

난소화성 덱스트린이 흰쥐의 장기능 및 혈청 지질에 미치는 영향

왕수경[†] · 윤은영 · 임영희
대전대학교 식품영양학과

Effects of Indigestible Dextrin on Bowel Function and Serum Lipid in Rats

Soo-Gyoung Wang[†], Eun-Young Yoon and Young-Hee Lim

Dept. of Food and Nutrition, Taejon University, Taejon 300-716, Korea

Abstract

The present study was undertaken to evaluate the effect of indigestible dextrin on bowel function and serum lipid. Recently developed indigestible dextrin is water soluble dietary fiber obtained by heating and enzyme-treatment of potato starch with low viscosity. SD male rats weighing 80~85g were divided into three groups; control diet(IC), control+5% pectin(IP), control+5% indigestible dextrin(ID). Experimental rats were fed one of the experimental diets *ad libitum* for six weeks. Weight gain, food intake, and food efficiency ratio were not significantly different among other groups. Those of ID tended to be higher than in IP and IC. Weights of liver, spleen and kidney were not significantly different among groups. Epididymal fat pads weight in IP and ID tended to be lower than in IC. The weight of cecum was significantly higher in ID than in other groups($p<0.05$). The weight and length of large intestine tended to be higher in IP and ID than in IC. Total feces excretion of ID and IP tended to be more than that of IC. Transit time was shorter in IP than in other groups. Serum total lipid, total cholesterol and TG levels were higher in IC group than other groups. The fecal excretion of lipid was significantly higher in IP than in other groups($p<0.05$). That of ID tended to be more than that of IC, so fat apparent absorption of ID was lower than that of IC. Ca absorption were decreased more in IP than in other groups($p<0.05$).

Key words: indigestible dextrin, pectin, fat absorption, Ca absorption

서 론

섬유소를 크게 두 가지로 분류하면 water soluble dietary fiber(WSDF)와 non soluble dietary fiber(NSDF)로 나눌 수 있다. 섬유소의 origin이나 생물학적, 화학적 구조와 특성에 따라 그 생리적 기능이 다양하게 나타나며(1-3), 지질대사에 관여하는 양상 또한 서로 다르게 나타난다(4). 일반적으로 WSDF(pectin, gum 등으로 말린 콩, oat 제품, 몇몇 과일과 채소에 함유)가 NSDF(cellulose, hemicellulose 등으로 대부분의 식물성 식품과 wheat bran에 함유(5)) 보다 혈청 지질을 저하시키고(6,7), 지방세포의 크기와 수를 감소시키는데 더 큰 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(8). 최근에는 식이섬유가 배변량을 늘려주고(9) 변의 장내 체류시간을 단축시켜 주는 등(10) 대장 기능에 변화를 가져오

며, 장질환과 관상질환(coronary disease)(11)에 대해 예방 및 치료적 효과가 있을 수 있다는 연구 결과가 발표되었다. 뿐만 아니라 식이섬유의 섭취가 혈청 콜레스테롤 양을 감소시켜 주고(12,13), 그 중에서도 특히 LDL-콜레스테롤을 감소시키며(2,14,15) 혈압을 저하시키는(16,17) 등 생리적 효능이 있음이 증명되었다. 섬유소의 섭취는 심혈관계 질환의 예방과 치료에 도움을 줄 뿐 아니라 당뇨병(1), 비만해소(8), 변비완화 및 소화관 기능 개선(18), 몇 종류 암의 발병을 저하 등 현대 생활에서 나타나기 쉬운 만성 질병에 도움을 줌으로서 최근 20년간 만성 질환의 예방과 처치에 있어서 식이 요인으로서 가장 중요하게 부각되었다(1). 한편 식이섬유를 과잉으로 섭취하면 무기질 흡수의 방해(19), 에너지의 소실(20), 장점막 손상 등 부작용을 가져올 수도 있고 최근 체중 조절이나 변비 등을 이유

[†]To whom all correspondence should be addressed

로 고도로 정제된 가용성 식이섬유를 지나치게 먹었을 경우 구토, 장내 가스증가 등의 결과도 초래하였다(20). 그러나 Gordon의 연구(21)에 의하면 식이섬유가 풍부한 식사에 의해 무기질 흡수나 장기간의 무기질 대사에 별 영향이 없는 것으로 나타났으며 35g/day 정도는 무기질 흡수에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 최근 한국인의 식이섭취량이 17g/day 정도인 것을(22) 감안하면 일상적인 식이에서 섬유소 섭취량을 늘리는 것이 큰 해는 없을 것으로 생각된다.

