

메밀급여가 Streptozotocin유발 당뇨쥐의 장기무게 및 당질과 지질대사에 미치는 영향

이정선 · 손흥수 · 맹영선 · 장유경* · 주진순
한림대학교 한국영양연구소, 한양대학교 식품영양학과*

Effects of Buckwheat on Organ Weight, Glucose and Lipid Metabolism in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Lee, Jung Sun · Son, Heung Soo · Maeng, Young Sun · Chang, Yu Kyung* · Ju, Jin Soon
Korea Nutrition Institute, Hallym University, Chuncheon, Korea
Department of Food & Nutrition,* Hanyang University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The present study was undertaken to evaluate the effects of 50% buckwheat diet on the body weight, organ weight, urine albumin, urine glucose, plasma glucose and plasma lipid in normal rats and diabetic rats treated with streptozotocin(STZ). The food intake, body weight, the level of urine glucose in diabetic buckwheat groups were not significantly different with diabetic control group. The level of urine albumin was lower in raw and steam buckwheat group than in the diabetic control group. Compared to the normal control group, liver and kidney weights were heavier in the diabetic groups. Pancreas weight was heavier diabetic buckwheat groups than in normal and diabetic control groups. Fasting plasma glucose level of diabetic buckwheat groups significantly decreased by 18-37% compared with the diabetic control group. Plasma triglyceride level of diabetic buckwheat groups significantly decreased by 34-50% compared with the diabetic control group. Plasma total cholesterol level of diabetic buckwheat groups decreased by 15-27% compared with the diabetic control group. The level of HDL-cholesterol was not affected by buckwheat diet. These results indicate that buckwheat is an effective therapeutic regimen for the control of metabolic derangements in diabetics.

KEY WORDS : buckwheat · diabetic rat · plasma glucose · plasma lipid.

서 론

당뇨병(Diabetes Mellitus, DM)은 췌장 Langerhan's섬 β세포의 인슐린 분비장애와 인슐린에 대한 말초조직 저항성에 의해 초래되는 고혈당(hypergl-
채택일 : 1994년 9월 8일

ycemia)을 특징으로하는 이질성 질환(heterogenous disorder)이다¹⁾. 당뇨병의 증상은 혈당 농도가 증가되며 뇨로 당이 배설되고 탄수화물 뿐만아니라 단백질과 지질대사에 이상을 초래한다. 이러한 당뇨증세가 지속되면 신경병증, 혈관병증 등의 합병증이 유발된다.

당뇨병은 치료하기 어려운 질병으로 치료 의약품과 함께 식이요법이 절대적으로 필요하다. 현재 당뇨병 환자의 식이요법은 저지방식으로 전분성이며 glycemic index가 낮은 복합탄수화물 식품의 섭취를 증가시키고 있는 추세이다²⁾. 일반적으로 glycemic response는 식품의 소화율에 따라 다르며, 식품의 소화율은 식품에 존재하는 전분의 종류 및 특성과 단백질, 지방, 식이섬유 및 antinutrients에 의해서 영향을 받게 된다³⁾. 특히 전분질 식품의 소화율은 조리형태에 따라 다르며, 조리형태는 혈당과 인슐린에 대한 반응을 현저하게 변화시킨다고 보고되었다⁴⁾. 혈당 농도의 조절은 장기간 당뇨병을 앓고 있는 환자에게 나타나는 합병증을 감소시킨다고 보고되고 있다⁵⁾.

메밀(*Fagopyrum esculentum* Moench)은 마디풀과에 속하는 일년초로서 분류학상 곡류와는 구별되지만 곡류와 유사한 특성을 갖고있다⁶⁾. 메밀은 탄수화물 식품이지만 lysine, arginine, leucine 등 필수아미노산을 많이 함유하고 있으며, 다른 곡류에 비하여 영양학적으로 우수한 아미노산 조성을 가지고 있다⁷⁾. 메밀의 주요 지방산은 palmitic acid, oleic acid, linoleic acid 등이며⁸⁾, Ca, Fe, Mg, Se 및 Mn 등의 무기질 및 각종 수용성 비타민들도 풍부하게 함유하고 있다⁶⁾. 또한, 메밀에는 모세혈관의 투과성을 향상시키는 rutin과 당뇨병의 안구압에 관여하는 quercetin과 같은 flavonoid계 성분이 함유되어 있으며⁹⁾ 다른 곡류에 비하여 수용성 식이섬유의 함량이 높다¹⁰⁾. 뿐만아니라 메밀은 trypsin inhibitor를 함유하고 있으며¹¹⁾, trypsin inhibitor는 췌장의 크기 및 소화효소와 호르몬 분비¹²⁾¹³⁾ 그리고 여러 생화학적 요인들¹²⁾¹⁴⁾에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다.

