

고지방 식이를 섭취한 마우스에서 토란분말의 비만억제 및 지질저하 효과

문지혜 · 성지혜 · 최인욱 · 김윤숙*
한국식품연구원

Anti-Obesity and Hypolipidemic Activity of Taro Powder in Mice Fed with High Fat and Cholesterol Diets

Ji-Hye Moon, Jeehye Sung, In-Wook Choi, and Yoonsook Kim*
Korea Food Research Institute

Abstract This study was conducted to investigate the effects of taro powder on body weight and lipid metabolism in high fat and cholesterol fed mice. C57BL6 mice were divided into four groups; normal (normal) diet group, a high fat and cholesterol (HF) diet group, and high fat and cholesterol diet groups with 20% taro powder (HF-taro 20%) and 30% taro powder (HF-taro 30%). After 8 weeks, body weight in the HF group increased to 175% of the normal group, while those of HF-taro 20% and HF-taro 30% group decreased by 12.5 and 14% compared to the HF group. The HF-taro 20% and HF-taro 30% groups had significantly reduced epididymal adipose tissue weight. Plasma triglyceride, total cholesterol, and LDL-cholesterol concentrations were significantly higher in the HF group than those in the normal group, while their amounts were significantly diminished in the HF-taro 20% and HF-taro 30% groups. Furthermore, the leptin and insulin concentrations in blood plasma decreased significantly in the HF-taro 20% and HF-taro 30% groups. Accumulation of triglycerides and cholesterol in the liver was significantly inhibited in the HF-taro 20% and HF-taro 30% groups through liver weights, a blood analysis, and histological findings. These results suggest that taro powder may be an effective material for anti-obesity by reducing plasma triglyceride and cholesterol levels.

Key words: taro, anti-obesity, cholesterol, triglyceride

서 론

최근 경제성장과 국민소득의 향상으로 식생활 양상은 지질 섭취량이 증가하고 이들을 예방할 수 있는 식이섬유의 섭취량은 감소하고 있어 비만, 고지혈증, 고혈압 및 당뇨와 같은 만성 퇴행성 질환의 발병 위험을 증가시키고 있다(1). 비만 치료에는 식이요법, 운동요법, 외과적 수술, 행동수정요법, 약물요법 등 다양한 방법이 있다. 식이요법은 효과가 단시간에 나타나기 때문에 가장 선호되는 방법으로, 비만과 혈중 콜레스테롤 함량을 낮추는 데에는 전체 열량과 지방섭취량과 같은 식이인자를 조절하는 것이 효과적인 것으로 알려져 있다(2). 약물요법으로는 비만을 일으키는 작용기전에 따라 식욕억제 효과 및 지방의 소화흡수를 억제하는 약물이 시판되고 있으나 부작용이 문제가 될 수 있다. 따라서 최근에는 항비만의 효능을 나타내는 기능성 식품소재로 *Garcinia cambogia* 과실의 껍질에서 추출한 성분인 hydroxycitrate, carnitine, conjugated linoleic acid, 식이섬유 등의 식품소재가 항비만 소재로 활용되고 있다(3). 그 중 수용성 식이섬유는 소장에서 담즙산

과 결합하여 담즙의 유용성을 감소시켜 흡수를 억제하고 대변으로 배설을 증가시키며, 더불어 식이섬유가 형성한 부피로 인하여 지질의 확산이 방해되어 흡수를 억제시키는 것으로 알려져 있다(4). 또한 대장에서 식이섬유의 발효로 단쇄지방산을 생성하여 간의 콜레스테롤 합성을 저해하며(5), 포화지방산과 콜레스테롤을 대치하는 효과를 나타낸다(6).

토란은 *Araceae*과 다년생 초본으로서 열대, 온대지방에서 널리 재배되며, 전세계적으로 100속이 있으며 1,500품종이 분포하고 있다(7). 토란은 칼로리가 낮으며, 주성분은 전분이고, dextrin과 sucrose 등이 들어 있어 고유의 단맛을 내며, 끈적끈적한 점질물 성분으로 galactan이 함유되어 있다(8). 감자류 중에서는 비교적 단백질이 많이 함유되어 있고 펠수아미노산과 비타민 C 및 식이섬유소가 풍부하다(9). 토란의 효능으로는 토란분말은 입자가 작기 때문에 가루 낸 것으로 음식을 만들어 먹으면 소화가 매우 잘 되는 것으로 알려져 있으며(10), 식이섬유의 함량이 높아 변비를 치료하고 예방해 주는 완화효과가 있다고 알려져 있다(8,10). 이와 같이 토란의 기능성과 식품학적 특성에 관한 연구들이 진행되어 왔으나 토란분말의 영양학적 및 식품학적 특성을 이용하여 *in vivo*계에서 동물실험을 통한 비만 억제와 지질저하 효능에 관한 연구는 아직까지 미비하다.

따라서 본 연구에서는 고지방 식이에 토란분말을 첨가하여 마우스에 8주간 급여한 후 체중변화, 혈청과 간의 지질함량 및 혈중 leptin 및 인슐린 농도, 간조직의 지질대사 관련 효소 활성도 및 간조직의 지질 침착도를 관찰함으로써 토란의 비만 억제 및 지질 저하에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

*Corresponding author: Yoonsook Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9281
Fax: 82-31-780-9281
E-mail: kimyus@kfri.re.kr
Received May 26, 2010; revised July 12, 2010;
accepted July 12, 2010

재료 및 방법

토란분말의 제조

토란분말의 *in vivo* 항비만기전을 연구하기 위해 실험에 사용한 토란은 전라남도 구례군에서 2008년에 생산된 알토란을 사용하였으며, 구입한 시료는 실험에 사용할 때까지 2-5°C에서 보관하였다. 토란분말은 알토란의 껍질을 제거하여 슬라이스한 후 95°C에서 30분 동안 상압증자 하여 60°C 열풍건조기에서 말린 후 mixer로 분쇄하여 60 mesh의 체를 통과시켜 균일한 입자를 가지는 증자처리 토란분말을 제조하였다. 각 토란분말은 밀봉시켜 4°C에 보관하여 시료로 사용하였다.

