으며, 이 중 독활군, 택사군 및 향등골나물군은 혈당이 감소하는 경향을 보이는 것으로 보아 혈당강화에 대한 효과성분이 존재할 가능성을 보여주었다. 야생식용식품군 중에서 밤군과 창이자군의 섭취가 고혈당증의 개선에 효과를 나타내지 못하였으며, 혈장내의 높은 수준의 지질 함량으로 미루어 볼 때 인슐린 저항이 유발됨에 따라서 지속적인 고혈당증을 나타내는 것으로 생각된다.

5. 혈장 단백질 함량에 미치는 영향

야생식용식품을 섭취한 동물의 혈장 중 단백질 함량은 Table 4에 나타나 있다. 정상대조군 및 야생식용식품군들이 당뇨대조군 보다 함량이 높게 나타났으나, 실험군들간의 비교에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 정상대조군과 당뇨대조군은 서로 유의적인 차이를 보이지 않았는데, 이러한 현상은 최³⁹⁾의 연구와도 일치한다. Chan 등³⁶⁾은 총 단백질 농도가 당뇨인 악하선에서 저하된다고 하였고, 인슐린 부족으로 단백질 합성은 감소되고 단백질 이화작용이 증가되어 다량의 아미노산이 혈액으로 유리되어 나와 포도당 신생작용 또는 에너지 급원으로 쓰이게 된다고 한다³⁷⁾. 본 연구에서도 당뇨대조군은 실험기간동안 계속된 당뇨의 지속으로 인해 혈장내 단백질이 에너지원으로 사용되어 함량의 감소를 보인 것으로 생각된다.

6. 혈장 cholesterol, HDL-cholesterol, 중성지방 및 유리지방산 함량

야생식용식품 섭취에 따른 혈장 중의 cholesterol 농도는 5주 후에 창이자군을 제외하고는 낮아지는 경향

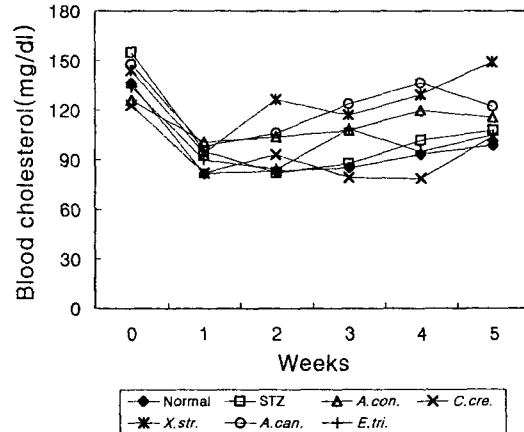


Fig. 3. Blood cholesterol levels in diabetic rats fed on Korean wild vegetables.

을 보였다(Fig. 3). 택사군은 약리실험^{10,16,17)}에서 보인 것처럼 혈장 cholesterol의 강하효과를 보였다. 당뇨가 조절되지 않은 상태에서는 간장의 hydroxymethyl glutaryl-CoA(HMG-CoA) reductase의 활성이 감소되고, 장의 HMG-CoA reductase 활성이 증가되어 순환 혈액으로 cholesterol 이동이 증가되어 나타난다³⁸⁾. 본 연구에서 창이자군의 유의적으로 높은 혈장 cholesterol 농도는 간장내 cholesterol 대사의 감소와 장내 cholesterol 합성 증가로 순환혈액으로 cholesterol 이동이 증가되어 나타난 것으로 생각된다.

