

율무겨 급여가 고지혈증 및 당뇨유발 백서의 지질대사와 당내성에 미치는 영향

김혜경[†] · 조동욱* · 함영태*

한서대학교 식품생물공학과

*중앙대학교 생명공학과

The Effects of Coix Bran on Lipid Metabolism and Glucose Challenge in Hyperlipidemic and Diabetic Rats

Hye-Kyung Kim[†], Dong-Wook Cho* and Young-Tae Hahm*

Dept. of Food and Biotechnology, Hanseo University, Chungnam 356-820, Korea

*Dept. of Biotechnology, Chungang University Kyungkido 456-756, Korea

Abstract

Even though coix (*Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen*) has many physiological effects, since it has been known to cause sterility, farmers avoid using coix bran as a forage for their livestock. Therefore, as the consumption of coix increases, coix bran, which is a by product of pounding process, becomes a serious issue of environmental problem. Present study examined the physiological effects of coix bran in normal and diabetic rats for its possible use as a functional material. The effects of coix bran supplementation on plasma and hepatic lipid profile were evaluated in rats fed one of the following diet for 12 weeks : chow diet, chow-bran diet (chow diet+25% coix bran), high fat diet and high fat-bran diet (high fat diet+25% coix bran). Additionally, glucose challenge and lipid metabolism in streptozotocin-diabetic rats were also examined. In normal rats, consumption of coix bran remarkably reduced body weight gain in chow or high fat diet fed rats. Additionally, consumption of coix bran reduced blood TG, TC and atherogenic index (26%, 24% and 72%, respectively) in chow diet fed rats. Liver TG and cholesterol concentrations were reduced (43% and 49%, respectively) in high fat fed rats by coix bran supplementation. In diabetic rats, fasting blood glucose level was reduced about 25% by coix bran consumption. Also, glucose challenge pattern was improved and resembled normal pattern : it reaches to peak 15~30 minutes after glucose administration and get back to fasting blood glucose level after 90 minutes. Plasma concentrations of TG were elevated in diabetic rats and were reduced to normal level by coix bran supplementation. Liver TG and cholesterol concentrations were also elevated in diabetic rats and reduced to normal level by consumption of coix bran. These results suggest that coix bran may have beneficial effects on blood lipid and glucose level in normal and diabetic rats.

Key words: coix bran, hyperlipidemic, diabetic, glucose challenge, lipid profile

서 론

율무는 화분과에 속하는 일년생 재배식물로서 열량 및 수분함량은 곡류와 비슷하나 단백질 함량은 곡류에 비해 두배 이상으로 월등히 높으며, 지질함량 역시 높다. 또한 탄수화물중 당질의 함량은 낮고 섬유소의 함량은 높은 것으로 알려져 있다. 최근 건강식품 소재로 이용되고 있는 율무의 약효 성분은 주로 뿌리와 종자에 있으며, 진위, 이노, 진롱, 진경 및 자양 등에 효과가 있다고 알려져 왔고 인도에서는 혈당저하제로도 이용되고 있다. 최근 뿌리에 서 분리된 coixol 성분은 진통작용을 가지며, 종자에서 추

출한 coixenolide 성분은 항종양 효과가 있는 것이 밝혀져 과학적 뒷받침을 해주고 있지만(1-3) 율무의 여러 가지 약효 성분은 아직까지 명확히 밝혀지지 않고 있다. 또한 율무는 혈장 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 저하시키고 조직과 혈장간의 콜레스테롤 재분배를 담당하는 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켜 전체적인 지질대사에 관여하는 것으로 알려졌다(4,5).

율무는 특용작물로 생산 및 소비가 국가별로 제한되어 있어 그 양이 비교적 적기는 하지만 우리나라의 경우는 일본으로의 수출이 해마다 크게 증가하고 있다. 일본에서는 이미 1980년 초에 지정재배 작물로 인정된 이래 많은

[†]To whom all correspondence should be addressed

가공식품이 나오고 있고 그 소비량은 점차 증가되고 있는 실정이다. 1990년 일본의 의약품 울무 부족량은 403 M/T에 달하고 그 부족분에 대한 주요 수입국은 한국과 태국을 꼽고 있다 또한 우리 나라에서도 최근 울무차가 시판자판기로 나오기 시작할 정도로 그 소비량이 크게 증가되고 있다. 이렇게 울무소비가 증가됨에 따라 울무 가공의 기본 공정에서 도정시 나오는 등겨, 찌라기 등의 부산물이 상당량 되지만 폐지, 소 등의 가축에서 설사를 일으키고 가축의 임신장애가 우려되어 사료로 이용되지 못하고 있다 그러므로 이러한 폐미의 처리가 환경오염 등 커다란 문제점으로 제시되어 그 활용방안 및 처리 대책이 경제적, 환경적 관점에서 매우 중요하다고 하겠다. 그러나 울무 부산물에 대한 연구는 국내의 모두에 전혀 없는 실정이므로 본 연구에서는 울무 부산물의 생리활성 효과를 탐색하여 고부가 기능성 물질로의 개발 가능성을 제시하고자 울무 부산물이 고지혈증 유발쥐의 지질대사 및 당뇨유발쥐의 혈당과 지질대사에 미치는 영향을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 울무부산물(울무겨)은 연천군 진곡농협산하 울무가공공장에서 제공받은 것을 사용하였다.

