韓國營養學會誌 30(5) : 465~477, 1997

알긴산과 셀룰로오스 및 펙틴 수준이 흰쥐의 대장기능에 미치는 영향*

이 형 자 · 황 은 희

원광대학교 가정대학 식품영양학과

Effects of Alginic Acid, Cellulose and Pectin Level on Bowel Function in Rats

Lee, Hyoung Ja · Hwang, Eun Hee

Department of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan, Korea

ABSTRACT

The purpose of this article is to know the effects on bowel function of the kind of fiber and the amount of fiber in SD-rats. To do this experiment, we select of α-cellulose as an insoluble cellulose source and alginic acid and pectin as soluble cellulose source. The rats diets contained callolose camcentrations of 1.0%, 3.6%, 6.0% and 10.0%. After that, we raised the SD-rats for 4weeks and measured the amount of food intake, body weight, the food efficiency ratio, the length of liver and stomach the weight of the intestines, the transit time through the intestines, pH in feces, and the amount of bile acid and Ca, Mg, P.

1) The amount of food intake was 15.75 – 31.00g/day. It was highest in the 10.0% cellulose group and the lowest in the 3.6% and 6.0% alginic acid group($p<0.05$). The body weights of rats were 277.50 – 349.809. It was highest in the 1.0% pectin group and lowest in the 3.6% alginic acid group, 6.0% cellulose group, and 10.0% pectin group. It had differences according to the content fiber and the kind of dietary($p<0.01$). The food efficiency ratio was 0.17 – 0.31 and there were significant differences according to content and the kind of dietary fiber($p<0.01$). The higher the content of dietary fiber, the lower the calory and the food efficiency ratio.

2) Transit time was 446.0 – 775.0 minutes and it showed significant differences according to the content and kind of dietary fiber($p<0.01$). It was long in the 1.0% cellulose group and 1.0% pectin group but short in the 10.0% alginic acid group. As the content of dietary fiber increased, the transit time through the intestines was shortened. The length of small intestine was 101.03 – 120.40cm and there were no difference cegardloss of the content and kind of fiber. The length of the large intestine was 20.92 – 25.42cm and there were significant differences according to the content and kind of the fiber. High-fiber diets resulted in increases in the length of the large intestine.

3) The weight of the liver was 8.68 – 10.96g and there were no differences according to the content and kind of fiber. The weight of stomach was 1.28 – 1.74g and there were no differences resulting from the kind of dietary fiber, but it was highest in the 10.0% alginic acid group. The weight of the small intestine was 5.52 – 8.04g with no difference resulting from to the kind of fiber. It was highest in the 10.0% the alginic acid group and lowest in the 1.0%

채택일 : 1997년 2월 17일

*이 논문은'96학년도 원광대학교 교비지원'에 의해서 연구됨.

© 1997 The Korean Nutrition Society

alginic acid group($p<0.05$). The weight of large intestine was 2.50 – 3.30g with no differences related to the kind of dietary fiber. It was heaviest in the 6.0% and 10.0% alginic acid groups and in the 10.0% pectin group with differences related to the content of fiber($p<0.05$).

4) The pH of the feces was 5.82 – 6.86 according to the kind of dietary fiber, alginic acid group was high at 6.66, the cellulose group was 6.26. but the pectin group was low at 6.30. There were differences according to the content of fiber, but no consistency. The content of bile acid was 6.25 – 34.77μmol per 1g of dry feces. According to the kind of dietary fiber, the alginic acid group was low at 12.91μmol, cellulose group was 18.64μmol and, the pectin group was the highest at 27.78μmol($p<0.001$). Based on the content of dietary fiber, alginic acid group was low at 1.0%, but high at 3.6% pectin group($p<0.001$).

5) The amount of feces was 1.00 – 5.10g/day. The weight of rat feces was 2.23g/day in the alginic acid group, 2.75g/day in the cellulose group, and 1.82g/day in the pectin group. According to the content of fiber, cellulose group was high at 10.0% but alginic acid group was 1.0%, and there were significant difference according to the dietary fiber. The more the content of fiber, the more increase the content of feces in alginic acid, cellulose and pectin group. The content of Ca in the feces was 80.10 – 207.82mg/1g of dry feces. In the dietary fiber, alginic acid group was 193.08mg, cellulose group was 87.5mg, pectin group was 138.16mg. In the content of fiber, alginic acid group was high at 1.0% and 3.6% but low at 10.0% of Pectin group. The content of Mg was 19.15 – 44.72mg/1g of dry feces.

According to the kind of dietary fiber, alginic acid group was 35.33mg, cellulose group was 23.60mg, and pectin was 36.93mg. According to the content of fiber, pectin group was high at 1.0% and low at 10.0% of cellulose group.

The content of P was 1.65 – 4.65mg/1g of dry feces. According to the kind of dietary fiber, alginic acid group 2.23mg/g dry feces, cellulose group was 2.29mg/g, pectin group was 4. 08mg/g dry feces.

In the content of fiber, pectin group was high at 6.0% and low at 6.0% alginic acid group, but there were significant difference among the analysis value. The content of Ca and Mg was higher in soluble alginic acid group and pectin group than in insoluble cellulose group.

The high the content of the dietary fiber, the lower the food efficiency ratio and the short the transit time through intestine with the increase of the length of large intestin as well as the higher level of the stomach, the small intestine and the large intestine. According to the content of the dietary fiber, the amount of the feces, Ca, Mg and P was increased but the length the small intestin, the weight of liver, pH of the feces and the amount of bile acid showed no differences and consistency. (*Korean J Nutrition* 30(5) : 465~477, 1997)

KEY WORDS : dietary fiber · alginic acid · α-cellulose · pectin · bowel function.

서 론

식사섬유소는 인체내에서 소화흡수되지 못하는 물질로 간주되어 소홀히 취급되어 오다가 최근 식사섬유소의 역할이 재평가되면서 식품영양학, 식품가공, 의학 등 여러 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

식사섬유소는 식물조직에 있는 다당류의 혼합물로 물리 화학적성질에 따라 불용성과 수용성으로 나누며, 불용성 식사섬유소는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌, 수용성 식사섬유소는 펙틴, 검류, 해조의 다당류 등이 있다[1)2)].

우리 나라에서 1969년부터 실시된 국민영양조사에서 식사섬유소 섭취량[3)]은 1969년에 24.40g, '79년에 19. 02g, '89년에 17.84g, '94년 국민영양조사[4)]에서는 조섬유소 섭취량으로 7.1g, 식사섬유소로 환산하면[3)] 17.1g으로써 점차 감소를 보이고 있으며 이는 우리 나라의 식사섬유소의 권장량인[5)] 20~25g에 못 미치는 수준이다.

식생활의 변화는 성인병과 질병발생에도 영향을 미쳐 이의 예방 및 치료식사로서 섬유소는 긍정적으로 받아들여지고 있다. 이와 관련된 우리나라의 연구로는 지질대사[6-11], 당뇨병[12][13], 무기질흡수율[14-18], 체내영양소 이용률[19], 장기능 등[20-25]에 대한 보고가 있다.

특히 식사섬유소는 전 소화기계의 기능과 구조에 영향을 주며, 최근 우리 나라에서도 대장질환의 발생이 증가하는 추세로서[26] 대장관련 연구로는 변담즙산 측정[6], 장내균총 조성[9], 변 무기질 함량[14-18], 장의 기능과 형태[17] 치질 상관성[22], 위암 및 대장암 유발[23], 대장내 효소활성[25] 등으로 구별해 볼 수 있다. 대장은 100여종 100조개 이상의 균들이 공생과 길항관계를 유지하며[27] 다양한 균총을 형성하고 식사양상에 따라 균총의 조성과 생성 분비물이 달라 숙주에 영향을 주게 된다. 섬유소의 장기능에 관한 연구들은 한가지 적정 수준을 정하여 섬유소 급원에 따른 차이를 비교하거나, 저 섬유소수준, 고 섬유소수준으로 구분하여 비교한 연구가 대부분이고, 섬유소 수준별 보고는 없으므로 본 실험에서는 수용성 식사섬유소로 알긴산과 펙틴, 불용성 식사섬유소로 α-cellulose를 택하여 대장기능에 미치는 영향을 알아 보았다.