HDL-cholesterol 농도는 당뇨대조군(30.7 ± 8.5 mg/dl)과 비교시 독활군, 택사군 및 향등골나물군이 높게 나타났고, 밤군과 창이자군은 유사함을 보였다(Table 5). 고지혈증과 HDL-cholesterol 농도의 감소는 당뇨병의 주요사망요인인 관상동맥질환^{3,39)}을 높이는 인자로 알려져 있다. 인슐린 비의존성 당뇨병 환자에게 인슐린이나 경구혈당강하제로 치료하지 않을 경우 혈청 중성지방의 증가와 HDL-cholesterol의 감소가 보고되었는데, HDL-cholesterol의 감소는 장기간 고중성지방 혈증이 지속된 경우 고밀도 지단백입자 내부의 cho-

Table 5. Levels of plasma: HDL-cholesterol, triglyceride and free fatty acid in diabetic rats fed on Korean wild vegetables¹⁾²⁾

	HDL-cholesterol (mg/dl)	Triglyceride (mg/dl)	Free fatty acid (μ Eq/L)
Normal	59.5 ± 7.0^a	128.6 ± 45.0^a	469.8 ± 87.4^a
STZ	30.7 ± 8.5^c	289.7 ± 71.0^{ab}	742.3 ± 233.6^{bc}
A. con.	41.8 ± 8.0^b	411.4 ± 75.9^b	784.8 ± 60.2^{bc}
C. cre.	30.4 ± 1.2^c	496.3 ± 292.9^{bc}	902.2 ± 206.0^{cd}
X. str.	30.0 ± 4.9^c	627.0 ± 222.5^c	1057.7 ± 286.8^d
A. can.	41.7 ± 2.8^b	377.7 ± 121.1^b	577.3 ± 211.3^{ab}
E. tri.	48.5 ± 11.8^b	290.6 ± 75.2^{ab}	638.1 ± 144.2^{ab}

1) Values are mean \pm S.D., n=5-7

2) Values with different superscript within the column are significantly different at the 5% level.

Table 6. Plasma aminotransferase activity in diabetic rats fed on Korean wild vegetables (KA unit/L)⁽¹⁾⁽²⁾

	AST		ALT	
	1 week	5 week	1 week	5 week
Normal	155.1±29.1 ^{ab}	134.8± 7.7 ^a	53.0± 8.6 ^a	54.9± 11.4 ^a
STZ	230.6±40.3 ^c	313.3±170.8 ^b	76.0±11.1 ^b	113.5± 33.5 ^{ab}
A. con.	175.1±18.2 ^{ab}	232.4± 58.8 ^{ab}	70.0±13.3 ^b	83.0± 26.9 ^a
C. cre.	183.4±18.6 ^b	492.4±184.2 ^c	75.3±14.2 ^b	362.5±170.6 ^c
X. str.	178.1±14.4 ^{ab}	229.1± 98.0 ^{ab}	44.8± 8.9 ^a	201.0± 84.1 ^b
A. can.	140.5±31.7 ^a	147.9± 25.8 ^a	54.0±10.5 ^a	79.8± 11.3 ^a
E. tri.	185.6±23.2 ^b	217.5± 28.9 ^{ab}	70.8± 6.4 ^b	105.4± 29.1 ^{ab}

1) Values are mean ± S.D., n=5-7

2) Values with different superscript within the column are significantly different at the 5% level.

lesterol이 중성지방으로 대체되기 때문이라고 한다⁴⁰. 또한, 인슐린 부족에 따른 lipoprotein lipase 활성화의 장애에 의한 것으로 HDL-cholesterol이 감소하는 고지혈증을 추정할 수 있다.

혈장 중의 중성지방 함량은 밤군(496.2±292.9 mg/dl)과 창이자군(523.2±301.5 mg/dl)을 제외하고는 당뇨대조군(309.6±151.7 mg/dl) 보다 낮았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다(Table 5). 독활군, 택사군 및 향등골나물군은 중성지방 함량이 낮게 나타났는데, 이는 포도당 농도가 낮아져 당·지질대사가 회복되어 나타난 결과로 생각된다. 혈청 지질 이상이 당뇨병에서 관심이 증대된 것은 최근의 주된 사망원인 중에 죽상경화증과 고지혈증에 관계가 있다고 알려졌기 때문인데⁴⁰, 고지혈증의 경우 정상인보다 혈장내 지방산이 중성지방으로 전환되는 속도가 증가하여 혈장내 중성지방 함량이 높아진다⁴¹는 사실이 잘 알려져 있다. Niall 등⁴²의 연구에서는 고혈당일 때 매우 높은 혈장 중성지방을 보인다고 하였는데, 밤군과 창이자군의 경우에 함량이 높은 것이 이와 유사한 결과라고 볼 수 있다.