이화학적 성분분석

울무 부산물의 일반 성분분석은 AOAC(6)법에 의하여 분석하였다. 수분은 상압가열 건조법으로 건조하였으며, 회분은 550°C에서 회화하였고, 단백질은 Kjeldahl법, 지방은 ethyl ether를 용매로 하여 Soxhlet법, 조섬유는 Hemneberg-Stohman 개량법(7)에 의해 측정하였다. 당질은 수분, 회분, 단백질을 제외한 나머지 성분으로 계산하였다

실험동물 및 식이

실험 I: 실험 I에 사용된 동물은 생후 3주된 Sprague-Dawley계 수컷으로 일주일간 표준 사료(삼양사료 주식회사)로 예비 사육한 후 난괴법에 따라 7마리씩 4군으로 임의 배치하여 12주간 사육하였다. 실험군은 ① 시판되는 표준사료를 급여한 정상대조군(chow), ② 정상대조군 식이에 25% 울무겨를 첨가한 정상울무겨군(chow bran), ③ 고지방군(high fat)과 ④ 고지방군에 25% 울무겨를 첨가한 고지방울무겨군(high fat bran)으로 나누었다. 식이의 형태는 정상대조군 ①과 정상울무겨군 ②는 pellet 형으로, 정상울무겨군은 표준 사료를 곱게 빻은 진조가루에 울무겨를 25% 첨가한 혼합물을 골고루 섞고 소량의 증류수를 첨가하여 stiff paste를 만든 틀에 부어서 pellet으로 만들어 사용하였다. 고지방군 ③과 고지방울무겨군 ④는 semipurified diet로 powder형의 식이었다 이들 실험식

이의 성분 조성은 Table 1과 같다.

정상대조군의 에너지 구성비는 총 에너지 중 당질 61%, 단백질 27%, 지방12%로 구성되었고, 조섬유는 1.2%이었다. 정상 울무겨군의 에너지 구성비는 당질 63%, 단백질 25%, 지방 12%로 구성되었으며 조섬유가 9%이었다. 고지방군의 에너지 구성비는 당질 38%, 단백질 16%, 지방 46%로 구성되었고 섬유소는 2%이었으며, 고지방울무겨군의 에너지 구성비는 당질 39%, 단백질 18%, 지방 43%로 구성되었고 섬유소는 10%이었다.

실험 II: 생후 4주된 Sprague-Dawley계 수컷으로 일주일간 표준 사료(삼양사료 주식회사)로 예비 사육한 후 당뇨유발을 위하여 0.1 M citric buffer (pH 4.5)에 용해시킨 streptozotocin을 1회(Sigma chemical Co., 50 mg/kg BW) 복강 주사하였다. 당뇨의 확인은 주사 24시간 후 꼬리에서 혈액을 채취하여 포도당 농도가 300 mg/dL 이상인 것만을 당뇨병이 유발된 것으로 간주하였다. 실험군은 정상대조군(normal-control, NC), 당뇨대조군(diabetic-control, DC), 당뇨울무겨군(diabetic-bran, DB)으로 나누어 4주간 사육하였다. 대조군은 시판 고형사료를 공급하였고 울무겨군은 시판 고형사료에 울무겨 25%를 섞어 pellet형태로 만들어 공급하였다

식이 섭취 및 체중 증가는 매주 측정하였으며, 사료효율(food efficiency ratio, FER)은 체중 증가량(g)/사료 섭취량(kcal)으로 계산하였다.

시료 채취

실험 I의 경우 12주간의 실험사육이 끝난 동물은 12시간 절식시킨 후 단두로 희생하였고, 희생직후 단두된 부위로부터 혈액을 채취하였다. 실험 II의 경우 4주간의 실험사육이 끝난 동물은 12시간 절식시킨 후 당내성 반응(glucose challenge)을 위해 공복시 혈액을 채취하고 50% 포도당 용액(75 mg glucose/kg BW)을 복강 주사한 후 15, 30, 60, 90분 후의 혈액을 안구정맥에서 채취하였으며

Table 1. Composition of experimental diets (g/100g diet)

Ingredients	Chow ¹⁾	Chow-bran ²⁾
	High fat	High fat-bran ³⁾
Corn starch	37.5	28
Sucrose	10	7
Casein	20	15
DL-Met	0.3	0.2
Lard	25	20
Salt mixture	4	3
Vitamins mixture	1	1
Cellulose	2	1
Choline-biotararate	0.2	0.2
Coix bran		25

¹⁾Chow diet
²⁾Chow diet+25% coix bran
³⁾High fat+25% coix bran

30분 후 단두하여 희생하여 정상혈액을 채취하였고, 이때의 혈당 농도는 정상 혈당치로, 12시간 절식 후 포도당 주사직전의 혈당 농도는 공복시 혈당치로 정의하였다. 또한 당내성 반응시험중 실험동물은 절식시켰다. 혈액은 얼음에서 30분간 방치 후 3000 rpm으로 20분간 원심 분리하여 혈청을 얻었고 분석 전까지 -70°C에 냉동 보관하였다. 희생직후 개복하여 간을 적출하여 생리식염수로 세척한 후, 냉장온도의 KCl-PO₄ buffer(pH 7.4)로 균질 용액을 만들어 액체질소에 냉동 보관하였다.

