J Korean Soc Food Sci Nutr
39(2), 210~218(2010)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2010.39.2.210

야콘 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 콜레스테롤 저하 및 비만 억제효과에 미치는 영향

김아라[1] · 이재준[1] · 이유미[1] · 정해옥[2] · 이명렬[1†]

[1]조선대학교 식품영양학과
[2]초당대학교 조리과학부

Cholesterol-lowering and Anti-obesity Effects of *Polymnia Sonchifolia* Poepp. & Endl. Powder in Rats Fed a High Fat-High Cholesterol Diet

Ah Ra Kim[1], Jae Joon Lee[1], Yu Mi Lee[1], Hae Ok Jung[2], and Myung Yul Lee[1†]

[1]*Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea*
[2]*Dept. of Culinary Art, Chodang University, Jeonnam 534-701, Korea*

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of Yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) powder on cholesterol-lowering and anti-obesity effects in rats fed a high fat-high cholesterol diet for 4 weeks to induce hyperlipidemic and obese rat model. Weight-matched male Sprague-Dawley rats were assigned to four groups according to dietary fat, cholesterol levels and Yacon powder levels. Experimental groups were normal diet group (N), high fat-high cholesterol diet group (HFC), high fat-high cholesterol diet with 5% Yacon powder group (HFC-PSL) and high fat-high cholesterol diet with 10% Yacon powder group (HFC-PSH). The body weight gain and FER were increased by a high fat-high cholesterol diet, but gradually decreased in the Yacon powder fed groups compared with the HFC group. Food intake was lower in HFC groups compared with N group. The liver and adipose tissue weights of HFC group were heavier than those of N group, whereas those of groups administered Yacon powder were gradually decreased. The serum ALT, AST, ALP and LDH activities elevated by a high fat-high cholesterol diet were significantly decreased by Yacon powder administration. Levels of serum total cholesterol, LDL-cholesterol, atherogenic index and cardiac risk factor showed a decreasing tendency in the Yacon powder fed groups compared with HFC group. The serum HDL-cholesterol level decreased in the HFC group and markedly increased in the Yacon powder fed groups. Levels of total cholesterol and triglyceride in liver and adipose tissues were lower in Yacon powder administered groups than those in HFC group. These results suggest that Yacon powder may improve lipid metabolism of serum, liver, and adipose tissue and potentially reduce lipid storage.

Key words: Yacon (*Polymnia sonchifolia*), high fat-high cholesterol diet, cholesterol, anti-obesity

서 론

현대사회는 생활수준의 향상으로 인한 식생활의 서구화와 더불어 식생활 패턴의 변화로 식물성 식품의 섭취량은 점차 감소하는 반면 포화지방산이나 콜레스테롤을 많이 함유하고 있는 동물성 식품의 섭취량이 증가함에 따라 비만, 동맥경화, 심근경색, 고혈압, 뇌졸중, 당뇨병 등의 대사성 질환이 큰 사회문제로 대두되고 있다(1). 대사성질환의 주원인인 혈청 콜레스테롤 농도를 저하시킴으로써 비만, 고지혈증, 동맥경화증 등을 예방할 수 있는 방안으로, 콜레스테롤 및 포화지방산이 많이 함유된 식품 섭취를 제한하고 섬유소와 불포화지방산 등이 함유된 식품을 섭취하는 것이 권장되고 있다(2,3). 이와 같은 질병을 예방하기 위한 일환으로 생리활성을 가지는 기능성식품에 대한 관심이 고조되고 있으며, 특히 식이섬유소와 비소화성 다당류들이 이들 질병에 대해 유익한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(4).

야콘(*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.)은 국화과에 속하는 다년초 괴근작물로, 괴근에는 다량의 올리고당이 함유되어 있어 식이요법에 의한 당뇨병 예방과 치료에 이용될 가능성이 제시되고 있으며, 식이섬유소를 많이 함유하고 있어 소화촉진 및 변비예방에 효과적이며 해독, 정장, 소종, 소염 및 체질개선에 탁월한 효능이 있는 순수 알칼리성 식물로 알려져 있다(5,6). 야콘에는 fructose, glucose, sucrose, inulin, fructo-oligo당 등이 다량 함유되어 있는데(7), 이중

†Corresponding author. E-mail: mylee@mail.chosun.ac.kr
Phone: 82-62-230-7722, Fax: 82-62-225-7726

inulin과 fructo-oligo당은 야콘 괴근의 약 3~10% 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(8). 그 함량을 보면 Alvarez 등(9)은 inulin이 괴근 내 약 7.8% 정도 함유하고 있다고 보고하였고, Genta 등(10)은 fructo-oligo당이 442 mg/g으로 야콘 괴근에 함유된 총 수용성 탄수화물의 58.3% 정도로 다량 함유되어 있다고 보고하였다. 또한 유리질소와 인을 약간 함유하고 있는데, 유리질소의 대부분은 amide와 amino acid 특히 asparagine, glutamine, proline, arginine을 함유하고 있고, fructose와 glucose 함량이 sucrose 함량보다 많은 것으로 보고되고 있으며, 야콘에 함유된 fructose나 fructo-oligo당은 중요한 기능성 천연 감미성분으로 활용되고 있다(5).

