

돼지감자 및 치커리 섭취가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

이정선* · 염태라 · 신현경

한림대학교 식품영양학과, * 한림대학교 자연과학연구소

Effects of Jerusalem Artichoke and Chicory on Lipid Metabolism in Rats

Lee, Jung Sun* · Yeom, Tae Ra · Shin, Hyun Kyung

Institute of Natural Science, Hallym University, Chuncheon, Korea*

Department of Food Science & Nutrition, Hallym University, Chuncheon, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effects of Jerusalem artichoke(JA) powder, JA extract and chicory extract on lipid metabolism in SD rats. The experimental groups were divided into 4 groups : control, JA powder, JA extract and chicory extract. The animals were fed *ad libitum* each of the experimental diets for 3 weeks. After 3 weeks, the wet weights of cecum were significantly increased in rats fed JA extract, JA powder and chicory extract. Cecal contents were slightly increased in all experimental groups. Serum HDL-cholesterol, HDL-cholesterol/total cholesterol ratio and atherogenic index were significantly increased in the chicory extract group. Serum triglyceride, total cholesterol and LDL-cholesterol levels were not different among the diet groups. Although the feeding of chicory extract significantly lowered total lipid of liver, there was no difference in levels of triglyceride and total cholesterol. The content of fecal lipid and cholesterol were significantly higher in the JA extract and chicory extract group than other groups. Fecal bile acid was significantly increased in the chicory extract group. These results indicate that chicory extract is an effective regimen for improvement of lipid metabolism in SD rats. (*Korean J Nutrition* 31(1) : 13~20, 1998)

KEY WORDS : chicory · Jerusalem artichoke · lipid metabolism.

서 론

급격한 경제성장과 함께 국민소득이 증가됨에 따라 우리나라의 식생활 양식도 많이 변화되었다. 식물성 식품의 섭취는 감소한 반면 동물성 식품의 섭취가 증가하면서 고혈압, 동맥경화 등의 순환기 질환으로 인한 사망률이 증가하고 당뇨병, 비만 등의 성인병 발생률이 증가하는 추세이다¹⁾. 요즘 이와 같은 질병을 예방하기 위한 일환으로 기능성 식품에 대한 관심이 고조되고 있으며, 특히 식이섬유와 비소화성 다당들이 이들 질병에 대해 유익한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다²⁾.

이러한 수용성 식이섬유의 대표적인 작용은 혈당과 혈중지질을 낮추는 것으로^{3,4)}, 수용성 식이섬유와 유사한 기능을 나타내는 치커리 및 돼지감자의 주성분인 이눌린과 fructooligosaccharide의 이용에 대한 연구가 진행되고 있다.

치커리 및 돼지감자의 주된 유효성분인 이눌린은 fructose 중합체로써 치커리와 돼지감자 건조중량의 약 70~80%를 차지하며⁵⁾, 양파, 다알리아, 아스파라거스 등에도 함유되어 있는 저장성 탄수화물로 알려져 있다⁶⁾. 이눌린은 화학적으로 여러 개의 D-fructose가 $\beta(2-1)$ 결합을 하고 비환원성 말단기에 하나의 D-glucose가 $\alpha(1-2)$ 결합된 구조로 되어있다^{9,10)}. 이눌린은 2~60사이의 다양한 중합도(degree of polymerization)를 갖

는 것으로 알려져 있으며¹¹⁾, 이중 중합도가 2이상부터 20이하인 이눌린을 fructooligosaccharide(FOS)라고 정의한다¹²⁾¹³⁾. 인체의 소장에는 FOS의 β(2-1)결합을 분해하는 β-fructosidase가 존재하지 않으므로 FOS는 인체의 소화효소에 의해 분해되지 않아 에너지원으로 이용되지 않은 채¹¹⁻¹⁵⁾ 소장에 이르러 발효된다¹⁶⁾. 소화되지 않은 유효성분들은 β-fructosidase를 가진 장내의 미생물들에 의해 일차적으로 이용되어 *bifidobacteria* 등의 생육을 촉진시키며 *clostridia* 등의 유해균 증식을 억제시킴으로써 장내균총을 개선시키는 것으로 보고되었다¹⁷⁻²⁰⁾. 이와 같은 발효과정의 최종발효산물로 CO₂, CH₄, H₂, short-chain fatty acid가 생성되고²¹⁾, short-chain fatty acid인 acetate, propionate, butyrate 등은 체내 당질과 지질대사를 개선시키며⁷⁾, 인슐린의 민감도를 향상시키고¹⁴⁾, 장에서 칼슘과 마그네슘 등 이가 양이온의 흡수를 증가시키는 것으로 보고되었다²²⁾²³⁾. 또한 치커리와 이눌린은 수용성 식이섬유와 같이 소장점막의 표면에서 탄수화물과 결합하여 공장과 회장에서 포도당 흡수를 저해하며²⁴⁾, 당류의 소화를 느리게 하여²⁵⁾ 공복시 혈당을 감소시키는 것으로 보고되기도 하였다²⁵⁾.

