



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

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

Effects of *Polymnia Sonchifolia* Powder on  
Lipid Metabolism and Anti-obesity Effect in  
Rats Fed a High Fat-High Cholesterol Diet

2009년 8월 25일

조선대학교 대학원

식품영양학과

김 아 라

야콘 분말이 고지방-고콜레스테롤  
식을 급여한 흰쥐의 지질대사 및  
비만 억제효과에 미치는 영향

지도교수 이 명 렬

이 논문을 이학 석사학위신청 논문으로 제출함

2009년 4월

조선대학교 대학원

식품영양학과

김 아 라

## 김아라의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 \_\_\_\_\_ (인)

위원윈 조선대학교 교수 \_\_\_\_\_ (인)

위원윈 조선대학교 교수 \_\_\_\_\_ (인)

2009년 5월

조선대학교 대학원

# 목 차

ABSTRACT .....	vii
제1장 서 론 .....	1
제2장 재료 및 방법 .....	6
제1절 실험재료 .....	6
제2절 성분분석 .....	6
1. 일반성분 .....	6
2. 구성 아미노산 .....	7
3. 지방산 .....	8
4. 비타민 .....	9
5. 무기질 .....	11
6. 유기산 .....	12
7. 구성당 .....	13
제3절 <i>In vivo</i> 에서 지질대사 개선 및 비만 억제효능 .....	14
1. 실험기기 .....	14
2. <i>In vivo</i> 에서 지질대사 개선 및 비만 억제효능 실험 .....	15
가. 실험동물의 사육 및 식이 .....	15
나. 실험동물의 처리 .....	18
다. 혈청 효소 활성 및 포도당 함량 측정 .....	18
라. 혈청 지질 함량 측정 .....	18
마. 간조직의 지질 함량 측정 .....	19
바. 지방조직의 지질 함량 측정 .....	19

3. 통계처리 .....	19
<b>제3장 실험결과 및 고찰 .....</b>	<b>20</b>
제1절 성분분석 .....	20
1. 일반성분 .....	20
2. 구성 아미노산 .....	22
3. 지방산 .....	25
4. 비타민 .....	27
5. 무기질 .....	29
6. 유기산 .....	31
7. 구성당 .....	32
제2절 <i>In vivo</i> 에서 지질대사 개선 및 비만 억제효능 .....	34
1. 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율 .....	34
2. 간장/체중 비율 및 지방조직 무게 .....	39
3. 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성 .....	44
4. 혈청 중 포도당 함량 .....	50
5. 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 .....	52
6. 혈청 중 HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 및 심혈관위험지수 .....	56
7. 간조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 .....	63
8. 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 .....	67
<b>제4장 요약 .....</b>	<b>73</b>
<b>참고문헌 .....</b>	<b>77</b>

# LIST OF TABLES

Table 1. Operating conditions of Amino Acid Autoanalyzer for amino acids .....	7
Table 2. Operating conditions of Gas Chromatography for fatty acids .....	8
Table 3. Operating conditions of HPLC for vitamin A and E .....	10
Table 4. Operation conditions of HPLC for vitamin C .....	10
Table 5. Operating conditions of atomic absorption Spectrophotometer for minerals .....	11
Table 6. Operating conditions of Ion Chromatography for organic acids .....	12
Table 7. Operating conditions of Ion Chromatography for free sugars .....	13
Table 8. Experimental design .....	16
Table 9. Composition of experimental diet .....	17
Table 10. Proximate compositions of <i>P. sonchifolia</i> .....	21
Table 11. Contents of total amino acids in <i>P. sonchifolia</i> .....	24
Table 12. Composition of fatty acids in <i>P. sonchifolia</i> .....	26
Table 13. Contents of vitamin A, C and E in <i>P. sonchifolia</i> .....	28
Table 14. Contents of minerals in <i>P. sonchifolia</i> .....	30
Table 15. Contents of organic acids in <i>P. sonchifolia</i> .....	31
Table 16. Contents of free sugars in <i>P. sonchifolia</i> .....	33
Table 17. Changes of the body weight of the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks ·	36

# LIST OF FIGURES

Fig. 1. Food intake of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	37
Fig. 2. FER of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	38
Fig. 3. Liver index of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	41
Fig. 4. Mesenteric adipose tissue weights of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	42
Fig. 5. Epididymal adipose tissue weights of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	43
Fig. 6. Serum activity of ALT in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	46
Fig. 7. Serum activity of AST in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	47
Fig. 8. Serum activity of ALP in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	48
Fig. 9. Serum activity of LDH in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	49
Fig. 10. Contents of glucose in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	51
Fig. 11. Contents of triglyceride in the rats fed a high fat-high cholesterol	

diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	54
Fig. 12. Contents of total cholesterol in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	55
Fig. 13. Contents of HDL-cholesterol in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	59
Fig. 14. Contents of LDL-cholesterol in the rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	60
Fig. 15. Atherogenic index of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	61
Fig. 16. Cardiac risk factor of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	62
Fig. 17. Contents of triglyceride in the liver of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4weeks .....	65
Fig. 18. Contents of total cholesterol in the liver of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	66
Fig. 19. Contents of triglyceride in the mesenteric adipose of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	69
Fig. 20. Contents of triglyceride in the epididymal adipose of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	70
Fig. 21. Contents of total cholesterol in the mesenteric adipose of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing <i>P. sonchifolia</i> powder for 4 weeks .....	71

Fig. 22. Contents of total cholesterol in the epididymal adipose of rats fed a high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks ..... 72

# ABSTRACT

## Effects of *Polymnia Sonchifolia* Powder on Lipid Metabolism and Anti-obesity Effect in Rats Fed a High Fat-High Cholesterol Diet

Kim, Ah-Ra

Advisor : Prof. Lee, Myung-Yul, Ph. D.

Department of Food and Nutrition,

Graduate School of Chosun University

This study was carried out to investigate the effects of *Polymnia sonchifolia*(Yacon) powder on lipid metabolism of serum, liver and adipose tissue, and anti-obesity effect in rats fed a high fat-high cholesterol diet for 4 weeks to induce hyperlipidemic and obese model rat. It was also conducted to investigate major chemical components analyses of Yacon powder. The proximate compositions of Yacon powder as a dry matter basis were 9.53% of moisture content, 1.13% of crude protein, 0.40% of crude fat, 0.79% of crude ash, 1.63% of dietary fiber and 86.52% of carbohydrate, respectively. Analysing total amino acids, 18 kinds of components were isolated from Yacon powder. The essential amino acid contained in Yacon powder accounted for 28.40% of total amino acid, while the non-essential amino acid accounted for 73.61%. Analysing total fatty acids, only 2 kinds of palmitic acid and lauric acid were detected. The contents of vitamin A, vitamin C and vitamin E were 0.057 mg%, 0.670 mg% and 0.001 mg%, respectively. The mineral contents of Yacon powder were greater in order of

Zn<Mg<Ca<Na<K. Oxalic acid was the major organic acids. The major free sugars were identified as fructose and glucose. The results of effects of Yacon powder on serum, liver and adipose tissue lipid metabolism in rats fed high-fat high-cholesterol diet were as follows; 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 tissues weight of HFC group were heavier than that 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 tended to be decreased in the Yacon powder fed groups compared with HFC group, while 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 in HFC group. These results suggest that Yacon powder may improve lipid metabolism of serum, liver and adipose tissue and potentially reduce lipid storage.

# 제1장 서론

현대사회는 생활수준의 향상으로 인한 식생활의 서구화와 더불어 식생활 패턴의 변화로 식물성 식품의 섭취량은 점차 감소한 반면 포화지방산이나 콜레스테롤을 많이 함유하고 있는 동물성 식품의 섭취량이 증가함에 따라 질병의 양상이 비만, 동맥경화, 심근경색, 고혈압, 뇌졸중, 당뇨병 등의 대사성질환이 큰 사회문제로 대두되고 있다(1). 2006년 6월 보건복지부가 발표한 ‘국민건강영양조사’ 결과에 의하면 우리나라 30대 이상 중 3분의 1 가량이 심·뇌혈관계 질환의 위험군에 속해 있으며, 이 중 비만 34.0%, 고혈압 27.9%, 고콜레스테롤혈증 8.2%, 당뇨병은 8.1%인 것으로 조사되었다(2). 심혈관계질환은 우리나라의 사망 원인 중 수위를 차지하고 있는데 그 직접적인 요인은 동물성 식품의 과잉 섭취로 인한 콜레스테롤, 중성지방, 혈청 지단백, 혈장 thromboxane 등(3)이며, 간접적인 요인으로는 흡연, 당뇨병, 비만, 과음, 스트레스 등(4-8)으로 알려져 있다.

고지혈증은 혈청 중 지질성분들이 정상수치보다 증가된 상태로, 그 원인은 콜레스테롤과 중성지방의 과잉섭취 및 지단백의 생합성 증가 또는 분해 감소, 혈장에서 지단백 제거 속도의 지연과 같은 지단백 대사의 이상에 의해 발생하며, 발생빈도가 높은 고콜레스테롤혈증(hypercholesterinemia)과 고중성지방혈증(hypertriglyceridemia)으로 나눌 수 있다(9). 특히 고콜레스테롤혈증은 허혈성 심질환 및 동맥경화증의 원인이 되며 심혈관질환에 의한 사망률은 세계 2위를 차지하고 있는 실정이다(10).

고콜레스테롤혈증의 개선작용에 관한 연구로써 원숭이에게 콜레스테롤을 급여하였을 때, 혈중 다불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA) 함유량이 감소되고 혈청 내 LDL(low density lipoprotein)-콜레스테롤은 증가되는 반면, HDL(high density lipoprotein)-콜레스테롤은 감소되었다고 하였으며(11), 콜레스테롤은 필수 지방산 대사를 방해하므로써 그 필요량을 증가시킨다고 보고된 바 있다(12). 또한 사람에게 있어서 콜레스테롤의 섭취는 혈청 콜레스테롤 농도를 증가시키고, LDL-수용체의 활성을 감소시켜 LDL-콜레스테롤 농도를 상승시킨다고 보고되었다(13,14).

심혈관계질환을 예방하기 위해서는 혈중 콜레스테롤 수치를 정상수준인 160-180 mg/dL로 유지시키는 것이 효과적이며, 혈청 콜레스테롤은 허혈성 뇌혈관질환 및 관상동맥질환의 위험인자로 밝혀졌고 콜레스테롤 1%를 저하시키면 심장사나 심근 경색을 2% 감소, 허혈성 뇌졸중의 발병률을 5배 감소시킬 수 있다고 보고되었다 (15-17).

따라서 고콜레스테롤혈증 개선을 위하여 혈액 내 중성지방을 낮추는 피부린산 유도체 계통의 약물 및 콜레스테롤 합성의 주된 조절효소인 HMG-CoA reductase 저해제들이 개발되어 사용되고 있다. 그러나 이들의 장기 복용은 간, 신장 기능 저하 및 지용성 비타민 결핍 등의 부작용을 동반하는 것으로 알려져 있으며, 일시적인 복용이 아닌 일생동안 복용되어야 하므로 부작용의 심화 및 환자의 복용 거부 등의 또 다른 문제점이 발생할 수 있어 최근에는 혈청 콜레스테롤 및 지질 농도 개선 효과가 있는 생약이나 식용 식물과 같은 한방재료나 천연물에서 찾으려는 연구가 활발히 진행되고 있다(18-21).

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 축적됨으로써 일어나는 현상이다. 그 결과 고지혈증, 지방간, 동맥경화, 심혈관계질환, 고혈압 등의 합병증이 수반되고 있으며, 이러한 혈액순환기계 질환의 원인으로 Poller(22)는 동물성 지방과 단백질 섭취가 증가하고 식이섬유소 섭취량이 감소되고 있기 때문인 것으로 보고하고 있다.

일반적으로 혈청 콜레스테롤 농도를 저하시킴으로써 비만, 고지혈증, 동맥경화증 등을 예방 할 수 있는 방안으로 cholesterol 및 포화지방산이 많이 함유된 식품 섭취를 제한하고 섬유소와 불포화지방산 등이 함유된 식품을 섭취하는 것이 권장되고 있으며(23), 이와 같은 질병을 예방하기 위한 일환으로 기능성 식품에 대한 관심이 고조되고 있고, 특히 식이섬유소와 비소화성 다당류들이 이들 질병에 대해 유익한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(24). 또한 최근 비만을 공통 병인으로 하는 만성질환의 증가로 인해 식품과 질병과의 연관성에 대한 관심이 급격히 증가되어(25) 천연식물로부터 비만 개선에 효능을 보이는 새로운 기능성 식품의 개발이 절실히 요구되고 있다.

야콘(*Polymnia sonchifolia*)은 국화과에 속하는 다년초 괴근작물로서, 원산지는 칠레의 중·북부로부터 페루, 에콰도르에 이르는 남아메리카 안데스 산맥의 중부고지대이며(26), 현지에서는 ‘땅속의 배’라 부른다. 우리나라에는 1985년에 일본으로부터 도입되어 농촌진흥청에서 시험 재배를 실시하였으며, 경기도 강화, 충북 괴산, 강원도 횡성 등지에서 소규모로 재배되었고 최근에 경북 상주와 제주도에서도 재배되고 있으며(27,28) 우리나라에 도입 후 수량과 식미가 양호하여 개발대상 품목으로 선정되었다(29). 야콘의 명칭은 Liacon(페루, 볼리비아, 아르헨티나), Jiguima 또는 Jiguimilla(베네주엘라, 아르헨티나), Arboloco(콜롬비아), Aricama 또는 Aricama(페루, 볼리비아)라고 불리고 있고 일본에서는 Yacon이라 부르고 있다(30). 야콘의 외부 형태는 같은 국화과의 다알리아와 비슷한 근경을 가지고 있지만 줄기는 돼지감자의 지상부와 흡사하며 괴근의 크기와 형태는 고구마, 다알리아와 비슷하지만 근흔(root scar)이 없고 전분 대신에 다량의 올리고당을 함유한 점이 고구마와 큰 차이점이 있다. 식용부위는 주로 괴근으로 식감은 배와 같이 사각 사각 하며 신미가 없고 고구마처럼 감미가 있으며 수분이 많고 시원하여 야채와 과실의 특성이 한데 어우러진 근채류이다. 뿐만 아니라 열량은 54 kcal로써 고구마의 123 kcal, 감자의 77 kcal 보다 낮은 저칼로리 식품이며, 식이섬유도 생체 100 g 당 0.5 g 으로써 고구마와 같고 감자보다는 낮으므로 디저트나 다이어트 식품으로도 이용할 수 있다(31).

야콘에 대한 국내 식품학적 연구로는 Lee 등(32)이 야콘의 건조 잎과 줄기 및 후숙된 괴근의 화학성분을 분석하였고, Kim(33)은 식중독 원인균에 대한 야콘의 높은 항균성 및 기능성 야콘잼을 제조하여 보고하였으며, Shin 등(34)은 야콘 잎을 이용한 기능성 차 제품을 개발하여 보고하였다. 또한 생리활성 연구로 Min 등(35)은 야콘 추출물의 분획들 중 ethyl acetate 분획에서는 항산화 활성, hexane 분획에서는 항암 활성이 우수하였다고 보고하였다.

야콘의 영양성분 및 효능으로는 칼슘(Ca), 칼륨(K), 마그네슘(Mg) 등의 함량이 일반채소에 비하여 다량으로 함유되어 있고, 식물성 섬유질이 많으며 알칼리성 자연식품으로 가치가 인정되고 있다(36). 그리고 수확 직후 무게의 10% 가량 올리고당을 함유하고 있어 우엉에 비하여 3배 정도 올리고당이 많이 함유되어 있고

fructose, glucose, sucrose, fructo-oligo당, inulin이 다량 함유되어 있으며(37), 유리 질소와 인을 약간 함유하고 있는데, 유리질소의 대부분은 amide와 amino acid 특히, asparagine, glutamine, proline, arginine을 함유하고 있다(30). 또한 fructose와 glucose 함량이 sucrose 함량보다 많은 것으로 보고되고 있으며, 야콘에 함유된 fructose나 fructo-oligo당은 중요한 기능성 천연 감미성분으로 활용되며, fructose는 주요 감미원인 sucrose에 비해 1.5-2.0배 감미가 높고, sucrose보다 장내 흡수속도가 느리다.

식이섬유소인 inulin은 돼지감자를 비롯하여 치커리, 다알리아 등 식물의 괴경에 함유되어 있으며, 여러 개의 D-fructose가  $\beta$ 결합을 하고 비환원성 말단기에 하나의 D-glucose가  $\alpha$ 결합된 구조인 다당류로써(38), 변비 개선, 장질환 예방, 혈청 콜레스테롤 감소효과, 혈중 지질 저하효과, 혈당강하효과가 있다고 보고되었다(39,40).