한편, 낱메밀은 정상쥐의 혈당강하에 효과가 있다고 보고되었으며¹⁵⁾, 정상성인에게 메밀부침 급여 후 혈당부하실험(glucose tolerance test)시 쌀과 감자보다 insulin과의 반응이 낮았으며, 혈당 농도를 완만하게 증가시켰다고 보고되었다¹⁶⁾. 이와같이 메밀이 함유하고 있는 성분들과 정상쥐 및 정상성인에서 나타난 혈당강하 효과를 고려하여 볼 때 메밀은 당뇨병에 유용한 식품으로 사료되나, 메밀이

당뇨병에 미치는 연구는 아직 수행되지 않은 실정이다. 본 연구에서는 낱메밀이 당뇨쥐에 미치는 효과에 대해 조리방법이 미치는 영향을 확인하며, 메밀의 새로운 이용방법을 개발하기 위해 시료로써 낱메밀, 볶은메밀, 전메밀을 이용하였다. 이렇게 조리상태가 다른 메밀을 streptozotocine 유발 당뇨쥐에 50% 급여시 장기 및 혈당과 혈중지질에 미치는 영향에 대하여 조사하였기에 이에 보고하는 바이다.

실험재료 및 방법

1. 실험식이

본 실험에서 시료로 사용한 메밀은 강원도 가평군에서 1991년에 수확된 것을 구입하여 낱메밀, 볶은메밀, 전메밀로 나누어 처리하였다. 즉 약 100℃로 달구어진 용기에서 25분 동안 타지 않게 저어주어 볶은메밀로 하였으며, 전메밀은 물로 씻은 메밀의 물기를 제거한 후 1시간동안 찜기에서 수증기에 의해 가열하고 실온에서 건조시킨 후 분쇄(20 mesh)하여 실험식이에 50%가 되도록 첨가하였다.

2. 실험식이의 일반성분, 총식이섬유 및 trypsin inhibitor 함량 분석

메밀의 일반성분은 AOAC방법¹⁷⁾에 의하여 분석하였다. 수분은 105℃에서 건조하였으며, 회분은 550℃에서 회화하였고, 조단백질은 micro-kjeldahl 방법(질소계수×6.25), 조지방은 soxhlet 방법, 총당은 anthrone 방법¹⁸⁾에 의해 각각 측정하였다. AOAC방법¹⁷⁾에 의한 총식이섬유 분석은 효소중량법(enzymatic-gravimetric method)으로써 시료를 termamyl(heat stable α -amylase)로 액화시킨 다음, protease와 amyloglucosidase를 차례로 반응시켜 단백질과 전분을 제거하고 가수분해된 용액의 잔사를 ethanol과 acetone으로 세척하여 건조 전, 후의 무게차에 의하여 구하였다. Trypsin inhibitor 함량은 Ikeda 등의 방법¹¹⁾에 의하여 측정하였다. 즉 buffer와 메밀가루의 비율을 10:1로 하여 0.02M sodium acetate buffer(pH 4.5)로 4℃에서 2시간 동안 흔들어

주면서 trypsin inhibitor를 추출하였다. 추출액은 원심분리한 후 trypsin inhibitor활성 측정에 이용하였다. 추출액의 trypsin inhibitor활성은 trypsin에 의한 기질인 BApNA가수분해 억제 정도로 측정하였으며¹⁹⁾ 시료 g에 대한 mg으로 계산하여 나타내었다.

3. 실험동물

실험동물은 Sprague-Dawley rats(270~340g)를 한림대학교 실험동물부로부터 분양받아 일정한 조건(온도 : 20~22℃, 습도 : 50%, 명암 : 12시간주기 조명)하에서 안정시킨 후 steel cage에서 한마리씩 사육하였다. 당뇨병 유발은 0.01M citrate buffer(pH 4.5)에 용해시킨 streptozotocin을 1회(60mg/kg BW) 복강 주사하여 실험적으로 당뇨병을 유발시켰다. 당뇨병의 확인은 뇨당 측정용 strip(Boehringer mannheim, Germany)을 이용하여 뇨당 농도가 300 mg이상인 것만을 당뇨병이 유발된 것으로 간주하였다.

실험동물은 정상대조군(Normal control; n=10), 당뇨대조군(Diabetic control; n=11), 당뇨날메밀군(Diabetic raw buckwheat; n=10), 당뇨볶

은메밀군(Diabetic roast buckwheat; n=13), 당뇨찜메밀군(Diabetic steam buckwheat; n=12)으로 나누어 2주간 사육하였다. 물과 사료는 자유로이 섭취시켰으며, 사료 섭취량은 매일 일정한 시간에 그리고 체중은 2일 간격으로 측정하였다. 식이성분 조성은 Table 1과 같았다.