야생식용식물 섭취에 따른 혈장 중의 유리지방산 함량은 중성지방과 유사한 경향을 보였다(Table 5). 택사군(577.3±211.3 μEq/L)과 향등골나물군(638.1±144.2 μEq/L)에서 당뇨대조군(742.3±233.6 μEq/L)에 비해 낮은 경향을 보였으나 유의적 차이는 보이지 않았다. 밤군(902.2±206.0 μEq/L)은 혈장 유리지방산이 감소되지 않았고 포도당의 산화측진도 보이지 않았는데, 이는 지속적인 고혈당증으로 체내 인슐린 분비가 저해되어 에너지원으로 포도당의 이용이 감소되어 지방조직으로 유리지방산이 과다 방출되고, carnitine 대사계에 의한 유리지방산의 산화가 감소되어 나타나는 것^{31,43}으로 보여진다. 혈장 유리지방산은 지방조직 중 중성지방의 가수분해에 의해 유리되어 albumin과 결합하여 운반되고⁴⁴, 지질대사 이상으로 변동되며⁴⁵ 내

당성이 감소되어 유리지방산의 농도가 증가된다고 한다. 밤군과 창이자군의 높은 혈장 유리지방산 농도는 혈장 중성지방 및 저밀도 지단백의 유리가 감소할 때 혈장 유리지방산의 농도가 감소된다는 보고^{46,47}와 유사하다고 생각된다.

7. 혈장 aminotransferase 활성도에 미치는 영향

간 손상정도를 알아보는 측정지표로서 AST와 ALT 활성도를 측정하였다.

혈장 AST 활성도는 초기에 당뇨대조군(230.6 KA unit/L)이 정상대조군과 야생식용식물군들보다 높게 나타났고, 5주 후에도 밤군을 제외하고는 유사한 결과를 보였다(Table 6). ALT 활성도도 밤군과 창이자군을 제외하고는 당뇨대조군보다 낮은 경향을 보였다. Aminotransferase 활성도의 증가는 간세포에 다량 존재하는 AST·ALT 효소가 간이 손상됨에 따라 세포외로 유출되어 혈중에 증가됨으로서 보여지는 것으로 생각된다.

8. 무기질의 함량

무기질 함량의 분석결과는 Table 7에 나타나 있다. Ca의 함량은 향등골나물에서 125.4 mg으로 가장 높았는데, 이는 임 등⁴⁸의 연구에서 닭의장풀(130 mg)과 유사한 수준을 나타내었다. 향등골나물은 K과 Na에서도 각각 216.7 mg과 5.3 mg으로 높은 경향을 보였고, Fe의 함량은 일반적으로 식용되는 양배추, 우엉

Table 7. Mineral contents of Korean wild vegetables (mg/100 g)

	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
A. con.	44.6	183.9	23.1	5.1	0.27	32.43	3.98	4.80
C. cre.	7.6	106.4	12.1	3.8	0.45	6.84	9.64	3.61
X. str.	33.0	97.3	43.7	4.4	1.85	17.46	2.21	6.78
A. can.	19.4	108.7	25.0	4.8	1.60	11.91	29.53	12.52
E. tri.	125.4	216.7	41.1	5.3	0.90	65.08	3.68	6.29

및 감자보다 높은 함량을 나타내었다⁴⁹⁾. Mn과 Zn의 함량은 텍사에서 29.53 mg과 12.52 mg으로 높았고, 창이자에서는 Mg과 Cu의 함량이 43.7 mg과 1.85 mg으로 다른 실험군에 비해 높게 나타났다. 밤과 독활에서는 대부분 낮은 수준을 나타내었다.

