

울무와 꾸지뽕잎 혼합물이 고지방식이를 급여한 흰쥐의 체지방 및 혈청 지질농도에 미치는 영향

박주현¹ · 이경원¹ · 성기승¹ · 김성수¹ · 조경동² · 이복희³ · 한찬규^{1*}

¹한국식품연구원

²푸드원텍(주)

³중앙대학교 식품공학부

Effect of Diets with Job's Tears and *Cudrania tricuspidata* Leaf Mixed-powder Supplements on Body Fat and Serum Lipid Levels in Rats Fed a High-Fat Diet

Ju-Hun Park¹, Kyoung-Won Lee¹, Ki-Seung Sung¹, Sung-Soo Kim¹,
Kyung-Dong Cho², Bog-Hieu Lee³, and Chan-Kyu Han^{1*}

¹Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

²Food One Tech Inc., Seoul 153-787, Korea

³Dept. of Food and Nutrition, Food Science and Technology, Chung-Ang University, Gyeonggi 456-756, Korea

Abstract

This study investigated the effects of diets with a supplement of Job's tears (JT) and *Cudrania tricuspidata* leaf (CTL) powder as a functional food ingredient on obesity and lipid profiles in diet-induced obese rats. Male Sprague-Dawley rats were fed a high-fat diet (D12492, 45 kcal fat) for 5 weeks during the first phase. In the second phase, which lasted 5 weeks, the rats were divided into four experimental groups. The groups were a high-fat diet group as a control (HFD), a high-fat diet with 10% JT powder supplement group (JT-10), a 10% CTL powder supplement group (CTL-10), and a 20% JT and CTL 1:1 mixed-powder supplement group (MIX-20). The adipose tissue (RFP, EFP) weights were significantly decreased in the CTL-10 and MIX-20 groups than in the HFD group ($p < 0.05$). The fecal weight produced by the MIX-20 group was highest among all experimental groups ($p < 0.05$), and it was significantly increased during the second phase compared to the first phase ($p < 0.05$). The serum total cholesterol content was significantly decreased in the CTL-10 and MIX-20 groups, and the LDL-cholesterol content was significantly low in the JT-10 and MIX-20 groups than in the HFD group ($p < 0.05$). The blood glucose levels were significantly decreased in all experimental diet supplement groups than in the HFD group ($p < 0.05$). The findings show that a diet of mixed JT and CTL could improve lipid metabolism.

Key words: Job's tears, *Cudrania tricuspidata*, body fat, fecal amount, serum lipid

서 론

지난 한 세대에 걸친 급속한 경제발전으로 인해 생활수준이 크게 향상된 우리나라는 식생활에도 많은 변화를 가져오게 되었다. 특히, 서구화된 식단으로의 변화는 동물성식품의 지속적인 섭취 증가를 가져온 반면, 식이섬유 및 각종 생리활성 물질을 함유한 천연소재 식품의 섭취는 감소함으로써 지질 및 당질대사 이상에 의한 비만, 고지혈증, 동맥경화, 심근경색 등 순환기계 질병으로 인한 사망률이 급속하게 증가하는 추세에 있다(1-3). 순환기계 질환의 발병원인은 지질 대사 이상으로 나타나게 되는데 그중에서 고콜레스테롤혈증뿐만 아니라 고탄수화물식으로 인한 당질유도성 고중성

지질혈증으로 유발된다는 보고가 있다(4).

한편, 울무(*Coix lachryma-jobi* L.)는 화본과(禾本科)에 속하는 1년초로서 열대, 아열대, 온대남부에서 재배된다(5). 울무는 다른 곡류에 비하여 고단백, 고지방의 곡류이고 전분의 대부분이 amylopectin으로 되어 있으며 섬유소뿐만 아니라 Ca, Fe, Vit B₁, Vit B₂ 등이 풍부하게 함유되어 있어 건강식품으로 각광받고 있다(6). 또한 혈장 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 저하시키고 조직과 혈장 간의 콜레스테롤 재분배를 담당하는 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켜 전체적인 지질대사에 관여한다(7,8). 울무의 약리적인 효능으로는 자양강장제, 이노제, 건위제, 진통제, 소염제 및 폐결핵, 관절통 등에도 효력이 있다고 알려져 있다(9).

*Corresponding author. E-mail: ckhan@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9236, Fax: 82-31-709-9876

꾸지뽕나무(*Cudrania tricuspidata*)는 뽕나무과에 속하는 낙엽성 소교목으로 잎 부분을 한방에서는 습진, 유행성이하선염, 폐결핵, 만성 요퇴통, 타박상, 급성관절염 등을 치료하는데 사용하고 있으며 최근 꾸지뽕잎의 생리활성 작용으로는 항염증 작용, 항균작용 및 trypsin 효소 활성 저해능(10,11), 마우스에서의 지질 상승 및 산화 억제작용(12), 간독성 억제작용(13) 등이 보고된 바 있다. 또한 뽕잎에는 α -glucosidase에 대해 저해활성을 갖는 1-deoxynojirimycin(DNJ) 및 여러 종류의 알칼로이드가 함유되어 있어 이들 성분에 의해 혈당강하 효과가 나타나는 것으로 드러났으며, 이에 따라 뽕잎 및 누에가루 또는 오디의 혼합물을 급여한 당뇨쥐에서 혈당강하를 비롯한 항산화작용 및 당뇨합병증의 뚜렷한 개선 효과가 밝혀진 사례들이 있다(14-16).