시료분석

혈당농도는 포도당 산화효소와 과산화수소 효소를 이용한 kit(영동제약)를 사용하여 505 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청중의 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤은 효소법에 의한 kit(영동제약)를 이용하여 측정하였고, 중성지방 함량은 Trinder법에 의한 kit(영동제약)를 사용하여 분석하였다. LDL-콜레스테롤은 Friedwald 등(8)이 발표한 산출방정식을 이용하여 계산하였다. 동맥경화증 발생에 중요한 죽종(atheroma) 형성능력을 나타내는 지표로 사용되는 atherogenic index(AI)는 [(총 콜레스테롤)-(HDL-콜레스테롤)]/(HDL-콜레스테롤)의 공식에 의해 계산되었다.

간의 중성지방, 총 콜레스테롤은 Folch 등의 방법(9)에 의해 지질을 추출한 후 혈청과 같은 방법으로 측정하였다

통계 분석

각 처리구의 측정값은 평균치와 표준오차를 구하였으며 각 군에서의 울무겨 첨가에 의한 통계적 유의성은 Bonferroni t-test를 이용하여 p<0.05 수준에서 각 실험군간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

울무부산물의 이화학적 성분

울무겨의 이화학적 성분은 수분 5.8%, 단백질 2.3%, 당질 29.6%, 지방 1.5%, 회분 20.0%, 조섬유 40.8%이었다 (Table 2) Aoki와 Tuzihara(4)는 울무 외피의 성분을 분석하여 수분 7.1%, 단백질 10.6%, 당질 34.9%, 지방 2.6%, 회분 12.6%, 조섬유 32.3%로 보고하였는데 본 연구와 비

Table 2. General composition of coix bran

Composition	Contents (%)
Water	5.8
Protein	2.3
Carbohydrate	29.6
Lipid	1.5
Ash	20.0
Crude fiber	40.8

교해 보면 단백질 함량이 훨씬 높고 회분, 조섬유 함량이 낮았는데 이는 도정 정도에 따른 차이일 것으로 사료된다.

증체량, 식이섭취량 및 식이효율

12주간의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 3에 나타내었다. 열량섭취량은 정상식이군의 경우 울무겨 첨가에 의한 영향이 없었지만, 고지방식이군의 경우 울무겨 첨가군이 7주 이후부터 다른 식이군에 비해 낮은 섭취량을 보여 12주 후의 총 열량섭취량은 고지방군에 비해 10% 정도 낮았다

체중증가량은 정상식이군 및 고지방식이군 모두 울무겨 첨가에 의하여 25~30% 낮아져 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 고지방울무겨군의 경우, 식이섭취량의 감소로 인한 체중감소가 주요 원인으로 작용한 것으로 생각되며 따라서 이 실험군의 식이효율은 유의적 차이가 없었다. 정상식이군의 울무겨 첨가에 의한 체중증가량 감소는 열량섭취량 차이가 아닌 다른 원인에 의한 것으로 보인다. Han과 Han(10)은 고지방식이 및 정상식이군에 pectin이나 cellulose를 첨가해도 8주간의 식이급여 후 섬유소 부첨가군과 비교했을 때 체중증가량에 차이가 없다고 보고하였고, Jang과 Park(11)은 식이섬유 함량을 6%에서 1%로 바꾸었을 때 식이섭취량이나 체중증가량의 변화가 없다고 보고하였다 또한 섬유질의 열량회석 효과를 보상하기 위해 섬유소 첨가시 식이섭취량이 증가하고, 체중증가량도 식이섬유소 첨가군이 높은 것이 여러 보고에서 밝혀졌다(12,13). 그러므로 울무겨군에서의 체중 차이가 단순히 섬유소 때문은 아닐 것으로 사료된다. 그러나 Lee와 Hwang(14)은 알긴산, 셀룰로오스, 펙틴 등의 섬유소를 10~10.0%까지 변화시켰을 때 식이섭취량은 각군간에 차이가 없었으나 체중증가량의 경우 셀룰로오스군은 차이가 없었고 알긴산과 펙틴군은 섬유소 함량이 1%에서 10%로 증가됨에 따라 감소됨을 보고하였다.

혈중 지질성분

혈액중의 지질성분 함량은 Table 4에 나타내었다. 혈

Table 3. Cumulative energy intake, weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diet for 12 weeks

Group	Energy intake (kcal/12 wk)	Weight gain (g/12 wk)	FER ¹⁾ (g/kcal)
Chow	6241 ± 202 ¹⁾	337 ± 28	5.5 ± 1.4
Chow-bran	6233 ± 93	234 ± 7 ¹⁾	3.8 ± 0.3 ¹⁾
High fat	6098 ± 91	319 ± 8	5.2 ± 0.3
High fat-bran	5463 ± 205 [*]	242 ± 6 [*]	4.4 ± 0.2

¹⁾FER: Food efficiency ratio weight gain (g)/energy intake (kcal).

