

뽕잎분말이 고콜레스테롤 식이 투여 흰쥐의 지질대사에 미친 영향

김애정* · 김선여¹ · 최미경² · 김명환³ · 한명륜³ · 정진섭⁴
혜전대학 식품영양과, ¹경희대학교 동서의학대학원, ²청운대학교 식품영양학과,
³단국대학교 식품공학과, ⁴연세대학교 생물자원공학과

Effects of Mulberry Leaves Powder on Lipid Metabolism in High Cholesterol-Fed Rats

Kim Ae-Jung, Kim Sun-yeou¹, Choi Mi-Kyeong², Kim Myung-Hwan³,
Han Myung-Ryun³, and Chung Kun-Sub⁴

Department of Food & Nutrition of Hyejeon College

¹Graduate School of East-West Medical Science, Kyunghee University

²Department of Human Nutrition & Food Science of Chungwoon University

³Department of Food Engineering of Dankook University

⁴Department of Biological Resources & Technology, Yonsei University

Mulberry leaves, high in dietary fiber and some nutritional materials, are thought to have hypocholesterolemic effect. Therefore, effect of mulberry leaf powder on serum lipid profiles were studied using rats with diet-induced hypercholesterolemia. Male Sprague-Dawley rats were fed AIN-93 diet (control group), and diets containing high-cholesterol and 0% mulberry leaves powder, high-cholesterol and 5% mulberry leaves powder, and high-cholesterol and 10% mulberry leaves powder for 4 weeks. Hypercholesterolemia was induced by adding 1% cholesterol and 0.5% cholic acid to all diets except in control group. Although no differences were observed in food intake and initial body weight among groups, mulberry leaf treatment resulted in significant decreases in food efficiency ratio and body weight gain. Mulberry leaf treatment decreased serum lipid profiles, atherogenic index, cardiac risk factor, low density lipoprotein cholesterol ratio, serum aspartate transaminase, and liver lipid levels. High density lipoprotein cholesterol, total cholesterol, serum HDL-cholesterol, and fecal lipid levels increased, suggesting mulberry leaves could improve hyperlipidemia and liver action, thereby preventing cardiovascular disease.

Key words: mulberry leaves powder, lipid profiles, cardiovascular disease index

서 론

고도의 산업화와 경제적 수준의 향상으로 식생활 패턴이 서구화됨에 따라 한국인 사망 원인으로 뇌혈관계 질환, 악성 종양, 고혈압 및 심장 질환 등이 높은 비중을 차지하고 있으며, 소아 성인병 또한 증가추세에 있어 국민보건에 심각한 문제점으로 지적되고 있다(1,2). 고열량식, 고지방식과 같은 불균형된 식생활로 인해 발생하는 비만증의 원인은 대부분 섭취 열량이 체내에서 소비되지만 남은 부분이 지방으로 전환되어 체내의 여러 부분, 특히 피하조직과 복강 내에 축적됨으로서 일어나는 현상이다. 그 결과 고지혈증, 지방간, 동맥경화, 심혈관계질환,

고혈압 등의 합병증이 수반되고 있으며, 이러한 혈액순환기계 질환의 원인으로 Poller(3)는 동물성 지방과 단백질 섭취가 증가하고 식이섬유소 섭취량이 감소되고 있기 때문인 것으로 보고하고 있다.

심혈관계 질환을 예방하기 위해서는 혈중 콜레스테롤치를 정상수준인 160-180 mg/dL로 유지시키는 것이 효과적이다. 혈청 콜레스테롤은 허혈성 뇌혈관질환 및 관상동맥질환의 위험인자로 밝혀졌고 콜레스테롤 1%를 저하시키면 심장사나 심근경색을 2% 감소, 허혈성 뇌졸중의 발병율을 5배 감소시킬 수 있다고 한다(4,7). 따라서, 또한 최근에 free radical이 노화, 뇌혈관 질환, 심혈관계 질환, 및 암과 같은 만성질환의 원인이 된다고 밝혀짐에 따라 항산화 효과를 가지는 식품의 섭취를 통해 이와 같은 질병을 예방하고 치료하며, 노화를 지연시키고자 하는 노력이 증가하고 있다(4,7). 그 가운데 폴리페놀이 풍부한 식품인 과일, 채소 및 이들의 주스, 와인, 차, 커피 등의 음료가 항산화성분의 식이공급원으로 주목을 받고 있다.