야콘에 다량 함유된 inulin은 돼지감자를 비롯하여 치커리, 다알리아 등 식물의 괴경에 함유되어 있는 식이섬유소로서, 변비 개선, 장 질환 예방, 혈청 콜레스테롤 감소효과, 혈중 지질저하효과, 혈당강하효과가 있다고 보고되었다(11, 12). 올리고당은 장내 소화효소에 의해 분해되지 않고 장내 미생물에 의해 발효되는 다당류로, 영양학적 측면으로 볼 때 올리고당은 생체 내에서는 천연 식이섬유소와 유사한 역할을 할 뿐만 아니라(13) 저칼로리 감미 물질로써 주목 받고 있다. 또한 난소화성이기 때문에 위나 장에서도 흡수가 되지 않고 대장까지 도달하여 대장에 서식하고 있는 비피더스균을 비롯한 장내 유익한 균에 이용되어 유해 대장균의 증식을 억제하는 작용 등 식이섬유소와 더불어 장 기능을 개선시키고(14), 혈중 콜레스테롤을 저하시켜 동맥경화를 예방하며, 충치를 유발하는 충치균(*Streptococcus mutans*)이 이용하기 어려우므로 감미료로 이용할 경우 설탕보다 충치 발생을 효과적으로 억제할 수 있다. 올리고당에 의한 혈액과 조직 내의 콜레스테롤 감소효과에 관한 연구로 Oh 등(15)은 2%의 고콜레스테롤 식이에 fructo-oligo당을 첨가했을 때 혈액과 간에는 큰 영향을 주지 않았으나 변으로의 콜레스테롤 배설량을 증가시켜 콜레스테롤의 흡수율을 낮추어 준다고 보고하였고, Fiordaliso 등(11)은 수컷 쥐를 대상으로 식이 10%의 fructo-oligo당 섭취로 16주 후 혈청 중 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 함량의 유의한 감소가 있었다고 보고하였다. 또한, 고지방식이 흰쥐를 대상으로 식이의 8%의 fructo-oligo당을 4주간 섭취시켰을 때 혈청 콜레스테롤과 중성지방 함량 및 간 중성지방 함량에서 유의한 감소가 있었음이 보고되었다(16).

따라서 야콘에 다량 함유된 식이섬유소와 올리고당의 영향으로 야콘은 탄수화물과 지방의 섭취가 많은데 반해 활동량은 적은 현대인에게 저칼로리 섬유식품으로서 일종의 다이어트 식품일 뿐 아니라 위나 장에서 흡수 및 이용되지 않기 때문에 비만증, 동맥경화, 당뇨병 등에 매우 효과적이며 스트레스로 인해 각종 질환에 시달리는 현대인들에게 깨끗한 장을 유지하는데 적절한 기능성식품이라 할 수 있다. 반면에 야콘은 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있는 건강식품으로 인식되면서 이에 대한 관심이 높아지는 것에 비해 야콘에 대한 인식부족과 아직 작물로 체계화되어 있지 않으며 이용이 일반화되어 있지 않다. 또한 야콘에 대한 국내 식품학적 연구로 야콘의 건조 잎과 줄기 및 후숙된 괴근의 화학성분(17), 야콘 K-23의 항균성 및 기능성 야콘잼 제조(18), 야콘 잎을 이용한 기능성 차 제품 개발(19)이 보고되었으며, 또한 생리활성 연구로 야콘 추출물의 항산화 및 항암활성(20)이 보고되어 국내에서는 야콘의 식품으로서의 활용이나 생리활성 효능에 관한 연구는 아직까지 매우 미진한 실정이다. 야콘과 같은 천연식품을 식품 재료화하여 건강·기능성식품의 신소재로 개발하기 위해서는 과학적이며 체계적인 생리활성 연구가 우선적으로 선행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 야콘의 생리활성 효능 검증을 위하여 야콘 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 혈청, 간 및 지방조직의 지질대사 개선 및 항비만에 미치는 효과를 살펴봄으로써 야콘의 폭넓고 다양한 기능성식품 소재로 활용할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 야콘(*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.)은 2008년 12월 한농마을영농조합법인으로부터 생것을 구입하여 가피를 제거시킨 후 흐르는 물에 3회 수세한 다음 1 kg을 동결 건조하여 고형물 185.26 g을 얻었다. 동결 건조한 야콘은 분쇄하여 분말로 제조한 후 -70°C에서 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다.

실험동물의 사육 및 식이조성

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 24마리를 중앙실험동물(주)에서 구입하여 조선대학교 실험동물센터에서 10일 간 고형배합사료로 적응시킨 후, 평균 체중 214~216 g인 것을 난괴법(randomized block design)에 따라 각 처리 군 당 6마리씩 4군으로 나누어 스테인리스 케이지에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군(Table 1)은 정상식이군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(대조군, HFC), 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이군과 10% 야콘 분말 첨

Table 1. Experimental design

Groups	Diet composition
N[1)]	Normal diet
HFC[2)]	High fat-high cholesterol diet
HFC-PSL[3)]	High fat-high cholesterol diet+PSL
HFC-PSH[4)]	High fat-high cholesterol diet+PSH

[1,2)]Modified AIN-93 diet (21).
[3)]HFC-PSL: high fat-high cholesterol diet+5% of *Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. powder.
[4)]HFC-PSH: high fat-high cholesterol diet+10% of *Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. powder.

Table 2. Composition of experimental diet (g/kg)

Diet composition	N	HFC	HFC-PSL	HFC-PSH
Casein	200	200	200	200
L-Methionine	3	3	3	3
Corn starch	500	390	340	290
Sucrose	100	100	100	100
Cellulose	50	50	50	50
Lard	100	200	200	200
Mineral mix[1)]	35	35	35	35
Vitamin mix[2)]	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2
Cholesterol	−	10	10	10
Yacon powder	−	−	50	100

[1,2)]AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture (21).