올리고당은 장내 소화효소에 의해 분해되지 않고 장내 미생물에 의해 발효되는 다당류로  $\beta$ -glycoside 결합에 의해 2~9개의 단위체를 포함한 감미를 가진 수용성의 결정성 물질로(39), 영양학적 측면으로 볼 때 올리고당은 생체 내에서는 천연 식이섬유소와 유사한 역할을 할 뿐만 아니라(41) 저칼로리 감미료 물질로써 주목되고 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 식이섬유와 더불어 장 기능을 개선시키고(42), 혈중 콜레스테롤을 저하시켜 동맥경화를 예방하며, 충치를 유발하는 충치균(*Streptococcus mutans*)이 이용하기 어려우므로 감미료로 이용할 경우 설탕보다 충치 발생을 효과적으로 억제할 수 있다.

올리고당을 이용한 혈액과 조직 내의 콜레스테롤 감소효과에 대한 연구로 Oh 등(43)은 2%의 고콜레스테롤식이에 fructo-oligo당을 첨가했을 때 혈액과 간에는 큰 영향을 주지 않았으나 변으로의 콜레스테롤 배설량을 증가시켜 콜레스테롤의 흡수율을 낮추어 준다고 보고하였다. Fiordaliso(39) 등은 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(44).

그러므로 야콘은 탄수화물과 지방의 섭취가 많은데 반해 육체노동은 적은 현대인에게 저칼로리 섬유식품으로써 일종 다이어트 식품일 뿐 아니라 위나 장에서 흡수 및 이용되지 않기 때문에 비만증, 동맥경화, 당뇨병 등에 매우 효과적이며 스트레스로 각종 질환에 시달리는 현대인들에게 깨끗한 장을 유지하는데 적절한 기능성 식품이라 할 수 있다. 뿐만 아니라 야콘은 맛이나 영양가면에서도 우리 국민들의 기호도에 알맞아 이용성이 큰 작물로 여겨지기 때문에 새로운 기능성 건강식품의 개발가능성이 크다고 할 수 있다. 그러나 국내에 도입된 지 15년이 넘도록 일부 생식으로 이용되고 있는 외에 가공식품으로 냉면, 국수, 빈대떡 등이 개발되어 부분적으로 이용이 되고 있을 뿐이다(32). 또한 야콘은 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있는 건강식품으로 인식되면서 이에 대한 관심이 높아지고 있지만 대부분 야콘에 대한 인식부족과 아직 작물로 체계화되어 있지 않고 이용이 일반화 되어 있지 않으며, 우리나라에서는 야콘의 식품으로써의 활용이나 생리활성 효능에 관한 연구는 아직까지 매우 미진한 편이다. 그리고 현대의 안전한 먹을거리 요구의 증대 및 웰빙 열풍으로 볼 때 야콘의 효능과 성분을 밝히고 기능성 식품으로 개발하는 연구는 매우 가치가 있을 것이라 사료된다. 야콘과 같은 천연식품을 식품 재료화하여 건강·기능성식품의 신소재로 개발하기 위해서는 과학적이며 체계적인 생리활성 연구가 우선적으로 선행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 야콘의 생리활성 기능과 이용 가능성에 관한 연구의 일환으로 일반성분 및 영양성분 분석을 통해 야콘의 영양 가치를 평가함으로써 야콘의 폭넓고 다양한 기능성 식품소재로 활용할 수 있는 기초 자료를 제공하고, 야콘의 생리활성 효능 검증을 위하여 야콘 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 혈청, 간 및 지방조직의 지질 대사 개선효과 및 항비만 효과에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

## 제2장 재료 및 방법

### 제1절 실험재료

본 실험에 사용된 야콘 분말은 2008년 12월 한농마을영농조합법인으로부터 구입하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였으며, 각 시험 항목에 대한 시료의 분석은 3회 반복 실시하였다.

### 제2절 성분분석

#### 1. 일반성분

일반성분 분석은 Association of Official Analytical Chemists(A.O.A.C.)방법(45)에 준하여 실시하였는데, 수분은  $105^{\circ}\text{C}$  상압가열건조법, 조단백질은 micro-kjeldahl법, 조지방은 soxhlet 추출법 및 조회분은 회화법으로 분석하였고, 식이섬유소는 효소중량법(Enzymatic-Gravimetric method)에 의하여 분석하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 및 식이섬유소량을 제외한 값으로 나타내었다.

## 2. 구성 아미노산

구성 아미노산의 분석은 분해관에 시료 0.5 g과 6 N HCl 3 mL를 취하여 탈기하고 121°C에서 24시간 가수분해한 다음 여액을 rotary vacuum evaporator로 감압·농축하여 sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL로 정용하였다(46). 용액 1 mL를 취하고 membrane filter(0.2 µM)로 여과한 다음 아미노산자동분석기(Biochrom 20, Phamacia UK)로 분석하였으며, 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Operating conditions of Amino Acid Autoanalyzer for amino acids

Item	Condition
Instrument	Biochrom 20(Phamacia UK)
Buffer solution	Sodium phosphate buffer(pH 7.0)
Reagent	Ninhydrin(Phamacia)
Inj. volume	20 µL

### 3. 지방산

지방산 분석은 A.O.A.C.방법(45)에 준하여 시료 5 g을 warming blender에 넣고 chloroform 10 mL와 methanol 20 mL을 가하고 2분간 균질화한 다음, chloroform 10 mL을 더 가한 후 30초간 균질화 하였다. 여과 후 30분간 방치한 후 상층을 제거하고 무수  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 를 가하여 탈수한 다음 rotary vacuum evaporator로 감압·농축하였다. 지방 100 mg을 toluene 5 mL에 용해하고 Wungaarden의 방법(47)에 따라  $\text{BF}_3$ -Methanol로 메칠화하여 Gas Chromatography(GC-17A, Shimadzu, Japan)로 분석하였으며 분석조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Operating conditions of Gas Chromatography for fatty acids

Item	Condition
Instrument	GC-17A(Shimadzu, Japan)
Column	SP <sup>TM</sup> -2560 capillary column(100 mm length × 0.25 mm i.d. × 0.25 μm film thickness)
Column temp.	170°C(5 min.) to 250°C(10 min.) at 4°C/min.
Injector temp.	230°C
Detector temp.	FID 270°C
Inj. volume	2 μL
Split ratio	1 : 50

## 4. 비타민

비타민 A와 비타민 E 분석은 식품공전법(48)의 시험방법을 기준으로 수행하였다. 시료 0.5 g, ascorbic acid 0.1 g 및 ethanol 5 mL를 취하여 80°C에서 10분간 가열한 후 50% KOH용액 0.25 mL을 첨가하고 20분간 가열한 다음 증류수 24 mL와 hexane 5 mL를 가하여 1,150 ×g에서 20분간 원심분리 하였다. 상정액을 분리 후 hexane 40 mL를 가하고 원심분리하여 상정액을 분리한 다음 증류수를 가하여 10분간 방치 후 하층을 제거하였다. 이 과정을 3회 반복한 후 전 용액을 합하여 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 탈수하고 rotary vacuum evaporator로 hexane을 감압·농축한 후 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Japan)로 분석하였으며 분석조건은 Table 3과 같다.

비타민 C 함량은 각 추출물을 0.2 μm membrane filter로 여과하여 HPLC로 분석하였으며, 분석조건은 Table 4와 같다. 표준곡선은 L(+)-ascorbic acid(Shinyo Pure Chemicals Co., LTD., Japan)를 표준시약으로 사용하여 최종농도가 25, 50, 75, 100 ppm이 되도록 표준곡선을 작성하여 계산하였다.

**Table 3. Operating conditions of HPLC for vitamin A and E**

Item	Condition
Instrument	LC-10AVP(Shimadzu, Japan)
Column	Shim-pack GLC-ODS(M) 25 cm
Eluent	acetonitrile : isopropanol = 95 : 5
Flow rate	1 mL/min.
Inj. volume	10 $\mu$ L
Detection	Retinol : SPD-10A(UV-VIS Detector 254 nm) Tocopherol : RF-10A(Spectrofluorometric Detector)

**Table 4. Operation conditions of HPLC for vitamin C**

Item	Condition
Instrument	Young-Rin Associates
Column	$\mu$ Bondapak C <sub>18</sub> (3.9 $\times$ 300 mm)
Mobile phase	0.1% phosphoric acid on water
Detector	UV 210 nm
Flow rate	0.6 mL/min

## 5. 무기질

무기질 분석은 A.O.A.C.방법(45)에 따라 정량하였다. 시료 0.5 g, 20% HNO<sub>3</sub> 10 mL 및 60% HClO<sub>4</sub> 3 mL를 취하여 투명해질 때까지 가열한 후 0.5 M HNO<sub>3</sub>으로 50 mL를 정용하였다. 분석항목별 표준용액을 혼합 후 다른 vial에 8 mL씩 취하여 표준용액으로 하였고, 0.5 M HNO<sub>3</sub>을 대조구로 하여 원자흡수분광광도계(AA-6501GS, Shimadzu, Japan)로 분석하였으며 분석조건은 Table 5와 같다.

**Table 5. Operating conditions of atomic absorption Spectrophotometer for minerals**

Item	Condition							
Instrument	A4-6501GS(Shimadzu)							
Lamp Item	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Cu	Na	Zn
Wave length(nm)	422.7	248.3	766.5	285.2	279.5	324.8	589.0	213.9
Current(mA)	10	12	10	8	10	6	12	8
Slit Width(nm)	0.5	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5
Lighting Mode	BGC-D2	BGC-D2	Non-BGC	BGC-D2	BGC-D2	BGC-D2	Non-BGC	BGC-D2
Burner height(mm)	7	7	7	7	7	7	7	7
Fuel gas Flow (mL/min.)	2.0	2.2	2.0	1.8	2.0	1.8	1.8	2.0

## 6. 유기산

유기산 분석은 A.O.A.C.방법(45)에 따라 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 80°C 수조에서 4시간 가열한 다음 Whatman filter paper (No. 2)로 여과하고, 여액을 rotary vacuum evaporator로 감압·농축한 후 증류수로 10 mL로 정용하여 Ion Chromatography(DX-600, Dionex, USA)로 분석하였으며 분석조건은 Table 6과 같다.

**Table 6. Operating conditions of Ion Chromatography for organic acids**

Item	Condition
Instrument	DX-600(Dionex, USA)
Column	IonPac ICE-AS6 analytical, 4-mm
Eluent	0.4 mM Heptafluorobutyric acid
Reagent	5.0 mM tetrabutylammonium hydroxide
Flow rate	1.0 mL/min.
Inj. volume	20 $\mu$ L
Detection	Supressed Conductivity

## 7. 구성당

구성당 분석은 Gancedo 방법(49)에 준하여 실시하였다. 시료 1 g에 80% ethanol 50 mL를 가하여 heating mentle에서 75°C로 5시간 가열한 다음 Whatman filter paper(No. 2)로 여과하고 여액을 rotary vacuum evaporator에서 감압·농축 후 10 mL로 정용하여 Ion Chromatography(DX-600, Dionex, USA)로 분석하였으며, 분석조건은 Table 7과 같다.

**Table 7. Operating conditions of Ion Chromatography for free sugars**

Item	Condition
Instrument	DX-600(Dionex, USA)
Column	CarboPac TM-PA10 Analytical
Guard	CarboPac TM-PA10
Eluent	18mM NaOH
Flow rate	1.0 mL/min.
Inj. volume	20 $\mu$ L
Detection	Surpressed conductivity

### 제3절 *In vivo*에서 지질대사 개선 및 비만 억제효능

#### 1. 실험기기

- 가. Centrifuge : Eppendorf 5810R, Germany
- 나. Spectrophotometer : Shimadzu UV-1601PC, Kyoto, Japan
- 다. Deep freezer : MDF-V52, Sanyo, Japan
- 라. Shaking water bath : JEIO-TEK SWBO3, Korea
- 마. Freeze dryer : ED 8512, Ilshin, Korea
- 바. Clinical chemistry analyzer : Fuji Dry-Chem 3500, Fujifilm, Japan

## 2. *In vivo*에서 지질대사 개선 및 비만 억제효능 실험

### 가. 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 24 마리를 중앙실험동물(주)에서 구입하여 조선대학교 실험동물센터에서 10일 간 고형배합사료로 적응시킨 후, 평균 체중 214~216 g인 것을 난괴법에 따라 각 처리 군 당 6마리씩 4군으로 나누어 스테인레스 케이지에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군(Table 8)은 정상식이군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(대조군, HFC), 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이군과 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)으로 나누어 실험하였다. 실험에 사용된 식이는 AIN-93 정제식이를 기준(50)으로 변형하여 조제하였으며 Table 9와 같다. 정상식이군은 식이무게의 10%의 라아드를 지방 급원으로 사용하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이군은 식이무게의 20%의 라아드와 0.1%의 콜레스테롤을 함유한 식이를 공급하였다. 야콘 분말의 첨가량은 식이무게의 5%와 10%로 하여 첨가하였다. 물과 식이는 제한 없이 공급하였고, 사육실 온도는  $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ 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 식이효율(FER)을 구하였다.

Table 8. Experimental design

Groups	Diet composition
N <sup>1)</sup>	Normal diet
HFC <sup>2)</sup>	High fat-High cholesterol diet
HFC-PSL <sup>3)</sup>	High fat-High cholesterol diet + PSL
HFC-PSH <sup>4)</sup>	High fat-High cholesterol diet + PSH

<sup>1),2)</sup>Modified AIN-93 diet(50).

<sup>3)</sup>HFC-PSL: High fat-High cholesterol diet + 5% of *Polymnia sonchifolia* Powder.

<sup>4)</sup>HFC-PSH: High fat-High cholesterol diet + 10% of *Polymnia sonchifolia* Powder.

Table 9. Composition of experimental diet

Diet composition	(g/kg)	
	Normal diet	High fat-High cholesterol diet
Casein	200	200
L-methionine	3	3
Corn starch	500	390
Sucrose	100	100
Cellulose	50	50
Lard	100	200
Mineral mix <sup>1)</sup>	35	35
Vitamin mix <sup>2)</sup>	10	10
Choline chloride	2	2
Cholesterol	-	10

<sup>1,2)</sup> AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture(50).

## 나. 실험동물의 처리

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO<sub>2</sub>로 가볍게 마취한 다음 단 두 절단하여 혈액을 채취하고 1,150 ×g에서 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.

## 다. 혈청 효소 활성 및 포도당 함량 측정

혈청 중 alanine aminotransferase(ALT), aspartate aminotransferase(AST), alkaline phosphatase(ALP) 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성과 포도당의 함량은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm, Japan)를 사용하여 측정하였다.

## 라. 혈청 지질 함량 측정

혈청 중 중성지방(TG), 총콜레스테롤(TC), HDL-콜레스테롤 함량은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm, Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald식 {총콜레스테롤 - (HDL-콜레스테롤 - 중성지방/5)}(51)에 의하여 계산하였다. HDL-콜레스테롤의 총콜레스테롤에 대한 비율은 HDL-콜레스테롤을 총콜레스테롤로 나누어 계산하였다. 심혈관계질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 {(총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤}(52)에 의하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)(52)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

#### 마. 간조직의 지질 함량 측정

간조직의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 분석을 위하여 먼저 Folch 방법(53)에 의하여 간조직에서 총지질을 추출하였다. 적출한 간조직 중 0.1 g을 칭량하여 6 mL  $\text{CHCl}_3\text{-MeOH}(2 : 1, \text{v/v})$ 을 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치한 후  $\text{H}_2\text{O}$ 를 첨가하고 1,150 ×g에서 20분간 원심분리 시킨 후 지질층인 하층부를 취한 다음 총콜레스테롤과 중성지방 함량 분석을 위하여 사용하였다. 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(54)에 의하여 측정하였으며, 중성지방함량은 Biggs 등(55)의 방법으로 측정하였다.

#### 바. 지방조직의 지질 함량 측정

적출한 장간막지방조직과 부고환지방조직은 Folch 등(53)의 방법으로 지방을 추출한 후 간조직의 지질 함량 측정과 동일한 방법으로 총콜레스테롤과 중성지방 함량을 측정하였다.

### 3. 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Science)를 이용하여 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.

## 제3장 실험결과 및 고찰

### 제1절 성분분석

#### 1. 일반성분

본 실험에서 사용한 야콘 분말의 일반성분 함량은 Table 10과 같다. 일반성분은 건량 기준(dry basis)으로 수분 함량 9.53%, 조단백질 1.13%, 조지방 0.40%, 조회분 0.79%, 식이섬유소 1.63% 및 탄수화물 86.52%였다.

