

고콜레스테롤 식이 섭취 흰쥐에서 치커리 이눌린과 올리고당이 지질대사에 미치는 영향

성혜영¹ · 정현진¹ · 최영선^{1*} · 조성희² · 윤종원³

¹대구대학교 식품영양학과

²대구가톨릭대학교 식품영양학과

³대구대학교 생물공학과

Effects of Chicory Inulin and Oligosaccharides on Lipid Metabolism in Rats Fed a High-Cholesterol Diet

Hye-Young Sung¹, Hyun-Jin Jeoung¹, Young-Sun Choi^{1*}, Sung-Hee Cho² and Jong-Won Yun³

¹Dept. of Food and Nutrition, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

²Dept. of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

³Dept. of Biotechnology, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

Abstract

The present study was aimed at investigating effects of chicory inulin and three kinds of oligosaccharides on lipid metabolism in rats fed a high-cholesterol diet. Nine Sprague-Dawley male rats weighing about 190 g were given one of five experimental diets, which were basal cholesterol diet (Control), isomaltooligosaccharide diet (IMO), fructooligosaccharide diet (FO), chicory inulooligosaccharide diet (CIO) and chicory inulin diet (CI), for 5 weeks. In the oligosaccharide and inulin diets, 6% was added at the expense of sucrose. Rats were pair-fed to the intake of FO group which consumed the least amount, and their feces were collected during the last 4 days. Body weight gain was lower in FO and CI groups compared with the Control group. Plasma glucose levels of FO and CIO groups were lower and plasma triglyceride concentrations of FO, CIO, and CI groups were lower than those of IMO group. Plasma cholesterol concentration did not differ among groups. Relative liver weight was lower in CIO group. Hepatic triglyceride and cholesterol did not differ among groups. Fecal excretion of neutral steroid and bile acid were not different among groups, but fecal triglyceride excretion was significantly increased in FO and CI groups compared with the Control group. In conclusion, supplementation of oligosaccharides and chicory inulin at 6% of diets showed no significant hypolipidemic effect in rats fed a high cholesterol diet.

Key words: chicory inulin, oligosaccharide, plasma lipid, fecal lipid

서 론

최근 만성 퇴행성질환의 발병률이 증가함에 따라 질병의 예방·개선을 기대하여 기능성식품을 이용하려는 경향이 높아지고 있다. 기능성식품 소재로서 현재 폭넓게 이용되고 있는 것이 probiotics와 prebiotics이다. 'Probiotic'은 장내 유익한 작용을 함으로써 인체 건강에 유익한 살아있는 미생물 식이 보충제를 뜻하며, 'prebiotic'은 대장에서 제한된 종류의 세균의 성장 및 활성을 선택적으로 자극함으로써 유익한 효과를 제공하는 난소화성 식품재료이다(1). 현재까지 'prebiotic'으로 효능이 있다고 알려진 식품재료로는 inulin-type fructan과 올리고당이 있다(1-3). 치커리 이눌린 및 치커리 올리고당은 수용성으로서 인체 내 소화효소에 의해 가수분

해되지 않으므로 다이어트 소재, 감미료 및 식품첨가물로서 이용가치가 높은 식품으로 주목받고 있다(4,5).

다양한 종류의 올리고당의 대부분은 생체 내 소화효소에 의하여 가수분해되지 않는 난소화성 당으로 상대적으로 낮은 에너지를 제공하며, 체장의 인슐린 분비에 영향을 미치지 않고, 충치를 예방하며, 장내 미생물환경을 개선하는 효과를 보인다(2,6).

이눌린과 올리고당의 장내 미생물 상태 개선 효과는 많은 연구에서 확인된 반면에 지질대사에 미치는 효과는 다소 불확실하다(7,8). Trautwein 등(9)의 연구에 의하면 식이의 8%, 12%, 16% 수준으로 첨가한 이눌린을 섭취한 hamster에서 혈장과 간 콜레스테롤이 이눌린을 첨가하지 않은 대조군에 비하여 유의하게 감소되었으며, 혈장 중성지방 농도는

*Corresponding author. E-mail: yschoi@daegu.ac.kr
Phone: 82-53-850-6833, Fax: 82-53-850-6839