가군(HFC-PSH)으로 나누어 실험하였다. 실험에 사용된 식이는 AIN-93 정제식이를 기준(21)으로 변형하여 조제하였으며 Table 2와 같다. 정상식이군은 식이무게의 10%의 라드를 지방 급원으로 사용하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이군은 식이무게의 20%의 라드와 1%의 콜레스테롤을 함유한 식이를 공급하였다. 야콘 분말의 첨가량은 식이무게의 5%와 10%로 하여 첨가하였다. 물과 식이는 제한 없이 공급하였고 사육실 온도는 18±2℃로 유지하였으며 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다. 최종 체중에서 실험개시 전의 체중을 감하여 실험개시 전의 체중으로 나누어 체중증가율로 표시하였고, 사육기간의 체중증가량을 동일 기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이효율을 구하였다.

실험동물의 처리

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO_2로 가볍게 마취한 다음 단두 절단하여 혈액을 채취하고 1,150×*g*에서 20분간 원심분리 시킨 후 혈청을 분리하여 혈청 지질 함량 및 효소 활성 측정용 시료로 사용하였다. 그리고 간과 지방조직을 적출하여 0.9% 생리식염수로 남아 있는 혈액 및 기타 부착물질을 제거하고 여지로 수분을 제거한 후 중량을 측정한 다음 효소 활성 저하를 예방하기 위해 급속 동결하여 -70℃의 deep freezer에 보관하였다.

혈청 효소활성 및 지질 함량 측정

혈청 중 alanine aminotransferase(ALT), asparate aminotransferase(AST), alkaline phosphatase(ALP) 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성과 중성지방(TG), 총콜레스테롤(TC) 및 HDL-콜레스테롤 함량은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald식{총콜레스테롤−(HDL-콜레스테롤−중성지방/5)}(22)에 의하여 계산하였다. 심혈관계 질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 {(총콜레스테롤−HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤}(23)에 의하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)(23)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

간과 지방조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량 측정

간조직, 장간막지방조직 및 부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 분석을 위하여 먼저 Folch 방법(24)에 의하여 각각의 조직에서 총 지질을 추출하였다. 적출한 간과 지방조직 0.1 g에 chloroform-methanol(2:1, v/v)을 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치한 후 H_2O를 첨가하고 1,150×*g*에서 20분간 원심분리 시킨 후 지질층인 하층부를 취한 다음 총콜레스테롤과 중성지방 함량 분석을 위하여 사용하였다. 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(25)에 의하여 측정하였으며, 중성지방 함량은 Biggs 등(26)의 방법으로 측정하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Science)를 이용해서 통계 분석하였다. 실험군당 평균±표준오차로 표시하였고, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $p<0.05$ 수준에서 Tukey's test를 이용하여 상호 검정하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 비교한 결과는 Table 3과 같다.

흰쥐의 1일 평균 체중증가량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 체중이 31.15% 정도 증가하여 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 비만이 유도된 것을 관찰할 수 있었다. 야콘 분말의 첨가수준이 증가할수록 농도 의존적으로 체중이 감소하는 경향이었고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비

Table 3. Changes in body weight gain, food intake and food efficiency ratio of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

Groups[1)]	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER[2)]
N	4.62±0.19[3)c4)]	24.87±1.63[a]	0.19±0.01[c]
HFC	6.71±0.30[a]	21.96±3.80[b]	0.31±0.01[a]
HFC-PSL	5.81±0.29[ab]	22.37±1.67[b]	0.26±0.02[b]
HFC-PSH	5.64±0.32[b]	22.61±2.49[ab]	0.25±0.02[b]

[1)]See the legend of Table 1.
[2)]FER (food efficiency ratio): weight gain (g/day)/ food intake (g/day).
[3)]The results are mean±SE for 6 rats in each group.
[4)]Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

하여 15.95% 유의하게 감소하였다. 식이섭취량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 감소하였는데 이는 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 에너지 밀도가 높아 에너지 균형을 맞추기 위한 적응현상으로 사료된다. 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 야콘 분말의 첨가는 식이섭취량에는 영향을 미치지 않았다. 식이효율은 에너지 밀도가 높은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 에너지 밀도가 낮은 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의하게 저하되었다.

야콘과 같은 근채류인 마의 점질물을 당뇨를 유발시킨 마우스에게 10일간 경구투여 한 결과 마 점질물을 투여한 군에서는 정상 대조군이나 당뇨 대조군에 비하여 체중 증가를 억제하는 효과가 있어 체중 과다 특히 복부 비만 등과 같은 대사질환을 정상화시킬 수 있으며 정상 체중으로 회복시켜 체중 감량에 좋은 효과가 있을 것이라고 보고되었다(27). 또한 Sung 등(28)은 흰쥐에 6% 치커리 inulin을 5주간 급여한 결과 대조군에 비하여 체중증가량이 유의하게 낮았으며, Kim 등(29)은 흰쥐에 고콜레스테롤 식이와 섬유소의 종류 및 양을 달리하여 5주간 급여한 결과, 섬유소 무급여군에 비하여 셀룰로오스와 펙틴 모두 5% 급여군에서 체중 감소 효과를 나타냈다고 보고하였다.