실험동물 사육 및 식이조성

실험동물은 4주령의 수컷 C57 BL/6J mice를 오리엔트 바이오(Orient Bio Inc., Seongnam, Korea)로 부터 분양받아 1주일간 정상식으로 적응기간을 가진 후 실험식이를 공급하였다. 실험식이의 조성은 Table 1과 같으며, 정상식이군은 AIN-76A diet #100000(Dytes Inc., Bethlehem, PA, USA)을 급여하였고, 실험군의 비만을 유도하기 위하여 AIN-76A 식이를 기준으로 하여 lard를 31%, 고 콜레스테롤 혈증을 유도하기 위하여 콜레스테롤 0.5%를 첨가하여 고지방 식이를 제조하였다. 또한 토란분말의 체중감량 및 지질저하 효과를 살펴보기 위하여 고지방식이에 토란분말을 20% 및 30% 첨가하여 실험식이를 제조하였다(Table 1).

실험군은 난괴법에 의하여 정상 식이군(Normal), 고지방 대조군(HF), 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)의 4가지 처리군으로 나누어 8주간 사육하였다. 실험동물들은 환경조절 된 사육실(조명 6:00 pm-6:00 am, 온도 22±2°C)에서 각 실험군당 10마리로 하여 한 cage당 2-3마리씩 분리하여 사육하였다. 사육 중 식이는 하루에 한번씩 평균적인 섭취량에 맞추어 제한적으로 공급하였으며, 식수는 자유롭게 섭취하도록 하였고, 모든 실험식이는 사육기간 동안 냉동보관하였다.

사육기간 중 실험동물의 체중은 주 1회 측정하였으며, 식이섭취량은 매일 일정시간에 식이급여량과 잔량을 측정하여 산출하

였다. 식이효율(food efficiency ratio: FER)은 8주간의 총 식이 섭취량에 대한 체중증가량의 비(FER=body weight gain(g)/food intake(g))로 계산하였다.

해부 및 장기적출

사육기간이 끝난 실험동물은 희생 전 12시간 동안 절식시킨 후, 안와채혈법으로 채혈하였으며 채혈한 혈액은 즉시 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석시료로 사용하였다. 또한 간과 신장 및 고환의 장기조직과 신장지방, 부고환 지방 및 갈색지방은 채혈 후 즉시 적출하여 생리식염수에 헹군 후 표면의 수분을 제거하여 중량을 측정 후, 간과 부고환 주위 지방은 즉시 액체질소에 급냉시켜 -70°C에 냉동 보관하였다.

지질 및 콜레스테롤 분석

혈액은 즉시 분리하여 혈청을 얻었으며, 분리한 혈청을 이용하여 중성지방(Triglyceride, TG), TC(total cholesterol), HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein), LDL-콜레스테롤(low density lipoprotein)은 혈청자동분석기(Hitachi 7170, Instrument Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)로 분석하였다.

간의 지질은 Folch 등(11)의 방법에 따라 간조직의 10배량의 용매(chloroform:methanol=2:1)를 가하여 반복추출하고 용매를 휘발시켜 지질을 얻었으며, 이때의 총 지질함량은 중량법으로 구하였다. 추출한 지질은 ethanol 15 mL로 정용하여 혈청에서의 분석과 동일한 방법으로 총 중성지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤을 분석하였다.

혈액 생화학적 분석

시험 종료시 채혈한 혈액으로부터 혈청을 분리하여 aspartate transaminase(AST)와 alanine transaminase(ALT), glucose 치를 측정하였다.

혈청 leptin 농도는 mouse leptin immunoassay kit(R&D systems Inc., Minneapolis, MN, USA)를 사용하여 분석하였으며, 혈중 insulin 함량은 mouse insulin ELISA kit(Central Lab Animal Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 분석하였다.

간조직의 지질침착도 및 침착양상 관찰

간조직 및 지방조직 세포의 형태학적 관찰을 위해 적출한 간과 부고환 조직의 일부를 적출하여 10% formaldehyde 용액에 고정 및 탈수 후 paraffin 투과과정을 거쳐 포매하였다. 박절편기로 약 4 µm 두께로 박절하여 hematoxylin-eosin(HE)으로 염색하고, xylene으로 투명화시켜 봉입한 다음 광학현미경으로 관찰하였다.

통계처리

실험 데이터는 SAS 통계 프로그램(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석을 행하였으며 ANOVA 분석은 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다. 모든 항목은 3회 반복 실험하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

체중변화와 식이섭취량 및 식이효율

토란분말의 첨가가 고지방 식이를 섭취한 마우스의 체중 증가에 미치는 영향을 측정하였다. 체중변화에 있어서 고지방 대조군(HF)에서는 급여 1주일 후부터 체중증가가 크게 나타났으며 8주 후에는 정상 식이군(Normal)에 비해 75%의 유의적인 체중증가를

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

	HF ¹⁾	HF-Taro 20% ²⁾	HF-Taro 30% ³⁾
Taro powder	0	20	30
Casein	26	22	20
Corn starch	6	0	0
Sucrose	0	0	0
Dextrose	20	12	5
Soybean oil	3.5	2.5	2.0
Lard	31	31	31
Cellulose	6	5	4.5
AIN-mineral mixture	5	5	5
AIN-Vitamin mixture	1.3	1.3	1.3
TBHQ	0.002	0.002	0.002
Cysteine	0.4	0.4	0.4
Choline bitrate	0.3	0.3	0.3
Cholesterol	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100