야콘의 생피근과 15일 후숙된 피근의 일반성분을 Lee 등(32)에 의하여 분석한 결과 수분 함량은 생피근 89.52%에서 후숙 후 86.99%로 수분 감소는 적게 나타났고, 조단백질은 모두 0.04%, 지방은 각각 0.31%, 0.43%, 조회분은 각각 0.40%, 0.42%로써 큰 차이를 보이지 않았다. 본 실험 결과와 비교하였을 경우 수분 함량의 차이는 수분 함량 분석 시 건량과 습량 기준에 따른 분석 차이이며, 다른 성분의 차이는 야콘의 품종, 산지, 수확년도, 생육환경 등의 차이로 기인된 것으로 사료된다.

야콘과 주요 숙근작물인 감자, 고구마 및 돼지감자의 일반성분을 비교 연구(56)한 것에 의하면 야콘이 다른 숙근작물에 비하여 수분과 조지방 함량은 높았고 조단백질, 탄수화물 및 조회분 함량은 낮은 것으로 보고되었다.

같은 근채류에 속하는 고구마의 경우는 건량 기준으로 수분 함량 5.00%, 조단백질 2.80%, 조지방 0.40%, 조회분 3.70% 및 탄수화물 88.10% 함유하고 있는 것으로 보고(57)되어 야콘은 고구마에 비하여 지방과 탄수화물 함량은 비슷하였으나, 조단백질과 조회분의 함량은 낮고 수분의 함량은 더 많은 것으로 나타났다. 토란의 경우 습량 기준으로 수분 함량 70.60~88.10%, 조단백질 1.20~2.61%, 조지방 0.20~1.50%, 조회분 0.90~1.20% 및 탄수화물 7.80~31.00%로 품종과 산지에 따라 일반성분의 변동 폭이 넓은 것으로 보고되었다(58). 또한 Han 등(59)은 근채류에 속하는 연근과 야콘과 같은 국화과에 속하는 우영의 일반성분을 분석한 결과 습량 기

준으로 수분 함량은 각각 87.59%와 78.37%, 조단백질은 0.29%와 0.98%, 조지방은 0.05%와 0.11%, 조회분은 0.36%와 0.27% 및 탄수화물은 11.71%와 20.27% 함유하고 있는 것으로 보고하였다.

본 실험의 야콘의 식이섬유소 함량은 1.63% 검출되었는데, 농촌진흥청에서 보고한 야콘의 식이섬유소 함량은 습량 기준으로 분석하였는데 0.5%로써 고구마와 비슷하게 함유하고 있었으며, 감자보다는 낮았다고 보고하였다(31).

Table 10. Proximate compositions of *P. sonchifolia*

(% dry basis)

Items	<i>P. sonchifolia</i>
Moisture	9.53
Crude protein	1.13
Crude fat	0.40
Crude ash	0.79
Dietary fiber	1.63
Carbohydrate <sup>1)</sup>	86.52

<sup>1)</sup>Carbohydrate = 100 - (Moisture + Crude protein + Crude fat + Crude ash + Dietary fiber).

## 2. 구성 아미노산

야콘의 구성 아미노산 함량은 Table 11과 같다. 총 18종의 아미노산이 검출되었으며 총 아미노산 함량은 467.74 mg%였다. 구성 아미노산의 경우 glutamic acid 함량이 123.12 mg%로 가장 높았고, 다음으로 aspartic acid, proline, arginine, alanine, valine, histidine, lysine 순이었다. 이 결과는 야콘 괴근의 유리질소 화합물량을 분석한 결과 asparagine, glutamic acid, proline, arginine 4종류의 아미노산이 비교적 많이 함유되어 있다는 연구 결과(56)와 유사하였다. 구성 아미노산 중 필수아미노산은 132.82 mg%로 valine, histidine, lysine, leucine, threonine, isoleucine, phenylalanine, methionine 순이었으며 총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율은 28.40%로 나타났다. 따라서 야콘에는 인체 대사에서 필수적인 9종 아미노산 중 8종이 함유되어 있어 좋은 필수아미노산 영양원으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

야콘의 생괴근과 15일 후숙된 괴근의 아미노산 함량은 각각 62.70 mg%, 115.10 mg%로 후숙된 괴근에서의 유리아미노산 함량이 생괴근보다 전체적으로 높게 나타나 수분 증발에 의한 함량의 증가도 있겠지만 아미노산들의 생리대사에 의한 증가도 있을 것이라고 하였고, 생괴근과 후숙된 괴근 모두 isoleucine 함량이 가장 높아 본 실험결과와 차이를 보였다. 또한 숙성 후의 괴근에는 맛 성분에 관여하는 threonine, glutamic acid 및 lysine이 다량 함유되어 있어 맛을 증진한다고 보고되었다(32).

근채류인 고구마의 구성 아미노산 중 필수아미노산을 포함한 18종의 아미노산을 분석한 결과 총 아미노산은 1,846 mg% 검출되었고 총 아미노산 중 필수아미노산의 비율은 47.02%로 나타났다고 보고(57)하여, 야콘은 총 아미노산 함량뿐만 아니라 필수아미노산의 비율도 고구마보다 낮은 것으로 나타났으며, 고구마의 구성 아미노산 중 다량으로 함유된 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, leucine, lysine으로 야콘의 주요 구성 아미노산과 유사하였다.

본 실험에서는 야콘의 구성 아미노산 중 단맛을 내는 아미노산인 glutamic acid,

serine, threonine, alanine, valine, lysine 등의 함량은 45.92%였으며, 쓴맛을 내는 아미노산인 arginine, phenylalanine, leucine의 함량은 13.99%로 야콘에는 단맛을 내는 아미노산이 쓴맛을 내는 아미노산에 비하여 3.3배 높게 나타났다. 그러나 Han 등(59)은 우영의 경우 단맛을 내는 아미노산 함량은 31.9%, 쓴맛을 내는 아미노산 함량은 39.4%로 우영은 쓴맛을 내는 아미노산 함량이 많아 쓴맛 성분이 더 우세하며, 이는 우영이 미약한 쓴맛을 나타내었다는 연구 결과(60)와 일치한다고 보고하였다.

**Table 11. Contents of total amino acids in *P. sonchifolia***

Amino acid	%	Content(mg%)
<b>Essential</b>		
Valine	4.65	21.77
Leucine	3.71	17.35
Methionine	0.76	3.54
Threonine	3.65	17.06
Lysine	4.47	20.89
Phenylalanine	3.03	14.19
Histidine	4.50	21.03
Isoleucine	3.63	16.99
	28.40	132.82
<b>Non-essential</b>		
Glutamic acid	26.32	123.12
Arginine	8.31	38.88
Serine	4.33	20.25
Glycine	4.33	20.26
Alanine	6.00	28.09
Proline	9.51	44.49
Tyrosine	0.43	1.99
Aspartic acid	12.36	57.79
Cysteine	0.01	0.05
Total AA <sup>1)</sup>	100.00	503.36
Total EAA <sup>2)</sup>	28.40	132.82
EAA/AA(%)		28.40

<sup>1)</sup>Total AA: Total essential amino acid.

<sup>2)</sup>Total EAA: Total amino acid.

### 3. 지방산

야콘의 지방산 조성은 Table 12와 같다. 구성 지방산 중 포화지방산인 palmitic acid(C16:0)와 lauric acid(C12:0) 2종류의 지방산만 각각 51.72%, 48.28% 검출되었으며, 불포화지방산은 검출되지 않았다.

2품종 고구마의 지방산 함량을 분석한 Kim 등(61)의 연구 결과 자색고구마의 조지방 함량 0.84% 중 지방산 조성은 palmitic acid 49.9%, linoleic acid 37.3%, linolenic acid 8.5% 및 stearic acid 1.4% 등이었고, 엷은 황색 고구마는 조지방 함량 0.56% 중 linoleic acid 64.3%, palmitic acid 17.5%, linolenic acid 9.2%, stearic acid 5.2% 및 oleic acid 1.3% 등의 지방산 조성을 나타내었다고 보고하였다. 한국산 마의 경우 긴마와 단마 모두 linoleic acid가 각각 44.0%와 45.0%로 가장 많은 부분을 차지하고 있었으며, palmitic acid는 각각 26.2%와 30.1%였으며, 다음으로 oleic acid, linolenic acid 등의 순으로 보고되었다(62). 또한 Han 등(59)은 연근과 우영의 지방산 조성을 분석한 결과, linoleic acid가 각각 44.6%와 65.2%로 가장 많았고, palmitic acid는 각각 37.6%와 27.7%였으며, 다음으로 oleic acid, stearic acid 등의 순으로 보고하였으며, 토란의 경우 주된 지방산은 linoleic acid 45%, palmitic acid 22.7%, oleic acid 6.8%, linolenic acid 7.3%였다고 보고되었다(58).

따라서 대부분의 근채류들은 지방산 조성 및 함량의 차이는 있지만 주요지방산은 palmitic acid와 linoleic acid로 총 지방산의 70% 이상을 차지하는 것으로 사료된다. 그러나 본 실험에서는 야콘의 구성 지방산 중 포화지방산인 palmitic acid와 lauric acid 2종만 검출되고 불포화지방산은 검출되지 않아 불포화지방산에 의한 지방의 산패가 방지되어 식품 가공 시 지방의 산패로 일어나는 이취 발생이 적어 야콘의 저장 및 가공이 다른 근채류에 비하여 유리할 것으로 사료된다.

**Table 12. Compositions of fatty acids of *P. sonchifolia***

Fatty acid	Composition (%)
Lauric acid (C12:0)	48.28
Palmitic acid (C16:0)	51.72
Total	100.00
SFA <sup>1)</sup>	100.00
PUFA <sup>2)</sup>	0.00
PUFA/SFA	0.00

<sup>1)</sup>SFA: Saturated fatty acids.

<sup>2)</sup>PUFA: Polyunsaturated fatty acids.

## 4. 비타민

야콘의 비타민 A, C 및 E의 함량을 분석한 결과는 Table 13과 같다. 항산화 비타민인 A, C 및 E의 함량은 각각 0.057 mg%, 0.670 mg% 및 0.001 mg%로 모두 미량 검출 되었으며, 비타민 C의 함량이 가장 높게 나타났다.

Lee 등(32)은 야콘의 생피근과 15일 후숙된 피근의 비타민 C의 함량은 각각 2.77 mg%와 2.87 mg%로 건조 후 함량이 조금 증가하였고, 항산화 활성이 있으며 암을 비롯한 각종 성인병에 효과가 있는 것으로 알려져 있는 비타민 A의 전구체인  $\beta$ -carotene(63)의 함량은 각각 0.40  $\mu$ g%와 0.55  $\mu$ g% 이었다고 보고하였다. 또한 농촌진흥청이 보고한 자료에 의하면 야콘의 비타민 C 함량은 7 mg%라고 하여 본 실험의 야콘의 비타민 함량과 큰 차이를 보이는데, 이것은 본 실험에서는 이미 가공된 야콘 분말을 가지고 실험하였기 때문에 분말 가공 및 저장 과정 중 비타민들이 파괴되어 생야콘에 비하여 비타민 함량이 더 낮게 검출 되었을 것으로 사료된다.

Kim 등(61)이 보고한 자색고구마의 비타민 함량은 일반 황색고구마보다 대체로 높았고, 특히 자색고구마의 비타민 C 함량은 63.4 mg%로써 일반 황색고구마 48.70 mg%에 비하여 높았다고 보고하였다. 또한 토란에 존재하는 비타민은 주로 비타민 C가 86%이며, 나머지는 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, niacin 등이라고 보고되었다(58). 수용성 비타민인 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, niacin 및 C 함량은 환경요인, 품종이 따라 다양하며(64-67), 특히 비타민 C는 열과 산소에 민감하고 ascorbic acid oxidase에 의해 쉽게 dehydroascorbic acid로 전환되므로(68) 가공 시 유의해야 될 것으로 사료된다.

Table 13. Contents of vitamin A, C and E in *P. sonchifolia*

(mg%)

Vitamin	Content
A	0.057
C	0.670
E	0.001

## 5. 무기질

야콘의 무기질 함량은 Table 14와 같다. 총 5종의 무기질 성분이 검출되었으며, 이 중 K 함량이 414.56 mg%로 가장 많이 검출되었다. 다음으로 Na, Ca, Mg 순이었고 Zn의 함량은 미량 함유하는 것으로 나타났다.

야콘과 주요 숙근작물의 무기질 성분을 비교한 연구(56)에 의하면 야콘의 Ca 함량은 고구마, 토란과 비슷하고 돼지감자보다는 낮았으며, 감자와 우엉보다는 높았고, Na 함량은 고구마나 우엉과 비슷한 함량이었으며 토란에 비해서는 매우 적은 양이었지만 돼지감자와 감자에 비하여 1.2-2배 높았다고 보고하였다.

자색고구마의 무기질 함량은 K 1200 mg%, Mg 120.4 mg%, Ca 98.2 mg% 및 Na 55 mg% 등이었고, 일반 황색고구마는 K 1330 mg%, Mg 137.5 mg%, Na 97.5 mg% 및 Ca 89.3 mg% 등이었다고 보고(61)하여 야콘과 고구마의 주요 무기질 조성은 비슷하였으나 야콘의 무기질 함량이 더 낮은 것으로 나타났다. 토란의 무기질 조성은 K 함량이 591 mg%로 가장 높았고, 다음으로 P, Ca, Mg, Na 순으로 검출되었다고 보고되었다(58). Chang과 Lee(69)의 국내산 식용 지하 부위 채소 9종의 무기질 성분 분석 결과에 의하면 모든 시료에서 가장 많이 함유된 무기질 성분은 K이었고 P, Ca, Mg 순으로 많이 함유되었다고 보고하였으며 이 결과는 야콘의 무기질 조성과도 유사한 것을 알 수 있었다.

Table 14. Contents of minerals in *P. sonchifolia*

(mg%)

Mineral	Content
K	414.56
Ca	37.34
Mg	16.90
Na	75.47
Zn	0.35

## 6. 유기산

야콘의 유기산 함량은 Table 15와 같다. 총 3종의 유기산이 검출되었으며, 이 중 oxalic acid가 2519.29 mg/L로 가장 많았고, 다음으로 benzoic acid 1895.17 mg/L, formic acid 247.84 mg/L순이었다.

고구마(57)의 경우 malic acid가 370 mg%로 가장 많았고, 다음으로 tartaric acid 150 mg%, oxalic acid 20 mg% 순으로 보고되었으며, 토란의 경우는 유기산에서 malic acid가 60% 이상이었으며, oxalic acid는 15% 이상 함유하고 있다고 보고되었다(58).

따라서 근채류들의 유기산 조성은 각기 다른 것으로 판단되며, 본 실험에서 가장 많이 검출된 oxalic acid는 체내에서 무기질과 결합하여 흡수를 저해시켜 무기질의 생체 내 이용도를 낮추는 산으로 알려져(57) 야콘의 육종과정에서 함량이 낮은 품종 선발이 요구되며, 가공 시 제거를 충분히 고려해야 할 것으로 생각된다.

Table 15. Contents of organic acids in *P. sonchifolia*

(mg/L)

Organic Acid	Content
Formic acid	247.84
Benzoic acid	1895.17
Oxalic acid	2519.29

## 7. 구성당

야콘의 구성당 함량은 Table 16과 같다. 총 2종의 유리당이 검출되었으며, 이중 fructose와 glucose가 각각 1320.84 mg/L와 1283.70 mg/L 검출되었다. 이 결과는 야콘 괴근의 주요한 구성당 성분은 fructose와 glucose라는 보고(32)와 일치하였다. 또한 농림부가 보고한 야콘 괴근의 유리당 함량은 단당류로써 fructose와 glucose, 이당류로써 sucrose가 검출되었는데, 그 양은 각각 154mg/g, 79mg/g 및 59mg/g으로써 단당류의 양이 많았고, 특히 fructose는 sucrose에 비하여 2.6배를 함유하고 있다고 보고되었다(56).

한편 근채류인 마의 구성당 조성은 fructose, glucose, sucrose만으로 구성되어 있고, fructose와 glucose 함량이 80% 이상이였다고 보고(70)하여 마의 구성당은 야콘의 구성당 조성과 비슷한 것으로 판단된다. 연근의 경우 총 유리당 함량 56.1% 중 fructose 12.9%, glucose 11.4%, sucrose 31.8%로 sucrose 함량이 가장 높았고, 우엉에는 glucose가 검출되지 않았으며, fructose와 sucrose는 각각 5.3%와 4.5%로 비슷한 함량을 나타내었다고 보고되었다(59). 또한 Lee 등(57)은 고구마의 경우 총 유리당 함량 6% 중 fructose 0.42%, glucose 0.49%, sucrose 5.09%로 연근과 마찬가지로 sucrose 함량이 가장 높았다고 보고하였다.

따라서 대부분 근채류의 괴근에는 fructose, glucose, sucrose가 주요한 구성당으로, 그 함량의 차이는 근채류마다 차이를 보이며 수확시기 등에 의하여 영향을 받을 것으로 사료된다.