4. 생화학적 측정방법

2주간 실험사육이 끝난 실험동물은 12시간동안 절식시킨 후 ether로 가볍게 마취시켜 복부대동맥에서 채혈하여 항응고제(5% EDTA)가 들어 있는 15ml polypropylene tube에 조심스럽게 넣고 2~3회 가볍게 기울여 잘 섞이도록 한 다음 3000rpm(4℃)에서 10분간 원심분리하여 혈장을 분리하여 분석 전까지 -70℃ 냉동고에 보관하였다. 장기는 떼어내어 saline으로 처리한 후 물기를 filter paper로 잘 닦아낸 후 무게를 측정하였다. 뇨와 변은 2주 사육이 끝난 다음날 metabolic cage에서 24시간 동안 수집하였으며, 뇨의 경우 총부피를 측정한 다음 3000rpm에서 10분간 원심분리하여 이물질을 제거한 후 분석 전까지 -70℃ 냉동고에 보관하였다.

혈당과 뇨당은 glucose oxidase법에 따라 조제된

Table 1. Composition of the experimental diets (%)

Ingredients	Normal & diabetic		Diabetic		
	control	Raw buckwheat	Roast buckwheat	Steam buckwheat	
Casein	20.0	14.5	13.3	14.3	
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.2	
Sucrose	50.0	24.5	26.1	25.1	
Corn starch	15.0	0.0	0.0	0.0	
Fiber	5.0	3.2	3.3	3.2	
Corn oil	5.0	3.7	3.5	3.5	
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	
AIN-mineral mix ¹⁾	3.5	2.6	2.4	2.5	
AIN-vitamin mix ²⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	
Buckwheat	0.0	50.0	50.0	50.0	

1) AIN-76 Vitamin mix(g/kg mix) : thiamin · HCl 0.6, riboflavin 0.6, pyridoxine · HCl 0.7, nicotinic acid 3, D-calcium pantothenate 1.6, folic acid 0.2, D-biotin 0.02, cyanocobalamin 0.001, retinyl palmitate 0.8(250,000IU/g), DL-alpha-tocopheryl acetate 20(250IU/g), cholecalciferol(400,000IU/g) 0.005, menaquinone 0.005, sucrose 972.9

2) AIN-76 Mineral mix(g/kg mix) : CaHPO₄ 500, NaCl 74, K citrate monohydrate 220, K₂SO₄ 52, MgO 24, Mn carbohydrate 3.5, Fe citrate 6.0, Zn carbonate 1.6, Cu carbonate 0.3, KIO₃ 0.01, Na₂SeO₃ · 5H₂O 0.01, CrK(SO₄)₂ · 12H₂O, 0.55, sucrose 118

kit(Wako Co., Japan)로, 노알부민은 BCG(Bromcresol green)방법으로 조제된 kit((Wako Co., Japan)로, 혈장중의 중성지질, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤은 enzymatic colorimetic 방법을 이용한 kit(Wako Co., Japan)로 각각 측정하였다.

5. 자료의 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SAS computer program²⁰⁾을 이용하여 분석되었다. 각 결과들은 실험군 별로 평균과 표준오차를 구하였으며, 메밀의 효과를 보기위해 각각의 실험 결과들은 ANOVA에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's

multiple range test를 행하여 실험군 사이의 평균의 차이에 대한 통계적 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

처리 방법을 달리한 메밀시료의 일반 성분은 Table 2와 같았으며, 총식이섬유(total dietary fiber) 및 trypsin inhibitor의 함량은 Table 3과 같았다. Ikeda등¹¹⁾의 보고에서 메밀을 90°C에서 1시간 처리했을때 trypsin inhibitor의 활성이 20% 정도 감소하여 비교적 열에 안정하다고 보고하였으나 본 실험에서는 100°C의 볶는 과정에서 64%, 찌는 과정에서 67% 파괴되었다.

실험동물의 식이 섭취량, 사료효율(Feed efficiency ratio) 및 실험기간 중의 체중 변화량은 Table 4와 같았다.

식이섭취량은 정상군보다 당뇨군에서 유의적으로 많았으며, 이는 당뇨병으로 인한 다식 현상으로 생각된다. 당뇨대조군과 당뇨메밀군에서 식이섭취량의 유의적인 차이는 없었다. 체중은 정상대조군에서 30.5g 증가한데 비해 모든 당뇨군들의 경우

Table 2. Proximate composition of buckwheats(%)

	buckwheat		
	Raw	Roast	Steam
Moisture	14.70±0.05 ¹⁾	2.24±0.01	8.54±0.02
Crude protein	10.94±0.03	13.32±0.19	11.47±0.50
Crude fat	2.70±0.04	3.11±0.09	2.94±0.12
Crude ash	1.76±0.01	2.25±0.02	2.03±0.11
TAC ²⁾	66.20±0.56	76.69±1.11	76.46±3.29

1) Mean±S.D.