이에 본 연구는 울무와 꾸지뽕잎의 기능성을 접목한 새로운 고기능성 식품소재의 개발과 관련하여 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 울무와 꾸지뽕잎 혼합분말 식이를 급여하였을 때 체지방 축적 억제, 배변활동 및 혈청 지질농도 개선 등에 미치는 영향을 조사하여 기능성 천연식품소재로서의 활용을 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 울무는 경기도 연천군에서 재배한 2010년산 제품으로 (주)연천농협에서 구입하였고, 꾸지뽕잎은 2010년 5월에 경남 산청군에서 채취한 잎을 대통령농조합법인으로부터 공급받아 사용하였다. 각 시료는 세척 후 50°C에서 열풍건조하고 파쇄하여 분말형태로 실험식이 제조에 이용하였다.

실험식이

울무와 꾸지뽕잎 혼합식이가 흰쥐의 생리효능에 미치는 영향을 평가하기 위해 실험식은 Table 1에 제시한 바와 같이 고지방식이(D12492, 45 kcal fat, Research Diets, Inc., New Brunswick, NJ, USA)를 기본식으로 하여 실험 1기는 고지방식이를 5주 동안 급여하였고, 실험 2기는 고지방식이 대조군(HFD), 울무 10% 첨가군(JT-10), 꾸지뽕잎 10% 첨

가군(CTL-10), 그리고 울무와 꾸지뽕잎 50:50 비율의 혼합분말 20% 첨가군(MIX-20)으로 나누어 각 실험식이를 5주간 급여하였다.

실험동물의 사육

실험동물은 3주령 된 Sprague-Dawley(SD)계 수컷 흰쥐를 (주)한림실험동물(Hwaseong, Gyeonggi, Korea)에서 구입하였고, 실험 전 1주일 동안 흰쥐용 일반 고형사료(AIN-93G)(17)로 적응기를 거친 후 난피법으로 실험군당 10마리씩 임의배치 하여 케이지당 2마리씩 총 10주간 사육하였다. 사육실의 환경은 항온(23±1°C) 및 항습(50±5%) 조건을 유지하였고, 조명은 12시간 light/dark cycle(08:00~20:00)로 일정하게 조절하였다. 실험기간 동안 식이와 식수는 자유섭취(*ad libitum*)하도록 하였고, 체중은 1주일에 한 번씩 일정한 시간에 실험동물저울(GF-2000, AND, Anyang, Korea)을 이용하여 측정하였으며, 식이섭취량은 매일 일정한 시간에 공급하고 남은 식이를 4°C에서 냉장보관 한 후 1주일에 한 번 측정하였다. 식이효율(feed efficiency ratio, FER)은 체중증가량을 동일 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 계산하였고, 배변량은 실험 1기와 2기의 각 5주체에 각각 4일간 조사하였다.

실험동물의 처리 및 시료 수집

실험이 종료된 실험동물은 12시간 절식시킨 후 안와정맥 총으로부터 혈액을 채취하고 원심분리관에 넣어 1시간 정도 실온에 방치한 다음 2,500 rpm에서 10분간 원심분리시킨 후 혈청을 분리하였다. 분리한 혈청은 -70°C에서 냉동보관하면서 분석에 이용하였다. 채혈이 끝난 후 각 장기조직(간, 신장, 비장, 정소) 및 지방조직(신장주변지방패드, 정소상체지방패드, 갈색지방)을 적출하여 0.9% 생리식염수에 세척한 다음 여과지로 물기를 제거하고 무게를 측정하였다.

혈청성분 분석

혈청 지질, 혈당농도 및 혈구 수(complete blood count, CBC) 등 혈청 생화학치는 Han 등(18)의 연구에 준하여 그 분석방법을 Table 2에 나타내었다.

통계처리

본 연구에서 얻어진 결과는 SPSS(statistical package for

Table 1. Experimental design for animal study

Group ¹⁾ (n=10)	Treatment	
	1st phase (5 weeks)	2nd phase (5 weeks)
HFD	High-fat diet ²⁾	HFD (100%, control)
JT-10		HFD (90%)+JT powder (10%)
CTL-10		HFD (90%)+CTL powder (10%)
MIX-20		HFD (80%)+JT & CTL mixed-powder ³⁾ (20%)

¹⁾HFD: high-fat diet, JT: Job's tears, CTL: *Cudrania tricuspidata* leaves.

²⁾High-fat diet (D12492, 45 kcal fat) ingredients (% of diet): casein (25.85), L-cystine (0.39), maltodextrin (16.15), sucrose (8.89), cellulose (6.46), soybean oil (3.23), lard (31.66), mineral mix (1.29), dicalcium phosphate (1.68), calcium carbonate (0.71), potassium citrate (2.13), vitamin mix (1.29), choline bitartrate (0.26), FD&C blue dye #1 (0.01).