12%와 16% 섭취군에서 대조군에 비하여 유의하게 감소되었다. Choi 등(10)의 연구에 의하면 프락토올리고당, 대두올리고당, 고순도분지올리고당을 식이의 5% 수준으로 먹인 흰쥐에서 혈장 콜레스테롤은 대조군에 비하여 유의한 차이가 없는 반면에 혈장 중성지방 농도는 유의하게 낮아졌다. 5% 이눌린 식이를 섭취한 흰쥐는 대조군에 비해 혈청 콜레스테롤과 중성지방 농도의 차이를 보이지 않았으나, LDL-콜레스테롤은 낮아졌고 HDL-콜레스테롤은 높아진 양상을 보였다(11). 프락토올리고당을 5% 첨가한 식이를 섭취한 흰쥐의 혈장 콜레스테롤과 중성지방, 그리고 간 콜레스테롤과 중성지방은 대조군에 비해 차이가 없었으며(12), 5% 수준의 대두올리고당도 유의한 효과를 보이지 않았다(13). 그러나 Kim 등(14)은 xylooligo당이 5, 10, 15% 수준에서 모두 흰쥐 혈청 콜레스테롤과 중성지방을 낮추었다고 보고하였다. 이처럼 올리고당의 종류에 따라 올리고당이 지질대사에 미치는 효과가 다르게 나타났다. 이눌린, 이눌린올리고당, 그리고 프락토올리고당은 모두 fructan에 해당하지만 중합도가 다르며, 이는 생리기능에 다른 영향을 미칠 수도 있다(15). 따라서 본 연구는 치커리 이눌린과 새 종류의 올리고당(이소말토올리고당, 프락토올리고당, 이눌린올리고당)이 지질대사에 미치는 효과를 비교하였다.

재료 및 방법

실험동물

체중 100 g 내외의 Sprague-Dawley종 수컷을 대한바이오텍 주식회사(충북 음성)에서 구입하여 1주일 동안 환경에 적응시키기 위해 일반사료(삼양배합사료)로 사육한 후 난과법에 의해 군당 9마리씩 배분하여 한 마리씩 stainless steel cage에 넣고, 조절된 실험식이를 5주간 섭취시켰다. 사육 기간동안 사육실 온도는 20~22°C, 습도는 50~55%로 유지하였다. 식수는 제한없이 섭취하도록 하였고, 식이는 1주일간 자유롭게 섭취하도록 한 후 식이섭취량을 계산하였고, 식이섭취량이 가장 적은 실험식이군(FO군)의 섭취량을 기준으로 나머지 군들은 4주 동안 pair-feeding하였다. 식이 섭취량과 체중은 2일마다 측정하여 기록하였고, 해부 전 4일간의 분변을 수거하여 무게를 측정한 후 분석 전까지 -70°C에서 보관하였다.

실험식이 및 재료

실험식이 재료인 이소말토올리고당(청정원)과 프락토올리고당(제일제당)은 시중에서 구입하였으며, 치커리 이눌린은 Sigma(USA)사로부터 구입하였으며 평균 DP ≈ 35이다. 이눌린올리고당(chicory inulooligosaccharide)은 치커리 이눌린(Sigma사)을 100 g/L 농도, pH 7에서 Xanthomonas oryzae No. 5에서 얻어진 endoinulinase와 반응시켜 생산하였다(16). 생산된 이눌린올리고당은 DP 5가 60.3%, DP>5인 올리고당이 30.2%로 구성되어 있으며, 총 올리고당이 95%

함유되어 있다. 프락토올리고당(제일제당)은 주로 DP 3~4에 해당하는 올리고당이다. 콜레스테롤과 sodium cholate는 Sigma사, casein은 Junsei Chemical사(Japan), AIN-76 mineral mix와 AIN-76 vitamin mix는 Teklad사(USA)로부터 구입하였다.

기본식이(basal cholesterol diet)는 AIN-76 diet를 기준으로 탄수화물, 지방, 단백질 비가 약 60:25:15가 되도록 조정하였고, 콜레스테롤 1%, sodium cholate 0.25%를 첨가하여 Table 1과 같이 조성하였다.

올리고당 실험식은 올리고당을 식이의 6%로 동일하게 맞추었고 해당량 만큼을 sucrose에서 제하였다. 이소말토올리고당은 전체 100g 중 올리고당 39%, 수분 25%, 고형분(glucose, maltose 등) 36%로 구성되었으므로 올리고당 수준이 6%에 해당하도록 kg당 153.8g을 첨가하였다. 프락토올리고당은 전체 100 g 중 올리고당 41%, 수분 25%, 고형분(glucose, sucrose 등) 34%로 구성되었으므로 kg당 146.3 g을 첨가하였다. Sucrose 첨가량은 올리고당 종류에 따라 고형분에 해당하는 함량 만큼을 기본식이의 sucrose 함량에서 제하였다.