Table 16. Contents of free sugars in *P. sonchifolia*

(mg/L)

Free sugar	Content
Glucose	1283.70
Fructose	1320.84

## 제2절 *In vivo*에서 지질대사 개선 및 비만 억제효능

### 1. 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 비교한 결과는 Table 17 및 Fig. 1, 2와 같다.

흰쥐의 1일 평균 체중증가량은 Table 17에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 체중이 증가하여 고지방-고콜레스테롤 식이로 인해 비만이 유도된 것을 관찰할 수 있었다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 농도 의존적으로 체중 감소효과를 보였고 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)과 유의적인 차이를 보였다.

식이섭취량은 Fig. 1에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이만을 급여한 HFC군이 가장 낮았으며, 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 야콘 분말의 첨가는 식이섭취량에 영향을 미치지 않았으며, 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 식이섭취량이 적은 이유는 고지방-고콜레스테롤 식이로 인한 에너지 밀도가 높아 에너지균형을 맞추기 위한 적응현상으로 사료된다.

식이효율은 Fig. 2에서와 같이 에너지 밀도가 높은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $0.28 \pm 0.02$ 로 에너지 밀도가 낮은 정상식이군(N)의  $0.18 \pm 0.01$ 에 비하여 유의하게 증가하였고, 야콘 분말 첨가량에 따른 유의차는 없었으나 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 감소되는 경향이였다.

야콘과 같은 근채류인 마의 점질물을 당뇨를 유발시킨 마우스에게 10일간 경구 투여한 결과 마 점질물을 투여한 군에서는 정상 대조군이나 당뇨 대조군에 비하여 체중 증가를 억제하는 효과가 있어서 체중 과다 특히 복부 비만 등과 같은 대사

이상과 관계가 있는 대사 질환을 정상화시킬 수 있으며 정상 체중으로 회복시켜 체중 감량에 좋은 효과가 있을 것이라고 보고하였다(71). 또한 Sung 등(72)은 흰쥐에 6% 치커리 inulin을 5주간 급여한 결과 대조군에 비하여 체중증가량이 유의하게 낮았으며, Kim 등(73)은 흰쥐에 고콜레스테롤 식이와 섬유소의 종류 및 양을 달리하여 5주간 급여한 결과, 섬유소 무급여군에 비하여 셀룰로오스와 펙틴 모두 5% 급여군에서 체중 감소효과를 나타냈다고 보고하였다.

따라서 본 연구 결과에서, 고지방-고콜레스테롤 식이로 비만이 유도된 흰쥐의 야콘 분말의 첨가로 인한 체중 감소효과는 야콘에 다량 함유된 inulin 등 식이섬유소가 탄수화물대사에 관여하여 영양소의 흡수와 소화를 지연시켜 포만감과 식이 열량밀도에 영향을 주어(74) 나타난 결과로 사료된다.

Table 17. Changes of the body weight of the rats fed high fat high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

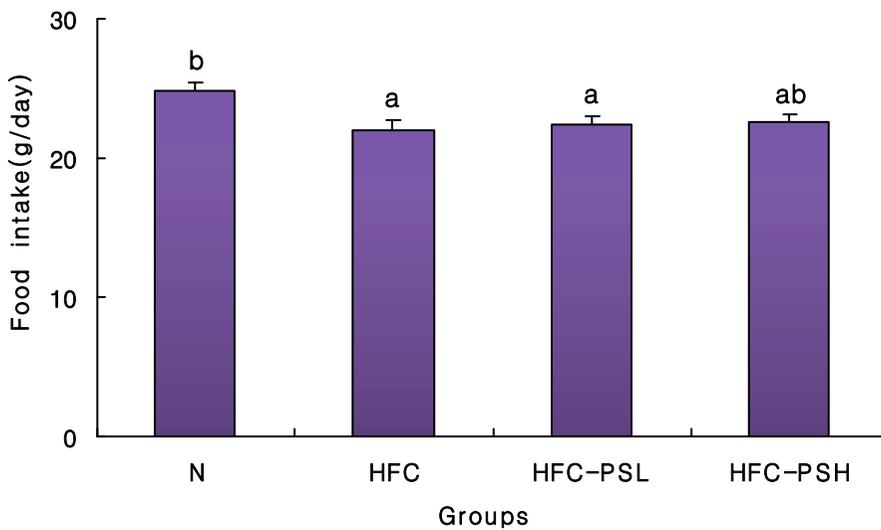
Groups <sup>1)</sup>	Initial body wt. (g)	Final body wt. (g)	Gained body wt. (g/day)
N	216.67±5.71 <sup>2)NS3)</sup>	346.08±8.62 <sup>a4)</sup>	4.62±0.19 <sup>a</sup>
HFC	215.17±6.87	403.00±11.50 <sup>c</sup>	6.71±0.30 <sup>c</sup>
HFC-PSL	214.17±6.71	376.75±3.60 <sup>bc</sup>	5.81±0.29 <sup>bc</sup>
HFC-PSH	214.33±7.14	372.17±5.66 <sup>ab</sup>	5.64±0.32 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 9.

<sup>2)</sup>Values are mean ± S. E. of 6 rats per each group.

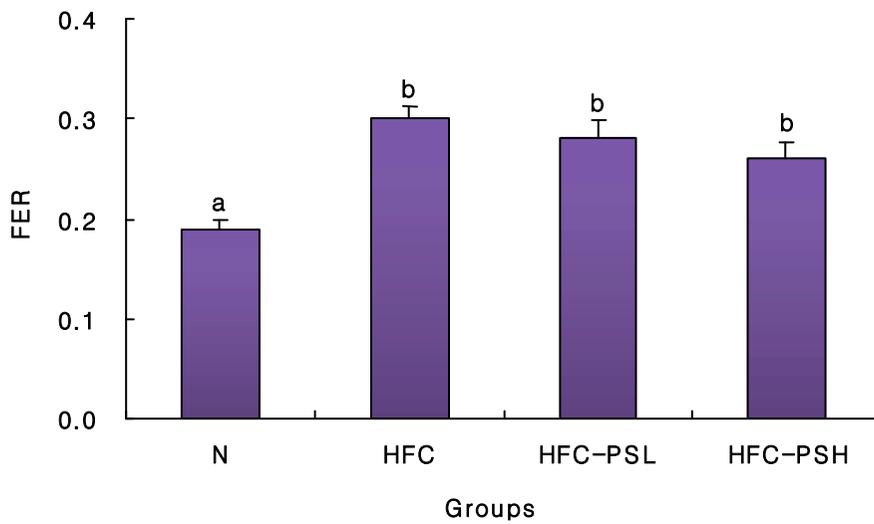
<sup>3)</sup>NS : not significantly different among groups.

<sup>4)</sup>Values with different superscript in the same row significantly different (p<0.05) among groups by Tukey's test.



**Fig. 1. Food intake of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks**

Abbreviations: See the legend of Table 8. FER(food efficiency ratio) : total weight gain/total feed intake. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



**Fig. 2. FER of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks**

Abbreviations: See the legend of Table 8. FER(food efficiency ratio) : total weight gain/total feed intake. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

## 2. 간장/체중 비율 및 지방조직 무게

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰 쥐의 간장/체중 비율 및 지방조직무게를 비교한 결과는 Fig. 3~5와 같다.

체중 당 간조직의 무게는 Fig. 3에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가되었다. 이 결과는 일반적으로 고지방식이 급여는 간 내 지방 축적을 유도하고 간의 중량이 증가하며(75), 고콜레스테롤을 장기간 급여할 때 간 비대증을 유발한다는 보고(76)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 Park 등(77)의 1% 고콜레스테롤 식이로 인해 간의 무게가 유의적으로 증가했다는 결과와도 일치하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의차는 없었지만 감소되는 경향을 보였다.

일반적으로 비만에 있어서 체중의 증가보다는 체지방의 증가, 특히 피하지방보다는 복강 내에 위치한 지방조직의 증가가 건강상의 위해요인으로 작용한다고 보고되고 있으며(78,79), 체지방 함량이 동일하더라도 복부지방 함량이 증가할수록 대사성 질환이 증가한다고 보고되고 있다(80).

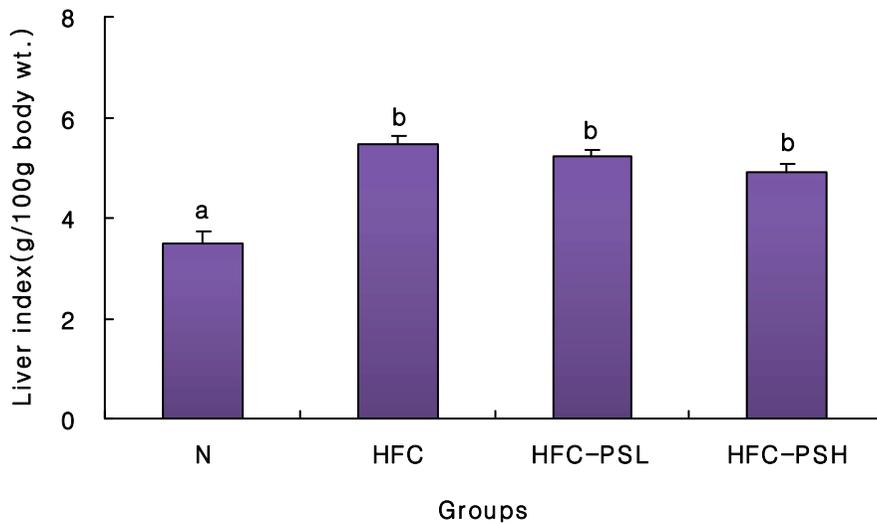
따라서 장간막지방조직 및 부고환지방조직의 무게를 측정된 결과는 다음과 같다. 장간막지방조직의 무게는 Fig. 4에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가되었다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL)과 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 12.25%와 24.72%로 농도 의존적으로 감소하였으며, 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)의 장간막지방조직의 무게는 유의하게 감소하여 정상식이군(N)과 비슷한 경향을 보였다.

부고환지방조직의 무게는 Fig. 5에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가되었으며, 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야

콘 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.

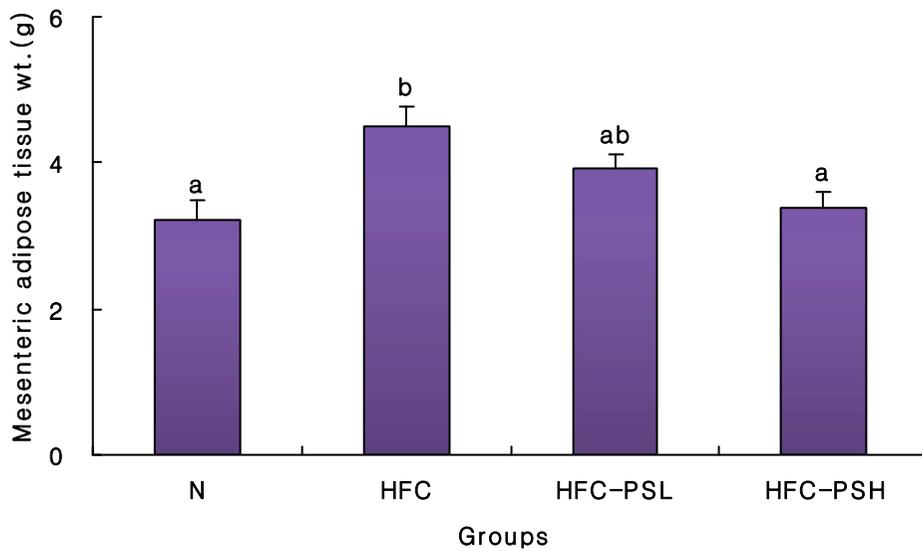
Agheli 등(81)에 의하면 쥐의 식이에 fructo-oilgo당을 보충해주었을 때 간의 무게는 11%( $p<0.05$ ), 지방조직 무게는 25%( $p<0.01$ ) 감소하였다고 보고하였다. 또한 Kim 등(73)은 셀룰로오스와 펙틴 급여군이 무급여군에 비하여 체중 100 g 당 간의 무게가 유의적으로 감소하였고, Chang과 Youn(82)은 식이섬유소 급여 시 고지방질 식이로 증가된 간의 무게가 감소되었고 펙틴이 셀룰로오스보다 감소 효과가 크다고 보고하였다.

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 본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 간과 지방조직의 무게는 야콘 분말의 혼합 급여로 인해 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.

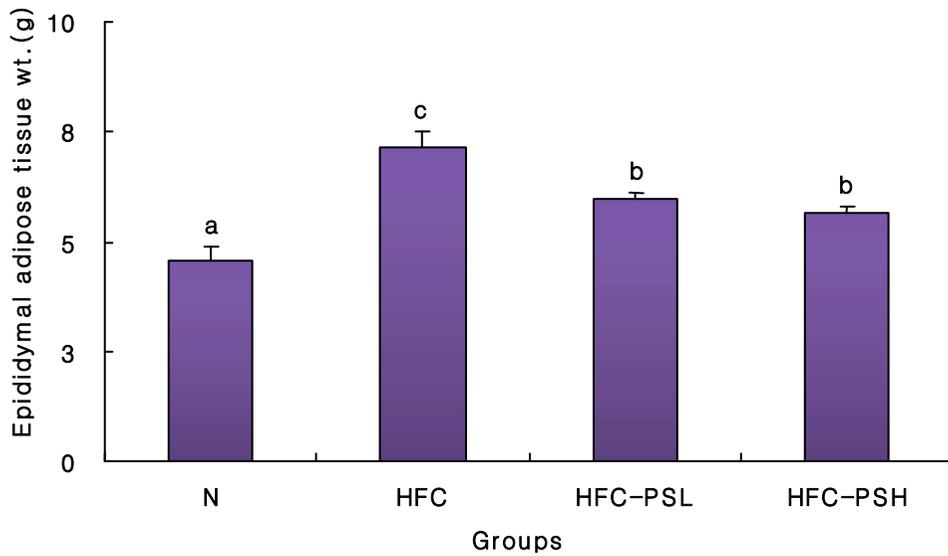


**Fig. 3. Liver index of rats fed high fat–high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks**

Abbreviations: See the legend of Table 8. Liver index: liver weight/100g body weight. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



**Fig. 4.** Mesenteric adipose tissue weights of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



**Fig. 5. Epididymal adipose tissue weights of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks**  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

### 3. 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰 쥐의 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성을 측정된 결과는 Fig. 6~9와 같다.

혈청 중 ALT 활성은 Fig. 6과 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상 식이군(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 감소되었다.

혈청 중 AST 활성은 Fig. 7과 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 36.87% 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 유의하게 감소되었다.

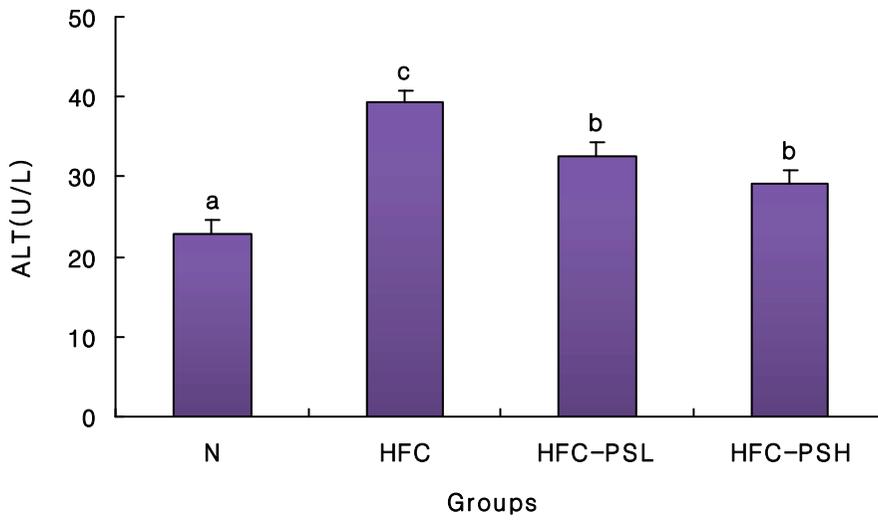
혈청 중 ALT와 AST 활성은 간세포의 변성이나 괴사를 반영하는 효소로서 고지방식이, 알코올 등으로 지방간이 유발되거나 간 유해 물질이 존재할 때 간 실질 세포가 손상되어 혈중으로 이들 효소의 방출이 항진되어 활성이 증가한다고 보고되었으며(83), Park(84)은 2% 콜레스테롤 식이에 의하여 ALT와 AST 활성이 증가하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 혈청 ALT와 AST 활성이 유의하게 증가되었다.

혈청 중 ALP 활성은 Fig. 8과 같이 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.