Fructooligosaccharide는 간의 지질대사를 변화시킴으로써 혈중 지질을 감소시키는 것으로 보고되고 있다⁹⁾. 즉, 간의 지방합성효소의 활성을 변화시키거나⁹⁾ VLDL과 같은 지방산의 에스테르화와 VLDL의 분비를 감소시킨다²⁶⁾. 또한 담즙산의 cecal pool 및 변중 담즙산의 배설을 증가 시킴으로써 콜레스테롤 저하효과를 나타낸다고 보고되었다²²⁾.

본 실험은 이와 같이 인체에 유용한 작용을 하는 것으로 알려진 이눌린과 FOS를 다량 함유하고 있는 돼지감자가루, 돼지감자추출물 및 치커리추출물을 무게비로 식이성분의 5%(w/w)가 되도록 혼합하여 흰쥐에 3주간 섭취시켜 체내 지질대사에 미치는 영향을 확인하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험식이

본 실험에 사용한 치커리는 1995년에 강원도 인제군에서 재배, 수확한 것으로서 치커리추출물은 다음과 같이 제조하였다. 즉, 치커리를 세절한 후 건조, 분쇄하여 가루로 낸 다음 증류수와 함께 용기에 넣고 60~80℃에서 저어주면서 치커리의 수용성 성분을 추출하였으며 최종농도는 36 brix였다. 돼지감자는 1996년에 강원도

인제군에서 재배, 수확한 것으로서 돼지감자추출물도 치커리추출물과 같은 방법으로 추출하였고 돼지감자추출물의 최종농도는 40 brix였으며, 이들 추출물들은 사료에 혼합하기 전까지 -20℃에 냉동 보관하였다.

치커리추출물 및 돼지감자추출물은 고형분 함량으로 계산하여 식이성분의 5%(w/w)가 되도록 혼합하였으며, 돼지감자가루도 무게비로 식이성분의 5%가 되도록 혼합하였다. 식이성분 조성은 Table 1과 같았으며 실험군은 대조군, 돼지감자추출물군(JA ext.), 돼지감자가루군(JA powder), 치커리추출물군(Chicory ext.)으로 각각 나누었다.

2. 실험동물

실험동물은 체중 160~180g인 슛컷 흰쥐(Sprague Dawley)로 60마리를 대한실험동물센터로부터 구입하였으며 1주간 고형사료(삼양)로 적응시킨 다음 대조군 7마리, 돼지감자추출물군 8마리, 돼지감자가루군 8마리, 치커리추출물군 7마리로 각각 나누었다. 실험동물을 stainless steel cage에 한 마리씩 넣어 1주간 적응시키고 각 해당식으로 3주간 사육하였으며, 실험실 온

Table 1. Composition of the experimental diets

	Control	JA ext.	JA powder	Chicory ext.
Casein	20	20	19.5	20
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
Sucrose	50	50	50	50
Corn starch	15	15	11.1	15
Corn oil	5	5	4.8	5
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2
Mineral mix ¹⁾	3.5	3.5	3.3	3.5
Vitamin mix ²⁾	1	1	1	1
Cellulose	5	-	-	-
Jerusalem artichoke extract	-	5	-	-
powder ³⁾	-	-	5	-
Chicory extract	-	-	-	5

1) ICN Vitamin diet(g/kg mix) : Vitamin A acetate (500000IU/g) 1.8, Vitamin(850000IU/g) 0.125, DL-alpha-tocopherol acetate 22, ascorbic acid 45, inositol 5, chlon chloride 75, menadione 2.25, Aminobenzoic acid 5, niacin 4.25, riboflavin 1, pyridoxine hydrochloride 1, Thiamine hydrochloride 1, calcium pantothenate 3, biotin 0.02, folic acid 0.09, vitamin B₁₂

2) AIN-76 Mineral mix(g/kg mix) : CaHPO₄ 500, NaCl 74, K citrate monohydrate 220, K₂SO₄ 52, MgO 24, Mn carbohydrate 3.5, Fe citrate 6.0, Zn carbonate 106, Cu carbonate 0.3, KIO₃ 0.01, Na₂ SeO₃·5H₂O 0.01, CrK(SO₄)₂·12H₂O, 0.55, sucrose 118

3) Carbohydrate 72.68, crude fat 3.36, crude fiber 4.50, crude ash 3.53, crude protein 10.09, Moisture 5.84(%)

도는 22±2℃로 일정하게 조절하였다. 전 사육기간 동안 실험식이와 물은 자유섭취 방법으로 급여하였으며, 사료섭취량은 3일에 한번, 체중은 1주일 간격으로 측정하였다.