시료 조제

흰쥐를 절식시키지 않고 ethyl ether로 마취한 후 개복하여 복강 대동맥에서 해파린 용액을 넣은 주사기로 혈액을 채혈하였다. 채혈한 혈액을 2000~3000 rpm에서 20분간 원심분리하여 얻은 혈장은 분석 시까지 -70°C에 냉동 보관하였다.

혈액을 채취한 후에 즉시 간을 분리하여 생리식염수에 세척한 후 거즈로 수분을 제거한 다음 무게를 측정하고, -70°C에 냉동보관하였다.

혈당 및 혈장·간·분변의 지질 농도 측정: Glucose-oxidase의 작용에 의하여 glucose는 효소 및 물과 반응하여 글루콘산과 과산화수소가 되고, 이 과산화수소가 peroxidase의 작용에 의하여 산화 촉합되어 키논형 적색 색소를 생성하는 효소법을 이용한 측정용 시약(아산제약)으로 혈당을 정량하였다.

혈장의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤과 중성지방 농도는 표준 효소비색법에 의한 kit(아산제약)를 이용하였으며, 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤은 흡광도 500 nm, 중성지방은 550 nm에서 측정하여 분석하였다.

간 조직 1 g에 생리식염수 4 mL를 넣어 조직균질기로 얼음물 속에서 균질화한 후 Folch(17)법으로 지질을 추출하였다. Sale 등(18)의 방법을 적용하여 클로로포름에 용해된 지질추출물을 일정량 취하여 질소 가스로 건조시킨 후 triton x-100과 에탄올에 용해시켜 혈장 지질 측정과 동일한 방법으로 간의 콜레스테롤과 중성지질 농도를 측정하였다. 분변의 총 콜레스테롤과 중성지질도 간 지질 추출과 동일한 방법으로 지질을 추출하여 농도를 측정하였다.

분변의 중량과 수분 함량 측정: -70°C에 보관한 분변을 향량이 될 때까지 동결 건조시켜 수분함량을 측정하였다. 동

Table 1. Composition of experimental diets

(g/kg)

Ingredients	Group ¹⁾					
	Control	IMO	FO	CIO	CI	
Casein	200	200	200	200	200	
Corn starch	404.5	404.5	404.5	404.5	404.5	
Sucrose ²⁾	168	52.6	58.3	108	108	
Lard	40	40	40	40	40	
Soybean oil	75	75	75	75	75	
AIN mineral mix ³⁾	40	40	40	40	40	
AIN vitamin mix ⁴⁾	10	10	10	10	10	
Cholesterol	10	10	10	10	10	
Sodium cholate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Cellulose	50	50	50	50	50	
Isomaltooligosaccharide	0	60 (153.8) ⁵⁾	0	0	0	
Fructooligosaccharide	0	0	60 (146.3)	0	0	
Chicory inulooligosaccharide	0	0	0	60	0	
Chicory inulin	0	0	0	0	60	

¹⁾Control: basal diet, IMO: isomaltooligosaccharide 6%+basal diet, FO: fructooligosaccharide 6%+basal diet, CIO: chicory inulooligosaccharide 6%+basal diet, CI: chicory inulin 6%+basal diet.

²⁾The amount of sucrose was adjusted considering the content of sugar in the products of oligosaccharides.

³⁾AIN mineral mix (g/kg): CaHPO₄ 500.0, NaCl 74.0, K₃C₆H₅O₇·H₂O 220.0, K₂SO₄ 52.0, MgO 24.0, MnCO₃ 3.5, FeC₆H₅O₇ 6.0, ZnCO₃ 1.6, CH₂Cu₂O₅ 0.3, KIO₃ 0.01, Na₂SeO₃·5H₂O 0.01, CrK(SO₄)₂·12H₂O 0.55, sucrose, finely powdered to make 1,000 g.

⁴⁾AIN vitamin mix (mg/kg): Thiamin·HCl 600, riboflavin 600, pyridoxine·HCl 700, nicotinic acid 3,000, D-calcium pantothenate 1,600, folic acid 200, D-biotin 20, vitamin B₁₂ 2.5, vitamin A 400,000 IU, vitamin D₃ 100,000 IU, vitamin E 7,500 IU, vitamin K 75, sucrose, finely powdered to make 1,000 g.

⁵⁾The value in parenthesis was the amount of oligosaccharide syrup added to diets considering the composition.

결 건조한 분변을 분쇄하여 냉동 보관하였다.