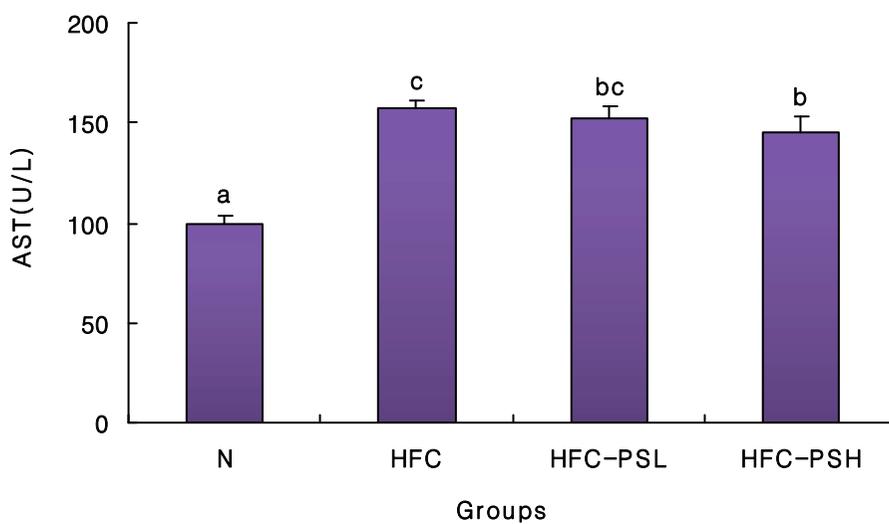
혈청 중 LDH 활성은 Fig. 9와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 16.66% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 농도 의존적으로 감소되었으며, 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 3.31% 유의하게 감소되었다.

ALP 활성은 고콜레스테롤혈증과 합병증 및 간조직이나 담관의 폐쇄에 의하여 증가하고, 간장에서 담즙산 배설에 장애가 발생함으로써 혈청 콜레스테롤 농도가 상승하는 것으로 알려져 있으며(85), LDH 활성은 고콜레스테롤혈증의 발생과 간장에 지방의 축적으로 인한 담즙분비 장애에 의해 상승된다(86). 또한 혈청 ALT와 LDH의 활성이 모두 높은 경우는 임상적으로 급성 심근경색과, 간장, 신장에 급성 염증이 발생하였을 때이며 심근경색과 간담도질환이 있을 때 효소 활성이 증가되는 것으로 알려져 있다(85).

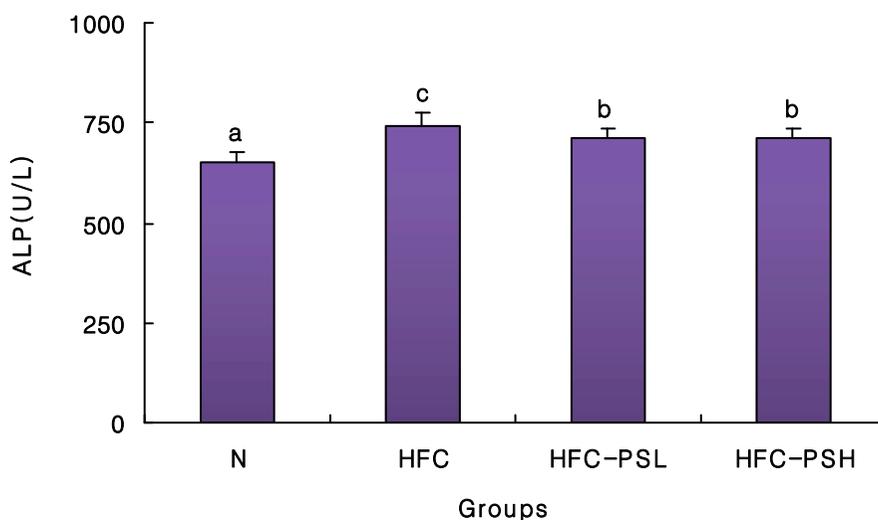
식이 중 과량의 콜레스테롤은 간장내로 유입되어 지질수용체인 apoprotein과 결합되어 lipoprotein 형태로 배출되지 못하여 지방간 및 간세포 손상을 일으키는 것(87)으로 알려져 있으며, 본 연구 결과로 고지방-고콜레스테롤 식이로 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성이 증가되었다. 또한 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성은 야콘 분말 첨가로 감소하는 것으로 보아 야콘 분말이 고지방-고콜레스테롤 상태에서 간의 지질대사를 개선시키고 지방간으로 인한 간세포의 장애를 지연시켜 간 기능 회복 및 유지에 긍정적인 효과를 가지는 것으로 사료된다.



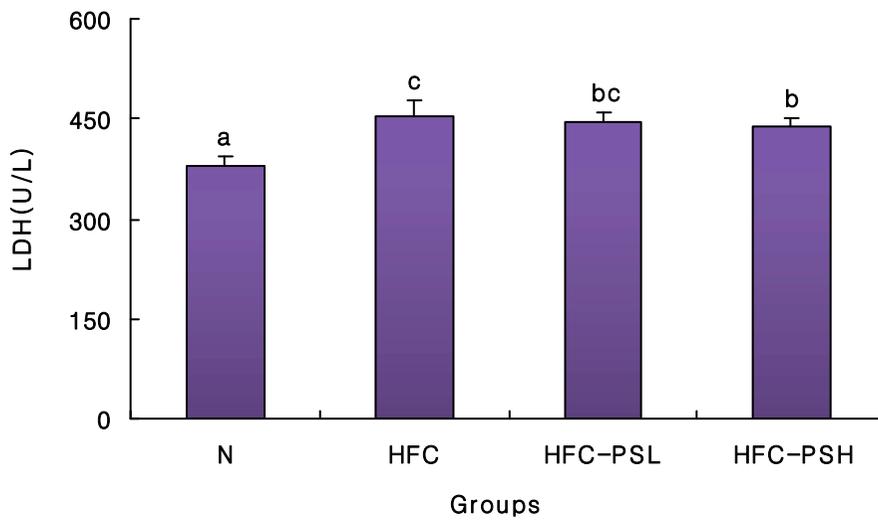
**Fig. 6.** Serum activity of ALT in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



**Fig. 7.** Serum activity of AST in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



**Fig. 8.** Serum activity of ALP in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



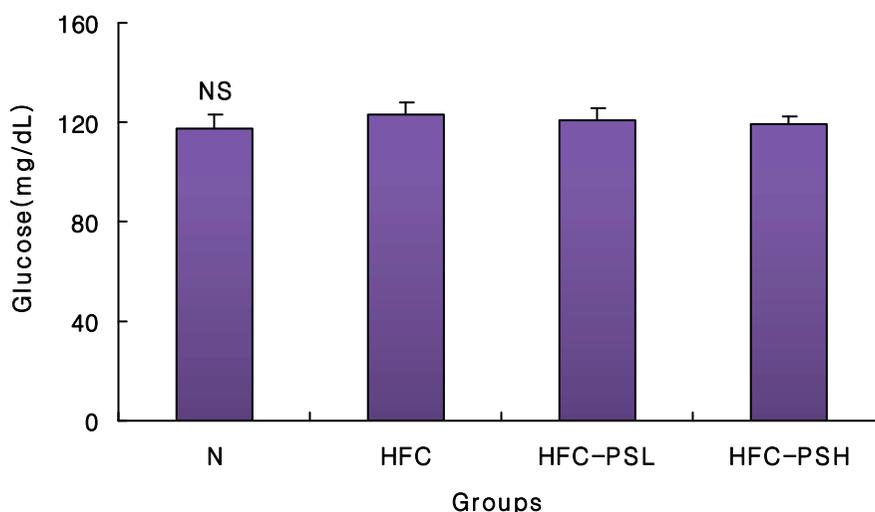
**Fig. 9.** Serum activity of LDH in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

#### 4. 혈청 중 포도당 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 포도당 함량을 측정된 결과는 Fig. 10과 같다.

고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)의 혈중 포도당 함량은  $123.50 \pm 4.61$  mg/dL로 정상식이군(N)의  $117.50 \pm 5.43$  mg/dL에 비하여 조금 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL, HFC-PSH)들은 각각  $120.50 \pm 4.92$  mg/dL와  $119.33 \pm 3.05$  mg/dL로 감소하였으나 각 군 별간에 유의차는 없었다.

Kang과 Kang(88)은 건강한 흰쥐의 식이에 0.5% 콜레스테롤을 첨가하였을 때 혈당이 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구 결과와 차이를 보이나, Chi 등(89)은 콜레스테롤 식이가 혈당에 영향을 주지 않았다고 보고하였다.



**Fig. 10. Contents of glucose in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks**

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

## 5. 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰 쥐의 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Fig. 11, 12와 같다.

혈청 중 중성지방 함량은 Fig. 11과 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $86.33 \pm 4.92$  mg/dL로 정상식이군(N)의  $71.67 \pm 5.43$  mg/dL에 비하여 16.98% 유의적으로 증가하였다. 이 결과는 고지방-고콜레스테롤 식이 급여로 인해 피하지방으로부터 유출된 지방산과 간세포 내에서 합성된 지방산 및 chylomicron remnant 중 중성지방에서 가수분해된 지방산 등의 공급이 증가되어 상승된 것으로 사료된다(90). 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL, HFC-PSH)들은 각각  $83.83 \pm 6.41$  mg/dL와  $81.00 \pm 5.38$  mg/dL로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 다소 감소하였으나 유의차는 없었다.

혈청 중 총콜레스테롤 함량은 Fig. 12와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $79.00 \pm 4.31$  mg/dL로 정상식이군(N)의  $59.00 \pm 2.13$  mg/dL에 비하여 25.32% 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH) 간에 첨가 수준에 따른 유의차는 없었으나 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.

고지혈증 중 발생빈도가 높은 고콜레스테롤혈증과 고중성지방혈증은 당뇨병, 내분비질환, 유전적인 소인, 간질환 및 신장질환 등에 의한 2차적인 발병과 운동부족, 식이, 노화 및 환경인자 등 다양한 요인으로 유발된다(91). 또한 혈청 중 중성지방 함량 감소효과는 관상심혈관계 질환의 위험을 감소시키며(92), 혈청 중 콜레스테롤 함량은 심장순환기계 질환 유발의 주요인자로 알려져 있고 기타 중성지질 및 지단백 함량도 문제시 되고 있다(93).

한편, Fiordaliso 등(39)은 비만 쥐에게 식이 무게의 10%에 해당하는 fructo-oligo당을 16주 동안 급여했을 때 혈청의 중성지질은 25% 감소하였으며, 콜레스테롤은

15% 감소하여, 올리고당이 가용성 식이섬유질과 유사하게 간의 지질대사에 영향을 주어 간에서 중성지방 합성이 감소되고, 혈청의 VLDL 감소가 나타났다고 보고하였으며, Trautwein 등(94)은 비만 쥐에게 5주간 inulin을 보충한 결과 농도 의존적으로 혈중 중성지방과 콜레스테롤이 감소되었다고 보고하였다. 또한 Balcazar-Munoz 등(95)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(96)의 연구에서도 고지혈증 대상자에게 8주간 inulin 10 g/day 보충한 결과 혈중 중성지방의 농도가 19% 감소하였다고 하였다.

Inulin과 같은 수용성 식이섬유소는 혈중 콜레스테롤 함량을 낮추는데 효과적이라고 보고되었는데, Buhman 등(97)은 수용성 식이섬유소가 담즙산, 식이 콜레스테롤 및 유리지방산과 결합하여 담즙산의 배설과 합성을 촉진하기 때문에 혈중 콜레스테롤 함량을 낮춘다고 하였으며, Kaewprasert 등(98)은 소화되지 않은 수용성 식이섬유소를 대장균이 발효하여 짧은 사슬 지방산을 생성하여 짧은 사슬 지방산이 콜레스테롤 합성능을 감소시켜 혈중 콜레스테롤 농도를 낮춘다고 보고하였다.

따라서 야콘 분말의 첨가로 인하여 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 감소된 것은 야콘에 함유된 fructo-oligo당과 수용성 식이섬유소인 inulin의 작용에 의한 것으로 사료되며, 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.

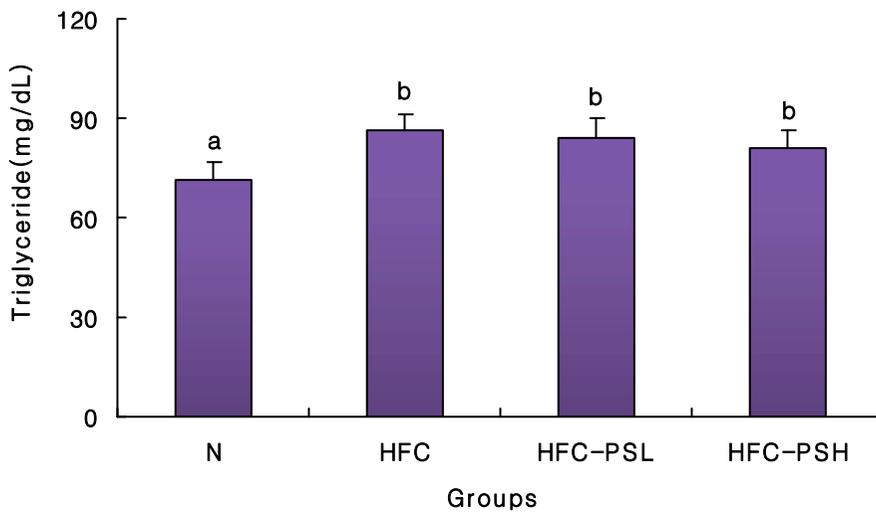


Fig. 11. Contents of triglyceride in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

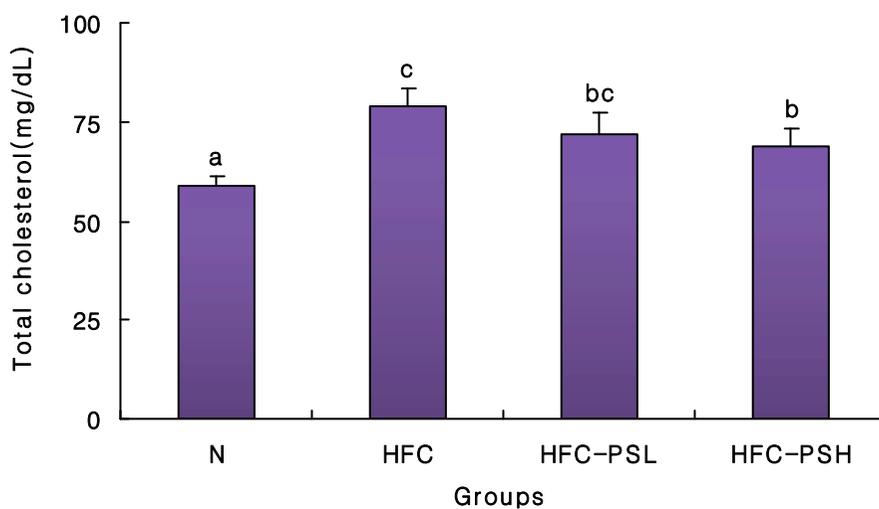


Fig. 12. Contents of total cholesterol in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

## 6. 혈청 중 HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화 지수 및 심혈관위험지수

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰 쥐의 혈청 중 HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 (atherogenic index, AI) 및 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)의 변화는 Fig. 13~16과 같다.

혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 Fig. 13에서와 같이 정상식이군(N)의  $29.50 \pm 1.45$  mg/dL에 비하여 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $17.67 \pm 1.88$  mg/dL로 40.10% 유의하게 감소하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)의 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 각각  $21.50 \pm 1.95$  mg/dL와  $24.33 \pm 1.71$  mg/dL로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 17.81%와 27.37% 유의적으로 증가하였지만 정상식이군(N)보다는 낮은 경향이었다.

HDL-콜레스테롤은 말초조직 및 혈관 벽에 축적된 콜레스테롤을 콜레스테롤 에스테르로 만들어 간으로 운반하여 담즙산으로 배설시킴으로써 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시켜 동맥경화증, 고혈압 등 심장순환계 질환의 발병을 감소시키나(99), 고콜레스테롤 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 보고되었다(100).

혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 Fig. 14에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $78.60 \pm 5.75$  mg/dL로 정상식이군(N)의  $43.83 \pm 3.20$  mg/dL에 비하여 44.24% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)의 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 각각  $67.27 \pm 3.65$  mg/dL와  $60.53 \pm 4.66$  mg/dL로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 14.41%와 22.99% 유의적인 감소효과를 나타내었으며, 야콘 분말의 첨가량이 증가할수록 저하되었다.

LDL-콜레스테롤은 혈청 콜레스테롤의 주된 운반형으로 동맥벽에 콜레스테롤을

축적시켜 동맥경화를 촉진시킴으로써 혈청 LDL-콜레스테롤 농도는 심장순환기계 질환 발생과 밀접한 관계가 있으며(101), LDL-콜레스테롤 함량 증가는 혈액으로부터 LDL-콜레스테롤 제거 속도의 감소뿐만 아니라 혈액 내 IDL(intermediate density lipoprotein)함량이 증가함으로써 더 많은 IDL이 LDL로 전환되기 때문이라고 보고되었다(102).