IV. 결 론

한국산 야생식용식물의 항당뇨효능을 입증하기 위한 연구의 일환으로, 민간요법에서 당뇨병에 효능이 있다고 알려진 독활, 밤, 창이자, 텍사 및 향등골나물을 STZ으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에게 분말식으로 5주간 섭취시킨 후 혈당과 체내 에너지 대사에 미치는 영향을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. STZ 당뇨 유발 흰쥐에 한국산 야생식용식물(10% powder)을 섭취시킨 후의 체중의 변화는 초기 체중에 비해 향등골나물군에서 현저한 증가를 보였고, 식이 이용효율도 비슷한 경향을 보여 향등골나물군에서 높게 나타났다.

2. 야생식용식물 섭취에 따른 체중 100 g당 장기의 무게를 살펴보면, 당뇨대조군과 비교시 간장무게는 밤군과 향등골나물군에서 가볍게 나타났다. 신장의 무게는 실험군들이 당뇨대조군보다 모두 가볍게 나타났고, 심장의 무게는 실험군들 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.

3. 혈장 포도당 농도에 미치는 영향은 5주 후에 독활군, 텍사군과 향등골나물군이 감소 경향을 보여 혈당강하 물질존재의 가능성을 보여 주었다.

4. 혈장 단백질 함량은 정상대조군 및 실험군들이 당뇨대조군보다 높게 나타났으나, 실험군들간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

5. 혈장 cholesterol 농도의 변화는 5주 후 창이자군을 제외한 모든군에서 감소하는 경향을 보였고, 혈장 HDL-cholesterol은 독활군, 텍사군 및 향등골나물군에서 정상대조군을 제외한 군들과 비교시 높은 경향을 보였다. 중성지방과 유리지방산 농도는 야생식용식물 섭취로 혈당강하 효과를 보여 당뇨상태 개선을 보인 텍사군과 향등골나물군이 낮은 농도를 보였다. Cholesterol, 중성지방 및 유리지방산 농도의 증가와 HDL-cholesterol의 감소를 보인 창이자군에서는 지질대사의 이상을 나타내었다.

6. 무기질의 함량은 향등골나물에서 Ca, K, Na 및 Fe가 높았고, 텍사는 Mn과 Zn에서 높게 나타났다. 밤과 독활은 대부분의 무기질 함량이 낮은 경향을 보였다.