3. 생화학적 측정 방법

3주간의 사육이 끝난 실험동물은 12시간 동안 절식 시키고 ether로 가볍게 마취시킨 후 항응고제(heparin)가 들어 있는 5ml 주사기를 이용하여 복부동맥에서 채혈한 후 원심분리 tube에 조심스럽게 가하여 뚜껑을 닫고 2~3회 가볍게 기울여 잘 섞이도록 하였다. 혈액은 3000rpm(4℃)에서 10분간 원심분리하여 혈장을 분리하였으며, 분석 전까지 -70℃ 냉동고에 보관하였다. 장기는 떼어내어 saline으로 처리하고 여지로 물기를 닦아낸 후 무게를 측정하고 분석 전까지 -70℃ 냉동고에 보관하였다. 실험동물의 변은 3주 사육이 끝난 후 24시간 동안 수거하였고, 이물질을 제거한 후 무게를 측정하여 냉동건조 시킨 후 분석시료로 사용하였다. 혈액의 중성지방(Wako Co., Japan), 총콜레스테롤(Wako Co., Japan), HDL-콜레스테롤(Wako Co., Japan), LDL-콜레스테롤(AXIOM Co., Germany)을 enzymic-calorimetric 방법을 이용한 kit로 측정하였으며, HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤의 비율(HTR), LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤의 비율(LHR) 및 동맥경화 지수[(총콜레스테롤-HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤]도 계산하였다. 간과 변의 총지질은 Folch 방법²⁷⁾으로 추출하였으며, 간에서 중성지방과 총콜레스테롤을, 변에서 총콜레스테롤을 각각 위와 같은 kit로 측정하였고, 변의 담즙산 함량은 효소방법을 이용한 kit(Sigma, USA)로 측정하였다.

4. 자료의 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과의 통계처리는 SAS computer program²⁸⁾을 이용하였으며 실험군별로 평균과 표준오차를 구하였고, 실험군의 효과를 확인하기 위하여 ANOVA에 의해 p < 0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 행하여 실험군 간의 평균의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 실험동물의 식이섭취량 및 체중변화

실험동물의 군당 마리수, 식이섭취량, 체중증가량 및 사료효율은 Table 2와 같다.

일일 평균 식이섭취량, 실험기간 중의 체중증가량과 사료효율은 대조군 및 모든 실험군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 본 실험에서 치커리추출물은 쓴맛에 의해 섭취량에 차이가 있을 것으로 예상되었으나 치커리추출물군의 일일 평균 식이섭취량은 대조군과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 체중증가량 및 사료효율은 각 실험군에 비해 대조군에서 높은 경향을 보였다.

2. 실험동물의 장기무게

실험동물의 장기무게 및 맹장내용물의 무게를 조사한 결과(Table 3) 간, 신장, 이자의 무게는 대조군과 비교하여 모든 실험군에서 유의적인 차이가 없었다. 맹장의 무게는 대조군과 비교하여 돼지감자가루군, 돼지감자추출물군, 치커리추출물군에서 31, 43, 26%씩 유의적으로 증가되었다. Tusi 등²⁹⁾은 5% 이눌린을 함유한 식이를 쥐에 섭취시켰을때 맹장의 무게가 유의적

Table 2. Food intake, weight gain and FER in rats

Group	No. of animals	Food intake(g/day)	Weight gain(g/week)	FER ¹⁾
Control	7	23.17±1.02	37.39±1.46	0.231±0.003
JA ext.	8	24.26±1.37	35.71±3.05	0.209±0.012
JA powder	8	22.64±1.14	34.25±3.79	0.212±0.016
Chicory ext.	7	22.10±1.01	33.67±3.60	0.215±0.016

Values are mean ± SE

1) Weight gain/food intake

Table 3. Organ weights and cecal contents of rats

Group	Liver	Kidney	Spleen	Cecum	Cecal content
Control	14.25±0.62	2.56±0.08	0.72±0.05	0.61±0.03 ^b	1.74±0.14
JA ext.	14.31±0.97	2.39±0.07	0.75±0.04	0.80±0.03 ^a	2.05±0.20
JA powder	14.09±1.32	2.40±0.12	0.73±0.04	0.87±0.06 ^a	2.40±0.34
Chicory ext.	15.44±0.87	2.52±0.07	0.80±0.02	0.77±0.03 ^a	2.13±0.25

Values are Mean ± SE

Values within the same column with different alphabets are significantly different(p < 0.05) among the groups by Duncan's multiple range test