2) TAC : Total available carbohydrate

Table 3. Contents of total dietary fiber and trypsin inhibitor of buckwheats

	buckwheat		
	Raw	Roast	Steam
Total dietary fiber(%)	3.64±0.03 ¹⁾	3.44±0.02	3.64±0.03
Trypsin inhibitor(mg/g)	0.58±0.04	0.21±0.03	0.19±0.01

1) Mean±S.D.

Table 4. Diet intake, FER and weight change of the experimental rats

Group	Number of animal	Diet intake (g/day)	FER ²⁾	Weight change (g)
Normal control	10	19.8±1.1 ^{a1)}	2.02±0.48 ^a	30.5±13.1 ^a
Diabetic control	11	38.6±1.8 ^b	-1.23±0.22 ^b	-48.4±9.5 ^b
Diabetic buckwheat				
Raw buckwheat	10	37.4±1.2 ^b	-0.98±0.32 ^b	-37.6±11.5 ^b
Roast buckwheat	13	38.7±1.6 ^b	-1.08±0.22 ^b	-39.7±7.3 ^b
Steam buckwheat	12	35.7±1.8 ^b	-1.50±0.22 ^b	-51.9±10.6 ^b

1) Mean±S.E.

2) FER(Feed efficiency ratio) : Weight gain divided by total feed intake during the experimental period Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among the groups by Duncan's multiple range test

에는 감소하였다. 2주간의 실험기간이 끝난 후 당뇨군들의 체중 감소는 당뇨전메밀군이 51.9g으로 가장 컸고 당뇨날메밀군이 37.6g으로 가장 적었다. 당뇨쥐의 식이 섭취량이 정상쥐에 비해 많음에도 불구하고 실험 기간 중에 계속적인 체중의 감소가 일어나는 것은 당뇨에 의한 체내대사의 퇴행적인 변화 때문이며 메밀에 의한 소화를 감소에 의한 것은 아니라고 생각된다. 최 등²¹⁾은 소맥면에 30% 메밀가루를 첨가해서 정상쥐에 급여했을 때 당질과 지방질 및 단백질의 소화율에 유의적인 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. 따라서 식이효율도 정상대조군에 비해서 모든 당뇨군에서 현저히 낮았으며, 당뇨전메밀군에서 낮은 경향을 나타내었으나 유의적인 차이는 아니었다.

실험동물의 24시간 동안의 변량, 뇨량, 뇨중 당함량 및 뇨중 알부민함량은 Table 5와 같았다.

2주 사육이 끝난 후 24시간 동안 수집된 뇨 및 변의 배설량은 정상대조군에서 보다 모든 당뇨군에서 유의적으로 많았다. 뇨중 당함량은 정상대조군에서는 0.06g/dl인데 비하여 당뇨대조군은 8.90g/dl이었으며, 당뇨날메밀군, 당뇨볶은메밀군 및 당뇨전메밀군의 뇨당은 각각 9.3g/dl, 8.19g/dl, 8.17g/dl로 메밀의 급여는 당뇨쥐의 뇨중 당함량에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 24시간 뇨중 총알부민 함량은 정상대조군의 33.7g에 비해서 모든 당뇨군에서 많았으며, 당뇨메밀군 중 날메밀군에서 가장 적었으나 유의적인 차이는 아니었다. 당뇨병인 경우 뇨알부민은 뇨단백질이 배출되기 이전에 나

타나며 당뇨병성 신증을 예측하는 지표로써 알려져 있다. 실험적으로 유도된 당뇨쥐의 신장변화는 사람에게서 관찰되는 것과 유사한 것으로 보고 되었으며 당뇨병성 신증이 발생되면 혈당조절에도 불구하고 진행을 막을 수 없다고 보고되었다²²⁾.

실험동물의 장기무게는 Table 6과 같았으며, 본 실험에서 정상쥐에 비해 당뇨쥐의 체중감소가 현저하여 장기자체의 무게와 체중에 대한 %비율로 나타내었다.

간장의 무게는 정상대조군에 비하여 당뇨대조군에서 48% 증가되었으며 당뇨날메밀군, 당뇨볶은메밀군 및 당뇨전메밀군은 각각 37%, 40%, 32% 증가되었다. 당뇨병에서의 간장의 비대는 streptozotocin에 의한 체내 인슐린의 저하로 정상적인 당대사가 원활하게 일어나지 않아 acetyl-Co A에서의 지질대사체계(lipid metabolism system)가 형성되어 간장내에 지질성분이 축적되기 때문이며, 본 실험의 결과는 송 등의 보고²³⁾와 일치하고 있다.