분변 중 중성 스테로이드와 담즙산 함량 측정: 분쇄하여 냉동 보관한 분변의 담즙산과 중성 스테로이드는 Child 등(19)의 방법에 의하여 추출한 후, butylester-acetate derivative로 합성하여 gas chromatography로 정량하였다. Butylester-acetate derivative 합성은 Tonelli 등(20)의 방법에 의하였으며, TLC를 이용하여 에스테르화를 확인하였고, 5 α -cholestane(Sigma)과 nor-deoxycholic acid(Research Plus, USA)를 internal standard로 사용하였다. Butylester-acetate derivative 추출물을 45 μ m Millipore filter로 여과한 후, 담즙산(lithocholic acid, deoxycholic acid, chenodeoxycholic acid, cholic acid)과 중성 스테로이드(coprostanone, coprostanol)를 gas chromatograph(Varian Star 3600X)로 정량 분석하였다(21). GC 분석 조건은 다음과 같다: BP21 capillary column(25 m \times 0.32 mm \times 0.25 μ m film thickness), flame ionization detector, N₂; 10 mL/min(air 300 mL/min, H₂ 30 mL/min), inject temperature; 270°C, detector temperature; 280°C, column temperature; 90°C to 150°C at 4°C/min, sample injection volume; 1 μ L.

통계분석

본 연구의 실험 결과들은 SPSS program을 이용하여 분석, 비교하였다. 각 결과들은 ANOVA 분석을 통해 실험군 별로 평균과 표준오차를 산출하고, p<0.05 수준에서 유의한 경우 군간의 차이를 Duncan's multiple range test를 행하여 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

체중과 식이 효율

분변의 수분 함량은 Control군 32.1%, IMO군 35.5%, FO군 46.5%, CIO군 43.6%, 그리고 CI군 38.0%로 FO군의 분변 수분 함량이 가장 높았으며, 실험군들 중에서 프락토올리고당을 먹인 쥐들의 분변이 가장 연변에 가까웠다.

치커리 이눌린과 3종류의 올리고당 실험식이를 5주간 섭취시킨 흰쥐의 시작시 체중, 체중증가량 및 식이 효율은 Table 2에서 보는 바와 같다.

본 연구에서 식이섭취량은 pair-feeding하였으므로 군간에 차이가 없었다. 체중 증가량은 Control, IMO, CIO군에 비하여 FO, CI군이 유의하게 낮았으며, 식이 효율은 CIO군이 FO와 CI군에 비하여 유의하게 높았다. Kim 등(13)에 의하면

Table 2. Effects of experimental diets on body weight and food efficiency ratio in rats

Group ¹⁾	Initial body weight (g)	Body weight gain (g/day)	Food efficiency ratio (g/100 g diet)
Control	190.56 \pm 6.48 ²⁾	7.09 \pm 0.182 ^{a3)}	28.3 \pm 0.85 ^{ab}
IMO	190.00 \pm 5.89	7.22 \pm 0.175 ^a	28.7 \pm 0.90 ^{ab}
FO	188.67 \pm 6.98	6.39 \pm 0.155 ^b	26.4 \pm 0.97 ^b
CIO	188.33 \pm 7.86	7.36 \pm 0.193 ^a	29.3 \pm 0.11 ^a
CI	190.56 \pm 6.37	6.48 \pm 0.239 ^b	26.0 \pm 0.45 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Values are mean \pm SEM for n=9.

³⁾Values in the same column with different superscript letters are significantly different, p<0.05.

5% 대두 올리고당 섭취시 체중증가와 식이효율에 유의한 영향이 없었으며, Kim과 Shin(11)의 연구에서도 5% chicory 추출물 또는 inulin 섭취군에서 대조군에 비하여 체중증가량과 식이효율에 유의적인 차이가 없었다. 그러나 또 다른 연구(14)에서 control군과 5% xylooligo당 섭취군에 비해 10%와 15% xylooligo당 섭취군은 체중증가량과 식이효율이 유의적으로 낮았다. 이상의 결과에서 식이의 5~6% 수준의 올리고당 섭취는 체중증가량과 식이효율에 미치는 영향이 거의 없으나 식이 첨가 수준이 증가하면 체중증가와 식이효율이 저하될 수 있음을 나타낸다.