로 증가하였다고 보고하였으며, Tokunaga 등²⁵⁾도 10% 및 20%의 fructooligosaccharide(FOS)를 정상쥐에 섭취시켰을 때 맹장과 대장의 무게가 증가하였다고 보고하여 본 실험결과와 일치하였다. Howard 등³⁰⁾도 FOS 함유 식이가 맹장벽의 무게를 증가시키거나 맹장 상피세포를 증식시킨다고 하였으며, glucomanan, pectin, cellulose, guar 등의 식이섬유를 섭취시킨 실험에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다고 보고되었다³¹⁾.³²⁾ 맹장내용물의 함량은 각 군별로 유의적인 차이는 없었으나 대조군보다는 돼지감자추출물군, 돼지감자가루군, 치커리추출물군에서 높은 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 돼지감자와 치커리의 유효성분인 이눌린과 FOS가 소장에서 소화되지 않고 맹장에 그대로 도달되므로 맹장 내용물의 부피가 증가된 것으로 생각된다¹¹⁾. 이러한 유효성분은 소장과 대장의 연결부위인 맹장에서 장내세균에 의해 발효되며, 이 과정에서 박테리아 증식을 위한 에너지와 lactate 뿐만 아니라 acetate, propionate, butyrate와 같은 단쇄지방산을 생성하여¹⁷⁾ 맹장의 표피세포 증식에 영향을 미치는 것으로 보고되었다¹¹⁾³³⁾.

3. 혈중 지질함량

실험동물의 혈중 중성지질, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 함량 그리고 HDL-C/Total-C ratio(HTR), LDL-C/HDL-C ratio(LHR) 및 atherogenic index는 Table 4와 같다.

본 실험에서 혈중 중성지질의 함량은 대조군과 비교하여 모든 실험군에서 유의적인 차이가 없었다. FOS 섭취시 혈중 중성지질 감소효과가 많은 연구자들에 의해 보고되었다²⁶⁾³⁴⁾³⁵⁾. Fiordaliso 등⁹⁾은 10%(w/w) FOS를 혼합한 식이를 공급할 때 대조군과 비교하여 실험군의 혈중중성지질, 인지질, 콜레스테롤이 유의적으로 감소되었다고 보고하였다. 체내에서 순환하거나 생체에서 합성되는 지방산은 중성지질과 인지질로 만들어지기 위해 전구체로 이용되는데³⁶⁾, 위의 보고들³⁴⁾³⁵⁾에 의하면 FOS의 공급이 혈중 유리지방산 농도에는 영향을 미치지 않으나 간의 지방산 합성효소의 활성을 감소시킨다고 하였다. 또한 FOS에 의한 혈중중성지질 감소효과는 간의 지질대사 변화에 의한 것으로 FOS 섭취군은 대조군과 비교하여 간에서 VLDL과 같은 지방산의 에스테르화 및 분비가 감소되었고²⁶⁾ 혈중 VLDL 농도도 감소되었다고 하였다⁹⁾.

혈중 총콜레스테롤 함량은 대조군과 비교하여 모든 실험군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며 Tokunaga 등²⁵⁾의 보고에서도 FOS 섭취시 대조군과 비교하

여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈중 HDL-콜레스테롤은 대조군과 비교하여 치커리추출물군에서만 19% 증가하였으나 LDL-콜레스테롤 함량은 대조군과 비교하여 유의적인 차이가 없었다. 이눌린과 FOS 함유 식이를 정상쥐와²²⁾ 당뇨병자에게 공급하였을 때³⁷⁾ 혈중 총콜레스테롤을 감소시키는 것으로 보고되었는데, 당뇨병환자를 대상으로 한 실험에서 총콜레스테롤의 감소는 LDL-콜레스테롤의 감소에 의한 것이었다. 본 실험에서는 돼지감자와 치커리의 성분들이 LDL-콜레스테롤을 감소시키지 않았으나, Wang 등¹⁷⁾의 실험에서는 하루에 8g의 FOS를 14일 동안 섭취한 당뇨병환자의 경우 혈청콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준을 유의적으로 감소시켰고 혈청 HDL-콜레스테롤, 중성지질, 유리지방산의 수준에는 유의적인 영향을 미치지 못한 것으로 보고하였다. 여러 연구결과⁴¹⁾⁴³⁾에서 나타난 혈청콜레스테롤의 감소효과는 FOS의 장내균총의 변화⁵⁾와 담즙산의 배설에 의한 것으로²²⁾ 보고되었다.

본 실험에서 대조군과 비교하여 치커리추출물군의 혈중 HDL-콜레스테롤은 유의적으로 높았으며, LDL-콜레스테롤의 함량도 높은 경향을 보였다. 이들 지질의 증가정도와 심혈관계질환의 유발가능성을 살펴보기 위하여 HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤 비율, LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤 비율 및 동맥경화지수를 구하였다. 치커리추출물군의 HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤 비율은 대조군과 비교하여 9% 증가하였고 LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤 비율은 각 실험군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 동맥경화지수는 모든 실험군 중에서 치커리추출물군이 가장 낮은 반면 돼지감자가루군에서는 가장 높게 나타났다. Table 4에서 돼지감자가루군과 돼지감자추출물군이 같은 원료임에도 불구하고 HDL-콜레스테롤 함량 및 HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤 비율이 다른 경향을 나타낸 것은 돼지감자추출물보다 돼지감자가루의 수용성 이눌린 함량이 상대적으로 더 적기 때문인 것으로 생각된다.