신장의 무게도 정상대조군에 비하여 당뇨대조군에서 91% 증가되었으며 당뇨날메밀군, 당뇨볶은메밀군 및 당뇨전메밀군은 각각 72%, 79%, 85% 증가되었다. Wesson²⁴⁾은 신장비대를 관찰 비교하는 방법으로서 흔히 체중에 대한 신장의 무게비를 사용하였으나 당뇨쥐의 경우 체중의 감소가 동반되므로 이러한 방법은 신장의 무게가 상대적으로 과대 평가될 가능성이 많다고 보고 하였다. 이러한 신장의 비대는 당뇨병에 의한 신장대사 변화 때문인 것으로 알려지고 있으며²⁵⁾ 정상쥐의 체장을 당뇨

Table 5. Contents of fecal weight, urine volume, urine glucose and urine albumin of the experimental rats

Group	Fecal weight (g)	Urine volume (ml/24hr)	Urine glucose (g/dl)	Urine albumin (g/24hr)
Normal control	1.19±0.15 ¹⁾	13±1 ^a	0.06±0.04 ^a	33.7±5.4 ^a
Diabetic control	5.54±1.00 ^b	258±21 ^b	8.90±0.38 ^b	110.7±26.6 ^b
Diabetic buckwheat				
Raw buckwheat	6.82±1.05 ^b	238±29 ^b	9.30±0.85 ^b	75.6±12.3 ^{ab}
Roast buckwheat	6.95±1.00 ^b	250±21 ^b	8.19±1.45 ^b	125.5±16.8 ^b
Steam buckwheat	6.44±0.69 ^b	231±26 ^b	8.17±1.21 ^b	88.5±21.2 ^b

1) Mean±S.E.

Values within the same column with different alphabets are significantly different ($p < 0.05$) among the groups by Duncan's multiple range test

메밀첨가와 당뇨쥐의 대사

쥐에 이식하거나 당뇨쥐의 신장을 정상쥐로 이식할 경우 당뇨병에 의한 신장의 이상은 회복된다고 보고되었다²⁶⁾. 이자의 무게는 정상대조군보다 모든 당뇨군들에서 감소되었으며 당뇨대조군과 당뇨메밀군들 사이에 유의적인 차이는 없었다. 췌장의 무게는 날메밀군, 볶은메밀군, 전메밀군에서 당뇨대조군에 비하여 각각 47%, 43%, 47% 증가되었으나 체중에 대한 췌장무게의 비율로 볼 때는 trypsin inhibitor를 가장 많이 함유하고 있는 날메밀군에서 췌장의 무게가 가장 많이 증가하였으며 열

처리에 의해 trypsin inhibitor의 60% 이상이 파괴된 볶은메밀과 전메밀은 유사한 수준을 나타내었다. Trypsin inhibitor에 의한 이러한 췌장의 무게 증가는 췌장의 생리적 변화 뿐만아니라 조직학적 변화를 수반한다고 보고되었으나¹²⁻¹⁴⁾ 본 실험의 메밀섭취군에서 보여준 췌장무게의 증가 원인이 trypsin inhibitor 때문인지를 확인하기 위해서는 췌장변화에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

실험동물의 혈당, 혈중 중성지질, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 함량은 Table 7과 같았다.

Table 6. Organ weight of the experimental rats

Group	Liver	Kidney	Spleen	Pancreas
		(g)		
Normal control	3.68 ± 0.18 ^{a1)}	0.68 ± 0.04 ^a	0.35 ± 0.08 ^a	0.30 ± 0.02 ^a
Diabetic control	5.45 ± 0.08 ^c	1.30 ± 0.04 ^b	0.23 ± 0.02 ^a	0.38 ± 0.02 ^b
Diabetic buckwheat				
Raw buckwheat	5.05 ± 0.02 ^{bc}	1.17 ± 0.04 ^b	0.28 ± 0.02 ^a	0.44 ± 0.03 ^b
Roast buckwheat	5.18 ± 0.20 ^{bc}	1.22 ± 0.05 ^b	0.22 ± 0.02 ^a	0.43 ± 0.02 ^b
Steam buckwheat	4.89 ± 0.18 ^b	1.26 ± 0.04 ^b	0.29 ± 0.04 ^a	0.44 ± 0.02 ^b
		(g/100g of body weight)		
Normal control	12.71 ± 0.49 ^a	2.39 ± 0.10 ^a	1.01 ± 0.17 ^a	0.99 ± 0.05 ^{ac}
Diabetic control	13.27 ± 0.57 ^a	3.15 ± 0.13 ^b	0.56 ± 0.05 ^b	0.92 ± 0.03 ^a
Diabetic buckwheat				
Raw buckwheat	13.22 ± 0.59 ^a	3.06 ± 0.14 ^b	0.74 ± 0.07 ^b	1.14 ± 0.05 ^c
Roast buckwheat	12.91 ± 0.58 ^a	3.02 ± 0.11 ^b	0.54 ± 0.04 ^b	1.06 ± 0.04 ^{bc}
Steam buckwheat	11.94 ± 0.76 ^a	2.97 ± 0.12 ^b	0.50 ± 0.05 ^b	1.05 ± 0.04 ^{abc}

1) Mean ± S.E.