따라서 본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 비만이 유도된 흰쥐에게 야콘 분말의 첨가로 인한 체중 감소효과는 야콘에 다량 함유된 inulin 등 식이섬유소가 탄수화물대사에 관여하여 영양소의 흡수와 소화를 지연시켜 포만감과 식이 열량밀도에 영향을 주어(30) 나타난 결과로 사료된다.

간조직 및 지방조직 무게

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중 당 간조직 및 지방조직 무게를 비교한 결과는 Table 4와 같다.

체중 당 간조직의 무게는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 36.45% 유의하게 증가되었다. 이 결과는 일반적으로 고지방식이 급여는 간 내 지방 축적을 유도하고 간의 중량이 증가하며(31), 고콜레스테롤을 장기간 급여할 때 간 비대증을 유발한다는 보고(32)와 일치하여, 본 연구에서 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 과량의 지방과 콜레스테롤이 체외로 정상적으로 배출되지 못하고 간 내에 축적되어 간이 비대해진 것을 알 수 있었다. 또한 1% 고콜레스테롤 식이로 인하여 간의 무게가 유의적으로 증가했다는 Park(33)의 연구 결과와도 일치하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 야콘 분말의 첨가는 간조직의 무게에는 영향을 미치지 않았으나 다소 감소하는 경향이었다.

Table 4. Changes in liver and adipose tissue weights of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks (g/100 g body wt.)

Groups[1)]	Liver	Epididymal AT[2)]	Mesenteric AT
N	3.47±0.24[3)b4)]	4.58±0.32[c]	3.21±0.27[b]
HFC	5.46±0.17[a]	7.14±0.38[a]	4.49±0.29[a]
HFC-PSL	5.21±0.12[a]	5.96±0.15[b]	3.94±0.19[ab]
HFC-PSH	4.90±0.18[a]	5.67±0.14[b]	3.38±0.23[b]

[1)]See the legend of Table 1.
[2)]AT: adipose tissue.
[3)]The results are mean±SE for 6 rats in each group.
[4)]Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

부고환지방조직의 무게는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 35.85% 유의하게 증가되었으며, 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL)과 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 16.53%와 20.59% 유의하게 감소하였다. 장간막지방조직의 무게도 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 28.51% 유의하게 증가되었다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 농도 의존적으로 감소하였으며, 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 24.72% 유의하게 감소하여 정상식이군(N)과도 비슷한 경향을 보였다.

Agheli 등(34)에 의하면 쥐의 식이에 fructo-oilgo당을 보충해 주었을 때 간의 무게는 11%($p<0.05$), 지방조직의 무게는 25%($p<0.01$) 감소하였다고 보고하였다. 또한 Kim 등(29)은 셀룰로오스와 펙틴 급여군이 무급여군에 비하여 체중 100 g당 간의 무게가 유의적으로 감소하였고, Chang과 Youn(30)은 식이섬유소 급여 시 고지방질 식이로 증가된 간의 무게가 감소되었고 수용성 섬유소인 펙틴이 셀룰로오스보다 감소효과가 크다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서 야콘 분말의 첨가로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 간과 지방조직의 무게가 감소된 것은 야콘에 함유된 fructo-oligo당과 식이섬유소에 의한 효과로 생각되어진다. 또한 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 간과 지방조직의 무게는 야콘 분말의 혼합 급여로 감소되어 야콘 분말은 고지방-고콜레스테롤 식이로 유도된 비만 흰쥐에서 간조직으로의 지방 축적을 억제하고, 체내 지방대사에 관여하여 체내 지방 축적을 감소시켜 복부비만 억제효과 및 대사성질환 예방효과도 있을 것으로 사료된다.

혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성을 측정한 결과는 Table 5와 같다.

혈청 중 ALT 활성은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)

Table 5. Activities of ALT, AST, ALP and LDH in serum of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks (U/L)

Groups[1)]	ALT	AST	ALP	LDH
N	23.00±1.58[2)c3)]	49.65±3.52[c]	65.15±4.27[c]	37.77±2.36[c]
HFC	39.33±3.10[a]	78.67±5.98[a]	74.13±5.29[a]	45.32±3.51[a]
HFC-PSL	32.67±2.63[b]	76.00±6.06[ab]	71.38±6.19[b]	44.53±2.16[ab]
HFC-PSH	29.17±2.58[b]	72.84±5.48[b]	70.93±5.23[b]	43.82±4.10[b]

[1)]See the legend of Table 1.
[2)]The results are mean±SE for 6 rats in each group.
[3)]Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

이 정상식이군(N)에 비하여 41.52% 유의적인 증가를 보였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL)과 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH) 모두 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 16.93%와 25.83% 유의하게 감소하였다. 혈청 중 AST 활성은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 36.89% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 농도 의존적으로 감소하였으며, 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 7.41% 유의하게 감소되었다. Park(35)은 2% 콜레스테롤 식이에 의하여 ALT와 AST 활성이 증가하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 혈청 ALT와 AST 활성이 유의하게 증가되었다. 혈청 중 ALP 활성은 정상식이군(N)에 비하여 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 12.12% 유의하게 증가되었고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 3.71%와 4.32%로 두군 모두 유의하게 감소되었다. 혈청 중 LDH 활성은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 16.66% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 농도 의존적으로 감소되었으며, 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 3.31% 유의하게 감소되었다.

본 연구에서는 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성은 야콘 분말의 혼합 급여로 감소되는 것으로 보아 야콘 분말이 고지방-고콜레스테롤 상태에서 간의 지질대사를 개선시키고 지방간으로 인한 간세포의 장해를 지연시켜 간 기능 회복 및 유지에 긍정적인 효과를 가지는 것으로 사료된다.

혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 6과 같다.

혈청 중 중성지방 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 16.98% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL, HFC-PSH)들은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 다소 감소하는 경향이었으나 유의차는 없었다. 혈청 중 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 25.32% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH) 간의 첨가 수준에 따른 유의차는 없었으나 야콘 분말 첨가량이 증가할수록 농도 의존적으로 총콜레스테롤 함량이 저하되었다. 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 13.08% 유의하게 감소되었다.

Fiordaliso 등(11)은 비만 쥐에게 식이 무게의 10%에 해당하는 fructo-oligo당을 16주 동안 급여하였을 때 혈청의 중성지질은 25% 감소하였고, 콜레스테롤은 15% 감소하여 올리고당이 가용성 식이섬유질과 유사하게 간의 지질대사에 영향을 주어 간에서 중성지방 합성이 감소되고, 혈청의 VLDL 감소가 나타났다고 보고하였으며, Trautwein 등(36)은 비만 쥐에게 5주간 inulin을 보충한 결과 농도 의존적으로 혈중 중성지방과 콜레스테롤이 감소되었다고 보고하였다. 또한 Balcazar-Munoz 등(37)의 연구에 의하면 비만이면서 고지혈증인 19~32세 대상자에게 4주간 7 g/day의 inulin을 보충한 결과 혈중 중성지방과 총콜레스테롤 농도가 각각 27.35%와 21.87% 감소하였다고 보고하였고, Jackson 등(38)의 연구에서도 고지혈증 대상자에게 8주간 inulin 10

Table 6. Contents of triglyceride and total cholesterol in serum of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks (mg/dL)

Groups[1)]	Triglyceride	Total cholesterol
N	71.67±5.43[2)b3)]	59.00±2.13[c]
HFC	86.33±4.92[a]	79.00±4.31[a]
HFC-PSL	83.83±6.41[a]	72.00±5.63[ab]
HFC-PSH	81.00±5.38[a]	68.67±4.74[b]

[1)]See the legend of Table 1.
[2)]The results are mean±SE for 6 rats in each group.
[3)]Values with different superscript in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

g/day 보충한 결과 혈중 중성지방의 농도가 19% 감소하였다고 하였다.

따라서 야콘 분말의 첨가로 인하여 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 감소된 것은 야콘에 다량 함유되어 있는 fructo-oligo당과 수용성 식이섬유소인 inulin의 영향에 의한 것으로 사료된다. 본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이에 의하여 흰쥐의 혈청 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 유의적으로 증가하였으며, 야콘 분말의 첨가로 혈청 중성지방과 총콜레스테롤 함량을 저하시키는 결과를 초래하여 야콘 분말이 혈청 지질대사 개선뿐만 아니라 고지혈증 예방에도 효과적일 것으로 생각되어진다.

혈청 중 LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 및 심혈관위험지수

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수(atherogenic index, AI) 및 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)의 변화는 Table 7과 같다.

혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 44.24% 유의하게 증가하였다. 야콘 분말의 첨가량이 증가할수록 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 저하되어 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 14.41%와 22.99% 유의적인 감소효과를 나타내었다. 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 정상식이군(N)에 비하여 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 40.10% 유의하게 감소하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 17.81%와 27.37% 유의하게 증가하였지만 정상식이군(N)보다는 낮은 경향이었다. 콜레스테롤 식이를 섭취한 동물은 식이 콜레스테롤의 장내 이용률 감소로 인해 이화작용과 배설을 위해 말초조직으로부터 간으로 운반이 촉진되어 혈액 중 총콜레스테롤 함량은 증가하고 HDL-콜레스테롤 함량은 감소하는 것으로 보고(39)되었는데 본 연구에서도 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 HDL-콜레스테롤 함량이 감소하였다.

Davison 등(40)의 연구에 의하면 고지혈증 대상자에게 6주간 inulin을 보충한 결과 LDL-콜레스테롤 함량이 감소하였다고 보고하였다. 또한 Kim과 Shin(41)의 연구에 의하면 5% inulin 식이를 섭취한 흰쥐는 대조군에 비하여 혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 낮아졌고 HDL-콜레스테롤 함량은 높아진 양상을 보였다고 보고하였으며, Kang과 Song(42)은 고콜레스테롤 식이와 함께 섭취된 수용성 식이섬유소는 혈장 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량을 낮추고, HDL-콜레스테롤 함량을 높인다고 보고하였다.

본 연구에서 야콘을 첨가하지 않고 고지방-고콜레스테롤 식이만을 급여한 HFC군은 고지방식이에 의하여 비만도가 커지면 혈청 중의 HDL-콜레스테롤 함량은 낮아지고, LDL-콜레스테롤 함량은 높아진다는 연구 결과(43)와 유사하였으며, 야콘 분말 첨가에 의해 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 증가하였고 LDL-콜레스테롤 함량은 감소되었는데, 이는 야콘 분말 첨가에 의한 수용성 식이섬유소인 inulin의 작용에 의한 것으로 사료된다.

동맥경화지수는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 약 3.5배 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 33.24%와 48.45% 유의하게 감소되었다. 심혈관위험지수는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 약 2.3배 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 25.93%와 37.80% 유의하게 감소되었다.