많은 역학연구에서도 식이섬유소와 폴리페놀이 풍부한 식품

*Corresponding author: Kim Ae-Jung, Department of Food & Nutrition, Hyejeon College, Hongsung, Chungnam 350-702, Korea
Tel: 82-41-630-5249
Fax: 82-41-630-5175
E-mail: kaj419@hyejeon.ac.kr

섭취가 심혈관계질환에 의한 사망률 저하와 상관성이 있음을 보고하고 있다(8-10). 동맥경화, 심근경색 및 뇌졸중과 같은 심혈관계 질환은 다른 만성질환에 비하여 식이의 영향을 많이 받는다고 알려져 있으며, 위험인자로써 혈중 콜레스테롤, 고혈압, 흡연, 당뇨 및 비만 등이 있다(11). 따라서 식품 중에 함유된 항동맥경화성 인자들을 추출하고 이들의 생리활성 기능을 과학적으로 밝히고자 하는 많은 연구들이 수행되어 왔다. 그 가운데 녹차나 홍차와 심혈관계질환 관련 연구는 매우 활발히 진행되어 왔으나(12-21), 생리활성 효과가 녹차와 유사하나(23-34) 녹차와 비교시 차로써 인지도가 낮은 뽕잎에 대해서는 연구가 비교적 적은 편이다.

뽕잎에는 50여종의 각종 무기성분, methionine 등의 아미노산, 다량의 식이섬유소 및 항산화 비타민이 다량 함유되어 있다(22). 그동안 진행되었던 고지혈증 관련 연구의 경우는 단기간 메탄올추출물의 형태를 경구투여 하여 그 효과를 본 경우(23)로 제한되어 있어서, 일상 식생활에 적용하기 쉬운 분말형태로의 접근은 매우 드문 실정이다. 따라서 본 연구에서는 뽕잎 분말형태를 이용해보고자 고지혈증 유발 흰쥐에게 뽕잎분말을 여러 수준(0, 5, 10%)으로 첨가하여 4주간 섭취시켜 식이에 첨가한 뽕잎분말이 심혈관계 질환의 주요 위험 인자들을 저해시키는 효과를 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 뽕잎(*Morus alba*)분말은 충북양잠조합에서 구입하여 사용하였다.

실험동물 사육 및 식이조성

실험동물로는 생후 12주령 된 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 32마리를 (주)바이오제노믹스(Biogenomics, Seoul, Korea)에서 구

입하여 사용하였다. 실험식이 시작 전 1주일간은 고형배합사료로 적응시킨 후, 이들을 체중에 따라 난괴법을 사용하여 8마리씩 정상식이군과 실험군으로 나누어 4마리씩 stainless steel cage에서 4주 동안 사육하였다. 실험군은 normal control group(C), 1% cholesterol administered group(HC), 1% cholesterol + 5% mulberry leaf powder(HC5M), 1% cholesterol + 10% mulberry leaf powder (HC10M) 군으로 나누었다. 사육실의 온도는 20±2°C로 유지하였으며, 조명은 12시간 주기(08:00-20:00)로 조절하였다. 본 실험에서 사용한 대조군과 실험군의 식이조성은 AIN-93G(Harlan Teklad, Madison, USA)를 기준으로 Table 1과 같이 하였고 식이와 음용수는 ad libitum으로 하였다. 고콜레스테롤혈증을 유도하기 위하여 고콜레스테롤군의 모든 식이는 1% 콜레스테롤과 0.5% cholic acid를 첨가하여 조제하였다. 식이섭취량은 1주일에 2번씩 측정하였으며, 체중은 1주일에 한번씩 측정하였다. 식이효율(food efficiency ratio; FER)은 사육기간 동안의 체중증가량을 같은 기간동안 섭취한 식이섭취량으로 나누어 산출하였다.

$$\text{식이효율 (FER)} = \frac{\text{체중증가량 (g)}}{\text{식이섭취량 (g)}}$$

시료의 수집 및 처리

사육기간이 끝난 실험동물들을 12시간 절식시킨 후 ethyl ether로 마취하여 심장에서 주사기로 채혈하였다. 채혈된 혈액은 3,000 rpm에서 30분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 시까지 냉동 보관하였다. 간장과 신장은 무균적으로 채취하여 생리식염수로 세척하고 여과지로 물기를 제거하여 중량을 측정한 후 -70°C에서 냉동보관 하였다. 실험동물을 희생하기 3일 전에 metabolic cage에 흰쥐를 한 마리씩 넣어 24시간 동안 대변을 분리 수집하였다. 수집한 분변은 중량을 측정 후 -70°C에서 냉동보관 하여 분석 시 사용하였다.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	C ¹⁾	HC ²⁾	HC5M	HC10M
Corn Starch	529.486	529.486	529.486	529.486
Casein	200.000	200.000	200.000	200.000
Sucrose	100.000	100.000	100.000	100.000
Soybean oil	70.000	70.000	70.000	70.000
Cellulose	50.000	50.000	50.000	50.000
Mineral mixture ³⁾	35.000	35.000	35.000	35.000
Vitamin mixture ⁴⁾	10.000	10.000	10.000	10.000
L-Cystine	3.000	3.000	3.000	3.000
Choline bitartrate	2.500	2.500	2.500	2.500
T-butylhydroquinone	0.014	0.014	0.014	0.014
Cholesterol	-	10.000	10.000	10.000
Mulberry leaves powder	-	-	50.000	100.000
Total	1,000	1,010	1,060	1,110

¹⁾C: Normal control group fed AIN-93 diet.