혈당 및 혈장과의 지질 농도

본 연구에서 IMO군에 비해 FO, CIO군의 혈당수치가 유의하게 낮았으며, 이는 올리고당의 종류에 따라 혈당에 미치는 효과가 다름을 보여준다(Fig. 1). 이소말토올리고당 첨가군이 프락토올리고당이나 이눌린올리고당 첨가군에 비해 혈당이 높게 나타난 결과는 이소말토올리고당이 소장에서 소화흡수되어 혈당에 기여하였음을 의미한다. Kim과 Shin(22)은 치커리 추출물과 이눌린이 쥐의 관류시킨 공장으로부터 포도당 흡수를 감소시켰다고 보고하였다. Lee와 Shin(23)의 연구에 의하면 치커리추출물은 정상성인에서 전분섭취 후 혈당반응곡선을 완만하게 하는 것으로 나타났다. Rumessen 등(24)은 정상인에서 50 g의 밀전분 섭취 시 10 g의 fructan 동시 섭취는 공복시 혈당 수준으로 도달하는 시간을 단축시켰으며, 그 이유로 구강에서 맹장까지 통과하는 시간이 단축된 때문으로 유추하였으며, 인슐린이나 C-peptide의 변화에 의한 것은 아니었다고 하였다. 당뇨유발 흰쥐에서는 대두올리고당이 혈당을 저하시키는 효과를 보였으며(25), 치커리추출물과 이눌린(26)의 섭취는 총당화해모글로빈 농도를 낮추어 혈당 조절에 유익한 영향을 미칠 것으로 보고되었다.

총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지방의 혈장 농도는 Table 3과 같다. 총 콜레스테롤 농도는 군간에 유의적인 차이가 없었으며, HDL-콜레스테롤은 FO와 CIO군이 Con-

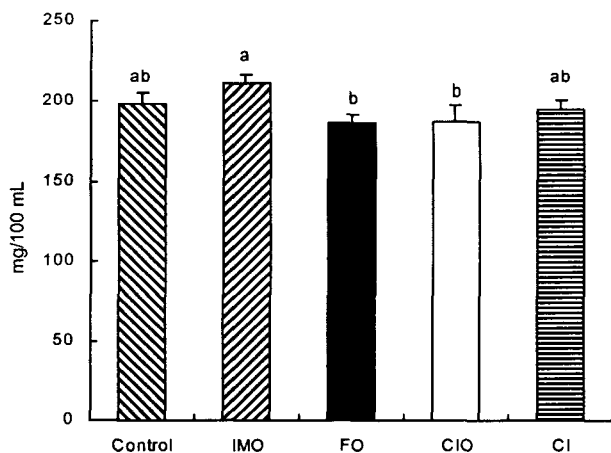


Fig. 1. Postprandial plasma glucose level of rats fed inulin and oligosaccharide diets.

Table 3. Plasma total cholesterol, HDL-cholesterol and triglyceride concentrations in rats fed inulin and oligosaccharide diets (mmoles/L)

Group ¹⁾	Total cholesterol	HDL-cholesterol	Triglyceride
Control	3.07 ± 0.22 ²⁾	0.695 ± 0.050 ³⁾	0.905 ± 0.113 ^{ab}
IMO	2.96 ± 0.19	0.595 ± 0.047 ^{ab}	1.114 ± 0.105 ^a
FO	3.44 ± 0.58	0.500 ± 0.044 ^b	0.716 ± 0.057 ^b
CIO	4.11 ± 0.47	0.480 ± 0.042 ^b	0.808 ± 0.075 ^b
CI	3.52 ± 0.30	0.670 ± 0.066 ^{ab}	0.833 ± 0.098 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Values are mean ± SE for n=9.

³⁾Values in the same column with different superscript letters are significantly different, p<0.05.

trol군에 비하여 유의하게 낮았다. 반면에 중성지방 농도는 FO, CIO, CI군이 IMO군에 비하여 유의하게 낮은 농도를 보였으나, Control군과는 유의한 차이를 보이지 않았다. Delzenne 등(27)은 흰쥐에게 20% 프락토올리고당을 30일 동안 섭취시킨 결과 혈청 콜레스테롤은 변화가 없었으나, 혈청 중성지방 농도가 크게 감소하였다고 보고하였다. Oh 등(12)에 의하면 5% 프락토올리고당 섭취로 총 콜레스테롤 농도는 영향을 받지 않았으나, Kim 등(14)은 5%, 10%, 15% xylooligo당을 먹인 흰쥐에서 혈장 콜레스테롤 농도가 유의하게 감소하였다고 하였다. 이처럼 혈장 콜레스테롤과 중성지방 농도에 미치는 효과는 올리고당의 종류에 따라 차이를 보였다.