이상의 결과 야콘 분말의 급여로 인해 고지방-고콜레스

Table 7. Contents of LDL-cholesterol and HDL-cholesterol, atherogenic index (AI) and cardiac risk factor (CRF) in serum of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks (mg/dL)

Groups[1)]	LDL-cholesterol[2)]	HDL-cholesterol	AI[3)]	CRF[4)]
N	43.83±3.20[5)c6)]	29.50±2.05[a]	1.02±0.09[c]	2.02±0.09[c]
HFC	78.60±5.75[a]	17.67±1.58[c]	3.55±0.25[a]	4.55±0.35[a]
HFC-PSL	67.27±3.65[b]	21.50±1.95[b]	2.37±0.16[b]	3.37±0.16[b]
HFC-PSH	60.53±5.66[b]	24.33±1.71[b]	1.83±0.08[b]	2.83±0.18[b]

[1)]See the legend of Table 1.
[2)]LDL-cholesterol=total cholesterol−(HDL-cholesterol−triglyceride/5).
[3)]AI (atherogenic index)=(total cholesterol−HDL-cholesterol)/ HDL-cholesterol.
[4)]CRF (cardiac risk factor)=total cholesterol/ HDL-cholesterol.
[5)]The results are mean±SE for 6 rats in each group.
[6)]Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

Table 8. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks (mg/g, wet weight)

Groups[1)]	Triglyceride	Total cholesterol
N	4.57±0.22[2)c3)]	25.60±1.91[c]
HFC	8.27±0.50[a]	43.53±2.11[a]
HFC-PSL	7.14±0.37[ab]	32.64±1.52[b]
HFC-PSH	6.34±0.44[b]	30.57±2.75[b]

[1)]See the legend of Table 1.
[2)]The results are mean±SE for 6 rats in each group.
[3)]Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

Table 9. Contents of triglyceride and total cholesterol in adipose tissues of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks (mg/g, wet weight)

Groups[1)]	Epididymal AT[2)]		Mesenteric AT	
	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol
N	20.80±1.46[3)c4)]	26.14±0.79[b]	35.38±1.20[b]	23.20±1.23[c]
HF	34.59±2.51[a]	31.94±1.85[a]	40.41±1.40[a]	28.29±0.73[a]
HF-BRL	32.51±2.46[ab]	28.41±1.48[b]	38.12±1.85[ab]	27.78±0.68[a]
HF-BRH	30.24±2.20[b]	27.15±0.99[b]	36.12±1.50[b]	25.08±1.51[b]

[1)]See the legend of Table 1.
[2)]AT: adipose tissue.
[3)]The results are mean±SE for 6 rats in each group.
[4)]Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

테롤 식이로 감소된 혈중 HDL-콜레스테롤 함량은 증가되었고, 증가된 LDL-콜레스테롤 함량과 심혈관계의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수 및 심혈관위험지수는 감소되어진 것으로 보아 야콘 분말이 혈청의 지질대사를 개선하여 동맥경화, 고지혈증 등 심혈관계 질환의 위험을 감소시키는 예방 효과가 있는 것으로 사료된다.

간과 지방조직 중 총콜레스테롤 및 중성지방 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 간과 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 8, 9와 같다.

간조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 Table 8에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 각각 44.74%와 41.19% 유의하게 증가하였는데, 이는 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 경우 혈청 내 중성지방과 콜레스테롤 함량이 증가하면 간의 중성지방과 콜레스테롤 함량도 증가하였다는 연구(44) 결과와 일치하였다. 중성지방 함량의 경우 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)에서 23.34% 유의적인 감소를 보였고, 총콜레스테롤 함량의 경우 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH) 두군 모두 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 25.02%와 29.77% 유의하게 감소하였다. Oh 등(15)은 콜레스테롤 식이로 4주간 고지혈증을 유발시킨 흰쥐에 8주간 식이무게의 5% fructo-oligo당을 급여했을 때, 변으로의 콜레스테롤 배설량이 증가하고, 콜레스테롤 흡수율이 낮아짐으로써 간내 콜레스테롤 수준이 낮아졌다고 보고하였다. Shin(12)의 연구에서는 돼지감자의 inulin이 쥐의 간조직 중의 콜레스테롤 수치를 효과적으로 낮추었으며, Delzenne과 Kok(45)은 비만쥐의 실험에서 inulin이 간에서의 중성지방 합성을 감소시킨다고 보고하였다. 이상의 결과 야콘 분말의 첨가로 인해 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 간조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 감소된 것은 야콘 분말에 함유된 fructo-oligo당과 inulin에 의한 효과라 사료된다.

부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 Table 9에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 39.81%와 18.16% 유의적으로 증가하였다. 중성지방 함량의 경우 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)에서 12.58% 유의적인 감소를 보였고, 총콜레스테롤 함량의 경우 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH) 두군 모두 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 11.05%와 15.00%로 두군 모두 유의하게 감소되었으며, 고지방-고콜레스테롤과 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 정상식이군(N)과도 비슷한 경향을 보였다. 장간막지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량도 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 각각 12.45%와 17.99% 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 중성지방 함량이 10.62% 유의하게 감소하여 정상식이군(N)과도 비슷한 경향이었다. 장간막지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)에서 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 11.35% 유의적인 감소를 보였다.