²⁾All of HC groups were fed 1% cholesterol and 0.5% cholic acid diet.

HC5M: 5% mulberry leaves powder was added in diet.

HC10M: 10% mulberry leaves powder was added in diet.

³⁾AIN-93 Mineral mixture (g/kg diet): Calcium carbonate 357 g, Monopotassium phosphate 196 g, Potassium citrate 70.78 g, Sodium chloride 74 g, Magnesium oxide 24 g, Ferric citrate 6.06 g, Zinc carbonate 1.65 g, Manganous carbonate 0.63 g, Cupric carbonate 0.30 g, Potassium iodate 0.01 g, Ammonium paramolybdate 0.00785 g.

⁴⁾AIN-93 Vitamin mixture (g/kg diet): Nicotinic acid 3.0 g, Ca pantothenate 1.6 g, Pyridoxine HCL 0.7g, Thiamin HCL 0.6 g, Riboflavin 0.6 g, Folic acid 0.2 g, D-Biotin 0.02 g, Vitamin E 15.0 g, Vitamin A 0.8 g, Vitamin D₃ 0.25 g, Vitamin K 0.075 g, Powdered sucrose 974.655 g.

혈청 지질분석

혈청 중성지방의 함량은 혈청 중성지방 측정용 kit(Sigma Co, USA)를 사용하여 정량하였다. 혈청 총 콜레스테롤 함량은 Rudel 등(24)의 방법에 의거하여 분석하였으며, HDL-cholesterol 함량과 LDL-cholesterol 함량은 Noma 등(25)의 방법에 따라 분석하였다.

심혈관계지표

임상진단에서 순환계와 관련한 진단지수인 동맥경화지수(atherogenic index; AI), 심장위험지수(cardiac risk factor; CRF), HTR(high density lipoprotein cholesterol and total cholesterol ratio), LHR(low density lipoprotein cholesterol ratio)는 아래와 같은 공식에 의하여 산출하였다(26,27).

$$AI = (\text{Total cholesterol} - \text{HDL-cholesterol}) / \text{HDL-cholesterol}$$

$$CRF = \text{Total cholesterol} / \text{HDL-cholesterol}$$

$$HTR = \text{HDL-cholesterol} / \text{total cholesterol}$$

$$LHR = \text{LDL-cholesterol} / \text{HDL-cholesterol}$$

혈청 aspartate transaminase(AST) 및 alanine transaminase(ALT) 활성 측정

간의 손상정도를 측정하기 위하여 아미노산 전이효소인 AST와 ALT 활성을 효소법에 의한 정량용 kit(Asan Co, Seoul, Korea)을 이용하여 측정하였다.

간장과 분변 중에서 지질 농도 측정

간 조직 1g에 생리식염수 4mL를 넣어 조직균질기로 얼음물 속에서 균질화한 후 Folch(28)법으로 지질을 추출하였다. Sale 등(29)의 방법을 적용하여 클로로포름에 용해된 지질추출물을 일정량 취하여 질소 가스로 건조시킨 후 tritonX-100과 에탄올에 용해시켜 혈청 지질측정과 동일한 방법으로 간의 총 지질, 콜레스테롤과 중성지방 농도를 측정하였다. 분변의 총 지질, 총 콜레스테롤과 중성지방도 간과 동일한 방법으로 지질을 추출하여 농도를 측정하였다.

통계분석

본 연구의 실험결과는 실험군당 평균과 표준편차를 계산하였고, ANOVA를 실시한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의거하여 각 실험군 평균치 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

뽕잎분말이 첨가된 식이를 4주간 섭취한 실험동물의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 식이섭취량과 시작체중은 모든 군 간에 유의적인 차이가 없었으며, 체중증가량과 식이효율은 10% 뽕잎분말을 첨가한 HC10M군에서 가장 낮게 나타났다. 뽕잎 10% 군에서 체중증가율과 식이효율이 유의적으로 낮은 것은 뽕잎이 52%의 섬유질 함유량을 갖는 고섬유질식품(23)이어서 다량의 식이섬유소가 지질을 흡착하여 배설을 촉진시킨 것결과로 보인다.

혈청 지질수준

뽕잎분말이 흰쥐의 혈청 지질함량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL-cholesterol 및 HDL-cholesterol치를 측정하였으며 그 결과는 Table 3과 같다.