한편, Davidson 등(103)의 연구에 의하면 고지혈증 대상자에게 6주간 inulin을 보충한 결과 LDL-콜레스테롤 함량이 감소하였다고 보고하였고, Kok 등(104)과 Levrat 등(105)도 inulin의 보충 급여는 LDL-콜레스테롤 함량을 감소시킨다고 보고하였다. 또한 Kim과 Shin(106)의 연구에 의하면 5% inulin 식이를 섭취한 흰쥐는 대조군에 비하여 혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 낮아졌고 HDL-콜레스테롤 함량은 높아진 양상을 보였다고 보고하였으며, Kang과 Song(107)은 고콜레스테롤 식이와 함께 섭취된 수용성 식이섬유소는 혈장 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량을 낮추고 HDL-콜레스테롤 함량을 높인다고 보고하였다.

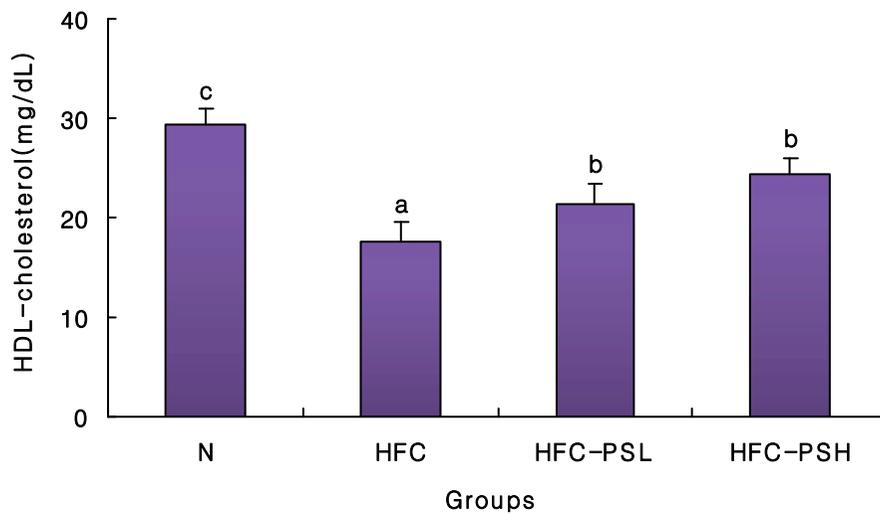
본 연구에서 야콘을 첨가하지 않고 고지방-고콜레스테롤 식이만을 급여한 HFC 군은 고지방식이에 의하여 비만도가 커지면 혈청 중의 HDL-콜레스테롤 함량은 낮아지고, LDL-콜레스테롤 함량은 높아진다는 연구 결과(108)와 유사하였으며, 야콘 분말 첨가에 의해 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 증가하였고, LDL-콜레스테롤 함량은 감소되었는데 이는 야콘 분말 첨가에 의한 수용성 식이섬유소인 inulin의 작용에 의한 것으로 사료된다.

동맥경화지수는 Fig. 15에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $3.55 \pm 0.25$ 로 정상식이군(N)의  $1.02 \pm 0.09$ 에 비하여 약 3.5배 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 각각 33.24%와 48.45%로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의하게 감소되었다.

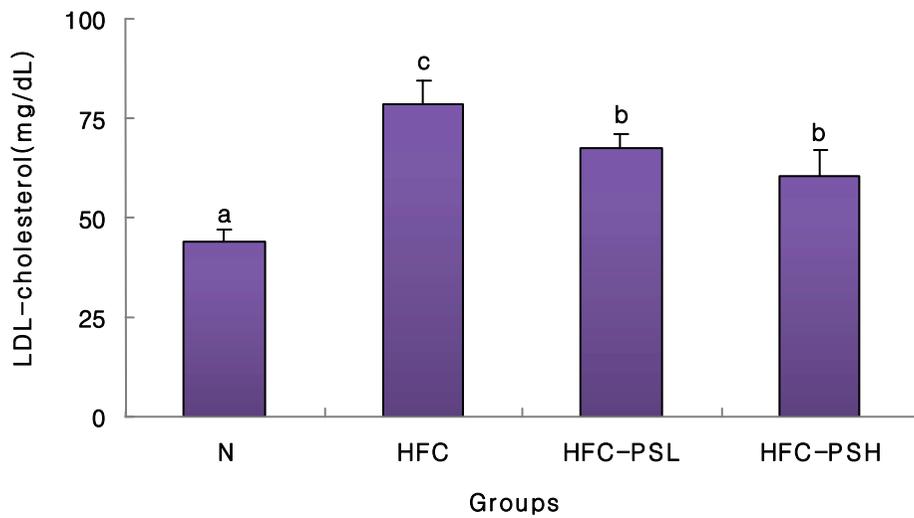
심혈관위험지수는 Fig. 16에서와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $4.55 \pm 0.35$ 로 정상식이군(N)의  $2.02 \pm 0.09$ 에 비하여 약 2.3배 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 각각 25.93%와 37.80%로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의하게 감소되었다.

동맥경화지수는 혈액 중 HDL-콜레스테롤에 대한 중성지질의 농도를 대표하는 값으로 임상에서 3.0 이상의 값을 나타낼 때 동맥경화에 대한 위험 신호로써 사용하고 있다(52). 또한 심혈관위험지수는 HDL-콜레스테롤에 대한 총콜레스테롤의 농도를 대표하는 값으로 동맥경화지수와 더불어 심혈관계질환에 대한 위험 신호로 사용되고 있으며, 임상에서는 7.0 이상의 수치를 나타낼 때 위험 신호로 인지된다(109).

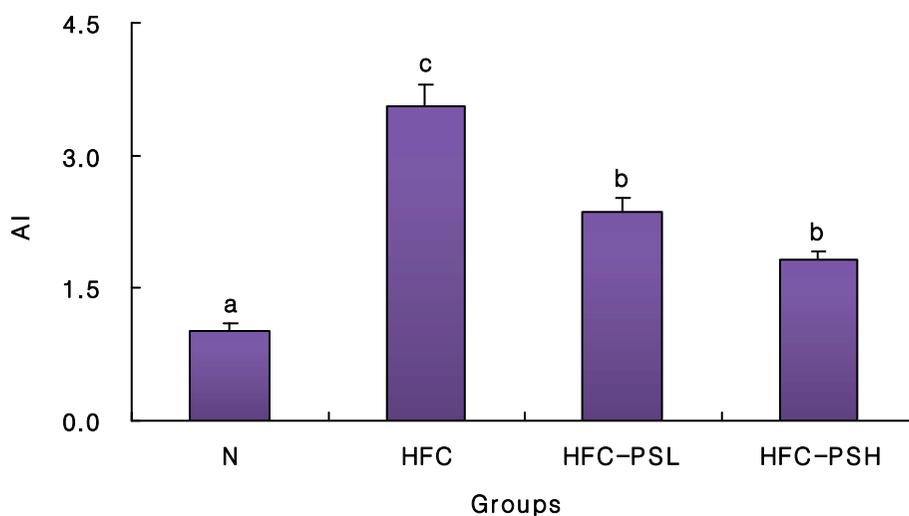
따라서 본 연구 결과 야콘 분말의 급여로 인해 고지방-고콜레스테롤 식이로 감소된 혈중 HDL-콜레스테롤 함량은 증가시키고, 증가된 LDL-콜레스테롤 함량과 동맥경화지수 및 심혈관위험지수는 감소되어진 것으로 보아 야콘 분말이 혈청의 지질 대사를 개선하여 동맥경화, 고지혈증 등 심혈관계질환의 위험을 감소시키는 예방 효과가 있는 것으로 사료된다.



**Fig. 13.** Contents of HDL-cholesterol in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

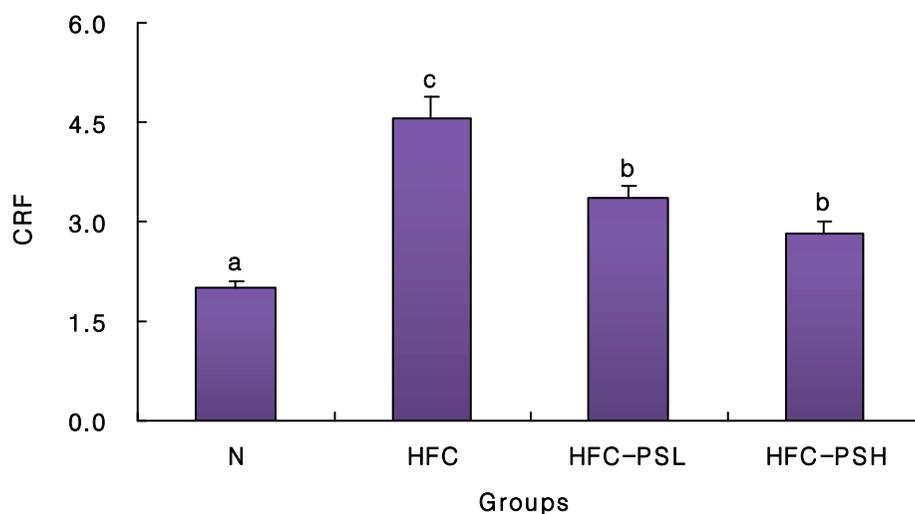


**Fig. 14.** Contents of LDL-cholesterol in the rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



**Fig. 15. Atherogenic index of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks**

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.



**Fig. 16. Cardiac risk factor of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks**

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean ± S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

## 7. 간조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰 쥐의 간조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Fig. 17, 18과 같다.

간조직 중 중성지방 함량은 Fig. 17과 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $8.27 \pm 0.50$  mg/g으로 정상식이군(N)의  $4.57 \pm 0.22$  mg/g에 비하여 44.74% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은  $7.14 \pm 0.37$  mg/g와  $6.34 \pm 0.44$  mg/g으로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 13.66%와 23.34% 농도 의존적으로 감소하였고, 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의하게 감소하였다.

본 연구 결과에서 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 간조직 중 중성지방 함량이 유의하게 증가된 것은 간에서 합성된 중성지방은 VLDL 내로 들어가는데 고지방-고콜레스테롤 식이로 인한 간의 중성지방 축적으로 간에서 만들어진 VLDL이 혈장으로 방출되지 못한 탓(110)으로 생각되어진다.

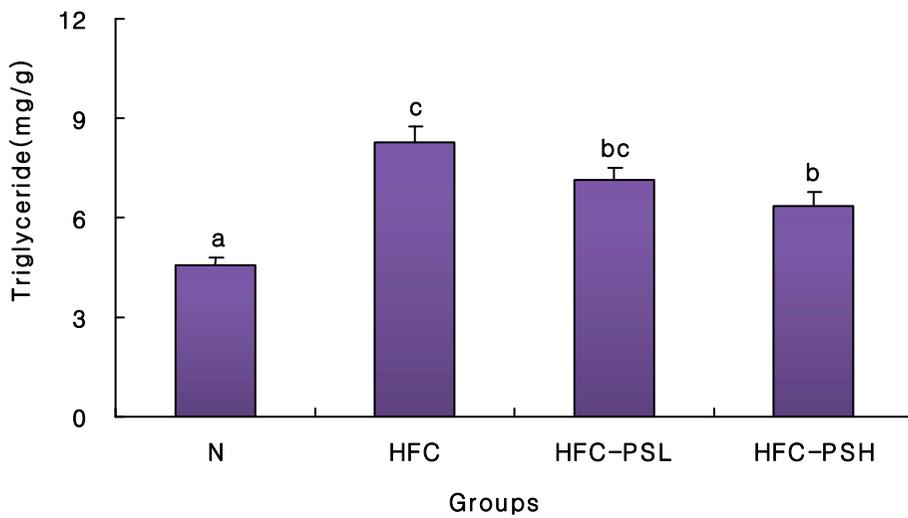
간조직 중 총콜레스테롤 함량은 Fig. 18과 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $43.53 \pm 2.11$  mg/g으로 정상식이군(N)의  $25.60 \pm 0.91$  mg/g에 비하여 41.19% 유의하게 증가하여 일반적으로 고지방 식이는 간조직의 콜레스테롤 함량을 증가시키는 것(111)으로 알려져 있는데 본 연구에서도 같은 경향을 보였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 각각  $32.64 \pm 1.52$  mg/g과  $30.57 \pm 1.75$  mg/g으로 두군 모두 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 25.02%와 29.77% 유의하게 감소하였다.

고콜레스테롤 식이로 인한 체내 콜레스테롤의 축적효과는 간에 있어서 콜레스테롤 합성 조절기능보다 LDL-receptor 생성의 감소와 함께 LDL-콜레스테롤에 대한 제거 기능이 저하된 것으로 보고되었다(112,113). 따라서 본 연구에서 고지방-고콜레스테롤 식이에 의한 간의 총콜레스테롤 함량 증가는 혈청 LDL-콜레스테롤 함량이 높아진 결과와 일치하는 것으로 간으로 LDL-콜레스테롤의 유입이 높아져 간의

콜레스테롤 함량이 높아진 것으로 생각되며, Kang과 Kang(88)은 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 경우 혈청 내 중성지방과 콜레스테롤 함량이 증가하면 간의 중성지방과 콜레스테롤 함량도 증가하는 경향을 보였다고 보고하였는데 이는 본 연구 결과와 일치하였다.

Oh 등(43)은 콜레스테롤 식이로 4주간 고지혈증을 유발시킨 흰쥐에 8주간 식이 무게의 5% fructo-oligo당을 급여했을 때 변으로의 콜레스테롤 배설량이 증가하고, 콜레스테롤 흡수율이 낮아짐으로써 간내 콜레스테롤 수준이 낮아졌다고 보고하였고, Shin(114)의 연구에서는 돼지감자의 inulin이 쥐의 간조직 중의 콜레스테롤 수치를 효과적으로 낮춘다고 보고하였다. Delzenne 등(115)은 비만쥐의 실험에서 inulin이 간에서의 중성지방 합성을 감소시킨다고 보고하였으며, Yang 등(116)은 수용성 식이섬유소는 간조직의 콜레스테롤과 중성지방 농도 저하에 효과적이라고 보고하였다.

이상의 결과에서 볼 때 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 경우 간장 내 중성지방과 총콜레스테롤 함량도 정상식이를 급여한 경우에 비하여 현저히 증가하여 지방간 및 고지혈증이 유발됨은 확인할 수 있었고, 야콘 분말의 첨가로 인해 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 간조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량을 감소시키는 효과를 볼 수 있었다. 이는 야콘 분말에 함유된 fructo-oligo당과 inulin에 의한 효과라고 사료된다.



**Fig. 17.** Contents of triglyceride in the liver of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks  
 Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

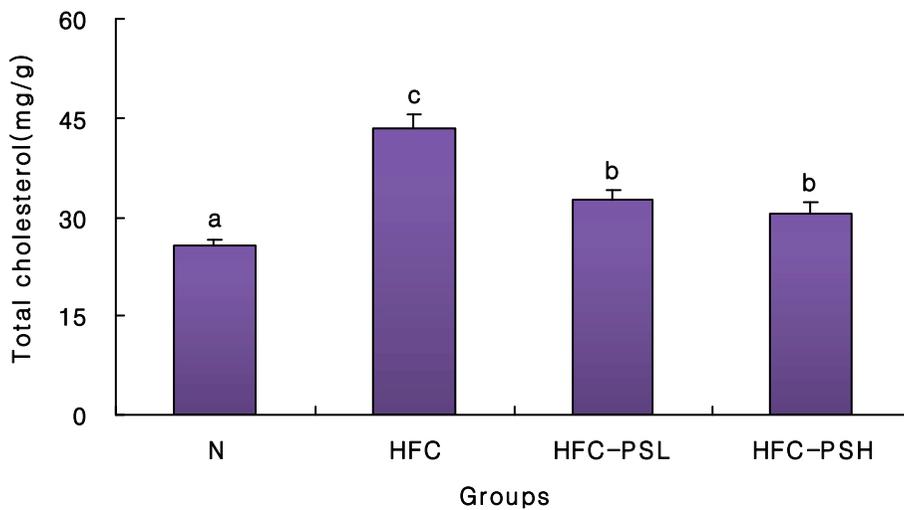


Fig. 18. Contents of total cholesterol in the liver of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

## 8. 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰 쥐의 장간막지방조직과 부고환지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Fig. 19~22와 같다.

장간막지방조직 중의 중성지방 함량은 Fig. 19와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $40.41 \pm 1.40$  mg/g으로 정상식이군(N)의  $35.38 \pm 1.20$  mg/g에 비하여 12.45% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH) 간에 첨가 수준에 따른 유의차는 없었으나 각각 5.67%와 10.62%로 농도 의존적으로 감소되었다. 특히, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 10.62% 유의하게 감소하여 정상식이군(N)과 비슷한 경향을 보였다.