¹⁾HF: high fat and cholesterol diet

²⁾HF-Taro 20%: HF+taro powder 20%

³⁾HF-Taro 30%: HF+taro powder 30%

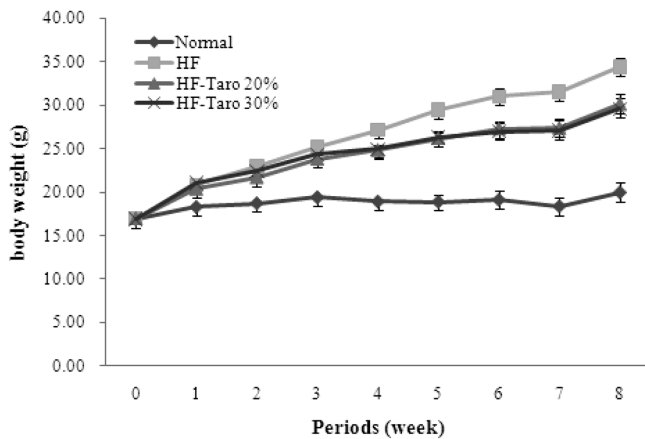


Fig. 1. Effects of taro powder on changes of body weight in mice fed with high fat and cholesterol diets¹⁾. ¹⁾See the legend of Table 2. Values are mean±SD (n=10).

나타내었다(Fig. 1). 토란 첨가군은 고지방 대조군에 비해 체중증가가 적었으나 정상 식이군보다는 높게 나타났다. 정상 식이군(Normal)과 고지방 대조군(HF) 및 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)의 4가지 처리군으로 나누어 8주간 사육 후 이들의 체중변화와 식이섭취량 및 식이효율을 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 8주 동안의 체중증가량은 고지방 대조군(HF)이 17.50±1.23 g으로 나타나 가장 큰 체중증가를 보였으며 토란 20%와 30%의 첨가군에서는 각각 13.18±1.42 g와 12.84±0.83 g로 고지방 대조군에 비해 낮은 체중증가량을 나타내었다.

식이 섭취량은 15.66±0.44-16.46±0.57 g/week로 유의적으로 큰

Table 2. Food intake and food efficiency ratio in mice fed with high fat and cholesterol diets containing taro powder for 8 weeks

Group	Food intake (g/week)	Body weight gain (g)	FER (%)
Normal ¹⁾	16.46±0.57 ^{5)ab}	3.07±0.73 ^c	2.34±0.63 ^c
HF ²⁾	15.66±0.44 ^a	17.50±1.23 ^a	13.99±1.37 ^a
HF-Taro 20% ³⁾	15.98±0.09 ^a	13.18±1.42 ^b	10.31±1.17 ^b
HF-Taro 30% ⁴⁾	16.00±0.66 ^a	12.84±0.83 ^b	10.03±0.01 ^b

¹⁾Normal: normal diet

²⁾HF: high fat and cholesterol diet

³⁾HF-Taro 20%: HF+taro powder 20%

⁴⁾HF-Taro 30%: HF+taro powder 30%

⁵⁾Values are mean±SD (n=10).

⁶⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

차이를 나타내지 않았으며 또한 식이효율도 고지방 대조군이 13.99±1.37%인 것에 비해 토란분말 첨가군은 낮게 나타났으며 특히 토란 30% 첨가군에서 10.03±0.01%로 가장 낮은 식이효율을 나타냈다.

주요 장기 무게 및 지방조직 무게

각 식이섭취군의 주요 장기의 중량을 살펴보았을 때, 고지방 대조군의 간의 중량은 정상 식이군에 비해 유의적으로 증가하였고, 신장 및 고환의 중량은 정상 식이군과 유의적으로 큰 차이를 보이지 않았다. 토란분말 첨가군의 경우 간의 중량은 약간 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. 신장과 고환의 중량은 고지방 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 3).

부고환주위지방(좌/우), 신장주위지방(좌/우) 및 갈색지방량은 Table 4와 같았다. 부고환주위지방은 고지방 대조군에서 2.02±0.25 g으로 정상 식이군이 0.23±0.03 g인 것에 비해 증가하였다. 반면 토란분말 20%와 30% 첨가군에서는 1.51±0.18, 1.40±0.16 g으로 감소하였다. 신장주위지방에서도 비슷한 경향을 나타내었으며 갈색지방 중량도 고지방 대조군에 비해 토란 분말 첨가 시 유의적으로 감소하였다. 따라서 토란분말은 체지방감소에 효과적인 소재임을 확인할 수 있었다.

혈청 지질 농도 변화

혈청 지질 농도에 미치는 영향은 Fig. 2와 같았다. 혈청의 중성지방(TG)의 농도는 정상 식이군(Normal)의 경우 24.60±4.93 mg/dL이었고 이에 비해 고지방 대조군(HF)에서는 46.50±17.93 mg/dL로 정상 식이군에 비해 약 2배 증가하여 높은 값을 나타내었다.

고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)은 각각 17.64±5.11, 9.01±2.87 mg/dL로 고지방 대조군에 비해 각각 62, 81%의 유의적인 감소를 나타내었으며, 이는 정상 식이군 보다는도 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다.

Table 4. Weights of adipose tissue of mice fed with high fat and cholesterol diets containing taro powder for 8 weeks

Group ¹⁾	Weight (g)		
	Epididymal fat	Perirenal fat	Brown adipose fat
Normal	0.23±0.03 ^{2)c3)}	0.07±0.01 ^c	0.10±0.03 ^c
HF	2.02±0.25 ^a	0.77±0.10 ^a	0.19±0.02 ^a
HF-Taro 20%	1.51±0.18 ^b	0.53±0.08 ^b	0.17±0.03 ^b
HF-Taro 30%	1.40±0.16 ^b	0.48±0.08 ^b	0.17±0.02 ^b

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾Values are mean±SD (n=10).

³⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Weights of major organs of mice fed with high fat and cholesterol diets containing taro powder for 8 weeks

Group ¹⁾	Weight (g)			
	Liver	kidney (left)	kidney (right)	Testis
Normal	0.83±0.13 ^{2)b3)}	0.13±0.04 ^a	0.14±0.01 ^a	0.15±0.01 ^b
HF	1.13±0.14 ^a	0.16±0.02 ^a	0.16±0.02 ^a	0.17±0.03 ^{ab}
HF-Taro 20%	0.98±0.09 ^{ab}	0.15±0.01 ^a	0.15±0.01 ^a	0.18±0.03 ^{ab}
HF-Taro 30%	1.11±0.09 ^a	0.12±0.00 ^a	0.15±0.02 ^a	0.20±0.01 ^a

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾Values are mean±SD (n=10).

³⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

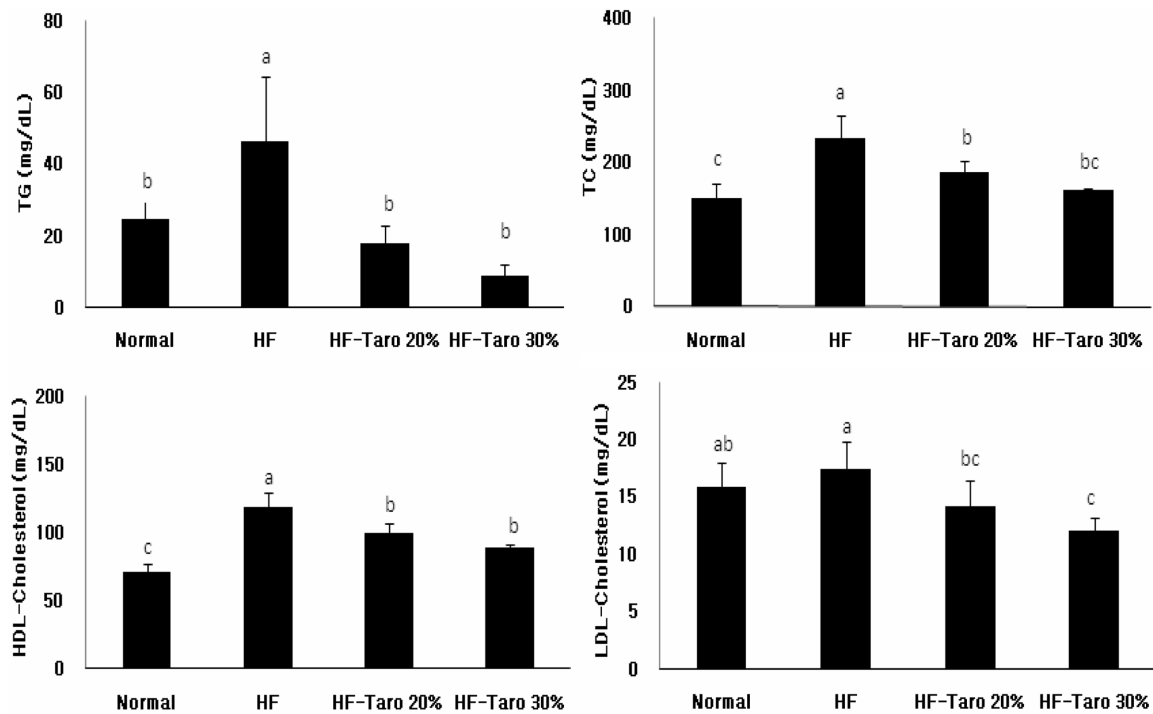


Fig. 2. Effects of taro powder on plasma lipid profiles in mice fed with high fat and cholesterol diets¹⁾. ¹⁾See the legend of Table 2. Values are mean±SD (n=10). Values with the same letter in the same row are not significantly different ($p<0.05$).

총 콜레스테롤(TC)함량과 LDL 콜레스테롤 함량은 정상 식이군에 비하여 고지방 대조군에서 증가하였고, 토란분말 첨가군에서는 고지방 대조군에 비해 상대적으로 낮은 경향을 나타내었다. Ku 등(12)은 해조김치가 고지방 식이를 섭취한 쥐에서 혈중 중성지질과 콜레스테롤 농도를 저하시켰으며 이는 다시마의 식이섭유에 의한 효과로 보고한 것과 유사한 양상으로 사료된다. 또한 수용성 식이섭유는 점성이 높아 장내 콜레스테롤과 중성지질의 흡수를 저해하며 장관에서 콜레스테롤 및 중성지질과 직접 결합하여 이들의 배설을 증가시키는 효과가 알려져 있다(13). 이러한 혈청 지질량의 감소는 관상심혈관 질환의 위험을 감소시키는 것으로 알려져 있으므로, 식이섭유의 함량이 풍부한 토란분말의 섭취에 의하여 개선될 수 있을 것으로 사료된다. HDL 콜레스테롤은 심혈관질환과 높은 연계성이 있고 HDL 콜레스테롤의 혈중 농도가 낮으면 심장병, 동맥경화 등의 위험성이 크다고 알려져 있다(14). HDL콜레스테롤 함량은 고지방 대조군에서 118.36 ± 10.57 mg/dL로 높은 수치를 나타내었으며, 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)에서 각각 99.76 ± 7.17 mg/dL과 89.36 ± 1.67 mg/dL로 낮아졌다. 이를 전체 콜레스테롤에 대한 HDL 콜레스테롤의 비율로 나타내었을 때 고지방 대조군이 0.51인 것에 비해 토란분말 20, 30% 첨가군에서 각각 0.54 ± 0.02 와 0.56 ± 0.02 로 증가하는 경향을 나타내어 토란분말은 고지방 섭취로 인한 심혈관 질환의 예방에 유효할 것으로 판단된다. Cho 등(15)은 고지방식이군에서 HDL 콜레스테롤 함량은 정상군에 비하여 유의적으로 높아졌으며 이는 고지방 식이로 인한 혈청 중 총 콜레스테롤 함량 증가에 기인한 것으로 보고하였으며, 총콜레스테롤 함량에 대한 HDL콜레스테롤 함량비(HTR)비로 산출하였을 때 고지방 대조군에서 유의적으로 낮게 나타난 것과 유사한 경향을 나타내었다.