본 실험결과에서 치커리추출물군은 정상쥐에서 혈중 HDL-콜레스테롤을 증가시켜 동맥경화지수를 상당히 감소시킴으로써 혈중지질대사에 유의한 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다.

4. 간장중 지질 함량

실험동물의 간장중 총지질, 중성지질, 총콜레스테롤의 함량을 조사한 결과는 Table 5와 같다.

간장중의 총지질 함량은 대조군과 비교하여 치커리추출물군에서 17% 유의적으로 감소하였으며 돼지감자추출물 및 돼지감자가루군에서도 감소하는 경향을 보

Table 4. Contents of triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol HDL-C/Total-C ratio(HTR), LDL-C/HDL-C ratio(LHR) and atherogenic index in the serums of rats

Content	Control	JA ext.	JA powder	Chicory ext.
Triglyceride(mg/dl)	69.8 ± 10.2	86.0 ± 18.4	90.9 ± 19.8	72.7 ± 12.0
Total cholesterol(mg/dl)	48.7 ± 1.1	50.9 ± 2.0	50.4 ± 2.6	52.1 ± 2.8
HDL-cholesterol(mg/dl)	35.8 ± 0.8 ^{ab}	36.8 ± 1.9 ^{ab}	34.1 ± 2.3 ^b	42.6 ± 3.7 ^a
LDL-cholesterol(mg/dl)	40.0 ± 1.8	41.3 ± 2.4	40.4 ± 3.5	46.5 ± 3.0
HDL-C/Total-C ratio	0.74 ± 0.01 ^{ab}	0.72 ± 0.03 ^{ab}	0.68 ± 0.03 ^b	0.81 ± 0.04 ^a
LDL-C/HDL-C ratio	1.12 ± 0.04	1.13 ± 0.05	1.18 ± 0.06	1.11 ± 0.04
Atherogenic index ¹⁾	0.36 ± 0.02 ^{ab}	0.40 ± 0.07 ^{ab}	0.51 ± 0.09 ^a	0.25 ± 0.06 ^b

Values are Mean ± SE

Values within the same row with different alphabets are significantly different(p<0.05) among the groups by Duncan's multifle range test

1) Atherogenic index : [(Total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol]

Table 5. Contents of total lipid, triglyceride and total cholesterol in the livers of rats (g/100g, wet wt)

Group	Total lipid	TG	Total cholesterol
Control	3.35 ± 0.12 ^a	1.95 ± 0.56	0.51 ± 0.02
JA ext.	3.16 ± 0.15 ^{ab}	2.33 ± 0.55	0.61 ± 0.05
JA powder	3.16 ± 0.14 ^{ab}	2.74 ± 0.71	0.55 ± 0.06
Chicory ext.	2.77 ± 0.17 ^b	1.44 ± 0.50	0.51 ± 0.05

Values are mean ± SE

Values within the same column with different alphabets are significantly different(p<0.05) among the groups by Duncan's multifle range test

Table 6. The fecal excretion of total lipid, total cholesterol and bile acid in rats

Group	Fecal lipid (%)	Fecal cholesterol (mg/g, dry wt)	Fecal bile acid (mole/g, dry wt)
Control	4.33 ± 0.47 ^b	0.10 ± 0.01 ^b	2.04 ± 0.11 ^b
JA ext.	7.67 ± 0.57 ^a	0.17 ± 0.02 ^a	2.18 ± 0.06 ^b
JA powder	5.04 ± 0.31 ^b	0.09 ± 0.01 ^b	2.17 ± 0.10 ^b
Chicory ext.	6.83 ± 0.89 ^a	0.15 ± 0.03 ^a	2.47 ± 0.04 ^a

Values are Mean ± SE

Values within the same column with different alphabets are significantly different(p<0.05) among the groups by Duncan's multifle range test

었다. 간장중의 중성지질 함량은 치커리추출물군에서 감소한 경향을 보인 반면 돼지감자가루군에서는 증가한 경향을 나타냈다.