수용성인 알긴산의 Na, 프로필렌 글리콜 에스테르형은 점성, 겔화성, 수화성, 보수성, 금속이온과의 반응성, 결착성, 필름형성성, 중금속 흡수억제, 콜레스테롤 저하 및 정장작용등을 갖는다[28]. 불용성인 셀룰로오스는 식품에 부피를 부여하여 인체의 장을 자극하고, 유동식품의 안정제, 습윤제, 현탁 촉진제 등으로 사용되고, 수용성 펙틴은 식물세포의 기계적 강도 및 세포간의 결합에 관계하며 채소나 과일 조직의 단단함 및 가공식품의 질감, 점조도 등에 큰 영향을 미친다[29].

이들 세가지 식사섬유소의 적정섭취량 산정에 자료를 제공하고자 선행연구들을 토대로 저 식사섬유소 수준으로 1.0%, 적합수준으로 3.6%와 6.0%, 높은 수준으로는 10.0%로 사료를 조제하고 Sprague-Dawly rat(SD-rat) 사육후 사료섭취량, 체중, 사료이용효율, 장 통과시간 및 장의 길이와 무게, 사료의 장 통과시간, 변량과 변의 pH, 무기질(Ca, Mg, P)양 등을 측정하여 분석한 그 결과를 보고 하고자 한다.

실험 재료 및 방법

1. 사료조제 및 동물사육

실험에 사용한 사료는 NAS-NRC 흰쥐 사양표준량에[30] 근거하여 정제된 원료를 사용하였으며 Table 1에 제시하였다. 식사섬유소는 저 수준으로 1.0%, 적정수준으로 3.6%, 6.0%, 높은 수준으로 10.0%가 되게 하였다.

비타민과 무기질은 AIN-76[31]을 근거하여 혼합하였고 열량은 사료 100g당 최대 10.4kcal~36.0kcal의 차이가 있다.

실험동물은 생후 4주된 SD-rat 수컷 72마리를 삼양배합사료로 1주일간 적응시킨 후 체중이 160±10g 정도의 SD-rat을 고르게 여섯 마리씩 12군으로 나누어 4주간 사육하였다. 사육실의 환경조건은 실내온도 24±1℃, 상대습도 60±10%를 유지하며 사료와 물은 제한없이 먹을 수 있도록 하였으며 사육에 사용된 기구는 1% 크

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg)

Dietary fiber	Alginic acid				Cellulose				Pectin			
Level(%)	1	3.6	6.0	10.0	1	3.6	6.0	10.0	1.0	3.6	6.0	10.0
Alginic acid	10	36	60	100	–	–	–	–	–	–	–	–
α-cellulose	–	–	–	–	10	36	60	100	–	–	–	–
Pectin	–	–	–	–	–	–	–	–	10	36	60	100
Cornstarch	455	429	405	365	455	429	405	365	455	429	405	365
Sucrose	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Casein	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Lard	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Corn oil	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Choline chloride	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Vit mix[1)]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Min mix[2)]	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
DL-Methionine	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Energy(kcal)	3830	3726	3630	3470	3830	3726	3630	3470	3830	3726	3630	3470

1) AIN-76 Vitamin mix(g/kg) : thiamin · HCl 0.6 ; riboflavin 0.6 ; pyridoxine · HCl 0.7 ; nicotinic acid 3 ; D-calcium pantothenate 1.6 ; folic acid 0.2 ; D-biotin 0.02 ; cyanocobalamine 0.001 ; retinyl palmitate 0.8(500,000IU/g) ; dl-α-tocopherol acetate 20(250IU/g) ; cholecalciferol 0.00025 ; menaquinone 0.005

2) AIN-76 Mineral mix(g/kg) : $CaHPO_4$ 500 ; NaCl 74,0 ; $K_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$ 220.0 ; K_2SO_4 52 ; MgO 24.0 ; $MnCO_3 \cdot 12H_2O$ 3.5 ; $C_6H_5O_7Fe \cdot 3H_2O$ 6.0 ; $ZnCO_3$ 1.6 ; $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2 \cdot H_2ZO$ 0.3 ; KIO_3 0.01 ; $Na_2SeO_3 \cdot 5H_2O$ 0.01 ; $CrK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, 0.55, sucrose 118

레졸로 소독한 후에 물로 세척하여 사용하였다.

2. 사료섭취량과 체중 및 사료이용효율

사료섭취량은 전날의 채워둔 사료 통의 무게에서 남은 사료의 무게를 뺀 값으로 계산하였고 체중측정은 사료섭취로 인한 일시적인 체중변화를 막기 위하여 측정하기 1시간 전에 사료를 제거한 후에 매주 같은 시간에 측정하였다.

사료이용효율(Food efficiency ratio, FER)은 다음과 같이 계산하였다.

$$F.E.R = \frac{\text{weight gain(g)}}{\text{food intake(g)}}$$

3. 시료 및 분석방법

1) 장 통과시간과 장의 길이

장 통과시간은 사육 2주 후에 12시간 절식시킨 후, 실험동물 1마리당 사료 2g에 10% brilliant blue dye 1ml첨가하여 섭취시킨 후 실험사료를 공급하였고, 그 후 푸른색 변이 나오는 처음 시간으로 하였다[32].

실험동물을 4주동안 사육하고 12시간 절식 시킨 후 도체 하여 소장, 대장을 적출한 후 장기에 붙어있는 지방을 제거하고 장내용물을 제거 한후 소장과 대장의 길이를 측정하였다.

2) 간과 위 및 장의 무게

실험동물을 도체 하여 간, 위와 소장 및 대장을 적출한 후 장기에 붙어있는 지방을 제거하고 장내용물을 제거한 후 생리식염수로 세척하여 여과지로 여분의 수분을 제거한 뒤 무게를 측정하였다.

3) 변 분석

(1) 변의 pH 및 담즙산

사육 4주후의 변 일정 양을 수거하여 -50℃, 70mmHg에서 항량이 될 때까지 감압 냉동 건조(Thermovac, USA)시켜 -40℃에서 보관하면서, 사용시에는 70℃ dry oven에서 24시간 건조, 분쇄하여 시료로 이용하였다.

pH는 시료의 10배의 증류수를 가하여 균질화 시킨 후 원심분리하여 상층액의 pH를 측정하였다.

담즙산은 Miettinen등[33]의 방법을 이용하여 마른 변 1g에 90% ethanol 20ml, 1N NaOH 10ml 비등석을 넣어 1시간 동안 환류하여 검화시킨 다음 냉각한 후 증류수 5ml와 petroleum ether 25ml 넣어 추출하고 원심분리(1000×g, 10min)하여 침전물을 제거한 상층액을 담즙산 효소 시약(極東製藥, 日本)으로 측정하였다.

상층액 0.2ml와 효소시액 2ml를 섞어서 37℃에서 10분간 반응시킨 후 반응 정지액 0.5ml을 넣고 540nm에서 흡광도를 측정하였으며 분변중의 담즙산 량은 μmol/g fecal dry wt로 계산하였다.

(2) 변량과 Ca, Mg 및 P 분석

각 실험동물의 변양은 넷째 주 일주일동안 매일 수거하여 측정하였다.

변의 Ca, Mg 분석은 시료 1g을 취하여 혼합액(HNO_3 : $HClO_4$=2 : 1) 2ml를 가하여 깔때기를 시험관에 꽂고 70~80℃에서 48시간 가열한 후 85℃에서 30분간 중탕시켜 3차 증류수 20ml로 정용한 것을 1ml 취하여 Atomic Absorption Spectrophotometer로 0.5nm slit로 422.7nm 파장에서, Mg은 0.5nm slit로 285.2nm 파장에서 흡광도를 측정하여 정량 하였다.

변의 P은 용액 1ml을 25ml mass flask에 취한 후 5% 몰리브덴산 암모늄($(NH_4)_6MO_7O_{24} \cdot 4H_2O$) 용액 2ml을 넣고 수분간 방치한 후, 0.5% 하이드로 퀴논($C_6H_6O_2$), 10% 아황산나트륨(Na_2SO_3)을 각각 2ml 첨가한 다음 증류수를 사용하여 25ml로 정용하였다. 30분간 방치한 후 650nm에서 측정하였다[35].

4. 통계처리

실험결과의 통계처리는 personal computer용 SAS Program을 이용하여 ANOVA를 산출하였고, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test($p<0.05$)를 사용하였다.

실험결과 및 고찰

1. 사료섭취량과 체중 및 사료이용효율

실험기간 동안 각 군의 사료섭취량, 체중 및 사료이용효율은 Table 2과 같다.