식이섬유의 섭취를 증가시키기 위해 식이섬유음료의 개발을 시도하였으나 cellulose 같이 물에 녹지않는 불용성이거나 pectin 같이 물에 녹는다 하더라도 가공이 용이치 못한 한계에 부딪혔다. 1988년 미국에서 polydextrose라는 제품이 개발되었으며, 일본에서 감자전분을 열과 효소처리하여 분해와 동시에 분자간의 전이가 일어나 구조적으로 α -1,4, α -1,6 결합이외에 1,2, 1,3 결합 등의 새로운 결합이 생성되어 결과적으로 사람의 소화효소로서는 분해할 수 없는 성질을 갖는 평균 분자량이 1600 정도이며 점성이 낮은 난소화성 텍스트린도 개발하였다. 그 생리적 효과로는 sucrose tolerance를 개선시키며(4), 혈장 지질을 감소시키고 대변의 변통 효과를 개선시켰으며 독성실험에서도 안전한 것으로 일본 후생성에 의해 평가되었다(23,24). 또한 세토파에서 당이나 금속이온의 확산에는 별 영향을 주지 않는 것으로 보고되었다(25). 난소화성 텍스트린은 수용성이며 점성이 낮은 특성 때문에 우리나라에서

1989년 부터 기능성 음료인 식이섬유음료에 많이 사용되고 있으며 그 소비 추세가 해마다 200% 내외로 급증하였다. 그러나 국내에서 난소화성 텍스트린에 대한 동물실험이나 인체실험이 없었으므로 국내 연구가 더 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 감자전분을 열과 효소처리로 만든 가용성 식이섬유인 난소화성 텍스트린을 일반식이 성분에 첨가하여 섭취하였을 때 장기능 및 혈청내 지질대사에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

재료 및 방법

실험동물 및 식이

실험 동물은 생후 4주 정도된 Sprague-Dawley종 숫쥐를 고형 배합사료를 섭취시켜 1주일간 적응시킨 후, 난괴법으로(평균 체중이 80~85g) 각군당 8마리씩 3군으로 나누어, 0.4%의 EDTA로 씻은 stainless steel wire cage에 각각 한마리씩 넣고 실험 식이로 6주간 사육하였다. 실험 전 기간 동안 물(2차 증류수)과 사료는 제한없이 공급하였고 사육장의 온도는 25°C로 유지했다.

본 실험에서는 milk casein을 단백질 급원으로 사용하였고, 탄수화물 급원으로는 corn starch를, 지방 급원으로는 beef tallow와 corn oil을 사용하였다. 섬유소 급원으로는 pectin(5%), 소화율이 45%인 난소화성 텍

Table 1. Composition of experimental diets

(g/kg diet)

	IC	IP	ID
Corn starch	600	550	550
Casein	150	150	150
Methionine	3	3	3
Beef tallow	100	100	100
Corn oil	100	100	100
Salt mixture ¹⁾	35	35	35
Vitamin mixture ²⁾	10	10	10
Choline chloride	2	2	2
Indigestible dextrin	0	0	50
Pectin	0	50	0

¹⁾Salt mix(g/kg mixture): Calcium phosphate, dibasic 500, sodium chloride 74, potassium citrate, monohydrate 220, potassium sulfate 52, magnesium oxide 24, manganous carbonate 3.5, ferric citrate 6.0, zinc carbonate 1.6, cupric carbonate 0.3, potassium iodate 0.01, sodium selenite 0.01, chromium potassium sulfate 0.55, sucrose, finely powdered to make 1,000g

²⁾Vitamin mix(mg/kg mixture): Thiamin HCl 600, riboflavin 600, pyridoxine HCl 700, nicotinic acid 3,000, D-calcium pantothenate 1,600, folic acid 200, D-biotin 20, cyanocobalamine 1, retinyl palmitate or acetate +^①, dl- α -tocopheryll acetate +^②, cholecalciferol 2.5, menaquinone ^③5.0, sucrose, finely powdered to make 1,000g

^①As stabilized powder to provide 400,000 IU vitamin A activity or 120,000 retinol equivalents

^②As stabilized powder to provide 5,000 IU vitamin E activity

^③Menadione

IC: Control, IP: Control+pectin, ID: Control+indigestible dextrin

스트린(5%)이 각각 첨가되었다. 실험식이의 구성은 Table 1과 같다.

식이섭취량, 체중의 측정

실험 기간 동안의 식이는 이삼일에 한번씩 갈아주고 식이 섭취량을 쟀 다음 식이 섭취량은 1주 단위로 계산하였다. 체중은 매주 1회씩 일정한 시간에 측정하였으며, 식이 섭취로 인한 갑작스러운 체중 증가를 막기 위하여 체중 측정 2시간 전에 식이를 빼주었다.

장통과시간 측정

5주째 실험동물을 대사장에 넣고 하루 동안 적응 후 10시간을 굶긴 후 0.5% brilliant blue 식이 10g 공급 후 brilliant blue가 섞인 푸른 변이 배설되는데 소요되는 시간을 계속 지켜면서 측정하였다.