부고환지방 중의 중성지방 함량은 Fig. 20과 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $34.59 \pm 2.51$  mg/g으로 정상식이군(N)의  $20.82 \pm 1.46$  mg/g에 비하여 39.81% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL)은 고지방-고콜레스테롤 식이군과 유의차는 없었지만 6.01% 감소하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 12.58% 유의하게 감소하였다.

장간막지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 Fig. 21과 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $28.29 \pm 0.73$  mg/g으로 정상식이군(N)의  $23.20 \pm 1.23$  mg/g에 비하여 17.99% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL)의 총콜레스테롤 함량에는 변화가 없었으나, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 11.35% 유의하게 감소하였다.

부고환지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 Fig. 22와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이  $31.94 \pm 1.85$  mg/g으로 정상식이군(N)의  $26.14 \pm 0.79$  mg/g에 비하여 18.16% 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들

(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 11.05%와 15.00%로 두군 모두 유의하게 감소되었으며 정상식이군(N)과도 비슷한 경향을 보였다.

본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 야콘 분말의 급여로 장간막지방조직과 부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 모두 현저히 감소되어 야콘 분말이 지방조직의 지방 축적을 억제하여 비만 억제효과가 있는 것으로 사료된다.

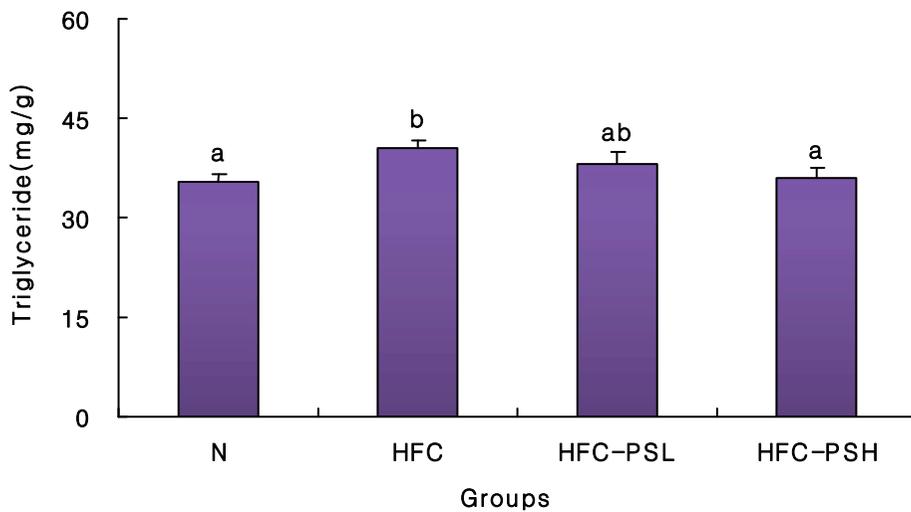


Fig. 19. Contents of triglyceride in the mesenteric adipose of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

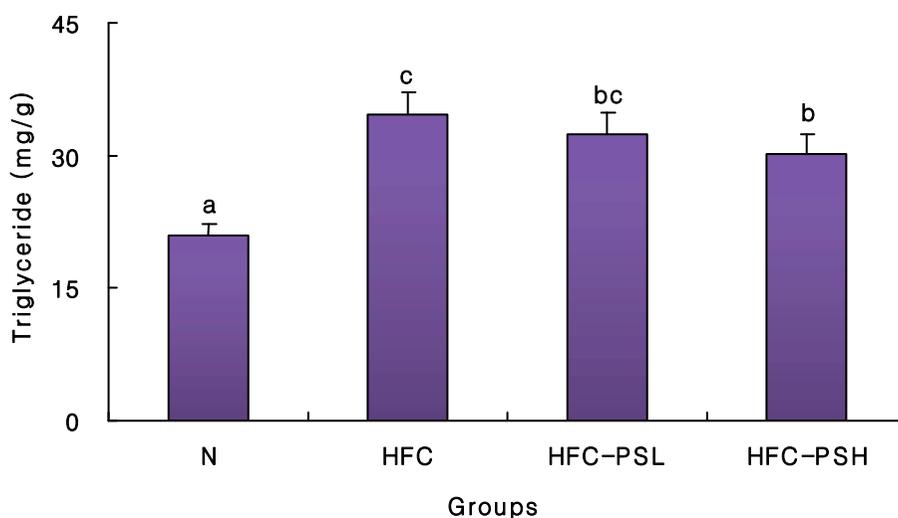


Fig. 20. Contents of triglyceride in the epididymal adipose of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

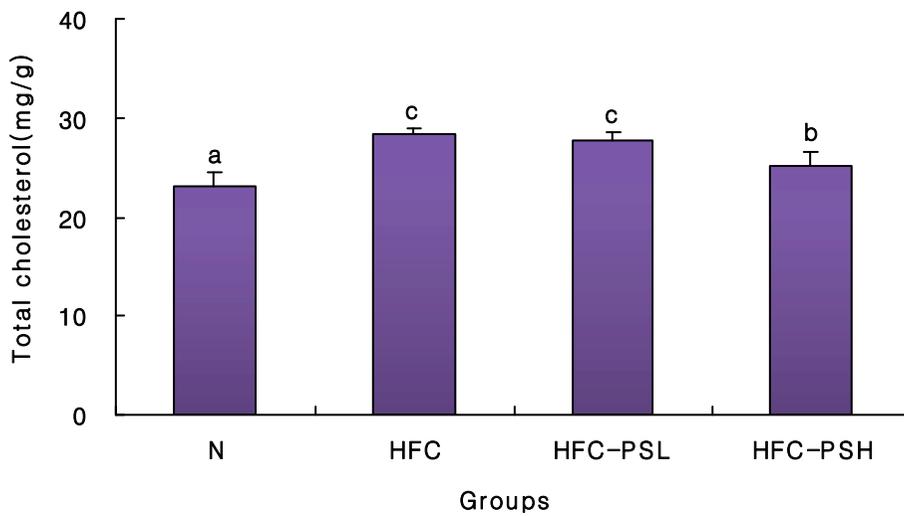


Fig. 21. Contents of total cholesterol in the mesenteric adipose of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

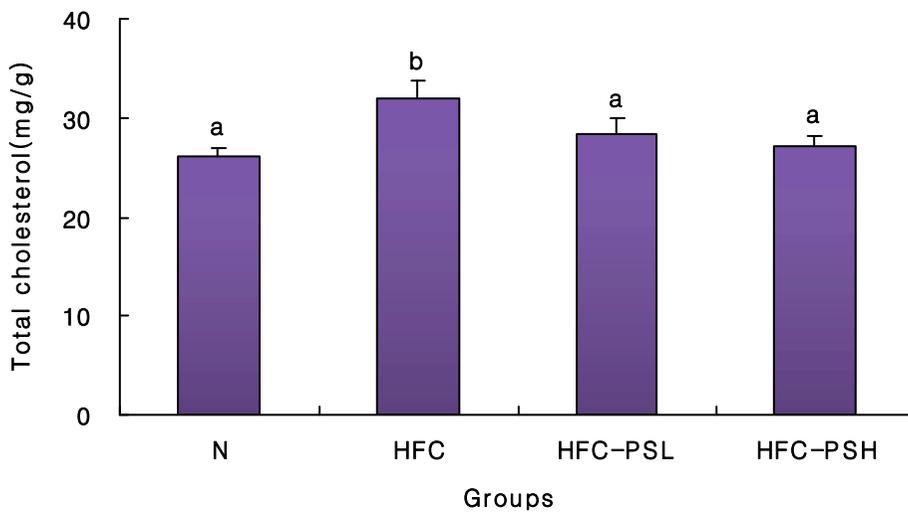


Fig. 22. Contents of total cholesterol in the epididymal adipose of rats fed high fat-high cholesterol diet containing *P. sonchifolia* powder for 4 weeks

Abbreviations: See the legend of Table 8. Values are mean  $\pm$  S. E. of 6 rats per each group and different superscript letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

## 제4장 요약

본 연구는 야콘의 혈청, 간 및 지방조직의 체내 지질대사 개선효과와 항비만 효과를 살펴보기 위하여 야콘 분말의 일반성분 분석과 *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 고지방-고콜레스테롤 식이로 고지혈증 및 비만이 유도된 흰쥐에게 야콘 분말을 식이의 5%와 10%로 4주간 병합 급여한 후, 혈중 지질대사 개선 및 지방조직의 항비만 효과에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 야콘 분말의 이화학적 성분을 분석한 결과, 일반성분 함량은 건량 기준으로 수분 함량 9.53%, 조단백질 1.13%, 조지방 0.40%, 조회분 0.79%, 식이섬유소 1.63% 및 탄수화물 86.52%였다. 아미노산은 glutamic acid, 지방산은 palmitic acid, 비타민은 비타민 C, 무기질은 K, 유기산은 oxalic acid, 구성당은 fructose가 가장 많이 검출되었다.
2. *In vivo*에서 고지방-고콜레스테롤 식이로 유발된 지질대사 개선 및 비만 억제효능은
  - ① 고지방-고콜레스테롤 식이로 유의적으로 체중이 증가하였으나, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 농도 의존적으로 체중 감소효과를 보였다. 식이섭취량은 고지방-고콜레스테롤 식이만을 급여한 HFC군이 가장 낮았으며, 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 야콘 분말의 첨가는 식이섭취량에 영향을 미치지 않았다. 식이효율은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 야콘 분말 첨가량에 따른 유의차는 없었으나 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 낮게 나타났다.

- ② 체중 당 간조직의 무게와 장간막지방조직 및 부고환지방조직의 무게는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가되었다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)의 체중 당 간조직의 무게는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의차는 없었지만 감소되는 경향을 보였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSL)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 장간막지방조직의 무게가 24.72% 유의하게 감소하여 이는 정상식이군(N)과 비슷한 경향을 보였다. 또한 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)의 부고환지방조직의 무게도 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 16.53%와 20.59%로 두군 모두 유의하게 감소되었다.
- ③ 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성은 야콘 분말의 첨가로 저하되었다.
- ④ 혈청 중 포도당 함량은 각 실험군들 간에 유의차를 나타내지 않았다.
- ⑤ 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이 급여로 유의하게 증가하였다. 혈청 중 중성지방 함량의 경우 고지방-고콜레스테롤 식이군들(HFC, HFC-PSL, HFC-PSH) 간에는 유의차가 없었다. 혈청 중 총콜레스테롤 함량은 야콘 분말 첨가에 따라 농도 의존적으로 감소효과를 보였으며 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 13.08% 유의하게 감소되었다.
- ⑥ 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% 유의적으로 증가하였다. 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 44.24% 유의하게 증가하고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 각각 14.41%와 22.99% 유의적인 감소효과를 나타내었다. 동맥경화지수와 심혈관위험지수는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 각각 3.5배와 2.3배 유의하게 증가하였고, 고지방

-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH) 모두 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하여 동맥경화 및 심혈관 질환의 발병 위험률 감소효과를 나타내었다.

- ⑦ 간조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 각각 44.74%와 41.19% 유의하게 증가하였다. 중성지방 함량의 경우 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 야콘 분말 첨가군(HFC-PSH)은 고지방-고콜레스테롤군(HFC)에 비하여 23.34% 유의하게 감소하였고, 총콜레스테롤 함량의 경우 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH)은 두군 모두 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 25.02%와 29.77% 유의하게 감소하였다.
- ⑧ 장간막지방조직과 부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 모두 고지방-고콜레스테롤 식이 급여로 유의하게 증가하였다. 장간막지방조직의 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 10% 야콘 분말 첨가로 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 10.62%와 11.35% 유의하게 감소하였으며, 중성지방 함량의 경우 정상식이군(N)과 비슷한 경향을 보였다. 부고환지방 중의 중성지방 함량은 10% 야콘 분말 첨가로 12.58% 유의하게 감소하였고, 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이와 야콘 분말 첨가군들(HFC-PSL, HFC-PSH) 모두 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 각각 11.05%와 15.00%로 유의하게 감소되었으며 정상식이군(N)과도 비슷한 경향을 보였다.

이상의 실험 결과 *in vivo*에서 고지방-고콜레스테롤 식이와 함께 섭취한 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 심혈관계질환 예방 효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각되어진다. 또한 탄수화물과 지방의 섭취가 많은데

반해 육체노동은 적은 현대인의 대사성질환 예방 및 개선에 기여할 수 있을 것으로 사료되나, 이외의 성분이 어떻게 고지혈증 및 비만을 억제시킬 수 있는지는 추후 생화학적인 작용기전 등이 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 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. Kor. Soc. Food Nutr.* 22: 685-691.
2. 보건복지부. 2006. 국민건강영양조사 결과 보고서.
3. 정승용, 김한수, 김군자, 김희숙, 정효숙. 1990. 영지 열수추출액이 식이성 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 한국영양식량학회. 19: 180-186.
4. Faidley TD, Luhman CM, Galloway ST, Foley MK, Beitz DC. 1990. Effect of dietary fat source on lipoprotein composition and plasma lipid concentrations in pigs. *J. Nutr.* 120: 1126-1133.
5. Green MH, Dohner EL, Green JB. 1981. Influence of dietary fat and cholesterol on milk lipids and on cholesterol metabolism in the rat. *J. Nutr.* 111: 276-286.
6. Oakenfull DG, Fenwick DE, Hood RL, Topping EL, Illman RJ, Storer GB. 1979. The role of saponin on lower plasma cholesterol concentration. *Br. J. Nutr.* 42: 209-216.
7. Torsdottir I, Alpsten M, Andersson H. 1989. Dietary guar gum effect on postprandial blood glucose, insulin and hydroxyproline in humans. *J. Nutr.* 119: 1925-1931.
8. Williams P, Robinsin D, Baiey A. 1979. High density lipoprotein and coronary risk factors in normal men. *Lancet.* 1: 72.
9. Bergmeyer HU. 1974. Methods of enzymatic analysis 2nd. ed. Academic press. new York, pp. 860-864.
10. Levy RI. 1991. Cholesterol, lipoproteins, apoproteins and heart disease; present status and future prospects. *Clin. Chem.* 27: 653-662.

11. Armstrong ML, Megan MB, Warnet ED. 1974. Intimal thickening in normocholesterolemic rhesus monkeys fed low supplements of dietary cholesterol. *Circu. Res.* 34: 447-452.
12. Holman RT, Peifer JJ. 1960. The ratio of trienoic, tetraenoic acid in tissue lipids as a measure of EPA requirement. *J. Nutr.* 70: 411-417.
13. Mattson FH, Erockson BA, Kligman AM. 1972. Effect of dietary cholesterol on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 25: 589-594.
14. Hegsted DM, McGandy RB, Myers ML. 1965. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 27: 281-295.
15. Shin DH. 1996. The research and prospect of natural antioxidants. *Bull. Food Technol.* 8: 28-33.
16. Kim YJ. 1997. The protect the living organ from free radicals and the failure of protection: age-related disease. *Bull. Food Technol.* 10: 4-26.
17. Jacques PF, Halpner AD, Blumberg JB. 1995. Influence of combined antioxidant nutrient in take on their plasma concentrations in an elderly population. *Am. J. Clin. Nutr.* 62: 1228-1233
18. Mckenny JA. 2001. Lipid management: tools fir getting to the goal. *Am J Manag Care.* 7: 299-306.
19. Miettinen TA. 2001. Cholesterol absorption inhibition: a strategy for cholesterol-lowering therapy. *Int J Clin Part.* 55: 710-716.
20. Oh IS, Kang JA, Kang JS. 2002. Gender differnc in the effects of gonadectomy and hypercholesterol diet on plasma and liver cholesterol and triglyceride levels, platelet aggregation and liver tissue in sprague rats. *Korean J Nutr.* 35: 15-23.
21. Shin MK, Han SH. 2002. Effects of methanol extracts from bamboo (*Pseudosasa uaponica Makino*) leaves extracts on lipid metabolism in rats fed high fat and high cholesterol diet. *Korean J Diet Culture.* 1: 30-36.
22. Poller L. 1970. Fiber and diabetes. *Lancet.* 24: 434-435.