본 실험결과로 볼 때, 한국산 야생식용식물 중 독활,

텍사와 향등골나물의 섭취는 혈당강하 작용을 나타내는 경향이 있어서 당뇨 치료식품으로서의 가능성을 보여주었다. 이는 혈당과 당뇨에 문제가 있는 환자의 식이요법에 이용과 새로운 조리법 등의 개발에 앞으로의 가능성을 제시하였다고 보여지며, 약리효능 성분의 규명이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Gerard, J.T. and Sandra, R.G.: Principles of anatomy and physiology. 8th ed. Harper Collins Publishers Inc. (1996).
- Campbell, R.K. and Steil, C.F.: Diabetes clinical pharmacology and theurapeutics. 4th ed. Williams & Wilks (1988).
- West, K.M., Ahuja, M.M.S., Bennett, P.H., Czyzyk, A., Acosta, O.M.D., Fuller, J.H., Oras, E., Orabauskas, V., Jarrett, R.J., Kosakak, K.H., Krolewski, A.S., Miki, E., Schliack, V., Teuscher, A., Watkins, P.J. and Stober, J.A.: The role of circulating glucose and triglyceride concentrations and their interaction with other 'risk factors' as determinations of arterial disease in nine diabetic population samples from the WHO multinational study. *Diabetes Care*, **6**: 361 (1983).
- 박용수, 이흥규, 김성연, 고창순, 민현기, 이종구, 안문영, 김용익, 신영수: 인슐린 비의 존형 당뇨병의 위험인자 분석. *당뇨병*, **20**: 14 (1996).
- Kim, T.H., Yang, K.S. and Whang, S.H.: Studies on the physicochemical activities of *Commelinae* herba extract on the normal and the streptozotocin-induced hyperglycemic rats. Thesis collection. *SM. Pharm. Sci.*, **7**: 39 (1990).
- 임숙자, 김수연, 이주원: 한국산 야생식용식물이 당뇨 유발 흰쥐의 혈당강하 및 간과 근육내 에너지원조성에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **28**: 585 (1995).
- Bailey, C.J. and Day, C.: Traditional plant medicines as treatments for diabetes. *Diabetes Care*, **12**: 553 (1989).
- 김태정: 한국의 자원식물 I-V, 서울대학교 출판부 (1996).
- 김태정: 약용식물, 대원사 (1990).
- 이승택, 채영암: 약용작물재배, 향문사 (1996).
- Kim, J.S., Kang, S.S., Lee, M.W. and Kim, O.K.: Isolation of Flavonoids from the Leaves of *Aralia continentalis*. *Kor. J. Pharm.*, **26**: 239 (1995).
- 이우철: 원색한국기준식물도감, 도서출판 아카데미서적 (1996).
- 이덕봉: 한국동식물도감 식물편(유용식물), 삼화서적주식회사 (1974).
- 이창복: 대한식물도감, 향문사 (1985).
- 육창수: 원색한국약용식물도감, 도서출판 아카데미서