혈청 leptin농도 및 인슐린 수치 변화

혈청 렙틴 농도는 Fig. 3과 같이 정상 식이군이 0.00149 ng/mL 이고, 고지방 대조군에서 42.09 ng/mL으로 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)에서 각각 19.36, 19.32 ng/mL로 나타나 고지방 대조군에 비해 유의성을 보이며 렙틴 농도가 감소하였다. 지방조직에서 생성되어 혈중으로 분비되는 유전자 단백질인 렙틴은 에너지 과잉 축적될 경우 생성이 증가하며 체중 및 체지방과 상관관계가 높아 비만의 지표로 사용될 수 있다(16). 따라서 토란분말 첨가시 혈청 렙틴 농도가 감소한 것은 체중감소와 지방 조직량의 감소와도 관련되는 것으로 판단된다. 혈청 내 인슐린농도는 Fig. 3과 같이 고지방 대조군이 1.21 ng/mL로 정상 식이군 1.03 ng/mL에 비하여 증가하였으나 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)에서 각각 1.15, 1.12 ng/mL로 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 혈청 내 인슐린 함량은 체중 및 내장지방 증가에 따라 증가하는 것으로 보고되고 있으며(17), 토란분말에 의한 인슐린 함량의 감소는 체중감소와 연관이 있는 것으로 사료된다.

간비대 개선 효과

고지방 대조군의 간의 중량은 정상 식이군에 비해 유의적으로 증가하였고, 토란분말 첨가군의 경우 간의 중량은 감소하였으며, 실험동물의 희생 직후 촬영한 간의 형태는 진한 선홍색의 정상 식이군과 달리 고지방 대조군은 옅은 분홍색으로 변하였고 황색의 지방들이 침착된 전형적인 지방간의 형상을 나타내었다. 일반적으로 지방 및 콜레스테롤의 섭취는 간장 조직의 지질대사 이상을 초래하여 지질 침착을 일으켜 간조직의 무게를 증가시켜 주는 것으로 알려져 있으며(1), 본 실험에서 고지방 및 고 콜레스

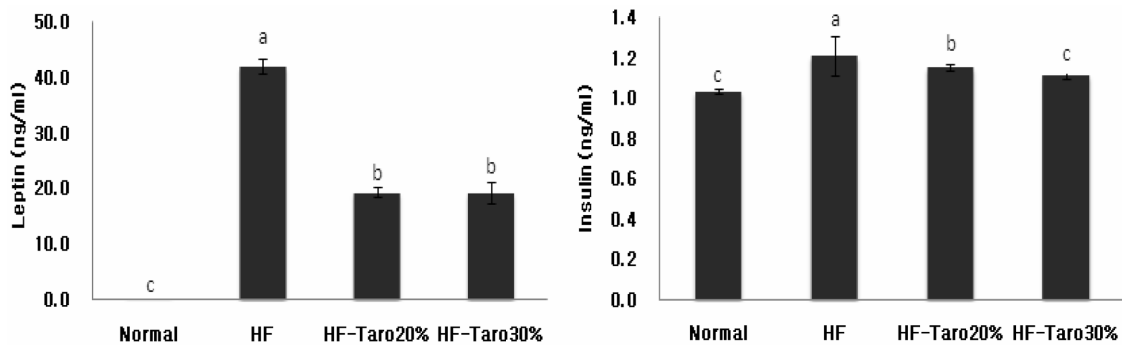


Fig. 3. Effects of taro powder on serum leptin level and insulin concentration in mice fed with high fat and cholesterol diets¹⁾. ¹⁾See the legend of Table 2. Values are mean±SD (n=10). Values with the same letter in the same row are not significantly different (p<0.05).

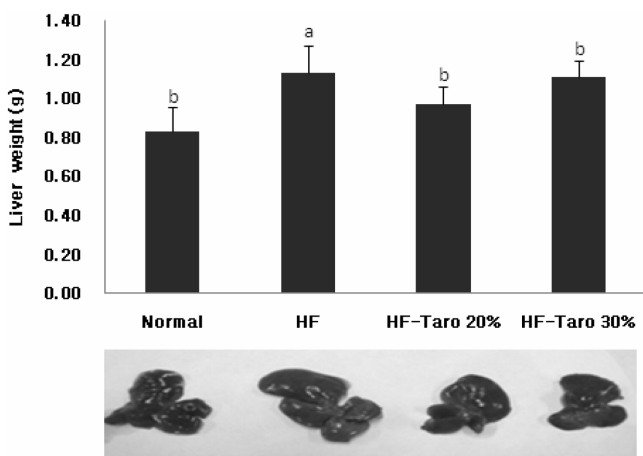


Fig. 4. Weights of liver of mice fed with high fat and cholesterol diets containing taro powder for 8 weeks¹⁾. ¹⁾See the legend of Table 2. Values are mean±SD (n=10). Values with the same letter in the same row are not significantly different (p<0.05).

테를 식이를 섭취한 고지방 대조군의 간조직의 증가도 이러한 원인에 의한 것으로 판단된다. 반면 토란분말 첨가군의 경우 지질 침착이 적었으며 정상 식이군과 유사한 형상을 유지하였다(Fig. 4).

지질 침착도

지방질의 축적을 확인하기 위하여 마우스의 간을 적출하여 간 조직의 H&E staining 결과(Fig. 5), 고지방 대조군은 간세포 내 지방 축적이 뚜렷이 관찰되었으며 세포질에 크고 작은 지방 소적으로 인해 간세포질의 지방공포가 많이 출현하였다. 토란분말을 첨가한 군에서는 간세포 내 지방침착이 뚜렷하게 억제되었다. 또한 정상 식이군에 비해 고지방식을 급여시 부고환 지방세포의 hypertrophy가 관찰되었으며 토란분말을 첨가한 고지방 식이의 급여는 부고환지방 세포의 크기를 유의적으로 감소시키는 경향을 나타내었다.