³⁾Mixed ratio of JT and CTL powder was 50:50.

Table 2. Analytical methods of blood chemicals

Item	Method	Analyzer
TC ¹⁾	Enzymatic method	ADVIA 1650 (Bayer, Shiga, Japan)
HDL-C ²⁾	Enzymatic method	ADVIA 1650
LDL-C ³⁾	EIA ⁴⁾	ADVIA 1650
TG ⁵⁾	Lipase, GK ⁶⁾ , GPO ⁷⁾ colorimetry	ADVIA 1650
Glucose	Enzymatic method	ADVIA 1650
RBC ⁸⁾	Electronic impedance	SYSMEX XE 2100 D (Sysmex, Kobe, Japan)
WBC ⁹⁾	Flow cytometry	SYSMEX XE 2100 D
Hematocrit	Electronic impedance	SYSMEX XE 2100 D
Hemoglobin	Cyanide free hemoglobin spectrophotometry	SYSMEX XE 2100 D
Platelet	Electronic impedance	SYSMEX XE 2100 D

¹⁾TC: total cholesterol. ²⁾HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol. ³⁾LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol.

⁴⁾EIA: enzyme immunoassay. ⁵⁾TG: triglyceride. ⁶⁾GK: glycerokinase. ⁷⁾GPO: L- α -glycerol phosphate oxidase.

⁸⁾RBC: red blood cell. ⁹⁾WBC: white blood cell.

social sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package(version 17.0)를 이용하여 통계분석 하였으며, 분석 결과는 mean \pm SE로 나타내었다. 각 군의 결과 값에 대해 one-way ANOVA(analysis of variance) 분석 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 수준에서 유의성 검정을 실시하였으며, 실험 1기와 2기의 배변량 변화는 Student t-test로 검정하였다.

결과 및 고찰

체중, 식이섭취량 및 식이효율

고지방식이에 울무와 꾸지뽕잎 분말을 첨가한 식이가 흰쥐의 체중, 증체량, 식이섭취량 및 식이효율에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 실험 1기(고지방식 급여)의 체중, 일당증체량, 식이섭취량 및 식이효율(FER)은 실험군 간에 유의적인 차이가 없었으며(Table 3), 실험 2기(울무 및 꾸지뽕잎분말 첨가식 급여)의 체중, 증체량, 식이섭취량 및 식이효율 역시 실험군별 유의한 차이가 나타나지는 않았으나 증체량

과 식이효율의 경우 울무와 꾸지뽕잎 혼합 첨가군(MIX-20)에서 고지방대조군(HFD)보다 각각 21%씩 감소한 것으로 나타났다. Kim 등(19)은 고지방식을 섭취한 흰쥐에서의 울무겨 첨가는 체중증가량을 감소시켜 식이효율을 낮추는 효과가 있었음을 보고하였으며, Han 등(18)은 고지방식이와 함께 뽕잎오디쌀 식이를 4주간 급여하였을 때 대조군에 비해 약간의 증체량 감소를 보고한 바 있다. 본 연구에서 울무와 꾸지뽕잎 혼합 급여 시 체중증가 억제 효과가 다소 나타났으나 대조군과 유의한 차이는 보이지 않았기에 명확한 효능 검증을 위해 보완연구가 필요할 것으로 생각된다.

장기무게

고지방식이에 울무와 꾸지뽕잎 분말을 첨가한 식이가 흰쥐의 장기무게에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 간장무게는 2.48~2.63 g, 신장무게는 0.30~0.32 g, 비장무게는 0.15~0.18 g, 정소무게는 0.30~0.31 g으로 대조군과 실험군 간에 유의적 차이가 없이 비슷한 수준을 나타내었다. 이로 보아 울무 및 꾸지뽕잎의 급여는 장기무게에 큰 영향을 주지 않는 것으로 드러났으며, 따라서 실험식이에 의한 독성은 거의

Table 3. Effect of diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaves mixed-powder supplement on weight gain, diet intake and FER in rats fed a high-fat diet (1st phase)

Group ¹⁾	Initial wt. (g)	Final wt. (g)	Weight gain (g/day)	Diet intake (g/day)	FER ²⁾
HFD	105.1 \pm 4.6 ^{3)NS4)}	433.3 \pm 30.9 ^{NS}	9.38 \pm 1.68 ^{NS}	19.56 \pm 3.00 ^{NS}	0.493 \pm 0.158 ^{NS}
JT-10	104.8 \pm 4.5	414.5 \pm 30.6	8.85 \pm 1.99	19.13 \pm 2.94	0.482 \pm 0.176
CTL-10	106.3 \pm 5.6	416.5 \pm 21.6	8.93 \pm 2.24	19.35 \pm 3.06	0.482 \pm 0.185
MIX-20	105.0 \pm 4.7	423.1 \pm 31.0	9.09 \pm 2.42	19.77 \pm 3.10	0.493 \pm 0.197

¹⁾See Table 1. ²⁾FER (feed efficiency ratio)=weight gain/ diet intake.