²⁾Each value represents mean ± SE

¹⁾Significantly different at p<0.05 as compared with same diet group without bran

Table 4. Serum triglyceride, cholesterol, HDL-cholesterol concentrations and atherogenic indice of rats fed experimental diet for 12 weeks

Group	TG (mg/dL)	TC (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	AI
Chow	108.2±9.8 ¹⁾	64.8±8.1	36.8±4.5	0.8 ±0.1
Chow-bran	80.0±6.1 [*]	49.0±4.9 [*]	39.6±3.9	0.22±0.1 [*]
High fat	78.4±9.8	86.7±6.5	41.4±2.6	1.15±0.1
High fat-bran	83.8±4.1	85.1±7.7	39.5±2.9	1.17±0.1

¹⁾Values are expressed as mean±SE

^{*}Significantly different at p<0.05 as compared with same diet group without bran

칭 중성지방과 콜레스테롤 농도는 정상식이군에서 울무겨 첨가에 비하여 10~20% 정도 감소되었다. HDL-cholesterol 농도는 정상식이군 및 고지방식이군 모두에서 울무겨의 첨가효과는 볼 수 없었다. HDL-콜레스테롤과 총콜레스테롤에서 계산된 동맥경화지수(atherogenic index, AI)의 경우 울무겨 첨가에 의하여 정상식이군에서만 72% 감소하였다. 이상의 결과에서와 같이 울무겨의 혈청 콜레스테롤 저하효과는 고지방식이를 섭취할 때보다는 정상식이를 섭취할 때 현저히 나타났으며 이는 HDL-콜레스테롤에는 영향을 미치지 않으면서 LDL-콜레스테롤 농도를 효율적으로 낮추는데 기인하는 것으로 사료된다. 이 같은 효과는 guar gum이나 pectin같은 점성의 수용성 식이 섬유에서도 확인된 바 있다(15,16). 식이섬유는 종류별로 그 성질이 다르고 이에 따라 각기 다른 화학적, 생리적 효과를 나타내는 것으로 알려져 있는데 pectin, guar gum 등 점성의 수용성 식이섬유를 함유하는 과일, 두류, 곡리 및 채소는 혈청 콜레스테롤 특히 LDL-콜레스테롤을 저하시키는 것으로 확인되었고(15,16), cellulose와 hemicellulose 등 불용성 식이섬유를 함유하는 wheat bran은 그 유효성이 명확하지 않다. 그러나 수용성 식이섬유의 혈청콜레스테롤 저하효과에 대한 상반되는 결과들도 보고되고 있다. 수용성이며 점성이 낮아서 기능성 음료에 많이 이용되는 polydextrose의 경우 Seo와 Han(17) 및 Choi 등(18)은 정상쥐에서 혈청 중성지방 저하와 HDL-콜레스테롤 상승효과를 보고한 반면, 당뇨병쥐에서 Karnejiro 등(19)은 혈청 LDL-콜레스테롤 저하효과를 보고했고 Park 등(20)은 혈청 중성지방 저하효과만을 확인했다 Jang과 Park(11)은 같은 종류의 섬유소를 6%에서 1%로 줄여서 공급하였을 때 6%로 계속 공급한 경우와 혈청중의 총콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤 및 동맥경화 지표 등에 차이가 없음을 보고하였다. 또한 Kim과 Chung(21)은 감귤 과피에서 추출한 총 식이섬유와 수용성, 불용성 식이섬유 및 α-cellulose를 4% 첨가하였을 때 혈청 콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤 농도는 무식이섬유 소금과 유의적 차이가 없다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 나타난 울무겨 첨가효과가 성분중의 섬유소에 기인한 것인지 또는 다른 성분에 의한 것인지 명확한 결론을

얻기 위하여 섬유소 함량 고정시의 실험과 울무겨의 섬유소 성분에 대한 더 자세한 분석이 이루어져야 하겠다.

간지질 함량

정상식이와 고지방식이를 급여한 쥐에서 울무겨 첨가가 간 무게 및 간조직 중의 콜레스테롤 및 중성지방 함량에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 간 무게는 각 군별 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 간지질 함량은 정상식이군의 경우 울무겨 첨가에 의해 간의 중성지방과 콜레스테롤 함량에 영향을 나타내지 않았다. 그러나 고지방식이군의 경우 울무겨 첨가에 의하여 중성지방과 콜레스테롤 함량이 45~55% 정도로 감소되었다. 이러한 울무겨의 간조직내 지질저하작용은 혈청지질 저하효과보다 크게 나타났으며, 지질 저하효과는 간조직에서는 고지방식이군에서 혈청에서는 정상식이군에서 볼 수 있었다.

증체량, 식이섭취량 및 식이효율

각 군의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 6과 같다. 열량 섭취량은 정상군보다 당뇨병군에서 유의적으로 높았으며 이는 당뇨병으로 인한 다식현상으로 생각된다. 당뇨병대조군과 당뇨병울무겨군에서 식이섭취량의 유의적 차이는 없었다. 체중은 정상대조군에서 100 g 이상 증가한데 반하여 모든 당뇨병군에서 크게 감소하였으며 울무겨 첨가에 의한 영향은 없었다 따라서 식이효율도 정상대조군에 비하여 모든 당뇨병군에서 현저히 낮았으며 울

Table 5. Liver weight, triglyceride and cholesterol concentrations of rats fed experimental diet for 12 weeks

Group	Liver wt (g)	Liver wt (g/100 g BW)	TG (mg/g)	Cholesterol (mg/g)
Chow	10.5±1.4 ¹⁾	7.2±0.6	40±0.3	5.7±0.1
Chow-bran	10.2±0.8	6.2±0.5	3.5±0.3	5.3±0.3
High fat	9.3±0.9	7.3±0.7	16.4±1.2	16.8±1.5
High fat-bran	8.0±0.9	6.4±0.5	9.3±1.4 [*]	8.5±1.3 [*]

¹⁾Each value represents mean + SE

^{*}Significantly different at p<0.05 as compared with same diet group without bran.