시료수집 및 분석

변의 채취는 장 통과시간 측정 후 3일간 대사장에서 변을 채취 후 무게를 측정 냉동 보관하였다. 소변은 50ml로 희석해 냉동 보관하였다. 실험식이 6주간 급여하고 희생시키기 전 12시간 굶긴 후에 ether 마취시켜 cardiac puncture 방법으로 혈액을 채취(10ml)한 후 3000rpm에서 20분간 원심분리하여 상층액을 취해서 냉동 보관하였다. 혈액을 채취한 후 즉시 간, 신장, 비장, epididymal fat pad, 맹장 등의 무게를 측정하였고, 대장은 무게와 길이를 측정한 후 냉동 보관하였다. 혈액과 분변 중의 총지질은 Folch방법(26)에 의해 1 : 1의 chloroform과 methyl alcohol용액으로 균질화시키고, 증류수로 불순물을 제거한 후 지방을 추출하고, 40~50°C에서 chloroform을 증발시키고 무게를 측정하여 정량하였다. TG는 Biggs법(27)에 의해 Cholesterol은 Zak법(28)에 의해 분석하였다. 대변내 Ca 측정은 변을 도

가니에 넣어 600°C가 유지되는 전기로에서 회화시킨 후 질산용액을 넣어 2시간 정도 다시 회화시켜 완전히 분해한 후 HCl : 증류수(1 : 1)용액 15ml에 녹인 뒤 0.5% La₂O₃용액으로 희석하여 Atomic Absorption Spectrophotometer로 427nm에서 흡광도를 측정하여 Ca 정량을 하였다. 소변내 Ca 측정은 뇨를 0.5% La₂O₃로 희석하여 atomic absorption spectrophotometer로 427nm에서 흡광도를 측정하여 Ca 정량을 하였다.

통계분석

실험 결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 패키지 프로그램을 이용하여 분석하였으며, $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncun's multiple range test에 의하여 각 실험군당 평균치간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

식이섭취량, 체중증가, 식이효율 및 각 장기의 무게

실험식이를 섭취한 쥐에서 섬유소를 섭취하지 않은 군(IC)이나 pectin(IP) 혹은 난소화성 텍스트린을 섭취한 군(ID) 사이에 식이 섭취량은 통계적으로 유의한 차는 없었다. 김과 장(20)의 연구에서 섬유소 함유군에서 식이 섭취량이 낮은 경향을 보였으며, Gordon(29)은 식이 섬유질 성분 중 soluble dietary fiber가 gastric emptying rate를 늦추고, insoluble dietary fiber가 위에서 bulking effect를 주어, 결과적으로 위에서 포만감을 빨리 느끼게 해주며, 그 포만감을 오래 지속시켜 식사량을 감소시킬 수 있다고 한다. 그러나 본 실험에서는 난소화성 텍스트린을 섭취한 군의 식사량이 약간 많음을 알 수 있다. 이는 난소화성 텍스트린이 다른 섬유소 보다는 소화율이 높아 단맛이 더 높기 때문으로 사료된다(Table 2). 체중 증가량에서는 IC, IP, ID군간 유의적 차이가 없음을 알 수 있었다. 식이 효율은 실험 전기간 동안의

Table 2. Food intakes of the rats fed experimental diets

Period(week)	IC	IP	ID
1st	57.1 ± 8.5 ¹⁾	58.7 ± 6.9	58.4 ± 11.4
2nd	89.7 ± 9.4	98.1 ± 16.1	99.9 ± 12.7
3rd	97.8 ± 16.2 ^{ab}	90.8 ± 11.9 ^b	112.1 ± 11.4 ^a
4th	105.1 ± 12.7	117.3 ± 15.9	121.1 ± 9.0
5th	110.5 ± 11.2	106.4 ± 7.1	110.9 ± 20.5
6th	100.6 ± 11.8	109.9 ± 22.6	116.6 ± 9.0
Total	560.8 ± 51.84	581.2 ± 56.67	619.1 ± 55.40

¹⁾Values are mean ± SD of 8 animal

^{ab}Same letters in a row are not significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

See the Table 1 for the abbreviations

Table 3. Body weight gain of the rats fed experimental diets

(g)

Period(week)	IC	IP	ID
Initial	81.4± 7.5 ¹⁾	81.7± 7.9	81.6± 7.6
1st	102.3± 9.4	109.9±17.5	109.4±22.4
2nd	136.3±15.2	130.3±12.8	143.6±36.3
3rd	162.4±23.5	165.7±28.9	176.0±29.8
4th	214.7±28.4	233.6±27.7	242.5±42.6
5th	265.7±23.5	265.2±14.3	284.9±43.8
6th	297.4±34.2	303.6±40.2	329.4±40.4
FER	0.383±0.028	0.379±0.053	0.399±0.029

¹⁾Values are mean±SD of 8 animals
 FER=weight gain/food intake
 See the Table 1 for the abbreviations

Table 4. Liver, spleen, kidney and epididymal fat pads weights of the rats fed experimental diets (g/100gB.W.)