³⁾All values are mean \pm SE (n=10). ⁴⁾Not significant.

Table 4. Effect of diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaves mixed-powder supplement on weight gain, diet intake and FER in rats fed a high-fat diet (2nd phase)

Group ¹⁾	Initial wt. (g)	Final wt. (g)	Weight gain (g/day)	Diet intake (g/day)	FER ²⁾
HFD	433.3 \pm 30.9 ^{3)NS4)}	595.7 \pm 56.7 ^{NS}	4.64 \pm 1.64 ^{NS}	22.52 \pm 1.16 ^{NS}	0.200 \pm 0.079 ^{NS}
JT-10	414.5 \pm 30.6	549.6 \pm 44.6	3.86 \pm 1.61	21.47 \pm 1.66	0.181 \pm 0.077
CTL-10	416.5 \pm 21.6	556.3 \pm 35.2	3.99 \pm 1.76	23.16 \pm 1.64	0.174 \pm 0.078
MIX-20	423.1 \pm 31.0	551.2 \pm 46.6	3.66 \pm 1.71	23.60 \pm 2.01	0.159 \pm 0.075

¹⁾See Table 1. ²⁾FER (feed efficiency ratio)=weight gain/ diet intake.

³⁾All values are mean \pm SE (n=10). ⁴⁾Not significant.

Table 5. Effect of diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaves mixed-powder supplement on organ weight in rats fed a high-fat diet

Group ¹⁾	Organ weight (g/100 g of body weight)			
	Liver	Kidney	Spleen	Testis
HFD	2.58±0.15 ^{2)NS3)}	0.30±0.02 ^{NS}	0.15±0.02 ^{NS}	0.30±0.04 ^{NS}
JT-10	2.59±0.21	0.30±0.03	0.18±0.02	0.31±0.02
CTL-10	2.63±0.23	0.32±0.03	0.17±0.02	0.30±0.05
MIX-20	2.48±0.15	0.30±0.04	0.15±0.02	0.30±0.03

¹⁾See Table 1. ²⁾All values are mean±SE (n=10). ³⁾Not significant.

Table 6. Effect of diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaves mixed-powder supplement on adipose tissue weight in rats fed a high-fat diet

Group ¹⁾	Adipose tissue weight ²⁾ (g/100 g of body weight)		
	RFP	EFP	BAT
HFD	2.13±0.23 ^{3)ad4)}	1.37±0.16 ^a	0.04±0.01 ^{NS5)}
JT-10	1.91±0.28 ^{ab}	1.22±0.27 ^{ab}	0.04±0.00
CTL-10	1.79±0.17 ^b	1.12±0.13 ^b	0.04±0.01
MIX-20	1.70±0.24 ^b	1.15±0.10 ^b	0.04±0.01

¹⁾See Table 1.

²⁾RFP: perirenal fat pad, EFP: epididymal fat pad, BAT: brown adipose tissue.

³⁾All values are mean±SE (n=10).

⁴⁾Values within a column with different superscript letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁵⁾Not significant.

나타나지 않는 것으로 사료되었다.

지방조직의 무게

흰쥐에게 고지방식이 급여 후 울무와 꾸지뽕잎 분말 첨가 식이를 급여했을 때 지방조직의 무게에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 일반적으로 비만이 건강상 위험한 이유는 체중의 증가보다는 체지방의 증가에 기인한다는 것은 잘 알려져 있다(18). 체지방은 형태나 작용에 따라 백색지방과 갈색지방으로 구분된다. 백색지방은 주로 체내 잉여에너지를 지방으로 저장하며 피하와 장기주변에 분포하는 반면 갈색지방은 열을 생산하는 기능을 하고 목 주위에 발달되어 있다(20). 백색지방인 신장주변지방패드와 정소상체지방패드의 무게는 대조군(HFD)에 비해 꾸지뽕잎 첨가군(CTL-10) 및 울무, 꾸지뽕잎 혼합 첨가군(MIX-20)에서 유의하게 감소하였으며(p<0.05), 갈색지방 무게는 실험군간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 본 실험결과는 Cha 등(21)의 연구에서 뽕나무 및 꾸지뽕나무 잎으로부터 추출한 수용성 추출물이 콜레스테롤 섭취 흰쥐의 체지방 중량을 다소 감소시켰다는 결과와 유사한 경향을 보인 것으로 두 기능소재 중 특히 꾸지뽕잎의 뚜렷한 체지방 감소효과를 확인할 수 있었으며, 결론적으로 울무와 꾸지뽕잎 혼합물 첨가식이 체지방 감소에 따른 비만 억제에 큰 도움을 줄 수 있는 것으로 사료되었다.

분변 배설량

흰쥐에게 고지방식이 급여 후 울무와 꾸지뽕잎 분말 첨가 식이를 급여했을 때 일일 분변 배설량에 미치는 영향은 Fig.