Table 6. Energy intake, weight gain and food efficiency ratio of normal and diabetic rats fed experimental diet for 4 weeks

Group	Energy intake (kcal/4 wk)	Weight gain (g/4 wk)	FER ¹⁾ (g/kcal)
Normal-control	2080 ± 67 ^{2),3)}	112.3 ± 9.3 ^a	5.5 ± 1.4 ^a
Diabetic-control	3860 ± 180 ^b	-41.5 ± 11.0 ^b	-10.7 ± 2.2 ^b
Diabetic-bran	3852 ± 101 ^b	-45.9 ± 7.3 ^b	-11.4 ± 2.8 ^b

¹⁾FER : Food efficiency ratio · weight gain (g)/energy intake (kcal).

²⁾Each value represents mean ± SE

³⁾Values with different superscripts in same column are significantly different at p<0.05.

무겨의 영향은 없었다.

혈당 및 당내성 반응(glucose challenge)

정상 혈당은 당내성 시험을 위하여 포도당용액 투여 2시간 후 단두하여 얻은 혈액에서 측정하였다. 정상대조군(NC)의 혈당 농도는 111 mg/dL이었으며 이에 비하여 모든 당뇨군에서 고혈당치를 나타내었다. 당뇨대조군(189 mg/dL)에 비하여 울무겨 투여군의 혈당농도는 149 mg/dL로 감소되어 울무겨 섭취가 당뇨 유발쥐에서 혈당 저하효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 울무겨의 첨가가 당뇨쥐의 내당능에 미치는 영향을 당내성시험 반응(glucose challenge)에 의해 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 정상대조군에 비하여 당뇨군은 당내성 시험동안 높은 혈당을 나타내었다. 정상쥐의 경우, 포도당 투여 후, 15분 후에 혈당은 급격히 증가되어 최고치에 달하였고 그후 점차로 감소하여 60분 후에는 다시 공복시 혈당수준으로 회복되었다. 당뇨대조군의 경우, 포도당 투여 후, 혈당은 계속 증가하여 60분 후부터 약간 감소하기 시작하였으나 90분 후에도 공복시 혈당치보다 현저히 높은 수준에 머물렀다. 그러나 울무겨를 4주간 섭취한 당뇨쥐의 경우, 당내성 pattern이 정상쥐와 같은 유형을 나타내어 포도당 투여 후 15~30분 후 최고 혈당치를 나타내고 그 후로 감소하여 90분 후에는 공복시 혈당 수준으로 돌아왔다. 그러나 최고 혈당치는 정상쥐보다 1.7배 이상 높은 수준을 나타내었다. 따라서 울무겨 투여는 당뇨동물에서 포도당 섭취에 의한 혈당 증가에는 영향을 주지 못하였지만 공복시 혈당 농도와 내당능 개선에는 효과가 있음을 알 수 있어서 당질대사 개선효과의 가능성을 예측할 수 있다. 본 연구에 사용한 st-

reptozotocin은 β 세포에서 절대적 인슐린 부족을 유발하기보다 초기단계에서 포도당에 대한 신속한 인슐린 분비 반응을 손상시켜 고혈당을 유발하는 것으로 알려져 있다(22). 따라서 울무겨에 의한 효과는 소화, 흡수 지연에 의한 것이라기보다 혈액내로 흡수된 당을 각 조직으로 유입시켜 처리하는 2차적 능력의 개선에 의한 것으로 생각되고 이에 대한 연구가 이루어져야 하리라 생각된다.

혈당은 혈액내로 흡수되어 유입되는 당, 혈액에서 각 조직으로 제거되는 당 및 간에서 glycogen 분해와 당신생작용에 의하여 혈액으로 배출되는 당에 의하여 영향을 받는다. 당뇨쥐의 경우, 인슐린 기능 부진으로 인하여 혈액에서 각 조직으로 유입되는 당이 감소하고, 간에서 당신생작용에 의하여 혈액내로 배출되는 당이 증가하여 고혈당을 초래한다. 비만과 당뇨인 쥐의 경우, Wittmers와 Haller(23)는 포도당이 체내로 유입된 후 혈액에서의 당 제거의 기능 저하보다는 간에서의 당배출 역제가 제대로 되지 못하는 것이 고혈당초래의 주 원인이 된다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서 나타난 울무겨에 의한 혈당 및 glucose challenge 개선 효과에 대한 정확한 기전파악을 위해서는 혈액내 당의 세포내 유입정도와 간에서 혈액으로의 당배출에 대한 연구 등이 더 이루어져야 할 것이다.