	IC	IP	ID
Liver	3.32±0.26 ¹⁾	2.84±0.30	3.34±0.25
Spleen	0.22±0.02	0.21±0.02	0.20±0.02
Kidney	0.66±0.08	0.71±0.03	0.66±0.04
Epididymal fat	1.52±0.34	1.44±0.19	1.49±0.33

¹⁾Values are mean±SD of 8 animals
 See the Table 1 for the abbreviations

Table 5. Cecum, large intestinal weight and length, feces weight and transit time of the rats fed experimental diets

	IC	IP	ID
Cecum(g/100gBW)	0.72±0.096 ^{a1)}	0.76±0.159 ^a	1.20±0.31 ^b
Washing cecum wt.(g/100gBW)	0.28±0.075 ^a	0.35±0.067 ^b	0.33±0.05 ^b
Large intestine wt.(g/100gBW)	0.44±0.056	0.55±0.1897	0.46±0.12
Large intestine length(cm/100gBW)	4.44±0.577	4.81±0.654	4.20±0.53
Feces wt.(g)	2.16±0.48	2.40±1.12	2.35±0.31
Transit time(minute)	664.75±159.62	591.43±129.61	713.87±193.73

¹⁾Values are mean±SD of 8 animals
^{a,b}Same letters in a row are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test
 See the Table 1 for the abbreviations

체중 증가량을 같은 기간 동안에 섭취한 식이 섭취량으로 나누어 산출하였다. 식이 효율도 세균 간에 유의적 차이는 없으나, ID군에서 약간 높은 경향을 보였다(Table 3). 또한 각군 간에 간, 비장, 콩팥 무게의 유의적 차이는 없었으나, 간의 무게는 IP군이 가장 적었다. 부고환 지방의 무게도 통계적인 유의적 차이는 없었으나, IP군이 가장 적었고 ID군은 IC군 보다 적은 경향을 보였다(Table 4). 환과 환(8)의 실험에서는 식이섭유를 첨가하였을 때 부고환지방의 세포수와 세포 크기가 유의적으로 줄었다. 본 실험에서 유의적인 차를 보이지 않은 것은 실험조건의 차이나 실험쥐의 연령의 차이로 기인된 것이 아닌가 생각된다.

맹장, 대장의 무게 및 대장의 길이, 대변량, 장통과 시간

섭유소가 장기능에 어떠한 영향을 미쳤는지 알기

위하여 맹장의 무게를 측정하여 본 결과(Table 5) IC나 IP군과는 달리 ID군이 유의적으로 무겁게 나타났는데 맹장의 무게 증가는 맹장내에 세균의 증식을 의미하며, 이 세균에 의해 소화 흡수되지 않은 난소화성 다당류가 short chain fatty acid로 변화하여 체내로 흡수되어 콜레스테롤이나 혈당을 저하시키는 작용을 하는 것으로 알려졌다(30-32). 수세한 맹장의 무게도 섬유소를 섭취하지 않은 IC군 보다는 pectin이나 난소화성 텍스트린이 첨가된 IP, ID군이 유의적으로 무겁게 나타났다. 이는 섬유소가 특히 난소화성 텍스트린이 맹장 세포를 증식시켜 나타나는 결과가 아닌가 생각된다.

대장의 무게는 IC, IP, ID군간에 유의적 차는 없었으나 IC군이 낮은 경향이었고 대장의 길이 역시 IC군이 낮은 경향을 보였고, IP군이 약간 길었다. 박(33), 김과 장(20)의 연구에서도 김, 미역 등의 섬유소 섭취군에서 대장의 길이가 길고 무겁게 나타났다. Jacobs와 Schneeman

(34)의 연구에서 밀기울 식이군에서 결장의 근육 두께가 증가된 것이 관찰되었으며, Paulini 등(35)의 연구에서는 fermentation이 잘 일어나지 않는 cellulose가 팽창성 효과가 커서 장관 근육층의 부담을 증가시킴으로 인해 장관벽 근육층의 두께가 유의적으로 두꺼웠다고 한다.

장 통과시간을 보면 통계적인 유의차는 없었으나 IP군이 가장 빨랐다. 따라서 대장내에서 변의 장 통과 시간을 줄이는데는 난소화성 텍스트린이 별 효과가 없는 것으로 나타났다. 식이섬유질 섭취량이 증가할수록 장 통과시간이 감소하였으며 대변량과 장 통과시간 간에 linear relationship를 나타내었다는 보고나(36), 난소화성 텍스트린이 분변 배설시간을 단축시킨다는 Nomura 등의 보고(37)는 본 실험의 결과와 상이하였으므로 섬유소의 투여용량 및 투여방법, 시기 등 보다 상세한 검토가 필요하다고 본다. 배설된 변의 양을 측정하여 본 결과 유의적 차이는 없으나, IP군과 ID군에서 대변량이 증가하였다. 이는 선행되었던 왕과 윤의 연구(38)서도 같은 결과를 나타냈었다. 대변의 무게는 대장내 발효 후 수분 보유력에 따른 차이로 pectin의 경우 수분 보유력은 α -cellulose에 비해 높았으나 발효 후의 수분 보유력은 α -cellulose에 비해 낮아져 대변무게가 적게 증가되었다고 한다(39,40). 그러므로 pectin을 첨가한 IP군과 난소화성 텍스트린을 첨가한 ID군의 대변량 증가 정도가 비슷하게 나타난 것은 대장내 발효 후의 수분 보유력이 비슷한 결과인 것으로 보인다.