고콜레스테롤 투여군(HC)의 혈청 내 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL-cholesterol 농도는 정상대조군(C)을 포함한 다른 실험군들(HC5M, HC10M)에 비해 유의적으로 높았다. 뽕잎분말이 급여된 실험군들(HC5M, HC10M)의 경우 정상군보다는 높았지만 HC군에 비해서는 유의적으로 낮은 수준이었다. 그러나 HDL-cholesterol 함량의 경우에는 반대의 상반된 경향을 보였다. 동맥경화를 개선시켜주는 요인으로 알려져 있는 HDL은 말초조직으로부터 과잉의 콜레스테롤을 간으로 이동시키고 거품세포 형성을 방해하여 동맥경화의 진행과정을 늦추는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(30). 본 실험결과 뽕잎분말 급여가 식이로 고콜레스테롤을 유도한 경우에 총 콜레스테롤, LDL-cholesterol, 중성지방을 감소시키고, HDL-cholesterol을 상승시키는 결과를

Table 2. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio

Groups	Food intake (g/day)	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Body weight gain (g/4 weeks)	FER
C	26.33 ± 6.23 ^{1), NS2)}	269.50 ± 13.12 ^{NS}	336.83 ± 21.23 ³⁾	67.33 ± 8.56 ^{ab}	2.56 ± 0.22 ^a
HC	31.59 ± 5.34	266.33 ± 18.54	346.17 ± 24.41 ^a	79.84 ± 5.65 ^a	2.53 ± 0.31 ^a
HC5M	35.90 ± 4.12	277.17 ± 16.89	320.66 ± 20.71 ^{ab}	43.49 ± 3.27 ^b	1.21 ± 0.11 ^{ab}
HC10M	35.27 ± 3.98	268.00 ± 15.32	300.43 ± 17.23 ^b	32.33 ± 4.11 ^b	0.92 ± 0.09 ^b

¹⁾Mean ± S.D. (n = 7-8).

²⁾NS: not significant.

³⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Serum lipid profiles

Groups	Total cholesterol	Triglyceride	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol
C	47.50 ± 4.59 ^{1), 2)}	48.16 ± 12.02 ^c	51.83 ± 17.57 ^a	6.83 ± 2.31 ^b
HC	153.50 ± 7.50 ^a	87.16 ± 20.58 ^a	23.50 ± 4.03 ^b	27.16 ± 15.74 ^a
HC5M	86.33 ± 32.18 ^b	67.50 ± 12.34 ^b	23.33 ± 2.50 ^b	24.16 ± 7.22 ^a
HC10M	90.50 ± 19.96 ^b	68.83 ± 10.49 ^b	49.33 ± 9.20 ^a	10.83 ± 2.04 ^b

¹⁾Mean ± S.D. (n=7-8).

²⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

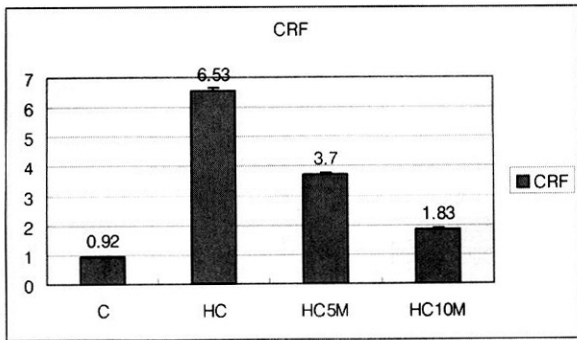


Fig. 1. Cardiac risk factor.

Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

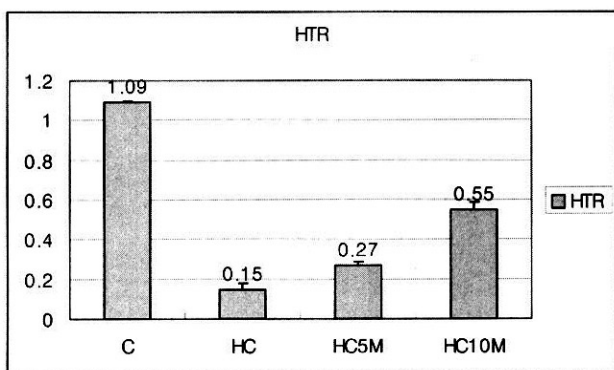


Fig. 2. High density lipoprotein cholesterol and total cholesterol ratio.

Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

가져와 지질대사 개선에 효과적인 것으로 나타났다.

Russell 등(31)은 녹차의 콜레스테롤 저하기전을 녹차에 포함된 다량의 식이섬유소와 기능성 성분의 콜레스테롤 흡수억제 및 담즙산 형태로의 배설을 촉진함으로써 혈중 지질상태를 개선하는 것으로 추정하였는데, 본 연구에서 치료로 사용한 뽕잎의 섬유소함량이 52.9%로 높아서(23), 뽕잎 첨가군에서 혈청 지질 저하효과가 뚜렷하게 나타난 것으로 보인다.

심혈관계인자

뽕잎분말이 첨가된 식이를 4주간 섭취한 실험동물의 심혈관계인자 지표인 CRF, LHR, AI 지수에 미친 영향에 대한 결과는 Fig. 1-4와 같다. CRF, LHR, AI 등의 경우 HC군에서 가장 높게 나타났고, HTR은 HC군이 HC5M, HC10M군에 비해 낮았다.