- 적 (1993).
16. 정필근: 생약초, 홍신문화사 (1994).
 17. 과학백과사전출판사 동의학편집부: 한약집성방 동의학총서 15, 여강출판사 (1991).
 18. American instituti of Ad Hoc Committe (AIN) on standards for nutritional studies: Report of the committe. *J. Nutr.*, **107**: 1340 (1977).
 19. Lee, S.S. and Kim, J.W.: Pharmacological studies on the water extract of fractus of *Lycium chinese* Mill. *Duksung Bull. Pharm. Sci.*, **2**: 29 (1991).
 20. Raabs, E. and Terkildsen, T.C.: On the enzymatic determination of blood glucose. *Scand. J. Lab. Invest.*, **12**: 402 (1968).
 21. Gornall, A.G., Bardawill, C.S. and David, M.M.: Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.*, **177**: 751 (1949).
 22. Richmond, W.: Preparation and properties of cholesterol oxidase from nocardiasp and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. *J. Clin. Chem.*, **19**: 1350 (1973).
 23. Finley, P.R., Schiffman, R.B., Williams, R.J. and Luchti, D.A.: Cholesterol in high-density lipoprotein-Use of Mg^{2+} /dextran sulfate in its measurement. *Clin. Chem.*, **24**: 931 (1978).
 24. Giegel, J.L., Ham, S.B. and Clema, W.: Serum triglyceride determined colorimetry with an enzyme that produces hydrogen peroxide. *J. Clin. Chem.*, **21**: 1575 (1975).
 25. 金井 泉, 他. 臨床検査法提要. 改訂 第 29 版 p. 467 (1983).
 26. Bauer, J.D.: In clinical laboratory methods. 9th ed. Mosby Co. (1982).
 27. Reitman, S. and Frankel, S.: A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Am. J. Clin. Pathol.*, **28**: 58 (1957).
 28. Bewton, J.J., Benjamin, J.W. and Mills, A.: Plant analysis handbook. micro-Macro Publishing. Inc. (1991).
 29. 이정선, 손홍수, 맹영선, 장유경, 주진순: 메틸글루타미드 streptozotocin 유발 당뇨흰쥐의 장기무게 및 당질과 지질 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **27**: 819 (1994).
 30. Harvey, J.N., Jaffa, A.A., Margolius, H.S. and Mayfield, R.K.: Renal kallikrein and hemodynamic abnormalities of diabetic kidney. *Diabetes*, **39**: 299 (1990).
 31. Grey, N.J., Karls, I. and Kipnis, D.M.: Physiologic mechanism in the development of starvation ketosis in man. *Diabetes*, **24**: 10 (1975).
 32. Steer, K.A., Sochor, M. and McLean, P.: Renal hypertrophy in experimental diabetes changes in pentose phosphate pathway activity. *Diabetes*, **34**: 485 (1985).
 33. 한혜경: 닭의장풀이 streptozotocin 유발 당뇨 흰쥐의 혈당에 미치는 영향. 덕성여자대학교 박사논문 (1994).
 34. Brooks, D.P., Nutting, D.F., Crofton, J.L. and Share, L.: Vasopressin in rats with genetic and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetes*, **38**: 54 (1989).
 35. 최성숙: 하늘타리 추출물이 당뇨유발 흰쥐의 혈당강하와 에너지원 이용에 미치는 영향. 덕성여자대학교 박사논문 (1995).
 36. Chan, K., Chao, J., Proctor, G.B., Garrett, J.R., Shori, D.K. and Anderson, L.C.: Tissue kallikrein and tonin levels in submandibular glands of streptozotocin-induced diabetic rats and the effects of insulin. *Diabetes*, **42**: 113 (1993).
 37. 조윤옥, 윤은경: Vitamin B₆ 결핍이 streptozotocin 유발 당뇨 흰쥐의 에너지 대사물 농도에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **27**: 228 (1994).
 38. O'mera, N.M.G., Devery, R.A.M., Owens, D., Collins, P.B., Johnson, A.H. and Tomkin, G.H.: Cholesterol metabolism in alloxan-induced diabetic rabbits. *Diabetes*, **39**: 629 (1990).
 39. Castelli, W.P., Wilson, P.F., Lery, D. and Anderson, K.: Serum lipids and risk of coronary artery disease. *Atherosclerosis Rev.*, **21**: 7 (1990).
 40. 대한당뇨병학회: 당뇨병학, 고려의학 (1992).
 41. Nikkila, E.A. and Kekki, M.: Plasma triglyceride transport kinetics in diabetes mellitus. *Metabolism*, **22**: 1 (1973).
 42. Niall, M.G., Rosaleen, A.M., Daphne, O., Patrick, B. C., Alan, H.J. and Gerald, H.T.: Cholesterol metabolism in alloxan-induced diabetic rabbits. *Diabetes*, **9**: 626 (1990).
 43. McGary, J.D. and Foster, D.W.: Regulation of hepatic fatty acid oxidation and ketone body production. *Ann. Rev. Biochem.*, **49**: 395 (1980).
 44. 정재환, 이승일, 김원식, 박상규, 이강수, 조진국: 정상인 및 각종 환자에게서의 혈청 지질에 관한 연구. *대한내과학회잡지*, **28**: 365 (1985).
 45. Gordon, R.S.: Unesterified fatty acid in human blood plasma. *J. Clin. Invest.*, **36**: 810 (1955).
 46. Hoffman, B.B., Dall'Aglio, E., Hollenbeck, C., Chang, H. and Reaven, G.M.: Suppression of free fatty acid and triglyceride in normal and hypertriglyceridemic rats by the adenosine reception agonist phenylisopropyladenosine. *J. Pharm. Exp. Ther.*, **239**: 715 (1986).
 47. Reaven, G.M., Chang, H. and Hoffman, B.B.: Additive hypoglycemic effects of drugs that modify free fatty acid metabolism by different mechanisms in rats with streptozotocin-induced diabetes. *Diabetes*, **37**: 28 (1988).
 48. Lim, S.T. and Kim, M.W.: Hypoglycemic effects of Korean wild vegetables. *Kor. J. Nutr.*, **25**: 511 (1992).
 49. 농촌진흥청: 식품성분표. 4차 개정판 (1991).

(1997년 10월 9일 접수)