간의 무게, 간의 총지방, 콜레스테롤, 그리고 중성지방 농도는 Table 4와 같다. 단위 체중 당 간 무게는 Control군에 비해서 CIO군과 CI군이 유의적으로 낮았다. 간조직 g당 콜레스테롤 농도는 FO군에 비하여 CIO군이 유의하게 낮았다. 간조직 g당 중성지방 농도는 군간에 유의적인 차이가 없었으나, 중성지방 함량은 FO와 CIO군이 낮은 경향을 보였으며, 이러한 결과는 앞에서 언급한 혈장 중성지방 농도와 경향을 같이 하였다. Delzenne 등(28)의 연구에 의하면 Control군에 비해 이눌린-올리고당군에서 간의 lipogenic enzyme 활성 저하와 fatty acid synthase mRNA가 감소됨으로써 간조직 내 지방 축적이 억제되었고, 또한 혈청 인슐린과 포도당 농도가 저하되었다. Kim과 Shin(11)은 치커리 추출물과 이눌린 섭취군이 무섬유군에 비해 간에서 중성지방을 감소시켰으나

Table 4. Liver weight and liver lipids in rats fed inulin and oligosaccharide diets

Group ¹⁾	Liver g/100 g BW	Cholesterol μmoles/g	Triglyceride μmoles/g
Control	7.89 ± 0.205 ^{2)a3)}	129.42 ± 5.03 ^{ab}	64.78 ± 4.85
IMO	7.68 ± 0.129 ^{ab}	125.19 ± 4.65 ^{ab}	65.15 ± 5.80
FO	7.70 ± 0.153 ^{ab}	135.29 ± 3.46 ^a	54.14 ± 3.04
CIO	7.23 ± 0.161 ^b	120.46 ± 5.71 ^b	54.41 ± 5.14
CI	7.54 ± 0.097 ^b	126.13 ± 4.00 ^{ab}	65.60 ± 5.44

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Values are mean ± SE for n=9.

³⁾Values in the same column with different superscript letters are significantly different, p<0.05.

Table 5. Daily fecal excretion of neutral steroids, triglyceride and total bile acid in rats fed inulin and oligosaccharide diets (Unit: μ moles/day)

Group ¹⁾	Neutral steroids			Triglyceride	Total bile acid
	Cholesterol	Coprostanol	Coprostanone		
Control	41.71 \pm 1.94 ²⁾	0.897 \pm 0.260	1.32 \pm 0.302	5.76 \pm 0.61 ^{c3)}	139.53 \pm 12.88
IMO	43.71 \pm 2.70	0.566 \pm 0.101	1.03 \pm 0.289	7.81 \pm 1.00 ^{bc}	150.00 \pm 47.75
FO	44.22 \pm 4.32	0.418 \pm 0.114	1.08 \pm 0.405	12.85 \pm 3.16 ^{ab}	144.55 \pm 17.18
CIO	49.78 \pm 2.25	1.500 \pm 0.745	2.41 \pm 1.13	9.60 \pm 0.78 ^{abc}	149.64 \pm 13.68
CI	47.22 \pm 1.60	0.812 \pm 0.191	2.10 \pm 0.707	15.01 \pm 3.33 ^a	124.21 \pm 15.95

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Values are mean \pm SE for n=9.

³⁾Values in the same column with different superscript letters are significantly different, p<0.05.

간 콜레스테롤에는 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 혈청 중성지방 감소 기작은 간에서 지방산 합성효소 활성 감소로 인해 지방산 합성이 감소되고 이어서 아실글리세롤 합성 감소로 인해 혈청 중성지방이 감소하는 것으로 제시되었다(29,30). 본 연구에서는 이눌린과 올리고당의 중성지방 감소 효과가 뚜렷하게 보이지 않았다.

Oh 등(12)의 연구에서 흰쥐 간의 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 콜레스테롤 섭취로 인해 유의하게 증가되었으나, 대두올리고당 섭취시 유의적인 차이는 없이 낮아지는 경향만을 보여 본 연구결과와 유사하였으며, 5% 수준의 프락토올리고당, 대두올리고당, 고농도분지올리고당 섭취는 흰쥐 간의 총 지방, 콜레스테롤 및 중성지방 함량에 유의한 영향을 미치지 못하였다(10).

분변 중 neutral steroid와 bile acid 함량

Table 5는 분변의 콜레스테롤, 기타 중성 스테로이드와 bile acid 함량을 나타낸다.