동맥경화지수(AI)는 체내 HDL-cholesterol에 대한 중성지방의 농도를 대표하는 값으로 임상에서 3.0 이상의 값을 나타낼 때 동맥경화에 대한 위험 신호로서 사용하고 있다(32). 심혈관위험지수(CRF)는 동맥경화지수와 더불어 심혈관계질환에 대한 위험신호로서 사용되고 있으며, 임상에서 7.0 이상의 수치를 나타낼 때 위험신호로 인지된다(33). Fig. 1-4에서 동맥경화지수, 심혈관계지수와 그와 유사한 HTR, LHR을 살펴보면, 정상대조군(C)과 비교할 때 고콜레스테롤을 급여한 모든 군(HC, HC5M, HC10M)에서 유의적으로 높은 수치를 나타내어 심혈관계질환의 위험성이 높은 것으로 나타났다. 고콜레스테롤 급여 대조군(HC)과 실험군들(HC5M, HC10M) 사이에서도 유의적인 차이를

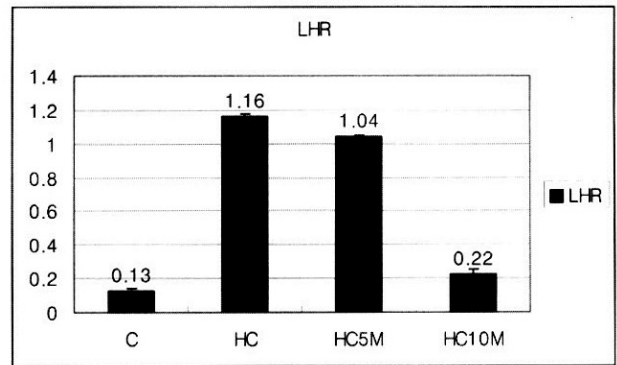


Fig. 3. Low density lipoprotein cholesterol ratio.

Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

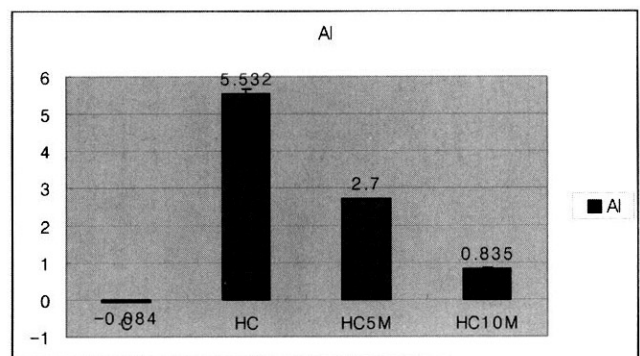


Fig. 4. Atherogenic index.

Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Serum AST (aspartate transaminase) and ALT (alanine transaminase)

Groups	AST (IU/L)	ALT (IU/L)
C	40.00 ± 2.52 ^{1)(c2)}	37.16 ± 6.04 ^{NS3)}
HC	62.16 ± 3.67 ^{ab}	48.33 ± 12.70
HC5M	73.50 ± 4.53 ^a	42.16 ± 6.99
HC10M	47.50 ± 2.89 ^b	41.83 ± 13.21

¹⁾Mean ± S.D. (n=7-8).

²⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

³⁾NS: not significant.

보였는데, 뽕잎분말이 10%수준으로 첨가된 실험군(HC10M)이 5% 실험군(HC5M)보다 더 효과적이었다. 즉 혈중 지질농도가 높은 대상자의 경우 일상식사 형태로 뽕잎을 꾸준히 섭취한다면 심혈관계질환 예방 및 치료에 보조적인 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

혈청 AST와 ALT 활성

고콜레스테롤과 뽕잎분말 투여가 혈청의 간기능지표 효소인 AST와 ALT 활성에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 4와 같다. 혈청 AST와 ALT 활성은 간세포의 변성이나 괴사를 반영하는 효소로서 간조직 손상시 혈중으로 다량 유출된다(23). AST 활성은 정상대조군에 비해 실험군(HC)에서 유의적으로 높게 나타났는데, 뽕잎분말이 투여된 실험군들(HC5M, HC10M)의 경우 정상대조군(C)에 비해 높게 나타났지만 10% 투여군

Table 5. Liver weight and lipids

Groups	Weight (g/100g BW)	Total lipid (mg/g wet wt)	Total-cholesterol (mg/g wet wt)	Triglyceride (mg/g wet wt)
C	5.89 ± 0.09 ^{ns}	20.93 ± 4.52 ^a	3.85 ± 0.90 ^a	5.49 ± 0.63 ^a
HC	6.68 ± 0.04 ^{ns}	48.49 ± 11.50 ^b	14.49 ± 1.55 ^b	9.96 ± 3.38 ^b
HC5M	6.40 ± 0.07 ^{ns}	40.30 ± 8.12 ^b	13.18 ± 1.71 ^b	6.62 ± 1.64 ^b
HC10M	6.23 ± 0.07 ^{ns}	23.15 ± 2.88 ^a	4.22 ± 0.51 ^a	6.30 ± 1.74 ^b

¹⁾Mean ± SD (n=7-8).

²⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 6. Fecal lipids

Groups	Total lipid (mg/g wet wt)	Total-cholesterol (mg/g wet wt)	Triglyceride (mg/g wet wt)
C	69.48 ± 20.85 ^{ns}	9.89 ± 0.23 ^b	12.71 ± 0.01 ^{ns}
HC	83.10 ± 6.02 ^{ns}	12.97 ± 0.61 ^b	13.36 ± 0.18 ^{ns}
HC5M	83.66 ± 18.54 ^{ns}	24.57 ± 11.85 ^{ab}	19.68 ± 0.49 ^{ns}
HC10M	96.50 ± 17.11 ^{ns}	31.12 ± 13.03 ^a	19.71 ± 0.49 ^{ns}

¹⁾Mean ± SD (n=7-8).

²⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

NS: not significant.

(HC10M)의 경우는 정상대조군 수준으로 낮게 나타났다. ALT 활성에는 정상대조군(C)과 실험군들(HC, HC5M, HC10M)간에 유의차가 없었다. 즉, 지방섭취가 증가되고 있는 현실에서 뽕잎분말을 고지방식품 및 식단에 첨가·조리하여 섭취하도록 권장한다면 간기능 유지에도 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

간장과 분변 중에서 지질 농도 측정

고콜레스테롤을 투여한 실험군들(HC, HC5M, HC10M)의 간의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방함량은 정상대조군(C)에 비해 증가되었으나 뽕잎분말의 첨가에 농도 의존적으로 유의적으로 감소하였다. 본 실험에서 고지방식이에 의한 간의 콜레스테롤 농도의 증가 정도는 중성지방 농도 증가에 비해 높았는데 이는 혈청 LDL-cholesterol이 높아진 결과와 일치하는 것으로 간으로 LDL-cholesterol의 유입이 높아져 간의 콜레스테롤 농도가 높아진 것으로 생각된다. 펙틴과 같은 섬유소는 소장에서 담즙의 배설을 촉진하여 간으로 재순환된 담즙량을 감소시켜 이를 보충하기 위해서 콜레스테롤이 담즙 생성에 사용(35)되게 하여 간의 지질을 저하시킨다고 한다. 또한 섬유소는 담즙생성 효소인 cholesterol 7 α -hydroxylase의 활성을 촉진시키는 생리활성이 있다고 하는데 본 실험 결과 뽕잎분말도 같은 역할을 하였을 것으로 판단된다.

4주 사육 후 희생시키기 전 이들 동안 수집한 분변의 지방 농도를 분석한 결과 고콜레스테롤 투여군(HC)의 총 지질과 중성지방 농도는 정상대조군(C)에 비해 다소 높았으나, 총 콜레스테롤의 경우는 유의적으로 높게 나타났다. 그리고 뽕잎을 첨가한 실험군들(HC5M과 HC10M)의 총 지질, 중성지방 및 콜레스테롤 농도는 고콜레스테롤을 투여군(HC)에 비해 분변으로 배설량이 증가하는 현상을 보였다. 이는 식이를 통해 섭취된 콜레스테롤의 분변으로의 배설량이 높아졌기 때문으로 생각되며, 뽕잎분말첨가에 의한 분변의 총 지질, 중성지방 및 콜레스테롤 농도가 높아진 것은 Cassidy와 Calvert(35)는 식이 섬유소의 콜레스테롤 저하기전에 대한 총설에서 밝힌 바와 같이 식이섬유소인 뽕잎이 지질의 흡수를 방해하여 분변으로의 배설을 증가시켰기 때문이다. 이러한 분변으로의 지질 배설 증가 효과는 뽕잎분말 첨가군의 혈청, 간의 지질 농도가 뽕잎분말 첨가 농