Values within the same column with different alphabets are significantly different ($p < 0.05$) among the groups by Duncan's multiple range test

Table 7. Concentration of plasma glucose, triglyceride, total cholesterol and HDL-cholesterol in the experimental rats (mg/dl)

Group	Glucose	TG	Total cholesterol	HDL cholesterol
Normal control	154.8 ± 9.7 ^{a1)}	69.5 ± 14.0 ^a	51.9 ± 3.7 ^a	34.2 ± 14.6 ^a
Diabetic control	547.6 ± 29.4 ^c	178.0 ± 40.7 ^b	63.8 ± 8.9 ^a	33.3 ± 9.8 ^a
Diabetic buckwheat				
Raw buckwheat	391.7 ± 65.9 ^b	93.0 ± 17.8 ^a	52.3 ± 3.7 ^a	31.4 ± 13.2 ^a
Roast buckwheat	345.1 ± 37.9 ^b	89.2 ± 8.4 ^a	54.1 ± 4.2 ^a	34.7 ± 7.6 ^a
Steam buckwheat	443.9 ± 38.6 ^{bc}	124.4 ± 19.5 ^{ab}	46.4 ± 4.8 ^a	30.4 ± 13.5 ^a

1) Mean ± S.E.

Values within the same column with different alphabets are significantly different ($p < 0.05$) among the groups by Duncan's multiple range test

정상대조군의 공복시 혈당은 154.8mg/dl이었으며, 당뇨대조군은 547.6mg/dl로 정상군에 비하여 254% 증가되었다. 당뇨날메밀군, 당뇨볶은메밀군 및 당뇨전메밀군의 혈당은 각각 391.7mg/dl, 345.1mg/dl, 443.9mg/dl로써 당뇨대조군에 비하여 각각 28%, 37%, 18% 감소하여 당뇨볶은메밀군에서 가장 큰 혈당강하 효과를 나타내었다. 이와 같은 결과는 정상쥐에서 나타난 혈당강하 효과와 일치하며¹⁵⁾, 정상인을 대상으로 고 등¹⁶⁾이 실시한 당부하실험시 쌀과 감자에 비해 메밀이 낮은 인슐린 반응성과 둔화된 혈당 증가율을 나타냈다는 보고와 관련되는 것으로 사료된다. 한편 Jenkins 등²⁶⁾은 다른 곡류에 비해 메밀이 낮은 glycemic index를 나타낸다고 보고하였다. 낮은 glycemic index를 나타내는 식품은 장에서 늦게 소화되어 천천히 대사되기 때문에 당뇨환자의 혈당조절에 커라란 잇점을 나타낸다.

혈중 중성지질의 함량은 정상대조군에 비하여 당뇨대조군에서 178.0mg/dl로 156% 증가되었으며 당뇨날메밀군, 당뇨볶은메밀군, 당뇨전메밀군은 당뇨대조군에서 보다 각각 48%, 50%, 34% 감소하여 날메밀군과 볶은메밀군은 정상대조군과 유의하게 같은 수준을 나타내었다. 최 등²¹⁾은 정상쥐에 10~30% 메밀첨가국수를 섭취시켰을 때 대조군과 소맥국수군에 비해 메밀첨가군에서 혈중 및 간장의 중성지질이 저하되는 경향을 나타냈다고 보고하였다. 당뇨병에서 고지혈증은 흔히 관찰되며²⁸⁾, 지질 섭취 수준에 따라 중성 지질의 증가가 영향을 받는 것으로 보고되고 있지만²⁹⁾ 본 실험의 경우 당뇨대조군과 당뇨메밀군의 식이내 지질 함량과 식이 섭취량이 같은 것으로 볼 때 지질 섭취량 이외의 다른 대사적 요인으로 혈장내 지질 함량이 감소된 것으로 사료된다. 이러한 혈청지질 강하효과는 식이내 주요 영양소나 식이섬유의 변화없이 식이의 glycemic index를 낮추었을 때 총혈청콜레스테롤과 중성지질의 감소가 일어난다고 보고된 것과 일치하는 결과이다³⁰⁾.

혈중 총콜레스테롤 함량은 정상대조군에 비하여 당뇨대조군에서 23% 증가되었으며 당뇨날메밀군, 당뇨볶은메밀군, 당뇨전메밀군은 당뇨대조군에서

보다 각각 18%, 15%, 27% 감소되었으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이 등³¹⁾은 *in vitro*에서 메밀껍질의 메탄올 추출물이 콜레스테롤 합성의 중요한 조절 효소인 HMG-Co A(3-Hydroxy-3-methylglutaryl Co A) reductase 효소활성을 현저하게 저해한다고 보고하였다. 메밀은 껍질을 완전히 제거하기가 어려워 껍질이 혼입된 채 식품으로 이용되고 있기 때문에 이와 같은 영향이 본 실험의 혈중 총콜레스테롤 저하기전과 관련되는 것으로 사료된다.