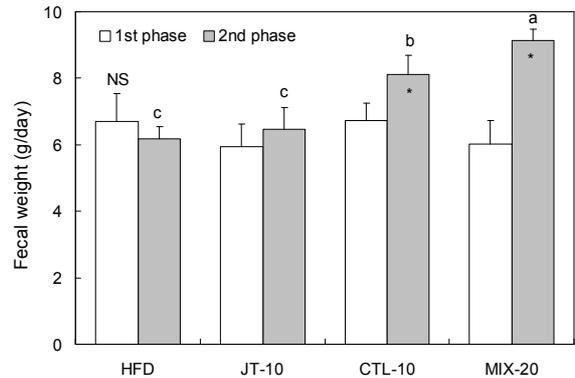


Fig. 1. Effect of diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaves mixed-powder supplement on fecal amount in rats fed a high-fat diet. Experimental conditions are same as Table 1. All values are mean±SE (n=10). NS: not significant. Values with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. *Values within these groups are significantly different at p<0.05 between 1st phase and 2nd phase by Student t-test.

1에 제시하였다. 실험 1기(고지방식 급여)의 일일 평균 배변량은 5.95~6.72 g으로 실험군 간에 유의한 차이가 없었으며, 실험 2기(울무 및 꾸지뽕잎분말 첨가식 급여)의 일일 평균 배변량은 울무, 꾸지뽕잎 혼합 첨가군(MIX-20)이 9.14 g으로 실험군 중 통계적으로 가장 많았으며(p<0.05), 꾸지뽕잎 첨가군(CTL-10)은 8.12 g으로 고지방대조군(HFD, 6.17 g) 및 울무 첨가군(JT-10, 6.46 g)보다 유의적으로 높았다(p<0.05). 실험 1기와 실험 2기의 배변량 변화를 보면 HFD군과 JT-10군은 1기와 2기 간에 유의한 차이가 없었던 반면, CTL-10군과 MIX-20군은 실험 2기에서 유의하게 증가하였다(p<0.05). 꾸지뽕잎에는 식이섬유소가 풍부하게 함유되어 있으며, 이와 관련하여 Mc Dougall 등(22)은 불용성 식이섬유소가 대변의 양을 증가시키고 장 통과시간을 단축시키는 작용을 한다고 보고한 바 있다. 따라서 꾸지뽕잎 섭취 시 이러한 식이섬유의 영향을 받아 배변량을 증가시키는 효과가 나타난 것으로 판단되며, 또한 울무와의 혼합 섭취 시 배변효과가 더욱 증진되는 것으로 사료되었다.

혈청 지질 및 혈당 농도

고지방식이에 울무와 꾸지뽕잎 분말을 첨가한 식이가 흰쥐의 혈청 지질 및 혈당 농도에 미치는 영향은 Table 7과 같다. 혈청 중 총콜레스테롤(TC) 농도는 꾸지뽕잎 첨가군(CTL-10) 및 울무, 꾸지뽕잎 혼합 첨가군(MIX-20)이 각각

Table 7. Effect of diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaves mixed-powder supplement on serum lipid and glucose levels in rats fed a high-fat diet

Group ¹⁾	Lipid profiles ²⁾ (mg/dL)				Glucose (mg/dL)
	TC	HDL-C	LDL-C	TG	
HFD	75.88±6.68 ^{3)a4)}	13.40±2.46 ^{NS5)}	10.14±1.16 ^a	94.50±21.26 ^{NS}	100.80±12.40 ^a
JT-10	67.50±7.65 ^{ab}	13.80±3.13	7.58±1.08 ^b	79.70±10.80	85.00±11.12 ^b
CTL-10	61.00±7.71 ^b	14.80±2.50	8.86±1.42 ^{ab}	78.00±10.52	87.89±11.57 ^b
MIX-20	59.10±6.56 ^b	13.03±1.60	7.60±1.51 ^b	75.10±15.65	88.20±5.63 ^b

¹⁾See Table 1.

²⁾TC: total cholesterol, HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol, TG: triglyceride.

³⁾All values are mean±SE (n=10).

⁴⁾Values within a column with different superscript letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁵⁾Not significant.

61.00, 59.10 mg/dL로 고지방대조군(HFD, 75.88 mg/dL)보다 유의하게 감소하였으며(p<0.05), HDL-콜레스테롤 농도는 13.03~14.80 mg/dL의 범위로 실험군간 유의적인 차이 없이 비슷한 수준을 나타내었다. LDL-콜레스테롤 농도는 울무 첨가군(JT-10)과 혼합군(MIX-20)이 각각 7.58, 7.60 mg/dL로 HFD군(10.14 mg/dL)에 비해 유의하게 낮았고(p<0.05), 중성지방(TG) 농도는 실험군 간에 유의적인 차이는 없었으나 MIX-20군(75.10 mg/dL)의 경우 HFD군(94.50 mg/dL)에 비해 약 21% 감소한 것으로 나타났다. 비만에서는 지방대사와 당대사의 이상으로 인하여 이상지혈증이 흔히 동반되는데, 식이에 의해 비만이 유도된 흰쥐에서 혈중 중성지방과 콜레스테롤이 증가하였고, HDL-콜레스테롤은 감소하였다고 보고되었다(23,24). 따라서 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 농도를 낮추기 위한 시도가 활발히 전개되고 있다(25,26). 울무의 혈중 지질 감소와 관련하여 Lim(27)은 울무 추출액이 비만을 유도한 흰쥐의 혈중 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도를 현저하게 감소시켰으며, 중성지방 및 혈당농도 역시 울무 추출액 급여군이 대조군보다 감소된 결과를 보고하였다. Lee 등(28)의 연구에서는 울무 약침요법으로 고지방식을 급여한 흰쥐의 혈중 지질 및 혈당농도를 낮추는 효과를 입증한 바 있다. 또한 뽕잎의 혈청 지질 감소 효과와 관련하여 Cha 등(21)의 연구에서 꾸지뽕잎 추출물이 콜레스테롤 섭취 흰쥐의 중성지방 함량을 감소시킨 결과가 보고되었으며, Oh 등(29) 및 Kim 등(30)의 연구에서도 뽕잎의 혈중 지질농도 감소 효과를 보고한 바 있다. 본 연구의 결과도 위의 보고들과 유사한 경향으로 울무 및 꾸지뽕잎은