혈청내 총지방 및 중성지방, 콜레스테롤 함량

난소화성 텍스트린이 혈청 지질에 준 영향을 검토해 본 결과(Table 6) 혈청 지질 총량은 통계적 유의차는 없었으나 섬유소가 없는 식이군인 IC군이 가장 높았으며 그 다음이 ID군, IP군 순이었다. 장의 보고(41)에 의하면 cellulose와 polydextrose 그리고 carrageenan을 각각 4주간 급여한 군에서도 혈청 총 지질의 차이는 없었으나 장기 급여시(8주간)에는 각군간의 차이가 있었다고 보고한 바, 본 실험(6주)을 보다 장기화했을 경우는 통계적 유의차가 나타날 가능성이 높다고 보여진

다. 혈청내 중성지방(TG)을 측정해 본 결과 역시 IC군이 가장 높았으며, ID군이 가장 낮음을 알 수 있었다. 또한 혈청내 콜레스테롤치도 IC군이 가장 높았으며 IP군, ID군 순으로서 혈청 지질의 결과를 종합해 볼 때 난소화성 다당류를 전혀 섭취하지 않은 IC군 경우 pectin이나 난소화성 텍스트린을 섭취한 군 보다 혈청 지질이 전반적으로 높게 나타나 고지혈증이나 동맥경화 등 순환기계 질환의 위험성이 더 커질 것으로 사료된다. 난소화성 텍스트린이나 pectin 등 수용성 식이섬유의 혈청 지질 저하 효과는 두가지로 크게 나누어 생각할 수 있는데, 하나는 식이 중 지질 흡수 저해와 배설의 증가이고 다른 하나는 체내 지방의 합성의 저해이다. 본 실험에서 지방의 급원은 옥수수유와 우지를 사용했기 때문에 식이 중에 중성지방과 콜레스테롤 함량도 상당한 부분이 있었을 것이며 또한 체내 합성되는 양도 있었을 것이다. 특히 콜레스테롤의 증가는 동맥경화 등 순환기계 질환의 주원인 중의 하나이며 식이외에 체내에서 합성되는 양도 간과할 수 없는데 Arjmandi 등(42)의 보고에 의하면 수용성 식이섬유가 장내에서 발효되어 propionate 등의 short chain fatty acid가 형성되면 이것이 생체내에서 흡수되어 간에서 HMG-CoA synthetase를 저해시켜 콜레스테롤 등의 합성을 방해하고 혈청 콜레스테롤도 저하된다고 하였는데 본 실험에서는 IC군에 비해 ID, IP군이 값이 낮았다는 것에 일부 기인하지 않았나 생각된다. Nomura 등(43)의 보고에 의하면 고지혈증을 가진 쥐에서는 콜레스테롤이나 중성지방 등의 감소 효과가 뚜렷하게 나타났으므로 일상적인 상태 보다는 병적인 상태에서 보다 그 개선 효과가 뚜렷이 나타날 것으로 기대된다.

지방과 Ca 흡수율

지방 흡수율은 대사장에서 3일간의 지방 섭취량과 같은 기간의 변으로 배설된 지방량의 차이를 지방섭취량으로 나누어 산출하였다(Table 7). 지방 흡수율은 IC군에 비해 IP군이나 ID군이 낮게 나타났다. Pectin이나 난소화성 텍스트린의 첨가가 지방을 흡수단계에서 저하시키는 기전인(44-46) 직접 지방입자를 둘러싸

Table 6. The concentration of serum lipids of rats fed experimental diets (mg/100ml)

	IC	IP	ID
Cholesterol	88.96 ± 19.34 ¹⁾	79.56 ± 9.05	77.79 ± 17.99
Total lipid	540.74 ± 48.92	505.16 ± 31.38	523.31 ± 40.39
Triglyceride	305.21 ± 70.27	255.98 ± 61.07	219.01 ± 79.17

¹⁾Values are mean ± SD of 8 animals

²⁾See the Table 1 for the abbreviations

Table 7. Lipid absorption ratio of rats fed experimental diets

	IC	IP	ID
Lipid intake(g/day)	6.63 ± 1.31 ¹⁾	6.96 ± 0.86	6.14 ± 2.53
Fecal lipid(mg/day)	56.8 ± 21.2 ^a	100.7 ± 23.7 ^b	76.3 ± 16.9 ^{ab}
Lipid absorption(%)	99.2 ± 0.25	98.6 ± 0.22	98.8 ± 0.24

¹⁾Values are mean ± SD of 8 animals

^{ab}Same letters in a row are not significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test

Lipid absorption = (lipid intake - total feces lipid) / lipid intake × 100

See the Table 1 for the abbreviations

Table 8. Ca absorption and excretion ratio of rats fed experimental diets

	IC	IP	ID
Ca intake(mg/day)	24.12 ± 4.80 ^{ab1)}	21.10 ± 6.14 ^b	29.37 ± 4.78 ^a
Urinary Ca excretion(mg/day)	0.13 ± 0.07 ^a	0.16 ± 0.19 ^a	0.42 ± 0.29 ^b
Fecal Ca excretion(mg/day)	10.08 ± 1.81	11.94 ± 7.16	11.80 ± 3.11
Ca retention(%)	56.79 ± 8.63	46.68 ± 21.45	57.97 ± 11.09
Ca absorption(%)	57.34 ± 8.53 ^{ab}	47.37 ± 21.22 ^a	59.37 ± 11.21 ^b