사료섭취량은 15.75~31.00g/day 수준으로 식사섬유소 함량에 따라서 알긴산군은 15.75~22.90g/day이며 셀룰로오스군은 21.92~31.00g/day이고 펙틴군은 20.25~23.75g/day으로 함량별 차이를 보이지 않았다. 알긴산군과 셀룰로오스 함량이 높은 군에서 섭취량이 많았다.

마지막 체중은 277.50~349.80g 수준으로 함량에 따라 차이가 있었다($p<0.01$). 알긴산군은 277.50~335.00g, 셀룰로오스군은 284.60~316.75g, 펙틴군은 280.75~349.80g이였다.

사료이용효율은 0.17~0.31수준으로 알긴산군은 평균 0.20~0.30, 셀룰로오스군은 0.17~0.24, 펙틴군은 0.19~ 0.31이었다.

2. 사료의 장 통과시간과 장의 길이

사료섭취량에 따른 장 통과시간과 소장 및 대장의 길이는 Table 3와 Fig. 1, 2, 3과 같다.

식사섬유소를 섭취한후 SD-rat의 장 통과시간(Table 3, Fig. 1)은 세식사섬유소 종류별 평균값은 알긴산군이 571.62분, 셀룰로오스군은 691.75분, 펙틴군은 644.25분으로 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 각 실험군의 사료의 장 통과시간은 446.0~755.0분의 범위로서 식사섬유소 함량이 높을수록 장 통과시간은 짧아지는 유의성을 보였다($p<0.05$). 특히 알긴산군에서 가장 짧았던것은 셀룰로오스군과 펙틴군보다도 쉽게 수분을 보유하기 때문으로 생각되며 불용성 셀룰로오스보다 수용성

Table 2. Food intake, body weight and food efficiency ratio by feeding level of dietary fiber in rats

Group	Food intake	Body weight		FER
	g	Initial(g)	Final(g)	
Alginic acid				
(%)				
1.0	22.50±3.31[1)ab2)]	163.00±4.76[N.S]	335.00±23.80[b]	0.30±0.04[ab]
3.6	15.75±4.78[b]	162.25±4.50	277.50±12.58[d]	0.27±0.04[bc]
6.0	19.25±6.34[b]	165.20±4.81	297.00±27.74[cd]	0.23±0.30[cde]
10.0	22.90±6.88[ab]	166.00±3.80	296.80±11.36[cd]	0.20±0.01[def]
Cellulose				
1.0	21.92±5.72[ab]	166.00±4.54	305.75±07.58[cd]	0.24±0.00[cde]
3.6	23.67±4.65[ab]	162.25±3.30	316.75±14.22[bc]	0.23±0.03[cde]
6.0	22.35±5.77[ab]	166.40±4.03	284.60±15.15[d]	0.19±0.01[ef]
10.0	31.00±7.78[a]	164.00±3.91	301.75±02.75[cd]	0.17±0.01[ef]
Pectin				
1.0	23.75±5.18[ab]	165.60±3.78	349.80±24.74[a]	0.31±0.03[a]
3.6	23.07±4.28[ab]	164.80±3.76	307.00±24.39[cd]	0.25±0.05[cd]
6.0	23.12±5.48[ab]	163.00±3.83	303.75±25.61[cd]	0.22±0.02[cde]
10.0	20.25±5.90[ab]	166.25±4.11	280.75±02.21[d]	0.19±0.01[ef]
F-value	1.58	0.63	5.83**	7.91**

1) Mean±S.D
2) Values with different superscripts are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test
** : $p<0.01$

Table 3. Transit time, lengths of small and large intestine by feeding level of dietary fiber in rats

Group		Transit time(min)	Small intestine(cm)	Large intestine(cm)
Alginic acid	(%)			
	1.0	628.50±30.40[1)ab2)]	110.37±07.61[N.S]	21.58±1.63[b]
	3.6	615.00±77.78[abc]	111.32±08.31	22.76±2.84[ab]
	6.0	597.00±25.40[abc]	111.48±10.01	23.16±2.16[ab]
	10.0	446.00±12.62[c]	116.06±10.52	25.42±2.46[a]
Cellulose				
	1.0	730.00±98.99[a]	101.03±11.82	20.92±1.42[b]
	3.6	690.00±14.14[ab]	108.60±07.69	21.16±2.41[b]
	6.0	685.00±35.35[ab]	111.94±08.48	21.18±3.80[b]
	10.0	662.00±31.11[ab]	114.20±11.31	22.60±2.38[ab]
Pectin				
	1.0	775.00±35.35[a]	103.57±39.88	21.87±0.78[b]
	3.6	670.00±15.55[ab]	108.64±10.42	22.34±2.46[ab]
	6.0	599.50±07.07[abc]	109.55±07.52	23.26±2.16[ab]
	10.0	532.50±74.24[bc]	120.40±13.65	24.16±3.70[ab]
F-value		2.84*	0.59	1.62

1) Mean±S.D
Values with different superscripts are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test
* : $p<0.05$

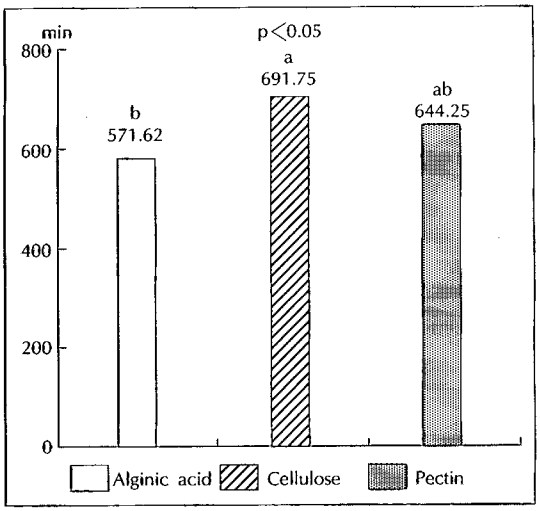

Fig. 1. Transit time of dietary fiber groups in rats.

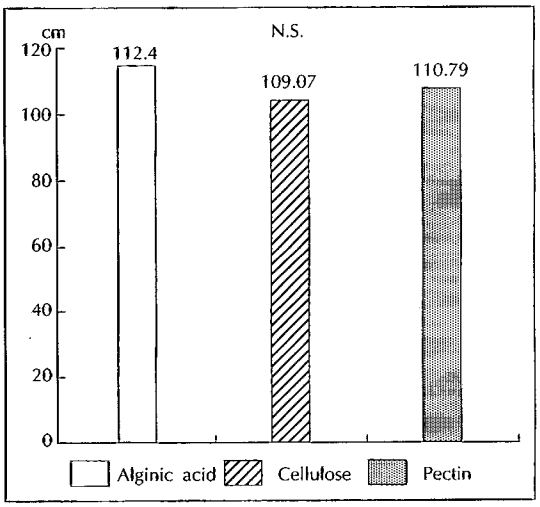

Fig. 2. Lengths of small intestine of dietary fiber groups in rats.

섬유소의 장 통과시간이 짧았다는 보고[24]와 같았다.

식사섬유소의 섭취시 음식물의 장 통과시간이 짧아지는 원인으로 Spiller등[36]은 cellulose, guar gum 5% 첨가 사료를 흰쥐에게 공급했을 때 무섬유소 식사군에 비해 장 통과시간이 감소했다는 보고에서 식사섬유소의 수분 보유력이 증가함에 따라 장내용물의 부피와 점성을 증가시켜 대장의 운동을 자극하였기 때문이라고 하였다.

정상인에게 하루에 16g의 섬유소와 밀기울을 4주간 공급했을 때 변량은 증가하였으나 장 통과시간에는 유의적인 변화가 없었다고 하였다[37]. 박[24]의 연구에서 식사섬유소 섭취량이 많을 수록 장내체류시간이 단축되었고, 채소군 보다 해조류군이 장내 체류시간이 짧다고 하였는데 본 실험에서도 알긴산군의 경우가 짧아 이 결과와 유사하였다.