도 의존적으로 낮아진 결과와 일치하는 것으로 뽕잎분말의 저지효과를 확인할 수 있었다. 본 연구에서 뽕잎분말에 의해 분변으로의 콜레스테롤배설량이 중성지방의 배설량보다 많은 것은 뽕잎분말이 식이중 콜레스테롤뿐만 아니라 담즙의 재흡수도 방해하여 이들 모두를 배설시켰기 때문으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 뽕잎분말이 고콜레스테롤 섭취시 생체 내에서의(*in vivo*) 지질대사 개선에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 흰쥐에 콜레스테롤 1%인 사료를 급여하여 고지혈증을 유발시키면서 뽕잎분말(0, 5, 10%)을 해당사료에 첨가하여 4주간 섭취시켜 혈중 지질성분을 분석하여 비교하였다. 식이섭취량과 시작체중은 군간에 유의차가 없었는데, 체중증가량과 사료효율은 10% 뽕잎첨가군(HC10M)에서 가장 낮았다. 고콜레스테롤 투여군(HC)의 혈청 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL-cholesterol 농도는 정상대조군(C)을 포함한 다른 실험군들(HC5M, HC10M)에 비해 유의적으로 높았다. 뽕잎분말이 급여된 실험군들(HC5M, HC10M)의 이들 지질 함량은 정상군보다 높았지만 HC군에 비해서는 유의적으로 낮은 수준을 보였다. HDL-cholesterol 함량은 반대의 상반된 결과를 보였다. 심혈관계인자는 고콜레스테롤을 급여한 모든 군(HC, HC5M, HC10M)은 정상대조군(C)과 비교할 때 유의적으로 높아 심혈관계질환의 위험성이 높은 것으로 나타났으며, 실험군들(HC5M, HC10M)이 고콜레스테롤을 급여 대조군(HC)보다 유의하게 낮았는데, 10% 첨가된 실험군(HC10M)이 5% 실험군(HC5M)보다 더 효과적이었다. 혈청 AST 활성은 정상대조군에 비해 실험군(HC)에서 유의적으로 높았으며, 뽕잎분말이 투여된 실험군들(HC5M, HC10M)의 경우 정상대조군(C)에 비해 높았지만 10% 투여군(HC10M)은 정상대조군 수준으로 낮게 나타났다. 혈청 ALT 활성은 정상대조군과 실험군들간에 유의차가 없었다. 혈청 creatinine 수준은 대조군과 실험군사이에 유의적인 차이가 없었으며 모두 정상수준을 보였다. 고콜레스테롤을 투여한 실험군들(HC, HC5M, HC10M)의 간의 총 지질, 중성지방 및 총 콜레스테롤함량은 정상대조군(C)에 비해 각각 43, 27, 55%씩 증가하였다. 이러한 지방축적

현상은 뽕잎분말의 첨가에 의해 유의적으로 감소하였으며, 그 효과는 농도에 의존적이었다. 고콜레스테롤 투여군(HC)의 분변 중 총 지질과 중성지방 농도는 정상대조군(C)에 비해 다소 높았고, 총 콜레스테롤의 경우는 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 뽕잎첨가군(HC5M과 HC10M)의 총 지질, 중성지방 및 콜레스테롤 농도는 콜레스테롤 투여군(HC)에 비해 분변으로 배설량이 증가하는 현상을 보였다. 이상의 결과를 살펴보면 뽕잎 분말은 고콜레스테롤식을 섭취하는 경우 혈청과 간장의 지질수준은 떨어뜨리고, 분변중 지질배설량을 상승시키는 효과가 현저한 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터에서 시행한 2004년도 농림기술 개발사업(104003-02-1-HD110)의 협동연구과제로 수행된 연구결과와 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

문헌

1. NSOK. Annual Report on the Cause of Death Statistics. Natl. Stat. Office Korea, Seoul, Korea (2003)
2. NSOK. The Expectancy of Future Population. Natl. Stat. Office Korea, Seoul, Korea (2002)
3. Poller L. Fiber and diabetes. *Lancet* 24: 434-435 (1970)
4. Shin DH. The research and prospect of natural antioxidants. *Bull. Food Technol.* 8: 28-33 (1996)
5. Kim YJ. The protect the living organ from free radicals and the failure of protection: age-related disease. *Bull. Food Technol.* 10: 4-26 (1997)
6. Buring JE, Henekens CH. Antioxidant vitamins and cardiovascular disease. *Nutr. Rev.* 55: S53-S60 (1997)
7. Jacques PF, Halpner AD, Blumberg JB. Influence of combined antioxidant nutrient intake on their plasma concentrations in an elderly population. *Am. J. Clin. Nutr.* 62: 1228-1233 (1995)
8. St Leger AS, Cochran AL, Moore F. Factors associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine. *Lancet* 1: 1017-1020 (1979)
9. Hertog MGL, Kromhout D, Aravanis C, Blackburn H, Buzina R, Fidanza F, Giampaoli S, Jansen A, Menotti A, Nedeljkovic S. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch. Int. Med.* 155: 381-386 (1995)
10. Tijburg LB, Mattern T, Folts JD, Weisgerber UM, Katan MB. Tea flavonoids and cardiovascular disease: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 37: 771-785 (1997)
11. Glowinska B, Urban M, Koput A. Cardiovascular risk factors in children with obesity, hypertension and diabetes: lipoprotein(a) levels and body mass index correlate with family history of cardiovascular disease. *Eur. J. Pediatr.* 161: 511-518 (2002)
12. Hertog MGL, Feskens EJM, Hollman PCH, Katan MB, Kromhout D. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. *Lancet* 342: 1007-1011 (1993)
13. Kono S, Shinchi K, Wakabayashi K, Miura S, Umegaki K, Hara Y, Imanishi K, Nishikawa H, Ogawa S, Katsurada M. Relation of green tea consumption to serum lipids and lipoproteins in Japanese men. *J. Epidemiol.* 6: 128-133 (1996)
14. Green MS, Harari G. Association of serum lipoproteins and health-related habits with coffee and tea consumption in free-living subjects examined in the Israeli CRDIS study. *Prev. Med.* 21: 532-545 (1992)
15. Kono S, Shinchi K, Ikeda N, Yanai F, Imanishi K. Green tea consumption and serum lipid profiles: a cross-sectional study in