23. 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.
24. Anderson JW, Smith BM, Gustafson NJ. 1994. Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *Am J. Clin Nutr.* 59: 1242S-1247S.
25. Hidaka H, Eida T, Takizawa T, Tokunga T, Tashiro T. 1980. Purification and characterization of sucrose-sucrose 1-fructosyltransferase from the root of asparagus. *Agric. Biochem.* 44: 603-524.
26. Novel V. 1934. The lost crops of the Incas. *Ceres.* 17: 37-40
27. Doo HS, Li HL, Park CH, Ryu JH. 2001. Growth characteristics of yacon according to growing days. *Bulletin of Agricultural College, Chonbuk National University* 32: 26-34.
28. Doo HS, Ryu JH, Choo BK. 2002. Growth and yield responses of yacon according to fertilize the nitrogen, phosphate and potassium. *Bulletin of Agricultural College, Chonbuk National University.* 33: 51-60.
29. Endt, A. 1983. Two new vegetable crops from the babaco enthusiasts. *New Zeal and Commerical Grower.* 38: 38.
30. Asami T, Kubota M, Minamisawa K, Tsukihashi T. 1989. Chemical composition of yacon, a new root crop from andean highland. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 60: 122-126
31. 새로운자원작물. 2002. 농촌진흥청. pp. 215-241.
32. 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.
33. Kim YS. 2005. Antimicrobial activity of Yacon K-23 and manufacture of functional Yacon jam. *Korean J. Food Sci. Technol. Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 1035-1038.
34. Shin DY, Choi GL, Cho YS, Kwon BS, Kim HJ, Hyun KH, Lim JT. 2007.

- Development of functional tea made by yacon leaf(*Polymnia sonchifolia* PEOPP.) *Korean J. Plant Res.* 5: 144.
35. Min KJ, Cheon JU, Cha CG. 2008. Anti-oxidative and anti-cancer activities of extracting of Yacon. *J. Fd Hyg. Safety.* 23: 163-168.
  36. Ohyama T, Ito O, Yasuyoshi S, Ikarashi T, Minamisawa K, Kubota M, Tsukihashi T, Asami T. 1990. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon(*Polymnia sonchifolia* POEPP). *Soil. Sci. Plant. Nutr.* 36: 167-171.
  37. Goto K. 1995. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from Yacon(*Polymnia sonchifolia*). *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry.* 59: 2346-2347.
  38. Pyoral K, Laakso M, Uusitupa M. 1987. Diabetes and atherosclerosis and epidemiological view. *Diabetes Metab. Rev.* 3: 463-524.
  39. 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.
  40. Shin HK. 1998. Development of new functional materials from inulin of chicory and jerusalem artichoke. *Ministry of Science & Technology.* 41-57.
  41. Prosky L. 1999. Inulin and oligofructose are part of the dietary fiber complex. *J. AOAC Int.* 82: 223-229.
  42. 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.
  43. 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.
  44. 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.
45. A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis (16th Edition) Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
  46. Waters Associates. 1990. Analysis of amino acid in waters. pp.41-46. PICO. TAG system. Young-in Scientific Co., LTd., Korea.
  47. Wungaarden DV. 1967. Modified rapid preparation fatty acid esters from liquid for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* 39: 848-850.
  48. Korea Food and Drug Association. 2005. Food standards codex. Korean Foods Industry Association. Seoul. Korea. pp. 367-368. pp. 383-385.
  49. Gancedo M, Luh BS. 1986. HPLC analysis of organic acid in Waters. PICO. TAG system, Young-in Scientific Co. Ltd., Seoul. Korea. pp. 41-46.
  50. 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.
  51. 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.
  52. Rosenfeld L. 1989. Lipoprotein analysis. *Arch Pathol Lab Med.* 113: 1101-1110.
  53. 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.
  54. Zlatkis A, B Zak. 1969. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem.* 29: 143-148.
  55. Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR. 1975. A manual colirimetric assay

- of triglyceride in serum. *Clinical Chem.* 21: 437.
56. 신작물 야콘(*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl)의 재배, 번식 및 가공식품 개발. 1997. 제2차년도 최종보고서. 농림부. pp. 1-153.
  57. Lee JS, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Boo HO. 2007. Proximate composition and minerals, phenolics, anthocyanins pigment characteristics on the parts of sweetpotato. *Korean J. Intl. Agri.* 19: 196-204.
  58. 김은경, 김철재. 1998. 토란과 토란 전분의 이화학적 성질과 가공 적성. *식품산업과 영양.* 3: 55-64.
  59. Han SJ, Koo SJ. 1993. Study on the chemical composition in Bamboo shoot, Lotus root and Burdock. *Korean J. Soc. Food Sci.* 9: 82-87.
  60. 김일혁. 1981. 약품식물학각론. 진명출판사. pp. 152, 440
  61. Kim SY, Ryu CH. 1995. Studies on the nutritional components of purple sweet potato(*Ipomoea batatas*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 819-825.
  62. Kim YS, Kim SS, Kim CJ, Kwon JH. 1995. Quantitative fractionation of total lipids and their fatty acid composition in korean yam tubers. *Korean J. Food Sci. Thechnol.* 27: 652-657.
  63. Park WB, Kim DS. 1995. Changes of contents of  $\beta$ -carotene and vitamin C and antioxidative activities of juice of *Angelica keiskei* Koidz stored at different conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 375-379.
  64. Reddy NN, Sistrunk WA. 1980. Effect of cultivar, size, storage, and cooking method on carbohydrates and some nutrients of sweet potatoes. *J. Food Sci.* 45: 682.
  65. Schwartz SJ, Walter WM, Jr, Carrol DE, Giesbrecht FG. 1987. Chemical, physical, and sensory properties of a sweet potato French-fry type product during frozen storage. *J. Food Sci.* 52: 617.
  66. Bradbury JH, Singh V. 1986. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of tropical root crops from the south pacific. *J. Food Sci.* 51: 975-987.
  67. Jonelle JL, Sistrunk WA. 1979. Influence of cooking method don quality

- attributes and vitamin content of sweet potatoes. *J. Food. Sci.* 44: 374.
68. Sistrunk WA. 1971. Carbohydrate transformations S. color and firmness of anned sweet potatoes as influenced by variety, storate, pH, and treatment. *J. Food Sci.* 36: 42.
69. Chang KM, Lee MS. 1999. A study on mineral contents of the underground vegetables produced in korea harvested in different times. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15: 545-549.
70. 김현구, 박무현, 이영철, 이부용, 김영언, 박동준, 도정룡. 1992. 국내산 생약류의 기능성 신소재 개발. 한국식품개발연구원 연구보고서. 51: E1218-0421.
71. 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.
72. 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.
73. 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.
74. 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.
75. Sollof LA, Futenberg HL, Lacko AG. 1973. Serum cholesterol esterification in patients with coronary artery disease. *Am. Heart J.* 85: 153-161.
76. 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.
77. 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.
78. Bjorntorp P. 1988. The associations between obesity, adipose tissue

- distribution and disease. *Acta Med Scand.* 723: 121-134.
79. Bjorntorp P. 1990. "Portal" adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. *Arteriosclerosis.* 10: 493-496.
  80. Despres JP. 1993. Abdominal obesity as important component of insulin-resistant syndrome. *Nutrition.* 19: 452-459.
  81. Agheli N, Kabir M, Berni-Canani S, Petitjean 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.
  82. 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.
  83. Corinne HR, Emma SW. 1984. Basic nutrition and diet therapy. (5th ed). *New York. Macmillan Pub. co.* pp.37-44.
  84. Park SO. 1995. Effects of aloe vera powder on lipid metabolism in rats fed cholesterol added diet. Ewha Women's Univ. *Dissertation.*
  85. Kim KH. 1980. A translation: The clinical application of the results of the test. Komoonsa, Seoul. pp. 164-167.
  86. Baraona E, Lieber CS. 1970. *J. Clin. Invest.* 49: 769.
  87. 박필숙, 정승용. 1992. 수종 식물중자유의 급이가 흰쥐의 체지방 구성에 미치는 영향. 경상대학교 논문집. 31: 99-115.
  88. 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.
  89. Chi MS, Koh ET, Stewart TJ. 1982. Effect of garlic on lipid metabolism in rats fed cholesterol or lard. *J Nutr.* 112: 241-248.
  90. Kinnunen PKJ, Virtanen JA, Vainoi P. 1983. Lipoprotein lipase and hepatic endothelial lipase. *Atheroscler. Rev.* 11: 65-80.
  91. Rifkind BM. 1986. Diet, plasma cholesterol and coronary heart disease. *J.*

- Nutr.* 116: 1578–1582.
92. Davignon J, Cohn JS. 1996. Triglyceride: a risk factor for coronary heart disease. *Atherosclerosis*. 124: S57–S64.
  93. Goodman DS. 1964. The turnover of plasma cholesterol in man. *Physiol Rev.* 45: 747–760.
  94. Trautwein EA, Rieckhoff D, Erbersdobler HF. 1998. Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profile in hamsters. *Journal of Nutrition*. 128: 1937–1943.
  95. 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.
  96. 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.
  97. Buhman K, Furumoto E, Story J. 1998. Dietary psyllium increases fecal bile acid excretion, total steroid excretion and bile acid biosynthesis in rats. *J Nutr*. 128: 1199–1203.
  98. Kaewprasert S, Okada M, Aoyama Y. 2001. Nutritional effects of cyclodextrins on liver and serum lipids and cecal organic acids in rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 47: 335–339.
  99. Castelli WP, Garrison RJ, Wilson PWF, Abbott RD, Kalousdian S, Kannel WB. 1989. Incidence of coronary heart disease and lipoprotein cholesterol levels. *JAMA*. 256:28–35.
  100. 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.
  101. Smith EB. 1974. The relationship between plasma and tissue lipid in human atherosclerosis. *Adv. Lipid Res*. 11:1–7.

102. Kinnunen PKJ, Virtanen JA, Vainio P. 1983. Lipoprotein lipase and hepatic endothelial lipase. *Atherosclerosis Rev.* 11: 65-71.
103. Davison MH, Maki KC, Synecki C, Tomi SA, Drennan KB. 1998. Effects of dietary inulin on serum lipids in men and women with hypercholesterolemia. *Nutrition Research.* 18: 503-517.
104. Kok N, Roberfroid M, Robe A, Elzenne N. 1996. Involvement of lipogenesis in the lower VLDL secretion induced by oligo-fructose in rats. *British Journal of Nutrition.* 76: 881-890.
105. Levrat MA, Remesy C, Demigne C. 1991. High propionic acid fermentations and mineral accumulation in the cecum of rats adapted to different levels of inulin. *Journal of Nutrition.* 121: 1730-1737.
106. 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.
107. Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol Metabolism. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 358-369.
108. Kwon JY, Cheigh HS, Song YO. 2004. Weight reduction and lipid lowering effects of kimchi lactic acid powder in rats fed high fat diets. *Korean J Food Sci Technol.* 36: 1014-1019.
109. Yun YP, Kang WS, Lee MY. 1996. The antithrombotic effects of green tea catechins. *J Food Hyg Safety* 11: 77-82.
110. Liu CH, Huang MT, Huang PC. 1995. Sources of triglycerol accumulation in liver of rats fed a cholesterol supplemented diet. *Lipids.* 30: 527-531.
111. Ghasi S, Nwobodo E, Ofili JO. 2000. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of moringa oleifera Lam in high-fat diet Fed wistar rats. *J Ethnopharmacol.* 69: 21-25.
112. Roach J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1993. The low density lipoprotein receptor and cholesterol synthesis are affected differently by dietary

- cholesterol in the rats. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1170: 165-172.
113. Spady DK, Meddings J, Dietschy JM. 1986. Kinetic constants for receptor dependent and receptor independent low density lipoprotein transport in the tissue of rat and hamster. *J Clin Invest*. 77: 1474-1471.
114. Shin HK. Development of new functional materials from inulin of chicory and jerusalem artichoke. Ministry of science & Technology.
115. Delzenne N, Kok N. 2004. Effect of non-digestible fermentable carbohydrates on blood lipids and gastrointestinal symptoms in healthy females. *British Journal of Nutrition*. 78: 215-222.
116. Yang JL, Suh MJ, Song YS. 1996. Effects of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J. Korean Soc. Food Nutr*. 25: 392-398.

## 감사의 글

어느덧 학위과정을 마치고 논문의 마지막 마무리를 글로 남기려 하니 대학원 생활에 많은 미련과 후회가 남는 것 같습니다. 처음에는 미약한 저였지만 제가 이렇게 성장하기까지 직·간접적으로 힘이 되고 방향을 잡아주시며 저를 아껴주신 많은 분들께 감사의 말씀을 전하고자 합니다.

먼저 언제나 저의 곁에서 지켜주시고 이끌어 주시는 하나님께 감사드립니다.

너무나도 부족한 저를 언제나 믿어주시고 항상 애정으로 저를 지도해주신 지도 교수님이신 이명렬 교수님의 은혜에 고개 숙여 깊이 감사드립니다. 교수님의 지도가 있었기에 어떠한 역경에서도 꺾이지 않고 헤쳐 나갈 수 있는 지혜와 용기를 가지고 헤쳐 나갈 수 있었습니다. 교수님께서 항상 말씀하셨듯이 다른 사람이 아닌 제 자신을 위해서 발전하도록 항상 노력하겠습니다.

바쁘신 가운데 미흡한 저의 논문을 맡아서 아낌없는 지도로 많은 가르침을 주신 장해춘 교수님, 김복희 교수님의 세심한 배려 감사드립니다. 또한 학부시절부터 대학원 과정까지 큰 열정으로 심도 있는 강의를 해주신 노희경 교수님, 김경수 교수님, 이소정 교수님께도 깊은 감사드립니다.

실험실에 들어와 실험실식구들과 같이 생활한지도 벌써 3년이 되어갑니다. 실험실 생활하면서 학문적인 공부뿐만 아니라 1 여년간의 누리 조교를 하면서 힘든 일도 많았었지만 힘들었던 만큼 더 많은 것을 깨닫고 배우게 되었습니다. 외지생활을 하면서 저에게 가족만큼의 따뜻함과 편안함을 느끼게 해준 실험실 식구들에게 감사의 마음을 전합니다.

먼저 논문이 완성되기까지 세심한 지도와 많은 조언과 격려로 저를 이끌어 주신 이재준 박사님께 진심으로 감사드립니다. 실험실 생활을 같이 길게는 못했지만 작년 몇 달간 지내면서 친해졌던 진옥언니, 지금 우리 실험실의 제일 큰 선배언니로서 항상 곁에서 챙겨주시고 작은 것 하나 하나 세심하게 가르쳐 준 유미언니, 언제나 든든한 우리 실험실의 청일점 환이오빠, 착하고 영똥한 미란이, 언제나 해피한 윤경이, 막내지만 생각 깊은 주희... 다들 마음 따뜻한 우리 실험실 식구들 모두에

게 감사의 말을 전하며, 사회에 나가서도 힘들었지만 즐거웠고 많은 추억을 함께 나누었던 실험실 생활들이 그리울 것 같습니다.

후배들이지만 힘들 때 응원해줬던 착한 후배들 은정이, 은희, 노을이에게도 고마움을 전하고 싶고, 같이 열심히 대학원 생활을 함께 하면서 서로에게 많은 도움과 힘이 되어준 대학원 동기인 선미, 은정이, 인민오빠에게 고맙다는 말 전하고 싶고, 앞으로도 하고자 하는 분야에서 최고가 될 수 있기를 바랍니다.

지금은 같이 하진 못하지만 각자의 자리에서 열심히 지내고 있는... 이름만으로도 큰 힘이 되고 내 삶의 활력소가 되는 내 친구들 수경이, 아영이, 정옥이, 혜리, 진명이, 진리, 진영이 모두 그림고 보고 싶고, 대학시절부터 지금까지 많은 도움을 주고 슬플 때나 기쁠 때나 저에게 항상 큰 버팀목이 되어준 명진이에게도 고맙다는 말 전하고 싶습니다.

그리고 항상 저의 걱정을 해주시는 할머니, 지금의 제가 있기까지 언제나 사랑과 관심으로 저를 위해 기도해 주시고 지지와 격려를 아끼지 않으셨던 부모님과 언니, 동생... 우리 가족에게 글로 다 할 수 없는 마음을 전하며 이 논문을 바칩니다.

마지막으로 저를 아껴주시고 사랑해 주신 모든 분들께 감사 인사를 드리며, 하나님께서 제게 주신 능력으로 앞으로도 더 큰 그릇이 될 수 있도록 노력하겠습니다.

2009년 5월

김 아 라

## 저작물 이용 허락서

학과	식품영양학과	학번	20087056	과정	석사
성명	한글: 김 아 라    한문: 金 아 라    영문: Kim, Ah Ra				
주소	광주광역시 동구 지산동 458-1번지 명성빌라 407호				
연락처	E-mail : ara214@naver.com				
논문제목	한글: 야콘 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사 및 비만 억제효과에 미치는 영향				
	영문: Effects of <i>Polymnia Sonchifolia</i> Powder on Lipid Metabolism and Anti-obesity Effect in Rats Fed a High Fat-High Cholesterol Diet				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다                    음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함.
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집과 형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물 이용의 허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음.
7. 소속 대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의( ○ )    반대(       )

2009년 8월

저작자: 김 아 라 (인)

**조선대학교 총장 귀하**