탁월한 혈중 지질 생합성 저해 효과가 있는 것으로 판단된다.

한편, 혈당농도를 살펴보면 JT-10, CTL-10, MIX-20군이 각각 85.00, 87.89, 88.20 mg/dL로 HFD군(100.80 mg/dL)보다 유의하게 감소한 결과를 보였다(p<0.05). 이는 울무의 혈당강화성분인 coixans A, B, C(31) 등과 뽕잎의 deoxy-nojirimycin(DNJ) 성분(32) 등의 혈당강화 기전이 큰 작용을 한 것으로 판단되며, 이와 관련하여 상기 언급한 울무의 혈당저하 효능을 보고한 연구들과 더불어 뽕잎의 혈당강화 효능에 관하여 alloxan으로 고혈당을 유도한 마우스에게 험기처리 한 뽕잎분말(20%) 사료를 급여했을 때 당뇨군에 비해 통계적으로 유의한 혈당강화 효과를 보고한 Kim 등(33)의 연구 및 당뇨쥐에 YK-209 뽕잎 분말을 첨가한 식이로 3주간 급여하였을 때 약 22~25%의 혈당감소율이 있었다고 보고한 Yoo 등(34)의 연구결과 등이 보고된 바 있다. 따라서 울무와 꾸지뽕잎의 혼합식이는 혈청 지질 감소뿐만 아니라 뛰어난 혈당강화 효능으로 인해 당뇨 및 심혈관질환 등의 성인병 예방 및 개선에 매우 효과적일 것으로 사료된다.

혈구검사

고지방식이에 울무와 꾸지뽕잎 분말을 첨가한 식이가 흰쥐의 혈구 수에 미치는 영향은 Table 8에 제시하였다. 적혈구(red blood cell, RBC) 수와 적혈구용적률(hematocrit)은 울무와 꾸지뽕잎 혼합 첨가군(MIX-20)이 다른 실험군에 비해 통계적으로 유의하게 높았고(p<0.05), 백혈구(white blood cell, WBC) 수는 MIX-20군이 고지방대조군(HFD)보다 유의적으로 높은 결과를 보였다(p<0.05). 혈색소(hemoglobin) 농도는 MIX-20군과 꾸지뽕잎 첨가군(CTL-10) 간에 유의

Table 8. Effect of diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaves mixed-powder supplement on CBC (complete blood count) in rats fed a high-fat diet

Group ¹⁾	RBC ²⁾ (×10 ⁶ /μL)	WBC ³⁾ (×10 ³ /μL)	Hct ⁴⁾ (%)	Hb ⁵⁾ (g/dL)	Platelet (×10 ³ /μL)
HFD	8.48±0.38 ^{6)b7)}	8.29±1.58 ^b	48.00±1.39 ^b	15.93±0.48 ^{ab}	967.40±101.61 ^b
JT-10	8.48±0.41 ^b	9.99±1.92 ^{ab}	46.79±2.54 ^b	15.66±1.02 ^{ab}	1251.10±175.19 ^a
CTL-10	8.24±0.32 ^b	9.47±2.36 ^{ab}	46.92±2.06 ^b	15.36±0.60 ^b	1129.56±108.38 ^a
MIX-20	8.92±0.33 ^a	11.06±2.04 ^a	49.91±1.59 ^a	16.16±0.45 ^a	1193.20±158.06 ^a

¹⁾See Table 1.

²⁾RBC: red blood cell. ³⁾WBC: white blood cell. ⁴⁾Hct: hematocrit. ⁵⁾Hb: hemoglobin.

⁶⁾All values are mean±SE (n=10).