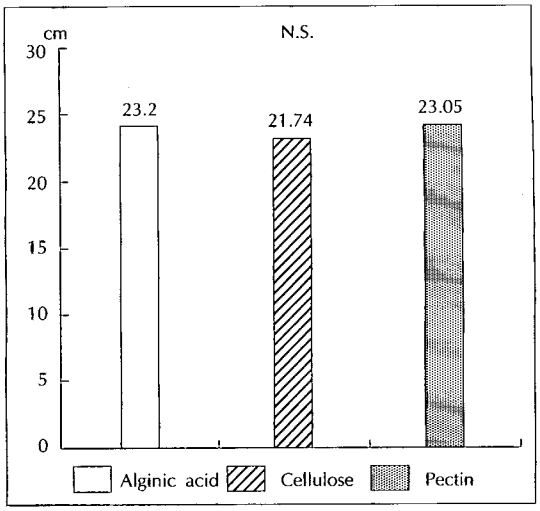

Fig. 3. Lengths of large intestine of dietary fiber groups in rats.

소장의 길이(Table 3, Fig. 2)는 101.03~120.40cm로써 식사섬유소의 종류와 함량에서 차이가 없었고 대장의 길이(Table 3, Fig. 3)는 20.92~25.42cm로 식사섬유소 함량이 증가할수록 대장의 길이가 길어졌으나 전체 분석 값간에 식사섬유소 종류와 함량에 따른 유의적인 차이는 없었다.

식사 중의 불소화성 물질이 소화기관의 성장과 기능에 미치는 영향에 대해서 Farness등[38]은 5% 펙틴 식사가 흰쥐의 장의 길이를 증가시켰으나, 20% cellulose와 oat bran은 증가시키지 못하였다고 보고하였다. 또한 18% citrus pectin을 12주간 섭취시킨 결과 흰쥐의 소장의 총길이가 증가하였고[39], cellulose와 guar gum의 겔형성 성질로 인한 영양소 흡수저해에 대한 적응으로 소장의 길이가 증가하였다고 하였다[40]. 그러나 Paulini 등[41]은 원숭이와 흰쥐를 대상으로 한 연구에서 섬유소 섭취에 의해 장길이에 변화가 없었다는 상반된 결과를 보고를 하였다.

본 연구에서는 소장의 길이는 섬유소 종류와 함량의 차이가 없었고, 대장은 섬유소 함량이 증가할수록 길이가 증가하는 경향을 보였다. 김[7], 박[24]은 식이섬유소 함량이 많을 수록 연동운동이 활발해짐으로서 그 소장과 대장의 길이가 길어졌으며 식사섬유소에 의해 영양소 흡수 저하를 보충하기 위해 각 장기의 형태가 변화된 것으로 설명하였다.

3. 간과 위와 소장 및 대장의 무게

간과 위와 소장 및 대장의 무게를 측정한 결과는 Table 4와 Fig. 4, 5, 6, 7과 같다.

Table 4. Weight of liver, stomach, small and large intestine by feeding level of dietary fiber in rats (g)

Group		Liver	Stomach	Small intestine	Large intestine
Alginic acid	(%)				
	1.0	9.36±1.33[1)N.S]	1.35±0.23[bc2)]	5.52±0.82[c]	2.50±0.53[b]
	3.6	9.78±1.96	1.40±0.22[abc]	6.42±1.02[bc]	2.52±0.49[b]
	6.0	9.82±1.55	1.51±0.27[abc]	7.21±1.36[ab]	3.28±0.31[a]
	10.0	10.34±1.55	1.74±0.26[a]	8.04±1.29[a]	3.30±0.48[a]
Cellulose					
	1.0	9.24±2.95	1.35±0.19[bc]	6.38±0.94[bc]	2.46±0.44[b]
	3.6	9.73±3.11	1.36±0.11[abc]	6.51±1.09[bc]	2.26±0.72[b]
	6.0	10.20±1.87	1.58±0.45[abc]	7.16±0.67[ab]	2.94±0.36[ab]
	10.0	10.72±0.99	1.64±0.31[ab]	7.48±1.09[ab]	3.10±0.40[ab]
Pectin					
	1.0	8.68±1.05	1.28±0.17[c]	6.42±0.75[bc]	2.55±0.56[b]
	3.6	10.25±1.70	1.36±0.16[ab]	6.65±1.03[bc]	2.88±0.60[ab]
	6.0	10.48±1.84	1.40±0.34[abc]	6.74±1.14[abc]	3.00±0.28[ab]
	10.0	10.96±1.80	1.51±0.24[abc]	6.95±0.62[ab]	3.28±0.24[a]
F-value		0.62	1.61*	2.24*	2.59*

1) Mean±S.D
2) Values with different superscripts are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test.
* ; $p<0.05$

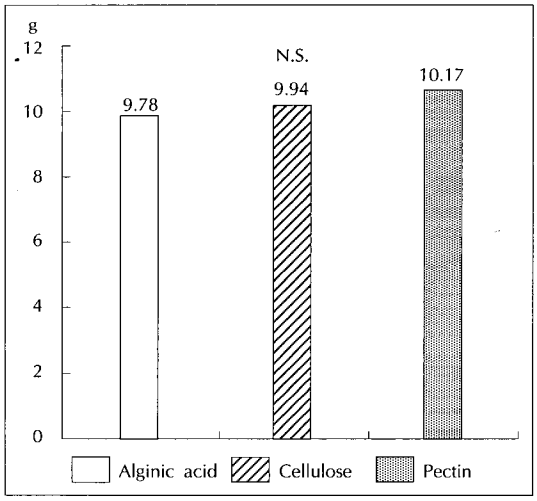

Fig. 4. Weight of liver of dietary fiber groups in rats.

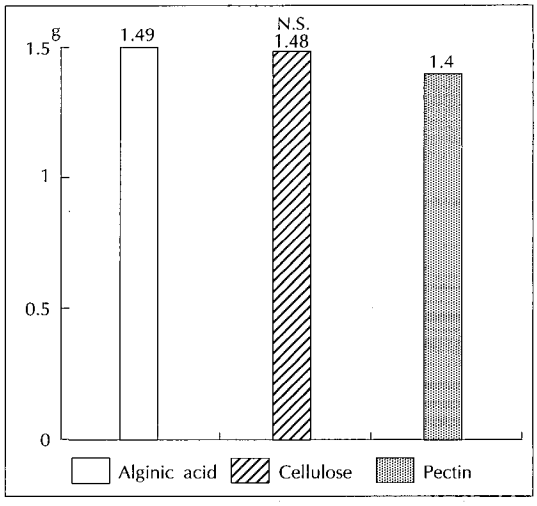

Fig. 5. Weight of stomach of dietary fiber groups in rats.

간의 무게(Table 4, Fig. 4)는 섬유소 종류 및 함량에 차이가 없었다.

위의 무게(Table 4, Fig. 5)는 섬유소 종류에 따라 차이는 없었으나 식사섬유소 함량 차이는 있었다.

소장의 무게(Table 4, Fig. 6)는 섬유소 종류에 따른 차이는 없었으나 식사섬유소 함량별에 차이가 있었다($p<0.05$). 알긴산군은 5.52~8.04g이고 셀룰로오스군은 6.38~7.48g이며 펙틴군은 6.42~6.95g이었다.

대장무게(Table 4, Fig. 7)는 식사 섬유소 종류에 따른 차이는 없었으나 섬유소 함량별에 차이를 보였다($p<0.05$). 이상에서 위와 소장 및 대장무게는 섬유소함량이 높아짐에 따라 유의적으로 다름을 보였다.

Wyatt등[42]은 식사중 다당류의 종류와 함량 및 섭취기간에 따라, 맹장내 내용물의 중량이 다양하고 소화기관의 무게와 강한 상관성이 있고, 흰쥐에 무섬유식사와 밀겨를 먹였을 때 밀겨 식사에서 대장무게가 증가하였다고 하였으며[43], Lumpton등[44]은 식사섬유소 함량이 증가할수록 장 내용물의 부피를 증가시키고 장의 근육이 발달하여 무게가 증가되었다고 보고하였는데 본 실험에서는 섬유소 종류별로는 장기무게에 차이가 없었으나 섬유소

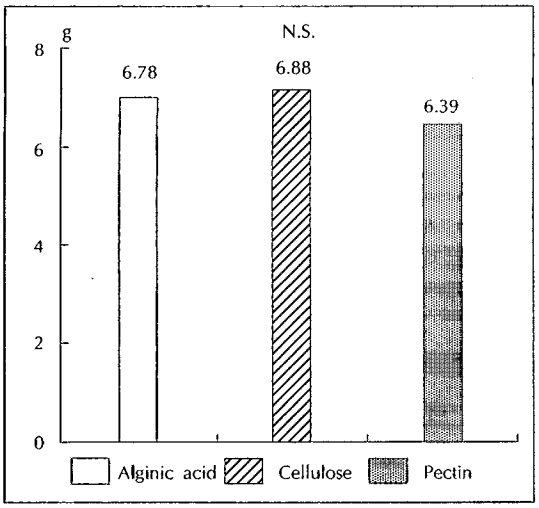

Fig. 6. Weight of small intestine of dietary fiber groups in rats.