FOS는 에스테르화된 지방산의 이용률과 간으로부터 VLDL의 방출을 감소시키는 것으로 보고되었다³⁹. Oligofructose을 1g/kg 섭취시킨 실험쥐에서 분리한 간세포는 *in vitro*에서 중성지질의 합성과 분비능력이 54%까지 감소되었으며, fatty acid synthase와 lipogenic enzyme의 활성이 유의적으로 감소되었다³⁰. FOS의 섭취는 지방산의 에스테르화를 감소시키고 동시에 fatty acid synthase의 활성을 조절하여 간의 지방합성을 감소시키며 이는 VLDL-중성지질의 분비 감소를 초래하며 결국 혈청의 중성지질 농도를 감소 시키게 되는 것으로 보고되었다³⁰. Kok 등³⁰은 oligofructose 섭취시 식후혈당과 인슐린농도가 각각 17%와 26%씩 감소되었다고 보고하였다. 한편 인슐린농도는 지질대사와 밀접하게 관련되어 있는데, 간세포에서 인슐린의 농도를 감소시키면 VLDL의 분비도 감소된다고 보고되어³⁰ oligofructose 섭취시 간에서 VLDL의 분비가 감소된 것은 인슐린 농도의 감소와 관계가 있을 수 있는 것으로 사료된다. 간장중의 총콜레스테롤 함량은 모든 군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

위의 실험결과로 볼때 치커리추출물군에서 간장중의 총지질 함량이 감소된 것은 중성지질 함량의 감소와 직접 관련되는 것으로 생각된다.

실험쥐의 변중으로 배설된 총지질, 총콜레스테롤, 담즙산 함량은 Table 6에서와 같다.

변중으로 배설된 총지질은 대조군과 비교하여 돼지감자추출물과 치커리추출물군에서 각각 77%와 58%씩 유의하게 증가하였다. 변중의 총콜레스테롤 분비량도 대조군에 비해 돼지감자추출물군과 치커리추출물군에서 각각 66%와 45%씩 유의하게 증가되었다. 변중의 담즙산량은 대조군과 비교해서 치커리추출물군에서만 21% 유의적으로 증가하였으며, 돼지감자추출물군과 돼지감자가루군에서 각각 7% 및 6%씩 증가하는 경향을 나타내었다. Tokunaga 등²⁵은 oligofructose 섭취시 변중의 스테롤과 담즙산의 분비가 증가되었으며, 소화효소에 의해 분해되지 않은 식이섬유에 의해 장에서 콜레스테롤과 담즙산의 흡수가 저해되어 변중으로 배설되는 스테롤량이 증가된다고 보고하였다⁴⁰. 또한 콜레스테롤을 공급한 쥐에 있어서 pectin은 담즙산의 흡수를 저해시켜 변중 담즙산의 배설 및 간에서의 담즙산의 합성을 증가시키며 간의 콜레스테롤 분해를 증가시

커 혈중과 간의 콜레스테롤 수준을 감소시키는 것으로 보고되었다^{41,42)}. 콜레스테롤로부터 합성되는 담즙산이 체내 콜레스테롤을 체외로 배설하는 유일한 경로이므로 이와 같은 식이섬유에 의한 콜레스테롤 저하효과는 분변으로 담즙산이 배설되기 때문으로 설명되고 있다⁴³⁾. 변중으로 담즙산이 배설되는 것 이외에도 식물성 식이섬유를 보충했을 때 식물성 스테롤 및 콜레스테롤과 같은 중성스테롤도 분변으로 배설이 증가된다⁴⁴⁾. 식이섬유 섭취시 분변으로 담즙산이나 콜레스테롤의 배설이 증가되는 이유는 소장상피세포의 goblet cell로부터 mucin의 분비가 촉진되어 확산장벽으로 작용하며 이때 영양소가 소장의 흡수세포로 확산되는 것을 방해받기 때문인 것으로 보고되었다⁴⁵⁾.

본 실험의 실험군들 중에서 치커리추출물군은 대조군과 비교하여 혈중 HDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤 비율이 증가되었고 동맥경화지수는 낮아졌으며, 간에서의 총지질 및 중성지질 함량도 가장 낮았다. 한편 변중으로 배설된 총지질의 함량은 돼지감자추출물군과 치커리추출물군에서 높았으며 변중 총콜레스테롤 및 담즙산의 함량은 치커리추출물군에서만 유의적으로 높게 나타났다. 따라서 본 실험의 결과에 의하면 이눌린을 주성분으로 함유하고 있는 돼지감자가루, 돼지감자추출물 및 치커리추출물 중에서 치커리추출물만이 정상쥐의 체내 지질대사를 유의적으로 개선시킨 것으로 확인되었다.

결과 및 요약

본 실험은 돼지감자가루, 돼지감자추출물 및 치커리추출물이 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향을 확인하기 위하여 각각의 시료를 무게비로 식이성분의 5%(w/w)가 되도록 혼합하여 3주간 흰쥐에 섭취시켜 다음과 같은 결과를 얻었다.