¹⁾Values are mean ± SD of 8 animals

^{ab}Same letters in a row are not significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test

Ca retention = (Ca intake - urinary Ca excretion - fecal Ca excretion) / Ca intake × 100

Ca absorption = (Ca intake - fecal Ca excretion) / Ca intake × 100

See the Table 1 for the abbreviations

장내 효소작용의 방해, 지방흡수 표면의 기능성 변화, micelle형성 방해 등으로 지방배설을 증가시키는 칼로리 컷 작용을 하는 것인지, 아니면 담즙산과 미리 결합하여 배설됨으로써 지방의 흡수가 저해되는 것인지 명확하지는 않으나, 지방의 흡수를 방해함으로써 고지혈증 환자나 동맥경화증 환자에게 pectin이나 난소화성 텍스트린의 섭취는 권장할만하다고 사료된다.

Ca은 Fe, Zn와 같이 섬유소의 섭취로 인해 장내 흡수에 영향을 받는다고 알려진 바(40) 식이내 5% 섬유소가 Ca 흡수에 미치는 영향을 알아보기 위해 Ca의 흡수율과 보유율을 측정해 보았다. Ca 흡수율은 대장에서 3일간의 Ca 섭취량과 같은 기간의 변으로 배설된 Ca량의 차이를 Ca 섭취량으로 나누어 산출하였다. Ca은 인체내에 다량 필요한 무기질로서 우리나라 사람이 가장 부족하기 쉬운 무기질 중 하나이다. 따라서 Ca의 흡수 정도를 측정해 보는 것은 섬유소가 무기질의 흡수를 방해하는지에 대한 대표적인 검색이 될 수 있다. Ca의 흡수율(Table 8)을 보면 난소화성 텍스트린은 control군에 비해 Ca의 흡수를 감소시키지 않았는데 pectin의 첨가는 Ca의 흡수를 10% 정도 감소시킨 것으로 나타났다. 식이 섬유질은 Ca과 결합되어 장내에서 불용성 물질을 형성하여 체외로 배설을 증가시키거나, cation exchange capacity에 의해 Ca 배설이 증가된다고 한다(47,48). 그러나 Nomura의 보고(25)에서는 난소화성 텍스트린은 세포막에서 금속이온의 확

산에 방해요인이 되지 않는다고 하였으며 세포막의 확산에는 viscosity가 관련이 있는 것으로 알려졌는데 본 실험에서도 점성이 큰 pectin은 Ca 장내 흡수를 감소시켜, 배설이 증가되는 현상을 보였다. 점성이 낮은 난소화성 텍스트린은 Ca의 흡수를 방해하지 않았다. Ca의 체내 보유율 역시 흡수율과 비슷한 결과로 나타나(Table 8) 난소화성 텍스트린 Ca의 흡수나 보유율을 저하시키지 않음을 알 수 있었다. 따라서 우리나라 사람에게 무기질의 흡수 측면에서 난소화성 텍스트린은 다른 섬유소 보다 유익할 것으로 보여진다.

요 약

본 연구는 기능성 식이섬유음료의 섬유급원인 난소화성 텍스트린의 장기능 및 혈청내 지질에 미치는 영향을 알아보기 위해 Sprague-Dawley(평균 체중 81g)의 흰쥐를 3군으로 나누어 control군으로 무섬유소 식이군(IC), 섬유소간의 비교를 위해 5% pectin군(IP), 5% 난소화성 텍스트린군(ID)으로 6주간 사육하였다. 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다. 식이 섭취량, 체중 증가량, 식이 효율은 식이간에 유의적 차이는 없었으나, 식이 섭취량이 높을수록 체중 증가량이 증가하였다. ID군이 식이 섭취량, 체중 증가량, 식이 효율이 약간 높은 경향을 보였다. 각군간의 간, 비장, 콩팥의 무게는 유의적 차이가 없었다. 부고환 지방의 무게도 유의적 차이