⁷⁾Values within a column with different superscript letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

한 차이가 있었으며($p < 0.05$), 혈소판(platelet) 수는 실험군(JT-10, CTL-10, MIX-20) 모두 HFD군에 비해 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p < 0.05$). Lee 등(35)의 연구에서는 고지방식이로 비만을 유도한 흰쥐에게 홍삼 및 천연물 혼합 소재를 투여하였을 때 적혈구 및 백혈구 수는 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았지만 헤모글로빈 농도에서 시험물질 투여군이 유의적인 증가 경향을 보여 실험시료의 조절기능 증가작용을 보고한 바 있다. 본 연구의 결과를 통해 울무와 꾸지뽕잎 혼합식이 철의 운반을 자극하여 조절작용을 하므로 다소간의 혈구 수 증가에 도움을 줄 수 있는 것으로 사료되었다.

이상에서 고지방식이 섭취 흰쥐에서의 울무와 꾸지뽕잎 혼합분말 첨가식은 체지방과 혈청 지질 및 혈당농도의 감소, 그리고 배변량 증가 등으로 인한 지질대사 개선 및 배변 효과가 규명되었다. 이로써 향후 울무와 꾸지뽕잎의 기능성을 접목한 고기능성 천연식품소재의 활용을 통해 체내 지질대사 개선을 위한 건강제품 개발이 가능할 것으로 기대된다.

요 약

울무와 꾸지뽕잎 혼합물이 고지방식이를 급여한 흰쥐의 체지방 감소 및 혈청 지질 농도 개선에 미치는 영향을 조사하고자 SD계 수컷 흰쥐를 대상으로 실험 1기에는 고지방식이를 5주간 급여하고, 실험 2기에는 울무 분말 10%, 꾸지뽕잎 분말 10%, 그리고 이들 두 소재의 1:1 혼합분말 20%를 첨가한 식이를 5주간 급여한 결과는 다음과 같다. 실험 2기의 증체량은 울무와 꾸지뽕잎 혼합물 첨가군(MIX-20)이 고지방대조군(HFD)보다 약 21% 감소하였으나 통계적 유의성은 없었고, 체지방(RFP, EFF) 무게는 HFD군에 비해 꾸지뽕잎 첨가군(CTL-10) 및 혼합물 첨가군(MIX-20)에서 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 배변량은 MIX-20군이 실험군 중 통계적으로 가장 많았고($p < 0.05$), 실험 1기 대비 2기의 배변량도 MIX-20군 및 CTL-10군에서 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 혈청 총콜레스테롤(TC) 농도는 CTL-10군 및 MIX-20군이 HFD군에 비해 유의하게 감소하였고($p < 0.05$), LDL-콜레스테롤 농도는 JT-10군(울무 첨가군)과 MIX-20군에서 HFD군보다 통계적으로 감소한 결과를 보였으며($p < 0.05$), 중성지방(TG) 농도는 MIX-20군이 HFD군에 비해 유의적 차이 없이 약 21% 감소한 것으로 나타났다. 혈당 농도는 시험식이 급여군(JT-10, CTL-10, MIX-20) 모두 HFD군보다 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 이상의 결과에서 울무와 꾸지뽕잎 혼합 식이는 체지방과 혈청 지질 농도를 감소시키고, 배변량을 증가시키는 등의 효과가 있음을 확인할 수 있었으며, 따라서 이들 혼합소재의 활용은 체내 지질대사 개선을 위한 유용한 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

문 헌

- Anderson JW, Deakins DA, Floore TL, Smith BM, Whitis SE. 1990. Dietary fiber and coronary heart disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29: 95-147.
- Kritchevsky D. 1976. Diet and atherosclerosis. *Am J Pathol* 84: 615-632.
- Ministry of Health and Welfare. 2005. *Year Book of Health and Welfare Statistics*. Korea. p 51-77.
- Park YH, Lee JS, Lee YJ. 1993. Distribution of serum lipid by age and the relation of serum lipid to degree of obesity and blood pressure in Korean adults. *Kor J Lipidology* 3: 165-180.
- Lee SW. 1992. *Research on ancient Korea dietary life history in the East Asia*. Hyangmoonsa, Seoul, Korea. p 122.
- Jin KD. 1975. Studies on coix ma-yuen roman. *J Kor Pharm Sci* 5: 307-311.
- Chung BS, Suzuki H, Hayakawa S, Kim JH, Nishizaawa Y. 1988. Studied on the plasma cholesterol-lowering component in coix. *J Japan Food Technol* 35: 618.
- Park YJ, Lee YS. 1988. Effect of coix on plasma cholesterol and lipid metabolism in rats. *Korean J Nutr* 21: 88-98.
- Lee JE, Suh MH, Lee HG, Yang CB. 2002. Characteristics of Job's tear gruel by various mixing ratio, particle size and soaking time of Job's tear and rice flour. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 193-199.
- Kim SH, Kim NJ, Choi JS, Park JC. 1993. Determination of flavonoid by HPLC and biological activities from the leaves of *Cudrania tricuspidata* bureau. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 68-72.
- Otlersen T, Vance B, Doorenbos NJ, Chang BL, EI-Feray FS. 1977. The crystal structure of cudranone, 2,6,3'-trihydroxy-4-methoxy-2'-(3-methoxy-2-buternyl)-I, a new antimicrobial agent from *Cudrania cochinchinensis*. *Acta Chem Scand* 31: 434-436.
- Chang CH, Lin CC, Hattori M, Namba T. 1994. Effects of anti-lipid peroxidation of *Cudrania cochinchinensis* var. *gerontogea*. *J Ethnopharmacol* 44: 179-185.
- Joo HY, Lim KT. 2009. Protective effect of glycoprotein isolated from *Cudrania tricuspidata* on liver in CCl4-treated A/J mice. *Korean J Food Sci Technol* 41: 93-99.
- Asano N, Oseki K, Tomioka E, Kizu H, Matsui K. 1994. N-containing sugars from *Morus alba* and their glycosidase inhibitory activities. *Carbohydr Res* 259: 243-255.
- Jang MJ, Rhee SJ. 2004. Hypoglycemic effects of pills made of mulberry leaves and silkworm powder in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1611-1617.
- Kwon EH, Jung MA, Rhee SJ, Choi SW, Cho SH. 2006. Antioxidant effects of improvement of lipid metabolism of mulberry fruit, mulberry leaves and silkworm powder with different mixing ratios in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 39: 91-99.
- Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodent: final report of the American Institute Nutrition ad hoc writing committee in the reformulation of the AIN-76A rodent diets. *J Nutr* 123: 1939-1951.
- Han CK, Kim SS, Choi SY, Park JH, Lee BH. 2009. Effects of rice added with mulberry leaves and fruit on blood glucose, body fat and serum lipid levels in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1336-1341.
- Kim HK, Cho DW, Hahm YT. 2000. The effects of coix bran on lipid metabolism and glucose challenge in hyper-