실험동물의 일일 식이섭취량, 사료효율 및 체중증가량은 대조군과 모든 실험군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 맹장의 무게는 대조군과 비교하여 모든 실험군에서 유의적으로 증가하였으며 맹장내용물도 대조군과 비교하여 모든 실험군에서 증가되는 경향을 보였다. 혈중 중성지질, 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤 비율은 각 식이군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤 비율은 모든 실험군 중에서 치커리추출물군이 가장 높았으며 동맥경화지수는 가장 낮은 것으로 나타났다. 간장중의 중성지질 및 총콜레스테롤 함량은 모든

식이군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 총지질의 함량은 치커리추출물군에서 유의하게 감소되었으며 돼지감자가루군 및 돼지감자추출물군에서도 감소되는 경향을 보였다. 변중으로 배설되는 총지질 및 총콜레스테롤은 대조군과 비교하여 돼지감자추출물군과 치커리추출물군에서 유의하게 증가하였으며, 담즙산의 배설량은 치커리추출물군에서만 유의하게 증가하였다. 본 실험결과에 의하면 치커리추출물은 정상쥐의 체내 지질대사를 개선시킬수 있는 소재로 조사되었다.

■ 감사의 글

본 연구는 1994-1997년도 과학기술정책관리연구소가 지원하는 선도기술개발 사업과제(08-04-02)의 연구비에 의하여 수행되었기에 감사드립니다.

Literature Cited

- 1) 사망원인 통계연보. 대한통계협회. 1991
- 2) Anderson JW, Smith BM, Gustafson NJ. Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *Am J Clin Nutr* 59 : 1242S-1247S, 1994
- 3) Franconi F, Bennardini F, Mattana A, Miceli M, Ciuti M, Mian M, Gironi A, Anichini R, Seghieri G. Plasma and platelet taurine are reduced in subjects with insulin-dependent diabetes mellitus : effects of taurine supplementation. *Am J Clin Nutr* 61 : 1115-1119, 1995
- 4) 이연경 · 이혜성 · 김보완. 단기간의 식이섬유 첨가물의 섭취가 인슐린 비의존성 당뇨병 환자의 당질대사에 미치는 영향. *한국식품과학회지* 25(5) : 846-854, 1996
- 5) Hidaka H, Eida T, Takizawa T, Tokunga T, Tashiro T. Effect of fructooligo-saccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobact Microflora* 5(1) : 37-50, 1986
- 6) 김동훈. 식품화학. pp319-320, 탐구당, 1988
- 7) Hidaka H, Eida T, Takizawa T, Tokungs T, Tashiro T. Purification and characterization of sucrose-sucrose 1-fructosyltransferase from the root of asparagus. *Agric Biochem* 44 : 603-614, 1980
- 8) Darbyshire B, Henry RJ. The distribution of fructans in onions. *New Phytol* 81 : 29-34, 1978
- 9) Fiordaliso M, Kok N, Desager JP, Goethals F, Deboyser D, Marcel R, Nathalie D. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids* 30 : 163-167, 1995
- 10) Medcalf DG, Chung PW. Composition and structure of glucofructans from durum wheat flour. *Cereal Chem* 48 : 1-8, 1971
- 11) Roberfroid M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose : a