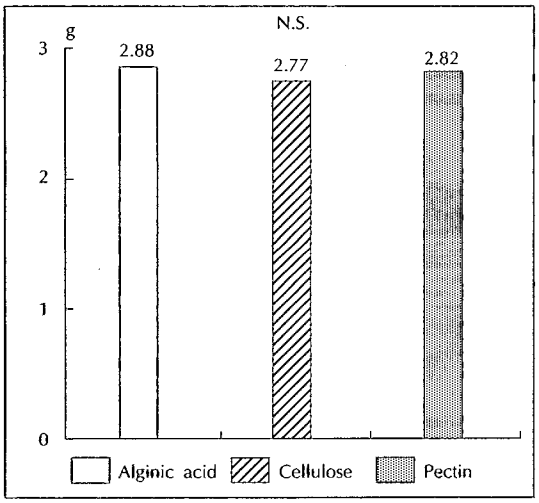

Fig. 7. Weight of large intestine of dietary fiber groups in rats.

함량에 따라서는 차이를 보였다.

4. 변 분석

1) 변의 pH 및 담즙산량

식사섬유소의 종류와 수준에 따른 변의 pH와 담즙산량은 Table 5과 Fig. 8, 9와 같다.

변의 pH(Table 5, Fig. 8)는 섬유소 종류에 따라서는 알긴산군의 평균이 6.66으로 셀룰로오스군과 펙틴군 각각 6.26, 6.30에 비해 유의적인 차이를 보였고($p<0.01$), 식사섬유소 함량에서 알긴산군은 6.40~6.86이며 셀룰로오스군에서는 5.82~6.55이고 펙틴군에서는 6.15~6.50으로 전체 분석값간의 차이가 있었으나($p<0.05$) 일정한 경향은 나타나지 않았다.

Table 5. pH and bile acid in the feces by feeding level of dietary fiber in rats

Group		pH	Bile acid (μmol/g fecal dry wt)
Alginic acid	(%)		
	1.0	6.72 ± 0.09^{ab}	6.25 ± 2.03^{g}
	3.6	6.40 ± 0.21^{abc}	17.88 ± 2.25^{e}
	6.0	6.86 ± 0.75^{a}	10.61 ± 0.56^{f}
	10.0	6.70 ± 0.60^{ab}	16.98 ± 3.32^{e}
Cellulose			
	1.0	6.27 ± 0.20^{abc}	23.41 ± 0.82^{cd}
	3.6	6.55 ± 0.44^{ab}	12.58 ± 1.44^{f}
	6.0	5.82 ± 0.20^{c}	21.98 ± 2.55^{d}
	10.0	6.40 ± 0.21^{abc}	16.61 ± 2.11^{e}
Pectin			
	1.0	6.32 ± 0.12^{abc}	29.84 ± 0.98^{b}
	3.6	6.50 ± 0.11^{ab}	34.77 ± 4.07^{a}
	6.0	6.25 ± 0.41^{abc}	20.14 ± 1.36^{de}
	10.0	6.15 ± 0.54^{bc}	26.38 ± 3.41^{bc}
F-value		2.12	3.86***

1) Mean±S.D
2) Values with different superscripts are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test
*** ; $p<0.01$

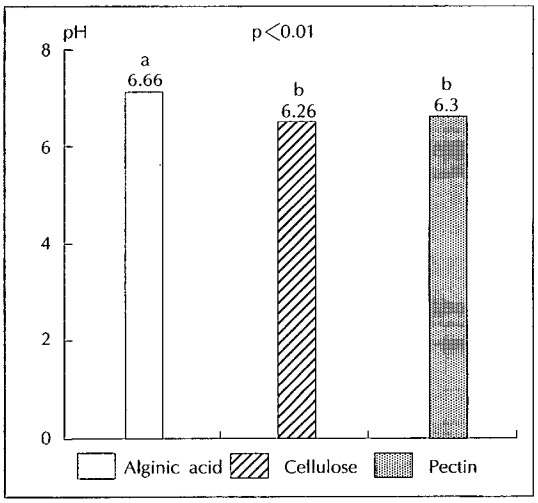

Fig. 8. pH in the feces by dietary fiber groups in rats.

식사섬유소는 대장내 균총에 의한 발효를 증가시켜 저급의 휘발성 지방산을 생성하여 pH를 낮춘다. 낮은 pH에서는 담즙산과 지방산이 이온화되지 않은 형태로 배설되므로[45] 대장 점막을 손상시키는 정도가 약하기 때문에 대장암의 발생률을 낮춘다고 하였다. 이와 반대로 지방과 단백질이 많고, 식사섬유소가 적은 식사를 섭취하면 변의 pH가 알카리성이 되어, 담즙산과 지방산이 용해되므로 대장 상피 세포에 자극을 주어 상피세포 증

식과 발암물질에 대한 감수성이 높아진다고 하였으며 채식주의자는 섬유소 섭취가 높아 대장내용물이 3배나 희석되고 평균 pH가 lacto-ovo vegeterian, 또는 혼합된 서구식사를 하는 사람보다 낮아 대장암에 의한 사망률이 낮다고 하였다[46]. 이 등[21)25)]은 표준식사와 무섬유소 식사에 비해 식사 섬유소를 첨가하여 사육한 흰쥐의 대장 pH는 낮았다는 보고가 있다. 대장내의 pH저하는 bifidobateria의 증가에 의한 젖산 및 초산 등이 생성되어 유해균들의 생육이 억제되어 장내환경이 개선된다고 하였다.

본 실험에서 사용한 세가지섬유소함량을 1%에서 10.

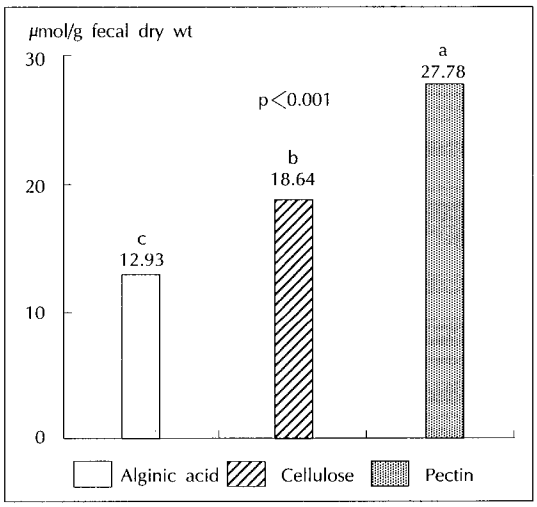

Fig. 9. Bile acid in the feces by dietary fiber groups in rats.

0%로 증가 시켰을때 변의 pH에 차이가 없어 변의 pH 변화에 따른 대장암 억제 효과는 기대되지 않을 것으로 생각된다.

담즙산량(Table 5, Fig. 9)은 식사섬유소 종류에 따라 마른변 1g당 알긴산군이 12.93μmol/g 이며, 셀룰로오스군은 18.64μmol/g 이고, 펙틴군은 27.78μmol/g 으로 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$). 식사섬유소 함량별로는 알긴산군은 마른변 1g당62.56~178.80μmol/g 이며 셀룰로오스군은 125.82~234.13μmol/g 이고 펙틴군은 201.42~347.77μmol/g로 일관성 있는 경향을 보이지 않았다($p<0.001$).

Willet[47]은 담즙산 조성에 변화를 주는 요인으로 지방과 섬유소의 섭취를 들고 있으며, Kritchevsky등[48]은 음식물의 장 통과시간이 짧아지면 담즙산의 장간 순환을 억제함으로서 총 담즙산량이 증가하는데 섬유소에 따라 담즙산과의 결합정도가 다르다고 하였다. 장[6]은 흰쥐의 담즙산량이 수용성 해조 다당류인 carrageenan, 수용성 합성 섬유소인 polydextrose급여 군에서 α-cellulose급여 군보다 높다고 보고 하였다.