- northern Kyushu, Japan. *Prev. Med.* 21: 526-531 (1992)
16. Yang TT, Koo MW. Hypocholesterolemic effects of Chinese tea. *Pharmacol. Rev.* 35: 505-512 (1997)
17. Yamaguchi Y, Hayashi M, Yamazoe H, Kunitomo M. Preventive effects of green tea extract on lipid abnormalities in serum, liver and aorta of mice fed a atherogenic diet. *Nippon Yakurigaku Zasshi.* 7: 329-337 (1991)
18. Yang TT, Koo MW. Chinese green tea lowers cholesterol level through an increase in fecal lipid extraction. *Life Sci.* 66: 411-423 (2000)
19. Yang M, Wang C, Chen H. Green, oolong and black tea extracts modulate lipid metabolism in hyperlipidemia rats fed high-sucrose diet. *J. Nutr. Biochem.* 12: 14-20 (2001)
20. Sayama K, Lin S, Zheng G, Oguni I. Effects of green tea on growth, food utilization and lipid metabolism in mice. *In Vivo.* 14: 481-484 (2000)
21. Kao YH, Hiipakka RA, Liao. Modulation of endocrine systems and food intake by green tea epigallocatechin gallate. *Endocrinology* 141: 980-987 (2000)
22. Y SK, Kim MJ, Kim JW, Lee SJ. 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: 107-1099 (2002)
23. Lee WC, Kim AJ, Kim SY. The study on the functional materials and effects of mulberry leaf. *Food Sci. Ind.* 36: 2-14 (2003)
24. Rudel L, Morris MD. Determination of cholesterol using O-phthalaldehyde. *J. Lipid Res.* 14: 364-366 (1973)
25. Noma A, Nakayama KN, Kita M, Okabe H. Simultaneous determination of serum cholesterol in high and low density lipoprotein with use of heparin, Ca²⁺ and an anion exchange resin. *Clin. Chem.* 24: 1504-1510 (1978)
26. Kim YE, Oh SW, Kwon EK, Han DS, Kim IH, Lee CH. Effects of green tea, buckwheat and grape leaves extracts on lipid metabolism, antioxidative capacity, and antithrombotic activity in rats fed high cholesterol diets. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 979-985 (2004)
27. Kang IJ, Kim HK, Chung CK, Kim SJ, Oh DH. Effects of protaetia orientalis larva on the lipid metabolism in ethanol administered rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 479-484 (2000)
28. Barltrop D, Khoo HE. The influence of nutritional factors on lead absorption. *Postgrad. Med. J.* 51: 795-800 (1975)
29. Kim MJ, Cho SY, Jang JY, Park JY, Park EM, Lee MK, Kim DJ. Effect of water extract of green tea, persimmon leaf and safflower seed on heme synthesis and erythrocyte antioxidant enzyme activities in lead-administered rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 107: 1779-1785 (2003)
30. Tall AR. Plasma high density lipoproteins metabolism and relationship to atherogenesis. *J. Clin. Invest.* 86: 379-384 (1990)
31. Russell DW, Setchell KDR. Bile acid biosynthesis. *Biochem.* 31: 4737-4749 (1992)
32. Rosenfeld L. Lipoprotein analysis. *Arch. Pathol. Lab Med.* 113: 1101-1110 (1989)
33. Yun YP, Kang WS, Lee MY. The antithrombotic effects of green tea catechins. *J. Food Hyg. Safety* 11: 77-82 (1996)
34. Takeda Y, Ichihara A, Taijoka H, Inoue H. The biochemistry of animal cells, the effect of corticosteroids on leakage of enzyme from dispersed rat liver cell. *J. Biol. Chem.* 239: 3590-3596 (1964)
35. Kwon JY, Ann IS, Park KY, Cheigh HS, Song YO. The beneficial effects of pectin on obesity in vitro and in vivo. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 13-20 (2005)
36. Cassidy MM, Calvert RJ. Effects of dietary fiber on intestinal absorption of lipids. pp. 153-162. In: CRC handbook of dietary fiber in human nutrition 2nd ed. Spiller GA (ed). CRC Press, New York, NY, USA (1993)