는 없었으나, IP군이 가장 적었고 ID군도 IC군 보다 적은 경향을 보였다. 맹장의 무게는 섬유소를 섭취하지 않은 IC군 보다 ID군에서 유의적으로($p < .05$) 무거웠으며, IP군도 IC군 보다는 무거운 경향을 나타내었다. 대장 무게와 길이도 ID군과 IP군이 IC군 보다 더 무겁고 긴 경향을 보였다. 배설된 변량은 ID군과 IP군이 IC군 보다 많은 경향을 보였으며, 장 통과시간은 IP군이 다른 군 보다 빠르게 나타났다. ID군에서는 차이가 없었다. 혈청 중 총 지질, 콜레스테롤, 중성지방은 모두 IC군에서 높아 pectin이나 난소화성 텍스트린이 고지혈증을 개선시키는데 도움이 될 것으로 생각된다. 변내 지방 함량은 IP군이 가장 많았고($p < .05$), ID군도 유의적이지는 않으나 IC군 보다는 많아서 지방의 흡수율이 IC군 보다 낮은 경향을 보였다. Ca의 흡수율은 IP군이 가장 낮았고($p < .05$), ID군과 IC군과는 별 차이가 없었다. 따라서 이러한 결과는 식이음료 중의 난소화성 텍스트린이 장 통과시간에는 영향을 주지 않으나 전반적인 장기능을 증진시키고, Ca의 흡수를 방해하지 않고 지방의 흡수를 감소시켜 체내 지방대사에 다소 영향을 미칠 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 1995년 현대약품 연구비에 의한 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Wakabayashi, S. : The effects of indigestible dextrin on suger tolerance. I. Studies on digestion absorption and suger tolerance[Japanese]. *Nippon Naibunpi Gakkai ZasshiFolia Endocrinologica Japonica*, **68**, 623(1992)
2. Jensen, C. D., Spiller, G. A., Gates, J. E., Miller, A. F. and Whittam, J. H. : The effect of acacia gum and a water-soluble dietary fiber mixture on blood lipids in humans. *J. Am. Col. Nutr.*, **12**, 147(1993)
3. Haskell, W. L., Spiller, G. A., Jensen, C. D., Ellis, B. K. and Gates, J. E. : Role of water-soluble dietary fiber in the management of elevated plasma cholesterol in healthy subjects. *Am. J. Cardiology.*, **69**, 433(1992)
4. Jonnalagadda, S. S., Thye, F. W. and Robertson, J. L. : Plasma and total lipoprotein cholesterol, liver cholesterol and fecal cholesterol excretion. *Am. J. Clin. Nutr.*, **123**, 1377(1993)
5. Anderson, J. W., Smith, B. M. and Gustafson, N. J. : Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, **59**, 1242(1994)
6. Glore, S. R., Van, Treeck, D., Knehans, A. W. and Guild, M. : Soluble fiber and serum lipids. *J. Am. Diet. Assoc.*, **94**, 425(1994)
7. Anderson, J. W., Jones, A. E. and Riddell-Mason, S. : Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol fed rats. *J. Nutr.*, **124**, 78(1994)
8. 한정순, 한용봉 : 고지방식이 및 식이섬유가 흰쥐의 정소상체 지방조직의 지방세포에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **27**, 118(1994)
9. Cummins, J. H., Hill, M. J., Jenkins, O. J., Pearson, J. R. and Wiggling, H. S. : Changes in composition and colonic function due to cereal fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, **24**, 1474(1976)
10. Burkitt, D. P., Walker, A. R. P. and Painter, N. S. : Effect of dietary fiber on stools and transit-times, and its role in the causation of disease. *Lancet*, **2**, 1408(1972)
11. Burkitt, D. P., Walker, A. R. P. and Painter, N. S. : Dietary fiber and disease. *J. Am. Med. Assoc.*, **229**, 1068(1974)
12. Anderson, J. W., Garrity, T. F., Wood, C. L., Whitis, S. E., Smith, B. M. and Oeltgen, P. R. : Prospective, randomized, controlled comparison of the effects of low-fat and low-fat plus high-fiber diets on serum lipid concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.*, **56**, 887(1992)
13. Clevidence, B. A., Judd, J. T., Schatzkin, A., Muesing, R. A., Campbell, W. S., Brown, C. C. and Taylor, P. R. : Plasma lipid and lipoprotein concentrations of men consuming a low-fat, high-fiber diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, 689(1992)
14. Fraser, G. E. : Diet and coronary heart disease : Beyond dietary fats and low-density-lipoprotein cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.*, **59**, 117(1994)
15. Hunninghake, D. B., Miller, V. T., Larosa, J. C., Kinosian, B., Brown, V., Howard, W. J., Diserio, F. J. and O'Connor, R. R. : Hypocholesterolemic effects of a dietary fiber supplement. *Am. J. Clin. Nutr.*, **59**, 1050(1994)
16. 최면, 태원찬, 김중대 : 식이섬유의 종류가 자연적 고혈압 유발 백서의 혈압의 변화 및 Na 흡수에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **24**, 40(1991)
17. Kestin, M., Moss, R., Clifton, P. M. and Nestel, P. J. : Comparative effects of three cereal brans on plasma lipids, blood pressure, and glucose metabolism in mildly hypercholesterolemic men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **52**, 661(1990)
18. 이상선, 김미경 : 대장기능과 섬유질 섭취와의 상관성에 대한 단면적 조사연구. *한국영양학회지*, **26**, 1085(1993)
19. Harmuth-Hoene, A. E. and Schelenz, R. : Effect of dietary fiber on mineral absorption in growing rats. *J. Nutr.*, **110**, 1774(1980)
20. 김상연, 장유경 : 식이중 gua gum과 calcium 보충이 흰쥐의 체내 영양소 이용률 미치는 영향. *한국영양학회지*, **26**, 21(1993)
21. Gordon, D. T. : Total dietary fiber and mineral absorption. *Kor. J. Nutr.*, **25**, 429(1992)
22. 이혜성, 이연경, 서영주 : 한국인의 식이섬유 섭취상태의 연차적 추이(1969-1990). *한국영양학회지*, **27**, 59(1994)
23. Wakabayashi, S., Satouchi, M., Ueda, Y. and Ohkuma, K. : Acute toxicity and mutagenicity studies of indigestible dextrin and its effect on bowel movement of the rat. *J. Jpn. Food Hygiene*, **33**, 557(1992)
24. 농축산신문 : 한국 식품 연감. p.451(1994)