2) 변량과 Ca, Mg 및 P 의 분석

변량과 Ca, Mg 및 P의 함량은 Table 6 및 Fig. 10, 11, 12, 13과 같다.

변량(Table 6, Fig. 10)은 식사섬유소 종류에서는 알긴산군이 2.23g/day, 셀룰로오스군이 2.75g/day, 펙틴군은 1.83g/day으로 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.01$). 알긴산군은 1.00~3.26g/day이고, 셀룰로오스

Table 6. Fecal weight and content of Ca, Mg and P in the feces by feeding level of dietary fiber in rats

Group		Fecal weight g/day	Ca	Mg mg/g dry feces	P
Alginic acid	(%)				
	1.0	1.00±0.40[1)d2)]	207.82±29.60[a]	42.05±09.0[ab]	3.62±0.84[ab]
	3.6	1.50±0.70[bcd]	206.12±20.10[a]	34.60±11.52[bcd]	1.92±1.08[c]
	6.0	3.16±0.68[b]	189.32±25.46[ab]	39.12±03.78[abc]	1.65±0.43[c]
	10.0	3.26±0.75[b]	169.05±14.59[b]	25.55±02.29[de]	1.75±0.28[c]
Cellulose					
	1.0	1.10±0.60[cd]	194.25±21.70[ab]	32.25±07.38[bcd]	3.35±0.43[b]
	3.6	2.36±0.98[bcd]	167.40±12.38[b]	27.02±01.28[de]	2.17±0.37[c]
	6.0	2.46±1.40[bcd]	103.87±06.76[cd]	20.27±05.80[e]	1.97±0.22[c]
	10.0	5.10±2.21[a]	91.37±14.67[cd]	19.15±03.88[e]	1.67±0.34[c]
Pectin					
	1.0	1.26±0.55[bcd]	191.10±08.39[ab]	44.72±03.35[a]	3.85±0.81[b]
	3.6	1.40±0.62[bcd]	165.72±18.08[b]	41.12±08.19[ab]	3.55±0.29[ab]
	6.0	1.63±0.75[bc]	115.76±11.67[c]	31.05±07.72[cd]	4.65±1.19[a]
	10.0	3.03±1.28[bcd]	80.10±09.86[d]	30.82±02.43[cd]	4.30±1.22[ab]
F-value		4.15**	27.02***	7.87**	8.46**

1) Mean±S.D

2) Values with different superscripts are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test

** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

군은 1.10~5.10g /day이며, 펙틴군은 1.26~3.03g/day로 알긴산, 셀룰로오스 및 펙틴 모든군에서 섬유소 함량이 많을수록 변량이 현저하게 증가하였다($p<0.01$). 이러한 결과는 식사섬유소함량이 증가할수록 수분보유력, 장 내용물의 부피, 점성의 부여로 변량이 현저하게 많아진 것으로 사료되며, 불용성 식사섬유소인 보리겨가루의 공급시 장 통과시간의 감소와 배변량 증가를 보이고 수용성 식사섬유소도 점성도를 증가시켜 그 효과를 증대시켜 주었다는 보고[44]와 비슷하였다.

Ca량(Table 6, Fig. 11)은 마른변 1g당 식사섬유소 종류에서는 알긴산군이 193.08mg/g dry feces으로 셀룰로오스군은 87.59mg/g dry feces, 펙틴군은 138.16mg/g dry feces으로 유의적인 차이가 있었으며($p<0.001$), 식사섬유소의 함량에 따라서 마른변 1g당 알긴산군은 169.05~207.82mg/g dry feces으로 셀룰로오스군은 91.37~194.25mg/gdry feces으로 전체적인 분석 값간의 유의성이 있었다($p<0.001$).

변 Mg량(Table 6, Fig. 12)은 마른변 1g당 식사섬유소 종류에서는 펙틴군, 알긴산군이 각각 36.93mg, 35.33mg으로 높았고 셀룰로오스군은 23.60mg로 낮았다($p<0.01$). 식사섬유소 함량에 따라서는 마른변 1g당 알긴산군은 25.55~42.05mg으로 유의적인 차이를 보였다. 셀룰로오스군은 19.15~32.25mg이며 펙틴군은 44.72~30.82mg으로 차이를 보였다. 전체적으로 분석값들 간에 유의성이 있었다($p<0.01$).

변 P량(Table 6, Fig. 13)은 마른변 1g당 식사섬유소

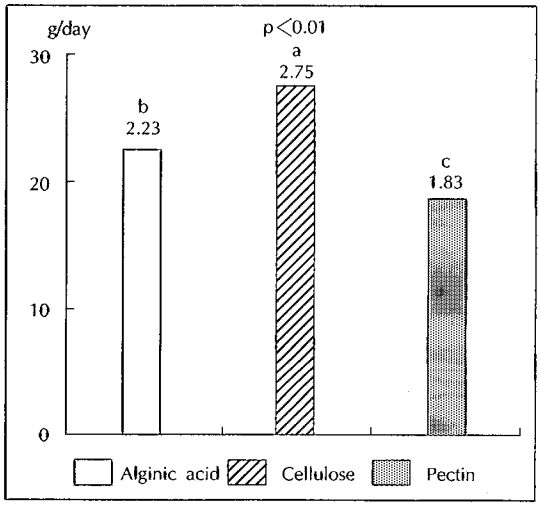

Fig. 10. Facal weight in the feces by dietary fiber groups in rats.

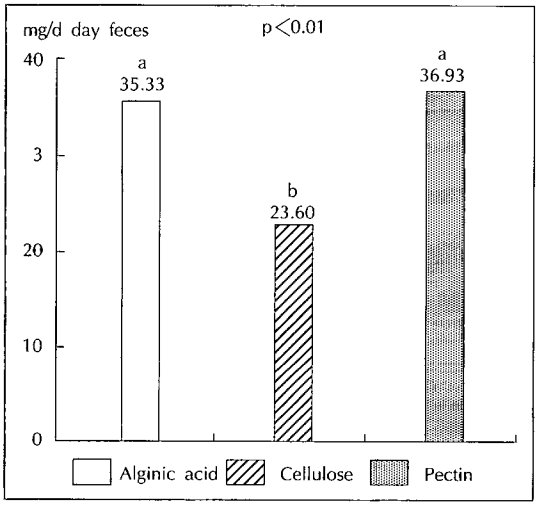

Fig. 12. Content of Mg in the feces by dietary fiber groups in rats.

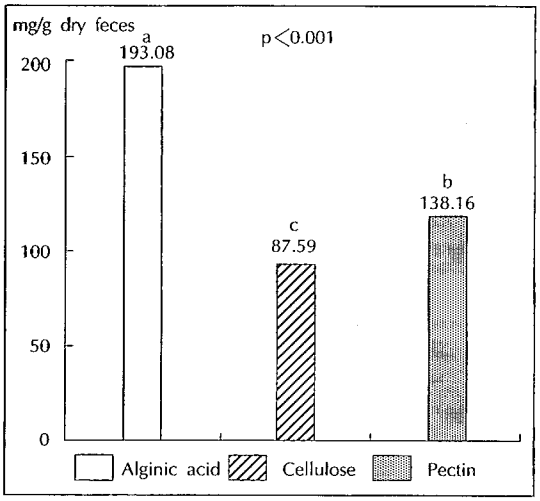

Fig. 11. Content of Ca in the feces by dietary fiber groups in rats.

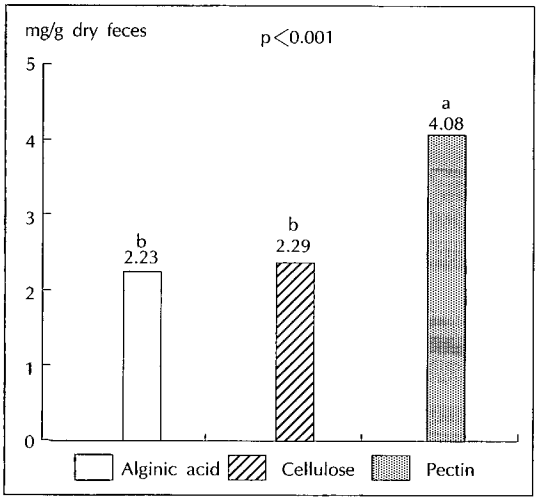

Fig. 13. Content of P in the feces by dietary fiber groups in rats.