이상의 결과 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 야콘 분말의 혼합 급여로 고지방식이로 증가된 간조직 중의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 감소하였으며, 장간막지방조직과 부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 모두 현저히 감소되었는데 이는 야콘 분말이 지방조직의 지방 축적을 억제하여 비만 억제효과도 있는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 야콘의 혈청, 간 및 지방조직의 체내 지질대사 개선효과와 항비만 효과를 살펴보기 위하여 *in vivo*에서 5주령 된 흰쥐 수컷 24마리를 10일간 적응시킨 후 정상식이군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC), 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이군과 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)으로 나누어 4주간 실시하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 체중증가량은 야콘 분말의 첨가로 농도 의존적으로 감소되었다. 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게

야콘 분말의 첨가는 식이섭취량에는 영향을 미치지 않았으나, 식이효율은 야콘 분말의 첨가로 유의하게 저하되었다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 부고환 및 장간막 지방조직의 무게는 야콘 분말의 급여로 유의하게 저하되었으나, 간조직 무게에는 영향을 미치지 않았다. 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성도 야콘 분말의 첨가로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 저하되었다. 혈청 중 중성지방 함량의 경우, 고지방-고콜레스테롤 식이군들(HFC, HFC-PSL, HFC-PSH) 간의 유의차가 없었으나, 혈청 중 총콜레스테롤 함량은 야콘 분말 첨가에 따라 농도 의존적으로 감소하였다. 야콘 분말의 급여로 인하여 고지방-고콜레스테롤 식이로 감소된 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 증가되었고, 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 혈청 LDL-콜레스테롤 함량과 동맥경화지수 및 심혈관위험지수는 유의하게 감소되었다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 간조직 및 지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 야콘 분말의 급여로 감소하였으며, 특히 부고환지방조직의 총콜레스테롤 함량과 장간막지방조직의 중성 지방 함량은 정상식이군(N)과도 비슷한 경향이었다. 이상의 실험 결과 흰쥐에게 고지방-고콜레스테롤 식이와 함께 급여한 야콘 분말은 체중, 간 및 지방조직의 무게 감소와 더불어 혈청 및 지방조직의 지질대사 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 야콘 분말에 함유된 식이섬유소인 inulin과 fructo-oligo당 등 생리활성 물질에 의해 지방조직의 체지방 형성을 억제함으로써 항비만 효과 및 체내 지질대사 개선과 심혈관계 질환 예방 효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각되어지나, 이외의 성분이 어떻게 고지혈증 및 비만을 억제시킬 수 있는지는 추후 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

문 헌

1. Kim HS, Kim SH, Kim GJ, Choi WJ, Chung SY. 1993. Effects of the feeding mixed oils with various level of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid on the lipid components of liver, brain, testis and kidney in dietary hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 685-691.
2. Huh KB, Lee JH, Park IK, Ahn KJ, Jung YS, Kim MJ, Lee HC, Lee YC. 1993. Influence of total abdominal fat accumulation on serum lipid and lipoproteins in Korean middle-aged men. *Korean J Nutr* 26: 299-305.
3. Kim SH, Hong MY. 1993. The change of erythrocyte feature and Ca concentration in rat fed the diet containing different common oils in Korea: sesame oil, perilla oil, rice bran oil of mixed oil. *Korean J Nutr* 26: 524-530.
4. Anderson JW, Smith BM, Gustafson NJ. 1994. Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *Am J Clin Nutr* 59: 1242S-1247S.
5. Asami T, Kubota M, Minamisawa K, Tsukihashi T. 1989. Chemical composition of yacon, a new root crop from Andean highland. *Jap J Soil Sci Plant Nutr* 60: 122-126.
6. Ohyama T, Ito I, Yasuyoshi S, Ikarashi T, Minamisawa K, Kubota M, Tsukihashi T, Asami T. 1990. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Soil Sci Plant Nutr* 36: 167-171.
7. Goto K. 1995. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from Yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Biosci Biotechnol Biochem* 59: 2346-2347.
8. Cazetta ML, Martins PMM, Monti R, Contiero J. 2005. Yacon (*Polymnia sanchifolia*) extract as a substrate to produce inulinase by *Kluyveromyces marxianus* var. bulgaricus. *J Food Eng* 66: 301-305.
9. Alvarez FPP, Jurado TB, Calixto CM, Incio VN, Silva AJ. 2008. Prebiotic inulin/oligofructose in Yacon root (*Smallanthus sonchifolius*), phytochemistry and standardization as basis for clinical and pre-clinical research. *Rev Gastroenterol Peru* 28: 22-27.
10. Genta SB, Cabrera WM, Grau A, Sanchez SS. 2005. Subchronic 4-month oral toxicity study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats. *Food Chem Toxicol* 43: 1657-1665.
11. Fiordaliso M, Kok N, Desager JP, Goethals F, Deboyser D, Roberfroid M, Delzenne N. 1995. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids* 30: 163-167.
12. Shin HK. 1998. Development of new functional materials from inulin of chicory and jerualem artichoke. Ministry of Science and Technology. p 41-57.
13. Prosky L. 1999. Inulin and oligofructose are part of the dietary fiber complex. *J AOAC Int* 82: 223-229.
14. Schaafsma G, Meuling WJ, van Dokkum W, Bouley C. 1998. Effects of a milk product, fermented by *Lactobacillus acidophilus* and with fructooligosaccharides added, on blood lipids in male volunteers. *Eur J Clin Nutr* 52: 436-476.
15. Oh SJ, Kim WK, Kim YH, Kim HY, Choi EH, Kim SH. 1999. Effect of fructooligosaccharide on lipid metabolism in hypercholesterolemic rat. *Korean J Food & Nutr* 32: 129-136.
16. Ide T, Moriuchi H, Nihimoto K. 1991. Hypolipidemic effects of guar gum and its enzyme hydrolysate in rats fed highly saturate fat diets. *Ann Nutr Metab* 35: 34-44.
17. Lee FZ, Lee JC, Yang HC, Jung DS, Eun JB. 2002. Chemical composition of dried leaves and stems and cured tubers of Yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Korean J Food Preserv* 9: 61-66.
18. Kim YS. 2005. Antimicrobial activity of Yacon K-23 and manufacture of functional Yacon jam. *Korean J Food Sci Technol* 37: 1035-1038.
19. Shin DY, Choi GL, Cho YS, Kwon BS, Kim HJ, Hyun KH, Lim JT. 2007. Development of functional tea made by yacon leaf (*Polymina sonchifolia* PEOPP.) *Korean J Plant Res* 5: 144.
20. Min KJ, Cheon JU, Cha CG. 2008. Antioxidative and anticancer activities of extracting of Yacon. *J Fd Hyg Safety* 23: 163-168.
21. Reeves PG, Nielson FH, Fahey Jr GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951.
22. Friedwald W, Levy R, Fredrickson D. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
23. Rosenfeld L. 1989. Lipoprotein analysis. *Arch Pathol Lab Med* 113: 1101-1110.
24. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal

tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
25. Zlatkis A, Zak B. 1969. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29: 143-148.
26. Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR. 1975. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clin Chem* 21: 437-441.
27. Kwon EK, Choi EM, Koo SJ. 2001. Effects of mucilage from Yam (*Dioscorea batatas* DECENE) on blood glucose and lipid composition in alloxan-induced diabetic mice. *Korean J Food Sci Technol* 33: 795-801.
28. Sung HY, Jeoung HJ, Choi YS, Cho SH, Yun JW. 2004. Effects of chicory inulin and oligosaccharides on lipid metabolism in rats fed a high-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 305-310.
29. Kim MJ, Jang JY, Lee MK, Park JY, Park EM. 1999. Effect of fiber on lipid concentration in hypercholesterolemic rats. *Korean J Food & Nutr* 12: 20-25.
30. Chang YK, Youn HJ. 1984. The effect of dietary fat levels and sources of dietary fiber on serum and liver lipids of rats. *Korean J Nutr* 17: 253-261.
31. Sollof LA, Futenberg HL, Lacko AG. 1973. Serum cholesterol esterfication in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* 85: 153-161.
32. Turley E, Armstrong NC, Wallace JMW, Gilore WS, Mckelvey-Martin JV, Allen TM, Strain JJ. 1999. Effect of cholesterol feeding on DNA damage in male and female syrian hamsters. *Ann Nutr Metab* 43: 47-51.
33. Park OJ. 1994. Plasma lipids and fecal excretion of lipids in rats fed a high fat diet, a high cholesterol diet or a low fat/high sucrose diet. *Korean J Nutr* 27: 785-794.
34. Agheli N, Kabir M, Berni-Canani S, Petitiean E, Boussairi A, Luo J, Bornet F, Slama G, Salwa W, Rizkalla. 1998. Lipids and fatty acid synthase activity are regulated by short chain fructo-oligosaccharides in sucrose-fed insulin-resistant rats. *J Nutr* 128: 1283-1288.
35. Park SO. 1995. Effects of aloe vera powder on lipid metabolism in rats fed cholesterol added diet. *PhD Dissertation*. Ewha Women's University, Seoul, Korea.
36. Trautwein EA, Rieckhoff D, Erbersdobler HF. 1998. Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliarybile acid profile in hamsters. *J Nutr* 128: 1937-1943.
37. Balcazar-Munoz BR, Martinez-Abundis E, Gonzalez-Ortiz M. 2003. Effect of oral inulin administration on lipid profile and insulin sensitivity in subjects with obesity and dyslipidemia. *Rev Med Chil* 131: 597-604.
38. Jackson KG, Taylor GR, Clohessy AM, Williams CM. 1999. The effect of the daily intake of inulin on fasting lipid, insulin and glucose concentrations in middle-aged men and women. *Br J Nutr* 82: 23-30.
39. Wooller LA, Spady DK, Dietschy JM. 1992. Saturated and unsaturated fatty acids independently regulate low density lipoprotein receptor activity and production rate. *J Lipid Res* 33: 77-88.
40. Davison MH, Maki KC, Synecki C, Tomi SA, Drennan KB. 1998. Effects of dietary inulin on serum lipids in men and woment with hypercholesterolemia. *Nutr Res* 18: 503-517.
41. Kim MH, Shin HK. 1998. The water-soluble extract of chicory influences serum and liver lipid concentrations, cecal short-chain fatty acid concentrations and fecal lipid excretion in rats. *J Nutr* 128: 1731-1736.
42. Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol Metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 358-369.
43. Kwon JY, Cheigh HS, Song YO. 2004. Weight reduction and lipid lowering effects of kimchi lactic acid powder in rats fed high rat diets. *Korean J Food Sci Technol* 36: 1014-1019.
44. Kang JA, Kang JS. 1997. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triglyceride and platelet aggregation in rats fed basal or cholesterol supplemented diets. *Korean J Nutr* 30: 132-138.
45. Delzenne N, Kok N. 2004. Effect of non-digestible fermentable carbohydrates on blood lipids and gastrointestinal symptoms in healthy females. *Br J Nutr* 78: 215-222.

(2009년 10월 21일 접수; 2009년 12월 16일 채택)