- review comparing their physiological effects. *Crit Rev Food Sci Nutr* 33(2) : 103-148, 1993
- 12) Nilsson U, Bjorck I. Availability of cereal fructans and inulin in the rat intestinal tract. *J Nutr* 118 : 1482-1486, 1988
 - 13) Rumessen JJ, Bod S, Hamberg O, Eivind G-H. Fructans of jerusalem artichokes : intestinal transport, absorption, fermentation, and influence on blood glucose, insulin, and C-peptide responses in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 52 : 675-681, 1990
 - 14) Roberfroid M, Gibson GR, Delzenne N. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber : An approach to calculate its caloric value. *Nutr Rev* 51(5) : 137-146, 1993
 - 15) Stone-Dorshow T, Levitt MD. Gaseous response to ingestion of a poorly absorbed fructooligosaccharide sweetener. *Am J Clin Nutr* 46 : 61-65, 1987
 - 16) Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cummings JH. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterol* 108 : 976-982, 1995
 - 17) Wang X, Gibson GR. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *J Appl Bact* 75 : 373-380, 1993
 - 18) Bornet FRJ. Undigestible sugars in food products. *Am J Clin Nutr* 59(suppl) : 763s-769s, 1994
 - 19) Gibson GR, Wang X. Enrichment of bifidobacteria from human gut contents by oligofructose using continuous culture. *FEMS Microbiology Letters* 118 : 121-128, 1994
 - 20) Roberfroid MB. Functional effects of food components and the gastrointestinal system : chicory fructooligosaccharides. *Nutr Rev* 54(11) : s38-s42, 1996
 - 21) Howard MD, Gordon DT, Garleb KA, Kerley MS. Dietary fructooligosaccharide xylooligosaccharide and gum arabic have variable effects on cecal and colonic and rats. *J Nutr* 125 : 2604-2609, 1995
 - 22) Levrat MA, Remesy C, Demigne C. High propionic acid fermentations and mineral accumulation in the cecum of rats adapted to different levels of Inulin. *J Nutr* 121 : 1730-1737, 1991
 - 23) Delzenne N, Aertssens J, Verplaetse H, Roccaro M, Roberfroid M. Effect of fermentation fructo-oligosaccharides on mineral, nitrogen and energy digestive balance in the rat. *Life Sci* 57(17) : 1579-1589, 1995
 - 24) Kim MH, Shin HK. The water-soluble extract of chicory reduces glucose uptake from the perfused jejunum in rats. *J Nutr* 126 : 2236-2242, 1996
 - 25) Tokunaga T, Oku T, Hosoya N. Influence of chronic intake of new sweetener fructooligosaccharide(neosugar) on growth and gastrointestinal function of the rat. *J Nutr Sci Vitaminol* 32 : 111-121, 1986
 - 26) Delzenne NM, Kok N, Fiordaliso MF, Deboysier DM, Goethals FM, Roberfroid MB. Dietary fructooligosaccharides modify lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 57(suppl) : 820s, 1993
 - 27) Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 223 : 448, 1956
 - 28) 송문섭 · 이영조 · 조신섭 · 김병천. SAS를 이용한 통계자료분석. 자유아카데미, 1993
 - 29) Tusi Y, Yamamada K, Hosoya N, Moriuchi S. Digestion and absorption of sugar and sugar substitutes in rat small intestine. *J Nutr Sci Vitaminol* 32 : 93, 1986
 - 30) Howard MD, Kerley MS, Gordon DT, Pace LW, Garleb KA. Effect of dietary addition of fructooligosaccharide on colonic microflora populations & epithelial cell proliferation in neonatal pigs. *J Anim Sci* 71(Suppl 1) : 177(abs), 1993
 - 31) Jacobs LR, Lupton JR. Effect of dietary fibers and cell bowel mucosal growth and cell proliferation. *Am J Physiol* 246 G : 378-385, 1984
 - 32) Konishi F, Oku T, Hosoya N. Hypotrophic effect of unavailable carbohydrate on cecum and colon in rat. *J Nutr Sci Vitaminol* 30 : 373-379, 1984
 - 33) Howard MD, Kerley MS, Gordon DT, Pace LW, Garleb KA. Effect of dietary addition of fructooligosaccharide on colonic microflora populations & epithelial cell proliferation in neonatal pigs. *J Anim Sci* 71(suppl 1) : 177(abs), 1993
 - 34) Kok N, Roberfroid M, Robert A, Delzenne N. Involvement of lipogenesis in the lower VLDL secretion induced by oligofructose in rats. *Br J Nutr* 76 : 881-890, 1996
 - 35) Kok N, Delzenne N, Roberfroid M. Role of hepatic lipogenesis in fructooligo-saccharides induced hypotriglyceridemia in the rat. *Socit Belge de Biochimie*, Namur, 11 Mars : B19, 1995
 - 36) Julia M. Dueren, Geoffrey F. Gibbons. Secretion and storage of newly synthesized hepatic triacylglycerol fatty acids *in vivo* in different nutritional states and in diabetes. *Biochem J* 255 : 929-935, 1988
 - 37) Yamashita K, Kawai K, Itakura M. Effects of fructooligosaccharides on blood glucose and serum lipids in diabetic subjects. *Nutr Res* 4 : 961-966, 1984
 - 38) Arbeeny CM, Meyers DS, Bergquist KE, Gregg RE. Inhibition of acid synthesis decreases very-low-density lipoprotein in secretion in the hamster. *J lipid Res* 33 : 843-851, 1992
 - 39) Beynen A, Vaartjes W, Geelen M. Acute effects of insulin of fatty acid metabolism in isolated hepatocytes. *Horm Met Res* 12 : 425-430, 1980
 - 40) Gee JM, Blackburn NA, Johnson IT. The influence of guar gum on intestinal cholesterol transport in the rats. *Br J Nutr* 50 : 215-224, 1983
 - 41) Leveille GA, Sauberlich HE. Mechanism of the cholest-

20 / 돼지감자 및 치커리가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

- erol-depressing effect of pectin in the cholesterolfed rat. *J Nutr* 88 : 209-214, 1966
- 42) Fructuoso G-D, Victoria G-M, Bayon JE, Javie G-G. Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol in rats. *Am Inst Nutr* 126 : 1766-1771, 1996
- 43) 강희정 · 송영선. 식이섬유와 콜레스테롤 대사. *한국식품과학회지* 26(2) : 358-369, 1997
- 44) Anderson JW, Lin Chen W-J. Plant fiber : carbohydrate and lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 32 : 346-363, 1979
- 45) Ikegami S, Tsuchihashi F, Harada H, Tsuchihashi N, Nishide E, Innami S. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organ in rats. *J Nutr* 120 : 353-360, 1990