Kim 등(18)은 고지방 식이를 섭취한 비만백서에서는 고환주위 복부 내장지방의 세포수와 크기가 증가하였으며 뿔잎 추출물을 투여시 지방세포의 크기가 감소한 것과 유사한 경향을 나타내었다.

간지질 저하 효과

간의 총 지방과 중성지방 및 콜레스테롤 함량을 조사한 결과는 Fig. 6과 같았다. 간의 단위 무게 당 총 fat의 양은 정상 식이군이 0.04±0.02 g/g liver로 가장 낮았으며 고지방 대조군에서는 0.13±0.01 g/g liver로 가장 높게 나타났다. 반면 토란분말 첨가군에서는 고지방 대조군에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)에서 0.07±0.03 g/g liver로 큰 감소를 나타내었다. 간의 중성지방(TG)함량은 정

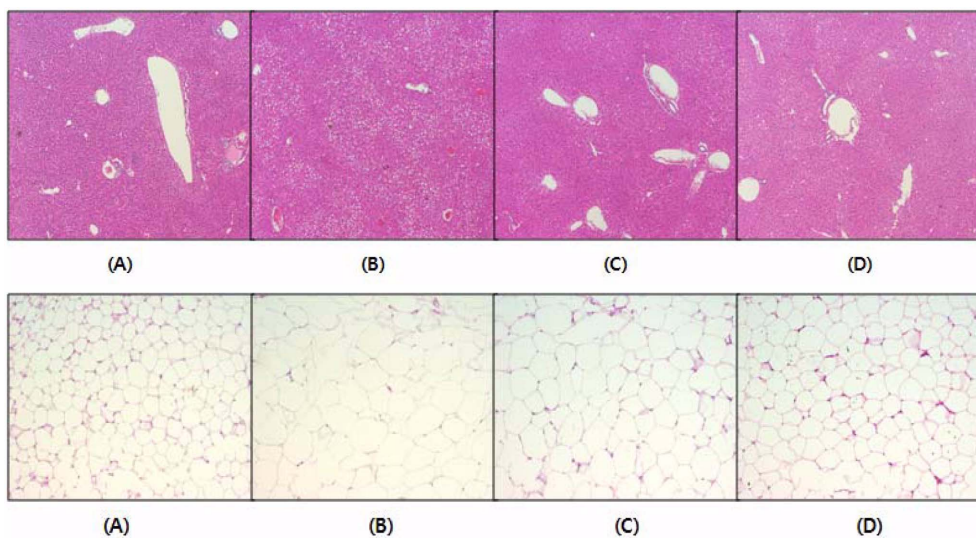


Fig. 5. Histological change of liver tissue and fat tissue around testicle in groups. (A): Normal diet, (B): High fat and cholesterol diet, (C): High fat-20% taro powder, (D): High fat-30% taro powder.

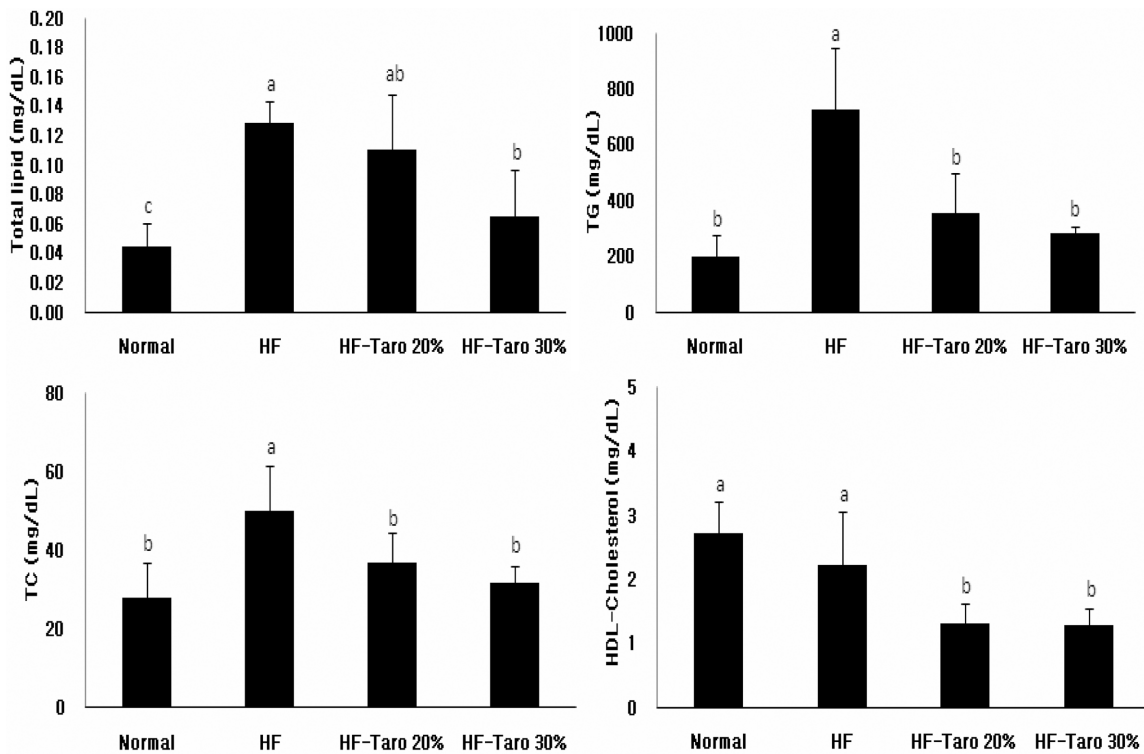


Fig. 6. Liver triglyceride and cholesterol concentrations in mice fed with high fat and cholesterol diets containing taro powder for 8 weeks¹⁾. ¹⁾See the legend of Table 2. Values are mean±SD (n=10). Values with the same letter in the same row are not significantly different (*p*<0.05).