분변 중 콜레스테롤 배설량은 올리고당 섭취군에서 높은 경향이었으나, 군간 유의적인 차이가 없었다. 분변 중 중성 스테로이드인 coprostanol과 coprostanone 함량은 CIO군과 CI군이 Control군에 비하여 높은 경향을 보였으나 유의하지 않았다. Kim 등(31)은 xylooligo당을 섭취한 흰쥐에서 중성 스테로이드 배설량이 유의하게 증가하였다고 하였다. 분변 중 중성지방 배설량은 FO와 CI군이 Control군에 비해 유의하게 높았으며, CIO군도 높은 경향을 보여 혈장 중성지방 농도 저하의 일부 원인으로 사료된다. 그러나 총 담즙산 배설은 군간 유의한 차이가 없었으며, 이는 올리고당 섭취군에서 혈장 콜레스테롤의 변화가 없는 것과 관련된 것으로 보인다. 그러나 이눌린을 섭취시킨 hamster에서 혈장 콜레스테롤이 감소하였음에도 불구하고 분변 중성 스테로이드와 총 담즙산 배설은 차이를 보이지 않았다는 Trautwein 등(9)의 연구 결과는 이눌린의 혈장 콜레스테롤 저하가 중성스테로이드와 담즙산 배설 증가 외의 기전에 의한 가능성을 나타냈다.

요 약

본 연구는 고콜레스테롤 섭취 흰쥐에서 이눌린과 올리고

당의 종류를 달리한 식이가 지질 대사에 미치는 효과를 비교하였다. Sprague-Dawley종 수컷을 군당 9마리씩 배정하여 5주간 1% 콜레스테롤과 0.25% cholic acid를 함유한 기본식에 6% 수준으로 혼합한 이소말토올리고당, 프락토올리고당, 이눌린올리고당 및 치커리 이눌린 실험 식이로 사육하였으며, 프락토올리고당 섭취량을 기준 섭취량으로하여 pair-feeding하였다. 체중증가량은 대조군에 비하여 프락토올리고당과 치커리 이눌린을 섭취한 쥐들에서 유의하게 낮았다. 혈당은 프락토올리고당과 이눌린올리고당이 이소말토올리고당에 비해 낮았다. 혈장 중성지방 농도는 이소말토올리고당에 비해 프락토올리고당, 이눌린올리고당과 치커리 이눌린 군들에서 낮았으나, 대조군과는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 혈장 콜레스테롤 농도는 군간 유의한 차이가 없었다. 체중 100 g당 간 중량은 대조군에 비해 이눌린올리고당과 이눌린 섭취군이 가장 적었으나, 간 콜레스테롤과 중성지방 함량은 대조군과 올리고당 섭취군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 분변으로의 중성 스테로이드 배설량과 분변의 담즙산 배설량도 군간에 유의적인 차이가 없었다. 분변의 중성지방 함량은 대조군에 비하여 프락토올리고당군과 치커리 이눌린군에서 높았다. 결론적으로 식이 6% 수준의 올리고당과 이눌린 섭취가 콜레스테롤과 지방대사에 미치는 영향은 미미하였으나, 프락토올리고당, 이눌린올리고당, 이눌린과 이소말토올리고당 사이에 차이를 보였으므로 올리고당의 종류에 따라 지질대사에 미치는 효과가 다르다고 보여진다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 대구대학교 농산물저장·가공 및 산업화연구센터의 지원에 의한 것입니다.

문 헌

1. Roberfroid MB. 2000. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *Am J Clin Nutr* 168: 1682S-1687S.
2. Oku T. 1994. Special physiological functions of newly developed mono- and oligosaccharides. In *Functional foods, designer foods, pharmafoods, nutraceuticals*. Goldberg I,