혈중 지질 함량

동맥경화는 당뇨병 환자에 있어서 가장 흔한 합병증이며 당뇨병에서 가장 빈번하게 관찰되는 지질대사 이상은 혈중 중성지방과 콜레스테롤의 증가, HDL-콜레스테롤의 감소 및 LDL-콜레스테롤의 조직으로의 이동속도의 감소 등을 들 수 있으며(24). 이와같은 지질대사 이상으로 인해 당뇨병 환자에 있어 혈관계 합병질환의 발병율은 정상인에 비해 2~5배 높으며(25) 이들 질환은 당뇨로 인한 사망의 70~80%를 차지한다고 보고되고 있다(26). 정상 및 당뇨쥐의 혈액내 중성지방, 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수는 Table 7과 같다. 혈청 중성지방은 당뇨 유발에 의하여 유의적으로 높아졌으며 울무겨 첨가에 의하여 다시 정상수준으로 감소하였다. Lcc와 Lcc(27) 및 Park 등(20)은 당뇨병이 유발된 쥐들은 정상쥐보다 혈중 중성지방이 높아진다고 보고하여 본 실험결과와 일치하였다. Choi 등(28)의 연구에서도 streptozotocin투여로 인한 당대사 이상으로 acetyl-CoA가 축적되고 지방합성이 증가되어 혈액중에 총지질과 중성지방이 증가하였다. Park 등(20)은 당뇨 유발쥐에 여러 가지 식이섬유를 급여하였을 때 pectin, guar-gum, polydextrose등은 증가된 혈청 중성지방을 감소시켰으나 cellulose는 유의적 변화를 나타내지 못하였다고 보고하였다. 또한 Cho와 Lee(29)는 당뇨유발쥐의 혈청 중성지방은 정상쥐보다 3배 이상 증가되었고 3주간의 울무투여에 의하여 다시 정상 수준으로 돌아왔다고 보고하였다. 따라서

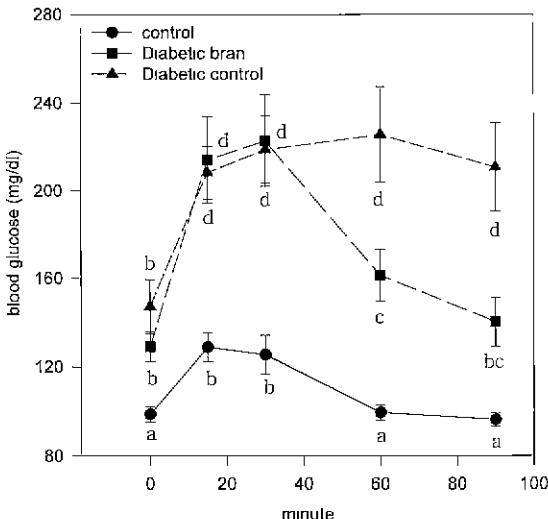


Fig. 1 Glucose challenge of normal and diabetic rats fed experimental diet for 4 weeks. Values with different alphabets are significantly different among groups at p<0.05

Table 7. Serum triglyceride, cholesterol, HDL-cholesterol concentrations and atherogenic indice of normal and diabetic rats fed experimental diet for 4 weeks

Group	TG (mg/dL)	TC (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)	AI
Normal-control	69.2±6.5 ^{1a21}	68.8± 6.5 ^d	44.8±0.7	17.2±1.0	0.7±0.1
Diabetic-control	90.9±6.3 ^b	84.1± 2.1 ^b	53.3±5.3	17.2±2.9	0.6±0.1
Diabetic-bran	75.0±1.8 ^c	89.8±10.8 ^{ab}	53.1±8.8	21.7±1.7	0.7±0.1

¹Values are expressed as mean±SE.

²Values with different superscripts in same column are significantly different at p<0.05

Table 8. Liver weight, triglyccride and cholesterol concentrations of normal and diabetic rats fed experimental diet for 4 weeks

Group	Liver wt. (g)	Liver wt (g/100 g BW)	TG (mg/g)	Cholesterol (mg/g)
Normal-control	10.4±1.3 ¹¹	2.6±0.2 ²¹	14.7±1.5 ^a	1.1±0.2 ^a
Diabetic-control	11.9±1.7	4.1±0.3 ^b	18.7±1.7 ^b	1.8±0.3 ^b
Diabetic-bran	10.7±1.6	3.9±0.2 ^b	15.3±2.7 ^a	1.1±0.2 ^a

¹Each value represents mean±SE.

²Values with different superscripts in same column are significantly different at p<0.05.

본 실험에 나타난 울무겨의 고중성지방 혈중 개선효과에 대한 명확한 원인을 알기 위하여 울무겨의 성분분석과 식이섬유에 대한 자세한 성분분석에 대한 연구가 더 요구된다.