상 식이군이 202.16±76.62 mg/g liver인 것에 비해 고지방 대조군이 725.92±219.11 mg/g liver로 나타나 약 3.6배의 증가를 보였으며, 이에 비해 토란분말 첨가군은 간의 중성지방 함량이 감소하였으며 특히 토란분말 30% 첨가군은 286.67±19.26 mg/g liver로 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 간의 총콜레스테롤 함량 또한 비슷한 경향을 나타내었으며 토란분말 첨가 시 농도 의존적으로 콜레스테롤 수준이 감소하였으며 토란 30% 첨가군에서 31.65±4.52 mg/g liver를 나타내어 간의 콜레스테롤 침착을 효과적으로 저하시켰다. HDL 콜레스테롤은 1.30±0.24-2.72±0.50 mg/g liver를 나타내었으며 전체콜레스테롤에 대한 HDL 콜레스테롤의 비율은 정상 식이군이 가장 높았으며 고지방 대조군과 토란분말 첨가군 사이에 유의적으로 큰 차이를 보이지 않았다.

간장의 콜레스테롤 함량은 소장으로부터의 콜레스테롤과 담즙산의 흡수가 저하되면 간으로의 콜레스테롤 유입이 감소되어 콜레스테롤 농도가 낮아지게 된다(1). Choi 등(3)은 수용성 식이섬유의 함량이 높은 발아현미를 섭취한 흰쥐의 간의 총 지질과 콜레스테롤 수치는 감소하였으며 이는 식이섬유소가 장내세균에 의해 발효되어 단쇄 지방산을 형성함으로써 콜레스테롤 합성을 저해시킨다. 이러한 작용으로 인해 간과 혈액내에서 지질과 콜레스테롤 축적이 억제되고 변을 통한 지질과 콜레스테롤 배설이 증가되었다고 보고한 것과 유사한 경향을 나타내었다.

간효소수치-AST, ALT

간 효소치인 AST(aspartate transaminase)와 ALT(alanine transaminase)는 간장과 심장에 다량 분포하며 간세포 손상 시 농도가 현저히 상승하므로 이 활성도는 간질환의 지표가 된다. 고지방식이에 의해 지방간 현상을 보인 고지방 대조군의 AST 효소는 264.70±60.45 U/L로 높은 값을 나타내었으나 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)은

AST수치가 각각 148.73±23.03 U/L와 170.56±69.84 U/L로 정상 식이군에 보다는 낮아졌으나 유의적 차이를 나타내지 않았다. 또한 고지방 대조군의 ALT 효소의 농도가 136.38±39.37 U/L인 것에 비해 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)은 ALT 수치가 각각 115.58±37.31 U/L, 113.38±21.88 U/L로 정상 식이군 수준으로 감소하였으나 통계적으로 유의성은 나타나지 않았다(Fig. 7). Glucose 수치는 고지방 대조군에서 유의적으로 증가하였으며, 토란분말 첨가 시 농도 의존적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

요 약

본 연구는 고지방 식이를 급여한 마우스의 체중과 체내 지질 함량에 미치는 토란분말의 효과를 규명하고자 하였다. 4주령의 수컷 C57BL6 mice를 정상 식이군(Normal), 고지방 대조군(HF), 고지방-토란분말 20%군(HF-Taro 20%), 고지방-토란분말 30%군(HF-Taro 30%)의 4가지 처리군으로 나누어 8주간 사육하였다. 토란분말을 8주 동안 급여한 후 체중, 지방 조직량, 혈청 및 간 지질농도, 혈중 leptin 및 인슐린 농도, 간조직의 지질대사 관련 효소 활성도 및 간조직의 지질 침착도를 관찰 하였다. 고지방 대조군(HF)의 체중은 정상식이군(Normal)에 비해 약 75%가 증가하였으며 HF-Taro 20% 및 HF-Taro 30% 처리군에서는 고지방 대조군에 비해 각각 12.5, 14%가 감소하여 고지방식이에 토란분말을 첨가시 마우스의 체중을 효과적으로 낮추었다. 또한 토란분말 첨가군은 내장지방이 유의적으로 감소되었으며 혈청 중성지방의 농도는 고지방 대조군(HF)이 정상식이군(Normal)에 비해 약 89%가 증가하였다. HF-Taro 20% 및 HF-Taro 30% 처리군에서는 고지방 대조군에 비해 각각 62, 81%가 감소하였으며, 총 콜레스테롤 농도 및 LDL 콜레스테롤 농도도 유의적으로 감소하여 토란분말 첨