- ed. Chapman & Hall, New York. p 202-218.
3. Roberfroid MB. 2001. Prebiotics: preferential substrates for specific germs? *Am J Clin Nutr* 73: 406S-409S.
 4. Roberfroid MB, Delzenne NM. 1998. Dietary fructans. *Annu Rev Nutr* 18: 117-143.
 5. Park CK, Cha JY, Jeon BS, Kim NM, Shim KH. 2000. Effects of chicory root water extracts on serum triglyceride and microsomal triglyceride transfer protein (MTP) activity in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 518-524.
 6. Tomomatsu H. 1994. Health effects of oligosaccharides. *Food Technology* 48(10): 61-65.
 7. Van Loo J, Cummings H, Delzenne N, Englyst H, Franck A, Hopkins M, Kok N, Macfarlane G, Newton D, Quigley M, Roberfroid M, van Vliet T, van den Heuvel E. 1999. Functional food properties of non-digestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project. *Brit J Nutr* 81: 121-132.
 8. Delzenne NM, Kok N. 2001. Effects of fructans-type prebiotics on lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 73: 456S-458S.
 9. Trautwein EA, Rieckhoff D, Erbersdobler HF. 1998. Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profile in hamsters. *J Nutr* 128: 1937-1943.
 10. Choi EH, Kim HY, Kim YH, Kim WK, Oh SJ, Kim SH. 1999. Effects of selected oligosaccharides on fecal microflora and lipid constitution in rats. *Kor J Nutr* 32: 221-229.
 11. 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.
 12. Oh SJ, Kim WK, Kim YH, Kim HY, Choi EH, Kim SH. 1999. Effect of fuctooligosaccharide on lipid metabolism in hypercholesterolemic rat. *Kor J Nutr* 32: 129-136.
 13. Kim JK, Kim WK, Kim HY, Kim MH, Kim SH. 2000. Effects of soyoligosaccharides and varying dietary fats on intestinal microflora, lipid profiles and immune responses in rats. *Kor J Nutr* 33: 597-612.
 14. Kim SO, Rhee SJ, Rhee IK, Joo GJ, Ha HP. 1998. Effects of dietary xylooligosaccharide on lipid levels of serum in rats fed high cholesterol. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 945-951.
 15. Rumessen JJ, Gudmand-Hoyer. 1998. Fructans of chicory: intestinal transport and fermentation of different chain lengths and relation to fructose and sorbitol malabsorption. *Am J Clin Nutr* 68: 357-364.
 16. Cho YJ, Shinha J, Park JP, Yun JW. 2001. Production of inuloooligosaccharide from chioroy extract by endoinulinase from *Xanthomonas oryzae* No. 5. *Enzyme and Microbial Technology* 28: 439-445.
 17. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
 18. Sale FO, Marchesini S, Fishmen PH, Berra B. 1984. A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. *Anal Biochem* 142: 347-350.
 19. Child P, Aloe M, Mee D. 1987. Separation and quantitation of fatty acids, sterols and bile acids in feces by gas chromatography as the butyl ester-acetate derivatives. *J Chromatography* 415: 13-26.
 20. Tonelli D, Gattavecchia E, Mazzella G, Roda A. 1997. Bile acid kinetics in man studied by radio thin-layer chromatography and densitometry coupling. *J Chromatography B* 700: 59-66.
 21. Srikumar TS, Wezendonk B, van Dokkum W. 1998. Analysis of fecal bile acids and neutral steroids using gas liquid chromatography. *Ann Nutr Metab* 42: 231-236.
 22. Kim M, Shin HK. 1996. The water-soluble extract of chicory reduces glucose uptake from the perfused jejunum in rats. *J Nutr* 126: 2236-2242.
 23. Lee JS, Shin HK. 1997. Effects of addition of chicory extract on starch hydrolysis in vitro and glucose response in healthy subjects. *Korean J Food Sci Technol* 29: 1295-1303.
 24. Rumessen JJ, Bode S, Hamberg O, Gudmand-Hoyer E. 1990. 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.
 25. Kim MH, Kim HY, Kim WK. 2001. Effects of soyoligosaccharides on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor J Nutr* 34: 3-13.
 26. Lee JS, Lee GS, Shin HK. 1997. Effects of chicory extract on the serum glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor J Nutr* 30: 781-788.
 27. Delzenne NN, Kok N, Fiordaliso MF, Deboyser DM, Goethals FM, Roberfroid MB. 1993. Dietary fructooligosaccharide modify lipid metabolism in rats. *Am J Clin Nutr* 57: 820S.
 28. Delzenne NM, Kok NN. 1999. Biochemical basis of oligofructose induced hypolipidemia in animal models. *J Nutr* 129: 1467S-1470S.
 29. Kok N, Roberfroid M, Robert A, Delzenne N. 1996. Involvement of lipogenesis in the lower VLDL secretion induced by oligofructose in rats. *Brit J Nutr* 76: 881-890.
 30. Agheli N, Kabir M, Berni-Canani S, Petitjean E, Boussairi A, Luo J, Bornet F, Slama G, Rizkalla SW. 1998. Plasma lipids and fatty acid synthase activity are regulated by short-chain fructo-oligosaccharides in sucrose-fed insulin-resistant rats. *J Nutr* 128: 1283-1288.
 31. Kim SO, Rhee IK, Rhee SJ. 2001. Effects of dietary xylooligosaccharide on hepatic UDP-glucuronyl transferase activity and compositions of fecal sterols in rat fed high cholesterol diets. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1197-1203.

(2003년 8월 22일 접수; 2004년 1월 16일 채택)