혈청 콜레스테롤 함량은 당뇨군에서 정상쥐보다 높은 수준을 나타내었으며 울무겨 첨가의 영향은 볼 수 없었다. HDL- 및 LDL-콜레스테롤 함량 및 동맥경화지수 모두 정상군에 비해 실험군 모두 유의적 차이를 나타내지 않았다. Lee와 Lee(27), Choi 등(28)의 연구에서도 당뇨동물의 혈장 콜레스테롤 농도가 정상동물보다 유의적으로 높게 보고되어 본 연구와 일치하였다. 그러나 Liyad 등(30)은 당뇨쥐의 혈중 콜레스테롤 함량이 정상동물과 비슷한 수준을 나타내었다고 보고하였으며 Lee와 Lee(27)의 연구에서는 HDL-콜레스테롤 함량은 정상군과 당뇨군 모두 유의적 차이를 나타내지 않았다고 보고되었다 또한 Cho와 Lee(29)는 당뇨 유발쥐의 혈청 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 함량 및 동맥경화지수 모두 정상쥐와 유의적 차이가 없었고 여러 형태의 울무투여에 의한 영향도 나타나지 않았음을 보고하여 본 실험의 울무겨 투여와 같은 경향으로 나타났다.

간지질 함량

Streptozotocin 유발 당뇨쥐에서 울무겨의 첨가가 간 무게 및 간조직중의 콜레스테롤 및 중성지방 함량에 미치는 영향은 Table 8에 나타내었다. 간의 총중량은 각 군간에 유의적 차이가 없었으며 체중 100 g당 간중량은 대조군에 비하여 당뇨군이 유의적으로 증가하였다 이는 당뇨유발에 의하여 간이 비대해졌다기보다는 대조군에 비하여 당뇨군의 체중감소로 인하여 단위체중에 대한 상대적 간중량이 증가되었다. 당뇨병의 발병에 의하여 간조직중의 중성지방 및 콜레스테롤 함량이 증가되었으며 울무겨 급여는 간조직중의 중성지방과 콜레스테롤 함량을

정상수준으로 감소시켰다. 이러한 울무겨의 간조직내 지질저하작용은 중성지방에만 영향을 미친 혈청지질 저하 효과보다 크게 나타났다. Nikkila와 Kckku(31)는 streptozotocin에 의하여 간조직내 지질성분이 축적되고 혈액으로의 지방유출이 증가되고 당뇨병의 경우에도 혈액내 지방이 중성지방으로 전환되는 속도가 증가된다고 보고하여 간조직내 중성지방의 증가현상을 뒷받침한다. 또한 Lec 등(32)은 간조직중의 콜레스테롤, 중성지방, 인지질 등의 당뇨 유발쥐에서 증가되었다고 보고하였고 Cho와 Lee(29)는 streptozotocin에 의한 당뇨유발쥐에서 간의 중성지방 농도가 크게 증가하였으나 여러 형태로 조리된 울무급여에 의해 정상치로 감소하였음을 보고하여 본 연구와 같은 경향이었다.

요 약

최근 소비량이 증가되고 있는 울무 도정시 부산물로 생기는 울무겨의 이용가능성을 모색하기 위하여 울무겨가 정상 및 당뇨 유발쥐의 혈당 및 혈중 지질 개선효과를 살펴보았다. 정상쥐에서 울무겨 첨가는 정상 및 고지방식이 섭취했을 때 체중증가량을 현저히 감소시켜 식이효율을 낮추는 효과가 있었다 울무겨 첨가에 의한 혈액중의 지질개선효과는 정상식이 섭취시에, 간지질함량 개선 효과는 고지방 섭취시에 훨씬 컸다. 당뇨쥐의 경우, 정상군에 비하여 식이섭취량은 두배 가까이 증가하였으나 체중은 감소되어 식이효율은 크게 감소되었으며 울무겨 첨가에 의한 영향은 나타나지 않았다. 혈당 농도는 당뇨쥐에서 울무겨 섭취에 의하여 크게 감소되었으나 정상대조군보다는 30% 정도 높았다. 또한 당내성 유형이 정상쥐와 같이 포도당 투여 후 15~30분 후에 최고 혈당치에 이르고 다시 감소하여 90분 후에는 공복시 혈당수준으로 회복되었다. 혈액 TG, 간 TG 및 간 콜레스테롤 농도 등도 울무

겨를 섭취한 당뇨병에서 개선되어 정상군과 같은 수준으로 회복되었다. 이상의 결과에서 울무겨 첨가식이 식이성 고지혈증 및 당뇨 유발취의 혈당 및 혈청지질 개선효과가 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산부의 '95 농림수산 특정연구과제의 일환으로 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다