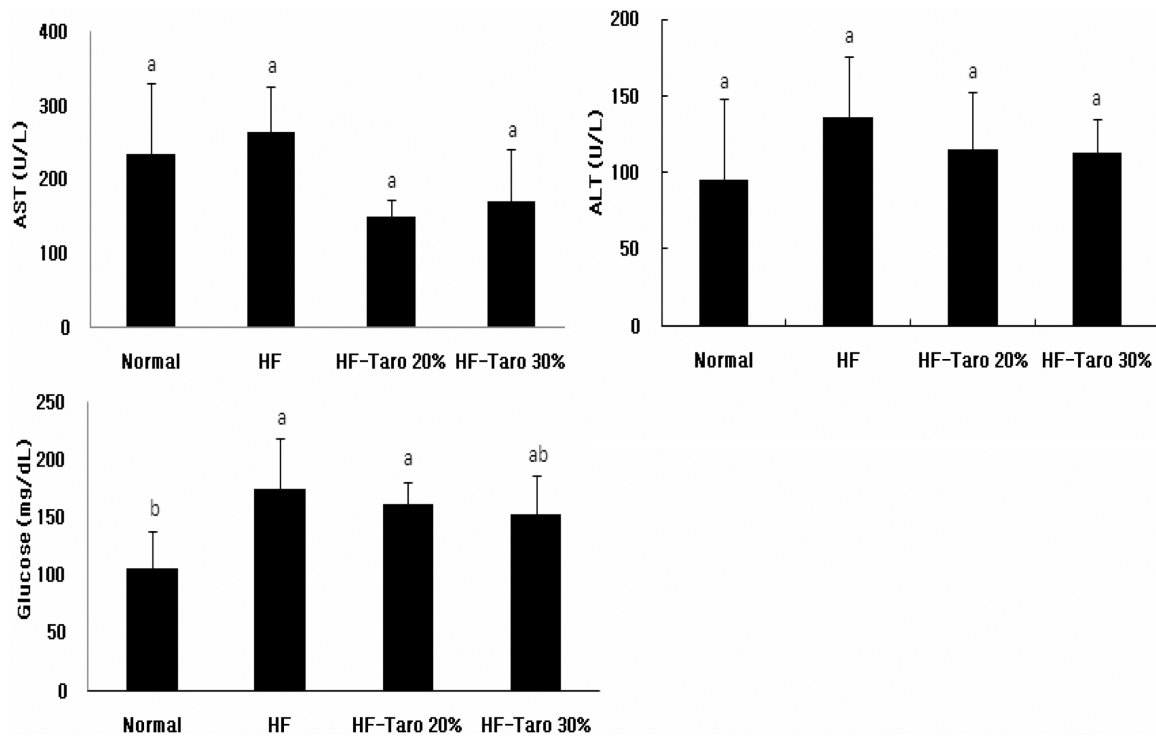


Fig. 7. Blood biochemistry in mice fed with high fat and cholesterol diets containing taro powder for 8 weeks¹⁾. ¹⁾See the legend of Table 2. Values are mean±SD (n=10). Values with the same letter in the same row are not significantly different ($p<0.05$).

가에 의하여 지질개선 효과를 나타내었다. 혈청 leptin 농도 및 인슐린 농도도 유의적으로 감소하였다. 토란분말의 간기능 개선 효과는 고지방 식이에 의하여 지방간이 유발되어 간의 중량이 증가하였으며 간세포질에 지방공포가 많이 출현하였으나 토란분말 첨가군에서는 상대적으로 지방 침착이 억제되었고 지방세포의 크기를 유의적으로 감소시켰다. 또한 간조직의 중성지질 및 총 콜레스테롤 농도는 정상식이군에 비해 고지방 대조군에서 각각 3.6배, 1.8배 증가하였으나 토란분말 첨가군에서는 유의적으로 감소하였으며 간 효소치인 AST 및 ALT 활성은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 결론적으로 고지방 식이에 토란분말을 첨가하여 마우스에 급여했을 때 비만을 억제하고 혈청 지질을 저하시키는 효과를 확인하였다.

문 헌

1. Cha JY, Cho YS, Kim DJ. Effect of chicory extract on the lipid metabolism and oxidative stress in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 1220-1226 (2001)
2. Jung CH, Choi IW, Kim SR, Seog HM. Effect of *Molokhia* (*Corchorus olitorius*) and its mucilage on cholesterol metabolism in high cholesterol fed rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 379-385 (2003)
3. Choi HD, Kim YS, Choi IW, Seog HM, Park YD. Anti-obesity and cholesterol-lowering effects germinated brown rice in rats fed with high and cholesterol diets. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 674-678 (2006)
4. Kwon JY, Ann IS, Park KY, Cheigh HS, Song YO. The beneficial effects on pectin on obesity *in vitro* and *in vivo*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 13-20 (2005)
5. Wright RW, Anderson JW, Bridges SR. Propionate inhibits hepatic lipid synthesis. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 195: 26-29 (1990)
6. Swain JF, Rouse IL, Curley CB, Sacks FM. Comparison of the effects of oat bran and low-fiber wheat on serum lipoprotein levels and blood pressure. *New Engl. J. Med.* 322: 147-152 (1990)
7. Jeong SW, Jeong JW. Comparison of shelf-life on peeled taro (*Colocasia antiquorum* SCHOTT) stored in various immersion liquids. *Korean J. Food Preserv.* 9: 154-160 (2002)
8. Kim EK, Chung EK, Lee HO, Yum CA. A study on physicochemical properties of taro during the pretreatment process of making *Toranbyung*. *J. The East Asian Soc. Dietary Life* 5: 255-262 (1995)
9. Maga JA. Taro composition and food uses. *Food Rev. Int.* 5: 443-473 (1992)
10. Kim EK, Kim CJ. Physicochemical and processing property of taro and taro starch. *Food Ind. Nutr.* 3: 55-64 (1998)
11. Folch J, Less M, Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-569 (1957)
12. Ku HS, Noh JS, Yun YR, Kim HJ, Kwon MJ, Cheigh HS, Song YO. Weight reduction and lipid lowering effects of sea tangle added Korean cabbage kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 1140-1147 (2007)
13. Kishimoto Y, Wakabayashi S, Takeda H. Hypocholesterolemic effect of dietary fiber: Relation to intestinal fermentation and bile excretion. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 41: 151-161 (1995)
14. Yang EJ, Cho YS, Choi MS, Woo MN, Kim MJ, Shon MY, Lee MK. Effect of young barley leaf on lipid contents and hepatic lipid regulating enzyme activities in mice fed high fat diet. *Korean J. Nutr.* 42: 14-22 (2009)
15. Cho YS, Shon MY, Lee MK. Lipid lowering action of powder and water extract of mulberry leaves in C57BL/6 mice fed high fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 405-410 (2007)
16. Kim EJ, Kim YE, Kim GY. The anti-obesity effects of treadmill exercise and gastrodia elata on the obesity rats induced high fat diet. *Korean J. Exer. Nutr.* 11: 61-68 (2007)
17. Lee SK, So SH, Hwang EI, Koo BS, Han GH, Ko SB, Kim NM. 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 (2008)
18. Kim EJ, Kim GY, Kim YM, Choi KH, Jang SJ. Anti-obesity effect of mulberry leaves extraction in obese rats high-fat diet. *Korean J. Orient. Physiol. Pathol.* 23: 831-836 (2009)