정상대조군, 당뇨대조군 및 당뇨메밀군들의 혈장 중 HDL-콜레스테롤함량은 실험군간에 차이를 나타내지 않았다. 당뇨병에서 HDL-콜레스테롤의 농도변화는 많은 연구에서 일치되고 있지 않으나³²⁾ 이 등³³⁾은 정상인보다 당뇨환자에서 HDL₂-콜레스테롤이 감소하였다고 보고하였다. 관상동맥질환의 유병율과 HDL사이에는 역상관계가 있다는 것이 알려져 있고 HDL이 감소되어 있는 관상동맥질환에서 HDL₃가 거의 정상 농도를 유지하는데 비하여 HDL₂농도는 현저하게 감소하기 때문에 HDL의 관상동맥 방어 효과는 HDL₂에 있는 것으로 보고되고 있으며 당뇨병에서 HDL₂-콜레스테롤의 측정이 중요시 되고 있다³²⁾.

본 실험의 결과 공복시 혈당과 혈중 중성지질에 미치는 영향은 날메밀에서 보다 볶은메밀에서, 혈중 콜레스테롤에 미치는 영향은 전메밀에서 더욱 크게 나타났으므로 메밀의 다양한 조리방법을 이용함으로써 섭취 증가가 가능하며, 또한 당뇨에 유익한 영향을 미치는 원인을 확인하기 위해서는 좀 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

결 론

본 연구는 조리방법을 달리한 50% 메밀식이 급여가 streptozotocin유발 당뇨쥐의 체중, 장기무게, 뇨알부민, 뇨당, 혈당, 혈중 중성지질, 혈중 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 모든 당뇨군은 당뇨로 인한 대사상의 변화로 정상군과는 다른 생리적인 차이를 나타내었다. 당뇨대조군과 당뇨메밀군의 식이섭취량, 체

중, 뇨당함량에는 유의적인 차이가 없었으며 뇨 알부민함량은 당뇨대조군보다 당뇨날메밀군과 당뇨천메밀군에서 감소하였다. 모든 당뇨군들은 정상군에 비해 간장과 신장의 무게가 증가하였으며, 당뇨메밀군들은 당뇨대조군에서 보다 장기 변화에 미치는 영향이 감소되었다. 췌장무게의 경우는 정상대조군 및 당뇨대조군에 비해 당뇨메밀군에서 증가하였다. 당뇨메밀군의 혈당은 당뇨대조군에 비해 18~37% 유의적으로 감소되었으며 당뇨메밀군의 혈중 중성지방은 당뇨대조군에 비해 34~50% 유의적으로 감소되었다. 혈중 총콜레스테롤 함량은 당뇨대조군에서 보다 당뇨메밀군에서 15~27% 감소하는 경향이였으며 정상대조군과 유사한 함량을 나타내었다. 혈중 HDL콜레스테롤 함량은 모든 군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 본 연구의 결과, 메밀은 당뇨로 인한 대사적인 변화를 효과적으로 예방할 수 있는 식품으로 사료된다.

■ 감사의 글

본 연구는 1992년 한림대학교 교비 연구비에 의하여 이루어진 것이므로 이 자리를 빌어 깊은 감사를 드립니다.

Literature cited

- 1) 이현철. 인슐린 비의존형 당뇨병에서 인슐린 분비. *당뇨병* 12(2) : 113-118, 1989
- 2) Menendez CM, Stoecker BJ. The role of the diet in improving glyceimic control. In : Javanovic L, Peterson CM, eds. Nutrition and diabetes, p15-36, Alan R. Liss Inc., New York, 1985
- 3) Thorne MJ, Thompson LU, Jenkins DJA. Factors affecting starch digestibility and the glyceimic response with special reference to legumes. *Am J Clin Nutr* 38 : 481-488, 1983
- 4) 임상선 · 김미혜 · 송정자 · 이종호. 조리 형태를 달리한 쌀과 보리의 급여가 정상인의 혈당과 인슐린에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* 20(4) : 293-299, 1991
- 5) Cahill GF, Etwiler DD, Freinkel N. Control and Diabetes. *N Engl J Med* 294 : 1004-1005, 1977
- 6) Marshall HG. Advances in cereal science and te-