문헌

- Otsuka, H., Hirai, Y., Nagao, T. and Yamasaki, K. ' Anti-inflammatory activity of benzoxanoids from roots of Coix Lachryam-Jobi Var. Ma-Yuen. *J. Natural Products*, **51**, 74-79 (1988)
- Tokuda, H., Matsumoto, T., Konoshima, T., Kozuka, M., Nishino, H and Iwashima, A. ' Inhibitory effects on Epstein-Barr virus activation and antitumor promoting activities of coix seed. *Planta Med.*, **56**, 653-654 (1990)
- Numata, M., Yamamoto, A., Moribayash, A and Yamada, H. ' Antitumor components isolated from the Chinese herbal medicine Coix Lachryam-Jobi *Planta Med.*, **60**, 356-358 (1994)
- Aoki, M and Tuzihara, N. : Effects of the Coix Lachryam-Jobi Var. Ma-Yuen on the blood pressure, cholesterol absorption and serum lipids level *J. Japan. Home Economics*, **35**, 89-96 (1984)
- Chung, B.S., Suzuki, H., Hayakawa, S., Kim, JH and Nishizawa, Y. ' Studies on the plasma cholesterol-lowering component in Coix. *J. Japan. Food Technol*, **35**, 618-623 (1988)
- AOAC ' *Official Methods of Analysis* 15th ed., Association of Official Analysis Chemist. Washington D.C. (1990)
- Chung, D.H. and Chang, H.K. ' *Analysis of Foods*. Jinro Pubing Co., Korea, p.152-157 (1988)
- Friedwald, W.T., Levy, R.I. and Fredrickson, D.S. : Estimation of concentration of low density lipoprotein cholesterol without use of the preparation ultracentrifuge. *Clin. Chem*, **28**, 499-502 (1972)
- Folch, J., Less, M. and Sloanestany, G.H. ' A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509 (1957)
- Han, J.S. and Han, YB ' The effects of high fat diet and dietary fiber on adipocytes of epididymal fat pads in rats *Korean J Nutr*, **26**, 118-126 (1994)
- Jang, S.J and Park, Y.J. : Effects of dietary fiber and levels on lipid metabolism in rats fed high lard diet. *Korean J Nutr*, **28**, 107-114 (1995)
- Kim, YH. and Lee, S.S. : The effects of diet containing different fiber sources on the serum lipid level and bowel function in rats. *Korean J. Nutr*, **28**, 825-833 (1995)
- Muller, M.A., Cleary, M.P. and Kritchevsky, D. : Influence of dietary fiber on lipid metabolism in meal-fed rats. *J. Nutr*, **113**, 2229-2235 (1983)
- Lee, H.J. and Hwang, E.H. : Effects of alginic acid, cellulose and pectin level on bowel function in rats. *Korean J. Nutr*, **30**, 465-477 (1997)
- Anderson, J.W. and Gustafson, N.J. ' Hypocholesterolemic effects of oat and bean products. *Am. J. Clin. Nutr.*, **48**, 749-753 (1988)
- Hopewell, R., Yeater, R. and Ullrich, I. ' Soluble fiber effects on carbohydrate and lipid metabolism *Prog. in Food and Nutr. Science*, **17**, 159-182 (1993)
- Seo, J.S. and Han, I.K. ' Effects of the type and level of dietary fiber included in diet on lipid metabolism in rats. *Korean J Nutr.*, **21**, 164-172 (1988)
- Choi, M., Kim, J.D. and Ju, J.S. ' Effects of polydextrose and hydrolyzed guar gum on lipid metabolism of normal rats with different dietary fat. *Korean J. Nutr.*, **25**, 211-220 (1992)
- Kamejiro, Y., Sugawara, S. and Konoma, I. ' Effects of polydextrose in the control of diabetes mellitus *Diabetes Research and Clinical Practice*, **13**, 147-152 (1990)
- Park, S.H., Lee, Y.K. and Lee, H.S. ' The effects of dietary fiber on gastrointestinal functions and lipid and glucose metabolism in streptozotocin induced diabetic rats *Korean J. Nutr*, **27**, 311-322 (1994)
- Kim, M.K. and Chung, H.S. ' Effects of dietary fibers isolated from tangerine peels on lipid and calcium metabolism in rat *Korean J. Nutr.*, **30**, 229-243 (1997)
- Bruce, D.G., Chishoim, D.J., Stolien, L.H. and Kragen, E. W. ' Physiological importance of deficiency in early prandial insulin secretion in non-insulin dependent diabetes. *Diabetes*, **37**, 736-741 (1988)
- Wittmers, L.E. Jr and Haller, E.W. ' Effects of adrenalectomy on the metabolism of glucose in C57BL/6J (ob/ob) mice *Metabolism*, **32**, 1093-1100 (1983)
- Reaven, K.M. : Abnormal lipoprotein metabolism in non-insulin dependent diabetes mellitus. *Am J Med*, **83**, 31-40 (1987)
- Goldberg, R.B. ' Lipid disorders in diabetes. *Diabetes Care*, **4**, 561-572 (1981)
- Choi, Y.G. and Lee, T.H. : *Diabetes mellitus and hyperlipidemia* Medical Pub., Seoul, p.111-134 (1995)
- Lee, S.Z. and Lee, H.S. : Changes in lipid plasma pattern in streptozotocin induced diabetic rats: A time course study. *Kor. J. Nutr*, **32**, 767-774 (1999)
- Choi, J.W., Son, K.H. and Kim, S.H. ' The effect of mcontinamide on plasma lipid compositions in streptozotocin induced rats. *Kor. J. Nutr*, **20**, 306-311 (1991)
- Cho, Y.O. and Lee, M.S. : Job's tears ameliorated the lipid profile of diabetic rats *Kor. J. Nutr.*, **31**, 386-392 (1998)
- Liyad, M.A., Abdul-salam, S.A. and Mohammad, S.S. : Effects of fenugreek and lupine seeds on the development of experimental diabetes in rats *Planta Medica*, **54**, 286-290 (1988)
- Nikkila, E.A. and Kekki, M. : Plasma triglyceride transport kinetics in diabetes mellitus. *Metabolism*, **22**, 1-22 (1973)
- Lee, J.S., Lee, J.S. and Shin, H.K. ' Effects of chicory extract on the serum glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor. J. Nutr.*, **30**, 781-788 (1997)