25. Nomura, M., Ohashi, M., Nishigawa, T., Kubota, M., Ohkuma, K., Nakajima, Y. and Abe, H. : Effects of dietary fibers on the diffusion of glucose and metal ions through cellulose membrane. *Jpn. J. Clin. Nutr.*, **13**, 141(1992)
26. Folch, J., Less, M. and Sloanstanley, G. H. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497(1957)
27. Biggs, H. G., Erickson, J. M. and Moorehead, W. R. : A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clin. Chem.*, **21**, 437(1975)
28. Zak, M. : Total and free cholesterol in standard method of clinical chemistry. N. Y., Acad. Emic Press Inc., p.79(1968)
29. Gordon, T. D. : The importance of dietary fiber in human nutrition and hearth. *Kor. J. Nutr.*, **25**, 75(1992)
30. Vahouny, G. V. : Dietary fiber, lipid metabolism and atherosclerosis. *Fed. Proc.*, **41**, 2801(1986)
31. Paulini, I., Mehta, T. and Hargis, A. : Intestinal structural changes in African Green Monkeys after long term Psyllium or cellulose feeding. *J. Nutr.*, **117**, 253(1987)
32. Cummings, J. H. and Hill, M. J. : Changes in fecal composition and colonic function due to cereal fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 1468(1976)
33. 박정원 : 식이섬유질의 종류와 함량이 장의 기능과 형태에 미치는 영향. 한양대학교 석사학위논문(1992)
34. Jacobs, L. R. and Schneeman, B. O. : Effects of dietary wheat bran on rat colonic structure and mucosal cell growth. *J. Nutr.*, **111**, 798(1981)
35. Paulini, I., Mehta, T. and Hargis, A. : Intestinal structural changes in Africa Green Monkeys after long term psyllium or cellulose feeding. *J. Nutr.*, **117**, 253(1987)
36. Eastwood, M. A., Elton, R. A. and Smith, J. H. : Long-term effort of whole meal bread on stool weight, transit time, fecal bile acids, fats and neutral sterols. *Am. J. Clin. Nutr.*, **43**, 343(1986)
37. Nomura, M., Nakajima, Y. and Abe, H. : Effect of long-term administration of indigestible dextrin as soluble dietary fiber on lipid and glucose metabolism. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **45**, 21(1992)
38. 왕수경, 윤은영 : 식이섬유인 pectin, cellulose, indigestible dextrin이 지질대사에 미치는 영향. 자연과학(대전대학교 자연과학연구소), **5**, 155(1994)
39. Hillman, L., Peters, S., Fisher, A. and Pomare, E. W. : Differing effects of pectin, cellulose and lignin on stool PH, transit time and weight. *Br. J. Nutr.*, **50**, 189(1983)
40. Cummings, J. H., Southgate, D. A. T., Branch, W. J., Wiggins, H. S., Houston, H. and Jenkins, D. J. A. : The digestion of pectin in the human gut and its effect on calcium absorption and large bowel function. *Br. J. Nutr.*, **41**, 477(1979)
41. 장수정 : 식이섬유의 종류와 섭취수준이 고지방식을 섭취한 흰쥐의 체내 지질대사에 미치는 효과. 서울대학교 석사학위논문(1994)
42. Arjmandi, B. H., Ahn, J., Nathani, S. and Reeves, R. D. : Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. *J. Nutr.*, **122**, 246(1992)
43. Nomura, M., Nakajima, Y. and Abe, H. : Effect of long-term administration of indigestible dextrin as soluble dietary fiber on lipid and glucose metabolism. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **45**, 21(1992)
44. Anderson, J. W. and Chen, W. J. : Plant fiber, carbohydrate and lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 346(1979)
45. Kay, R. M. and Truswell, A. S. : Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **30**, 171(1977)
46. Gallaher, D. and Schneeman, B. O. : Intestinal interaction of bile acids, phospholipids, dietary fibers and cholestyramine. *Am. Physiol. Soc.*, **250**, G420(1986)
47. Tizzani, A., Caseta, G., Piana, P. and Vercelli, D. : Wheat bran in the selective therapy of absorptive hypercalciuria ; A study performed on 18 lithiasic patient. *J. Urology*, **142**, 1018(1989)
48. Slavin, J. L. and Marlett, J. A. : Influence of refined cellulose on human bowel function and calcium and magnesium balance. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1932(1980)

(1996년 4월 20일 접수)