- chnology. Vol. 5 : 127-150, 1982
- 7) Yeshajahu P, George SR. Amino acid composition of buckwheat. *J Agr Food Chem* 20(2) : 270-274, 1972
- 8) Mazza G. Lipid content and fatty acid composition of buckwheat seed. *Cereal Chem* 65(2) : 122-126, 1987
- 9) Havsteen B. Flavonoids a class of natural products of high pharmacological potency. *Biochem Pharm* 32 : 1141-1148, 1983
- 10) 김은희. 주요 한국산 식품의 식이섬유소 함량과 분석 방법의 비교. 고려대학교 대학원 박사학위 논문, 1991
- 11) IKeda K, Kusano T. Isolation and some properties of a trypsin inhibitor from buckwheat grain. *Agric Biol Chem* 42(2) : 309-314, 1978
- 12) Struthers BJ, Macdonald JR, Dahlgren RR, Hopkins DT. Effects on the monkey, pig and rat pancreas of soy products with varying levels of trypsin inhibitor and comparison with the administration of cholecystokinin. *J Nutr* 113 : 86-97, 1983
- 13) Ypshiko Y, Tsuneo F. Hypertrophy and hyperplasia in the endocrine and exocrine pancreas of rats fed soybean trypsin inhibitor or repeatedly injected with pancreozymin. *Arch Histo Jap* 39(1) : 67-78, 1976
- 14) Struthers BJ, Macdonald JR, Prescher EE, Hopkins DT. Influence of several plant and animal proteins on rat pancreas. *J Nutr* 113 : 1503-1512, 1983
- 15) 최 면 · 김종대 · 박경숙 · 오상용 · 이상용. 메밀 보충급여가 백서의 혈당 및 혈압에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* 20(4) : 300-305, 1991
- 16) 고은숙 · 최문기 · 주진순 · 윤태현 · 김종대 · 임경자 · 안영숙 · 김순옥. 건강인에 있어서의 메밀, 감자 및 쌀의 장기적인 glyceimic indices의 효과. *한국영양연구소 연구업적집* 6 : 1-8, 1988
- 17) Association of official analytical chemists, 15th ed, 1990
- 18) Osborne DR, Voogt P. The anayisis of nutrients in foods. p130-131, Academic Press, New York, 1981
- 19) Erlanger BF, Kokowsky N, Cohen W. The preparation and properties of two new chromogenic

- substrates of trypsin. *Arch Biochem Biophys* 95 : 271-278, 1961
- 20) Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics. Mac Grow-Hill Book Company NY. P481, 1960
- 21) 최용순 · 안 철 · 심호흡 · 최 면 · 오상용 · 이상영. 인스탄트 메밀국수가 백서의 소화 흡수율, 간장 및 혈청지질 농도에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* 21(5) : 478-483, 1992
- 22) Rosenstock J, Raskin P. Early diabetic nephropathy : Assesment and potential therapeutic interventions. *Diabetes Care* 9(5) : 529-545, 1986
- 23) 송기호 · 김석환 · 최종원. 고혈당 쥐의 췌장효소 활성화에 미치는 nicotinamide의 영향. *한국영양식량학회지* 21(2) : 117-123, 1992
- 24) Wesson LG. Compensatory growth and other growth response of the kidney. *Nephron* 51 : 149-184, 1989
- 25) 홍성관 · 고경수 · 김성연 · 조보연 · 이홍규 · 고창순 · 민현기. 당뇨병 유발 백서의 초기 신장 비대와 신장조직 IGF-1. *당뇨병* 14(1) : 29-34, 1990
- 26) Mauer SM, Steffes MW, Michael AF, Brown DM. Studies of diabetic nephropathy in animal and man. *Diabetes* 25(suppl.2) : 850-857, 1976
- 27) Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Feieiden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. Glycemic index of foods : A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34 : 362-366, 1981
- 28) 이병두. 당뇨병과 고지혈증. *당뇨병* 14(1) : 13-22, 1990
- 29) Bierman EL, Amaral AP, Belknap BH. Hyperlipidemia and diabetes mellitus. *Diabetes* 15 : 675-679, 1966
- 30) Jenkins DJA, Wolever TMS, Kalmusky J, Giudici S, Giordano C, Wong GS, Bird JN, Patten RP, Hall M. Low glycemic index carbohydrate foods in the management of a hyperlipidemia. *Am J Clin Nur* 42 : 604-617, 1985
- 31) 이윤형 · 신용목 · 이재은 · 최용순 · 이상영. 식물추출물로부터 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase의 활성저해제 탐색. *생물공학학회지* 6 : 55-59, 1990
- 32) Witztum J, Schonfeld G. High density lipoprotein. *Diabetes* 28 : 326, 1979
- 33) 이문규 · 민용기 · 이병두 · 최상전 · 조보연 · 이홍규 · 고창순 · 민현기. 당뇨병환자에게서의 HDL subfraction에 관한 연구. *당뇨병* 10(1) : 67-74, 1986