- lipidemic and diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 140-146.
20. Avram AS, Avram MM, James WD. 2005. Subcutaneous fat in normal and diseased status: 2. Anatomy and physiology of white and brown adipose tissue. *J Am Acad Dermatol* 53: 671-683.
 21. Cha JY, Kim HJ, Jun BS, Cho YS. 2000. Effect of water-extracted of leaves from *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata* on the lipid concentrations of serum and liver in rats. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 43: 303-308.
 22. Mc Dougall GJ, Morrison IM, Hillman JR. 1996. Plant cell walls dietary fibre: range, structure, processing and function. *J Sci Food Agric* 70: 133-150.
 23. Lee JS, Lee MK, Ha TY, Bok SH, Park HM, Jeong KS, Woo MN, Do GM, Yeo JY, Choi MS. 2006. Supplementation of whole persimmon leaf improves lipid profiles and suppresses body weight gain in rats fed high-fat diet. *Food Chem Toxicol* 44: 1875-1883.
 24. Jang JY, Choi HY. 2003. Effects of *Artemisia iwayomogi* oligosaccharide on the blood lipids, abdominal adipose tissues and leptin levels in the obese rats. *Korean J Nutr* 36: 437-445.
 25. Cha JY, Cho YS. 1999. Effect of potato polyphenolics on hyperlipidemia in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 274-279.
 26. Matsumoto N, Okushio K, Hara Y. 1998. Effect of black tea polyphenols on plasma lipids in cholesterol-fed rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 44: 337-342.
 27. Lim SC. 2006. Effects of yullmoo (*Coix lachryma-jobi* var. mayuen stapf.) ext. on lipid lowering and serum glucose in hyperlipidemic rat. *Korean J Plant Res* 19: 126-129.
 28. Lee JM, Lee SH, Lee JH, Lee E. 2006. Effects of *Coix lachryma-jobi* var. mayuen stapf. pharmacopuncture on plasma lipid composition and glucose in rat fed high fat diet. *Kor J Acupuncture* 23: 59-66.
 29. Oh UJ, Kim GP, Cho YW, Chung SH, Gu SJ. 1999. Effect of beverage containing extract from mulberry leaves on serum glucose and lipid levels in db/db mouse. Annual Meeting of Korean Soc Food Sci Technol, Seoul, Korea. p 430.
 30. Kim SY, Lee WC, Kim HB, Kim AJ, Kim SK. 1998. Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol induced hyperlipidemia in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1217-1222.
 31. Takahashi M, Konno CH. 1986. Isolation and hypoglycemic activity of coixans A, B and C, glycans of *Coix lachryma-jobi* var. ma-yuen seeds. *Planta Med* 52: 64-65.
 32. Chung SH, Yu JH, Kim EJ, Ryu KS. 1996. Blood glucose lowering effect of silkworm. *Bull K H Pharma Sci* 24: 95-100.
 33. Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Ku HO, Lee HS, Lee KR. 1999. Hypoglycemic effect of mulberry leaves with anaerobic treatment in alloxan-induced diabetic mice. *Korean J Pharmacogn* 30: 123-129.
 34. Yoo SK, Kim MJ, Kim JW, Rhee SJ. 2002. Effects of YK-209 mulberry leaves on disaccharidase activities of small intestine and blood glucose-lowering in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1071-1077.
 35. Lee S, So S, Hwang E, Koo B, Han G, Ko S, Kim N. 2008. Effect of ginseng and herbal plant mixtures on anti-obesity in obese SD rat induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 437-444.

(2012년 3월 8일 접수; 2012년 4월 3일 채택)