종류에서 알긴산군은 2.23mg/g dry feces이고 셀룰로오스군은 2.29mg/g dry feces이며 펙틴군은 4.08mg/g dry feces으로 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.001$). 섬유소 함량에 따라서 알긴산군은 1.65~3.62mg/g dry feces이고 셀룰로오스군은 1.67~3.35mg/g dry feces이며 펙틴군은 3.55~4.65mg/g dry feces로 전체적인 함량간의 유의적인 차이는 있었지만($p<0.01$), 펙틴군에서는 일관성이 보이지 않았다.

이상에서 Ca과 Mg 및 P의 양은 식사섬유소 함량이 증가할수록 장통과시간이 단축되어 무기질 흡수가 상대적으로 저하되고 그에 따라 배변량과 변내의 무기질 함량이 많으나 변단위 무게당의 무기질은 희석된 것으로 사료되며, 펙틴군에서 P은 일관성이 없었으나 군간에 차이는 있었다.

식사 섬유소가 무기질 흡수에 손상을 주는 기전은[14] 식사섬유소가 음식물의 소화기관내에서 통과시간을 감소시킴으로써 소장 상피세포 및 흡수부위에서 접촉시간을 줄이는 것이다. McCance[49]에 의해 흰색 빵으로 식사하는 사람들 보다 갈색빵으로 식사하는 사람들이 Ca과 Mg 및 P의 흡수가 낮아 본 연구와 일치하였다.

식사섬유소의 바람직하지 못한 효과로서[2] 무기질의 흡수저해를 들 수 있는데 이는 하루에 35g이상의 높은 섬유소섭취에서 나타나고, 식사섬유소 섭취량이 높은 집단에서 무기질 결핍증상이 없는 것으로 보아 무기질부족은 식사의 영양소 불균형에 의한 것이지 식사섬유소 섭취량에 기인한 것은 아니라고 볼 수 있다.

요 약

섬유소의 종류와 량이 SD-rat의 장 기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 불용성 섬유소로 α- cellulose, 수용성 섬유소로 알긴산과 펙틴을 택하였다. 저식사 수준으로 1.0%, 적정수준은 3.6%, 6.0%, 고식사수준 10.0%가 되도록 각각 사료를 제조하여 SD-rat을 일반사료로 적응시킨 후 체중을 고르게 12군으로 나누어 4주간 사육하여 사료섭취량, 체중, 사료이용효율, 간과 위 및 장의 무게와 장의 길이, 장 통과시간, 변의 pH 및 담즙산과 무기질(Ca, Mg, P)량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 사료 섭취량은 15.75~31.00g/day으로 셀룰로오스군 10.0%에서 가장 많았고 알긴산군 3.6%, 6.0%에서 낮았다($p<0.05$).

체중은 277.50~349.80g으로 펙틴군 1.0%에서 높았고, 알긴산군 3.6%, 셀룰로오스군 6.0%, 펙틴군 10.0%에서 낮았다. 식사섬유소 종류와 함량에 따라 차이가 있었다($p<0.01$).

사료이용효율은 0.17~0.31으로 식사섬유소 종류와 함량에 따라 유의적인 차이를 보였다($p<0.01$).

2) 사료의 장 통과시간은 446.0~775.0분으로 식사섬유소종류와 함량에 따라 유의적인 차이를 보였다($p<0.01$). 셀룰로오스군 1.0%, 펙틴군 1.0%에서 길었고, 알긴산군 10.0%에서 짧았으며, 식사섬유소 함량이 증가할수록 장 통과시간이 단축되었다.

소장의 길이는 101.03~120.40cm로서 섬유소 섬유소 종류와 함량에 따른 차이가 없었다. 대장 길이는 20.92~25.42cm로서 섬유소 종류와 함량에 따른 유의적인 차이가 없었으나 함량이 증가할수록 대장의 길이가 길어졌다.

3) 간무게는 8.68~10.96g으로 섬유소 종류와 함량에 따른 차이가 없었다.

위의 무게는 1.28~1.74g으로 식사섬유소 종류에 따른 차이는 없었고, 함량에서는 알긴산군 10.0%에서 가장 높았고, 펙틴군 1.0%에서 낮았다.

소장무게는 5.52~8.04g으로 섬유소의 종류에 따라서는 차이가 없었고, 알긴산군 10.0%에서 가장 높았고 알긴산군 1.0%에서 가장 낮았다($p<0.05$).

대장무게는 2.50~3.30g으로 식사섬유소 종류별 차이는 없었고, 알긴산군 6.0%, 10.0%, 펙틴군 10.0%군에서 무거웠고, 알긴산군과 셀룰로오스군에서 1.0%, 3.6%, 펙틴군 1.0%에서 낮았으며, 섬유소 함량별 차이가 있었다($p<0.05$).

4) 변의 pH는 5.82~6.86으로 식사섬유소의 종류에 따라 알긴산군은 6.66으로 높고, 셀룰로오스군은 6.26이며, 펙틴군은 6.30으로 낮았다($p<0.01$). 섬유소 함량별로는 알긴산군 6.0%에서 높았고, 셀룰로오스 6.0%, 펙틴 6.0%에서 낮았다. 섬유소 함량에 따라 차이는 있었으나 일관성은 없었다.

담즙산량은 마른 변 1g당 6.25~34.77μmol/g로 식사섬유소 종류에 따라 알긴산군이 12.93μmol/g으로 가장 낮았고, 셀룰로오스군은 18.643μmol/g이고 펙틴군은 27.78μmol/g로 가장 높았다($p<0.001$). 식사섬유소 함량에 따라서는 알긴산 1.0%군이 가장 낮고, 펙틴군 3.6%군이 가장 높게 나타났다($p<0.001$).

5) 변량은 1.00~5.10g/day 수준으로 식사섬유소 종류에서 알긴산군은 2.23g/day이고 셀룰로오스군은 2.75g/day이며, 펙틴군은 1.83g/day으로 차이가 있었으며($p<0.05$), 섬유소 함량에서는 셀룰로오스군이 10.0%에서 가장 많고, 알긴산군이 1.0%에서 가장 적었으며, 식사섬유소 함량에 따라 유의적인 차이가 있었다($p<0.01$).

알긴산, 셀룰로오스 및 펙틴 모든 군에서 섬유소 함량이 많을수록 변량이 현저하게 증가하였다.

변 Ca량은 마른변 1g당 80.10~207.82mg으로 식사섬유소 종류에서 알긴산군은 193.08mg이고, 셀룰로오스군은 87.59mg이며, 펙틴군은 138.16mg으로 차이가 있으며($p<0.01$), 섬유소 함량에서는 알긴산군 1.0%, 3.6%가 높고, 펙틴군 10.0%에서 낮았다($p<0.01$).

Mg량은 마른변 1g당 19.15~44.72mg로 식사섬유소 종류에 따라 알긴산군은 35.33mg이고, 셀룰로오스군은 23.60mg이며, 펙틴군은 36.93mg로 차이가 있으며($p<0.01$), 섬유소 함량에 따라서는 펙틴군 1.0%에서 높고 셀룰로오스군 10.0%에서 낮았다($p<0.01$).

P의 량은 마른변 1g당 1.65~4.65mg으로 식사섬유소 종류에 따라 알긴산군은 2.23mg/gdry feces이고, 셀룰로오스군은 2.29mg/gdry feces이며 펙틴군은 4.08mg/gdry feces로 차이가 있었으며($p<0.01$), 섬유소 함량에서는 펙틴군 6.0%가 높고 알긴산군은 6.0%가 낮으며 전체적인 분석 값간의 유의성이 있었다($p<0.01$).

Ca과 Mg 량은 불용성 셀룰로오스군보다 수용성 알긴산군과 펙틴군이 높았고, P량은 펙틴군에서 높았다.

식사섬유소 함량이 높아질수록 사료이용 효율이 낮아지고 장 통과시간이 단축되었고 대장의 길이가 증가하였으며, 위와 소장 및 대장의 무게가 많아졌다. 변량과 Ca, Mg 및 P의 량이 많아지는 경향을 보이는 반면에, 소장길이, 간무게, 변의 pH, 담즙산량은 섬유소 함량에 따라서 차이가 없거나 일관성은 보이지 않았다.

이는 섬유소 종류별 생리기능이 달라 다양하게 나타나는 것으로 사료되며 사람의 식사 형태가 혼합된 식사임을 고려해 볼 때 역학 연구를 통해 우리 식생활 형태를 파악하고 대표성 있는 몇 가지 식사형태를 택하여 실험동물에 적용하고 효과를 관찰해 보는 것도 유익하리라 생각하며 섬유소의 종류와 함량에 따라 대장기능에 미치는 영향이 다르다는 결론을 내릴 수 있었다.

Literature cited

1) 승정자. 건강 및 기능성 식품, 한국 식품과학회 국제 심포지움 발표논문집, 1995
2) Gordon DT. The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Kor J Nutr* 25(1) : 75-76 , 1992
3) 이혜성 · 이연경 · 서영주. 한국인의 식이섬유 섭취상태의 연차적 추이(1969~1990). *한국영양학회지* 27(1) : 59-70, 1996
4) 보건복지부. 1994, 국민영양조사보고서, p44, 1996
5) 한국영양학회. 한국인영양권장량 6차 개정, 1995
6) 장수정. 식이섬유의 종류와 섭취수준이 고지방식을 섭취한 흰 쥐의 체내 지질대사에 미치는 영향. 서울대학교 석사학위논문, 1994
7) 김미정. 식이섬유질의 종류가 흰쥐의 혈청지질농도와 장기능에 미치는 영향. 한양대학교석사학위논문, 1994
8) 윤홍재 · 장유경. 식이중 지방수준과 Fiber의 종류가 흰쥐의 지방대사에 미치는 영향. *대한가정학회지* 23(2) : 45-53, 1985
9) 박미리 · 조수열. 식이성 섬유소가 콜레스테롤 흰쥐의 혈청 및 간장지질에 미치는 영향. *한국영양학회지* 14(3) : 223, 1985
10) 서정숙 · 한인규. 식이중에 첨가된 섬유소의 종류와 수준이 흰쥐의 체내 지질함량에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(3) : 164-172, 1988
11) 이숙경. 구약고구마(Glucomannan)의 섬유질이 간 및 혈청지질에 미치는 영향. *식품위생학회지* 6(2) : 73, 1991
12) 박수현 · 이연경 · 이혜성. 식이섬유 첨가 식이 Steptozotocin-유도 당뇨쥐의 장기능과 지질 및 당질대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 27(4) : 311~322, 1994
13) 이혜성 · 최명숙 · 이연경 · 박수현 · 김류정. 당뇨병환자를 위한 고식이섬유 보충물의 개발을 위한 연구(Ⅰ). *한국영양학회지* 29(3) : 286~295, 1996
14) 최 면. 식이섬유가 무기질의 생체 이용에 미치는 영향. 한국식품과학회 식이섬유와 건강에 관한 국제 심포지움, 1992
15) 최면 · 태원찬 · 김종대. 식이섬유의 종류가 자연적 고혈압 유발백서의 혈압변화 및 Na 흡수에 미치는 영향. *한국영양학회지* 24(1) : 40~47, 1991
16) 김은경 · 이현옥. 식이내 섬유소와 Zn 첨가수준이 흰쥐의 체내 Zn대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 22(6) : 539~546, 1989
17) 정경아. 곡류섬유질이 간과 혈청의 지질농도와 무기질 흡수율에 미치는 영향. 한양대학교 석사학위논문. 1993
18) 김미경 · 이혜영. 식이내섬유질의 종류가 성장기 흰쥐의 납 흡수 및 체내대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 22(6) : 485~496, 1989
19) 김상련 · 장유경. 식이중 Gua gum과 Calcium 보충이 흰쥐의 체내 영양소 이용율에 미치는 영향. *한국영향학회지* 26(1) : 21-33, 1993
20) 이상선 · 김미경. 대장기능과 섬유질 섭취와의 상관성에 관한 단면적 조사연구. *한국영양학회지* 26(9) : 1085~1097, 1993
21) 이현아. 주요 식이섬유질원이 흰쥐의 장내 균총조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 27(10) : 988~995, 1994
22) 이상선 · 이종균 · 박정난 · 김미경. 섬유질섭취와 치질의 상관에 관한 환자-대조군 연구. *한국영양학회지* 27(1) : 71~78, 1994
23) 양은주. 위암 및 대장암의 유발에 영향을 미치는 식이 요인에 관한 연구. *한국영양학회지* 26(5) : 603~614, 1993
24) 박정난. 식이사섬유질의 종류와 함량이 장의 기능과 형태에 미치는 영향. 한양대학교 대학원 석사학위논문, 1992

25) 이선화. 쑥, 양파 및 원지가 흰쥐의 장내환경에 미치는 영향. *한국식품과학학회지* 27(4) : 598, 1995
26) 통계청. 사망원인 통계연보, 1993
27) 우제홍 · 이봉화. 대장암의 최신지견. *대학의학협회지* 31(11), 1988
28) 이응천. 미역 분말 쥬스의 제조 기술과 해조류의 영양성분. *식품공업* 73 : 40 1983
29) 김동훈. 식품화학, 탐구당, 1989
30) Nationnal Research Council(NRC), Washington D.C 687, 1979
31) Reeves PG. AIN-76 diet. Should we change the formulation. *J Nutr* 119 : 1081, 1983
32) Heanton JM, Lennard-Jones JE, Young AC. A new method for studying gut transit times using radiopaque markers. *Gut* 10 : 842, 1969
33) Miettinen TA, Ahrens EH, Grundy SM. Quantitative isolation and gas-liquid chromatographic analysis of total dietary and fecal neutral steroids. *J Lipid Res* 6 : 411-424, 1965
34) Ganje TJ, Page AL. Rapid acid dissolution of plant tissue for heavy metals determination by atomic absorption spectrophotometry. *Atom absorpt newsl* 131-134, 1976
35) 신효선. 식품분석, 신광출판사, 1983
36) Spiller GA, Chernoff MC, Hill RA, Gates JE, Nassar JJ, Shiply EA. Effect of purified cellulose, pectin, and a low-residue diet on feal volatile fatty acids, transit time, and fecal weight in humans. *Am J Clin Nutr* 33 : 754, 1980
37) Eastwood MA, Kirkpatrick JR, Mitchell WD, Bone A, Hamilton T. Effects of dietary supplements of wheat bran and cellulose on faeces and bowel function. *Brit Med J* 4 : 392, 1973
38) Farness PL, Schneeman BO. Effects of dietary cellulose, pectin and oatbran on the small intestine in the rat. *J Nutr* 112 : 1315, 1982
39) Brown RC, Kelleher J, Losowsky MS. The effect of on the structure and function of the rat small intestine. *Br J Nutr* 42 : 357, 1979
40) Johnson IT, Gee JM, Mahoney RR. Effect of dietary supplement of guar gum and cellulose cell proliferation, enzemy levels and sugar transport in the rat. *Br J Nutr* 52 : 477, 1984
41) Paulini I, Mehta T, Hargis A. Intestinal structural changes in African Green Monkeys after long term or cellulose feeding. *J Nutr* 117 : 253, 1987
42) Wyatt GM, Horn N, Gee JM, Johnson IT. Intestinal microflora and gastrointestinal adaptation in the rat in response to non-digestible dietary polysaccharides. *Br J Nutr* 60 : 197, 1988
43) Jacobs LR, Schneeman BO. Efeect of dietary wheat bran on rat colonic srtucture and mucosal cell growth. *J Nutr* 111 : 798, 1981
44) Lupton JR, Morin JL. Barly bran flour accelerates gastrointestinal transit time. *J Am Diet Assoc* 93 : 881-885, 1993
45) Thornton JR. High colonic pH promotes colorectal cancer. *Lancet i* 1081, 1981
46) Dokkum WV, Boer BCJ, Faassen AV, Pikaar NA, Hermus RJJ. Diet, feacal PH and colorectal cancer. *J Cancer* 48 : 109-110, 1983
47) Willett W, Stampfer MJ, Colditz GA, Rosner BA, Speizer FE. Relation of meat, fat and fiber intake to the risk of colon cancer in a prospective study among women. *New Eng J Med* 323(24) : 1664-1672, 1990
48) Krichevsky, D and Story, JA. Binding of bile salts in vitro by nonnutritive fiber. *J Nutr* 104 : 462, 1974
49) McCance RA, Widdowson EM. Mineral metabolism of healthy adults on white and brown bread dietaries. *J Physiol* 101 : 44, 1942