

## 米糠과 野菜添加食餌가 흰쥐의 體內代謝에 미치는 影響(II)

—열량소의 소화흡수율에 미치는 영향을 중심으로—

梨花女子大學校 食品營養學科

柳 春 熙 · 金 淑 喜

=Abstract=

### The Metabolic Effects of Rice Bran and Vegetable Cellulose Supplemented Diets on Albino Rats —Especially on Apparent Digestibility of Intake Nutrients—

Choon-Hie, Yu and Sook-He, Kim

*Department of Foods and Nutrition, College of Home Economics, Ewha Womans University*

The effects of dietary cellulose to utilize the intake nutrients in the albino rats were investigated by the two consecutive experiments in this study.

The author wanted to observe the effects of the age of animals and different level of dietary cellulose, high and low in the first experiment and the effects of dietary cellulose from three different sources, rice bran, vegetable and pure-cellulose at high level in the second experiment.

The results were summarized as follows.

① The obvious effect of dietary cellulose caused to increase feces weight. Consequently apparent digestibilities of intake nutrients in the diet decreased. It was noteworthy that fecal glucose excretion was significantly affected by cellulose intake. Since three nutrients, protein, fat and carbohydrate serve as energy sources in the body, this result can be interpreted to be lowered in the efficiency of energy utilization out of intake from the diet.

② The nutrients loss due to dietary cellulose resulted in reduction of skeletal muscle and bone weights which lead eventually to affect in reduction of body weight.

③ The effects of dietary cellulose showed differently according to the amount of cellulose ingested, dietary nutrients composition, the kinds of dietary cellulose supplemented and the age of experimental animals.

When the intake diet was proportionately imbalanced in three different energy sources, carbohydrate, fat and protein, the cellulose intake was adversely affected in the utilization of the nutrients in the body. Cellulose from rice bran decreased body weight gain, cellulose from vegetable maintained medium level in body weight and pure-cellulose increased body weight. Growing rats showed more sensitive effects of cellulose tolerance in the body than grown rats in every concerns of this experiment.

### I. 서 론

어느 한 지역 주민의 식습관은 상당한 유사성을 가지고 있는 점으로 미루어 볼 때 그들을 둘러싸고 있는

자연환경이 식습관의 형성에 절대적으로 영향을 미친다는 것은 부인 못할 사실이다. 한국인의 식사에서 쌀밥과 김치가 빼놓을 수 없는 식단으로 고정된 것도 우리나라의 풍토 및 기후조건과 깊은 관련이 있다고 생각한다.

우리 나라는 북반구에 위치하고 있으면서 북구 미대륙에 비하여 강우량이 많고 습하기 때문에 쌀이 주요한 생산물이 되었으며 또한 다양한 종류의 야채와 과일이 생산되고 있다. 더욱 우리 나라는 현재 세계 어느 나라보다도 인구 밀도가 높은 지역으로서 우리의 식사는 가격이 비싼 동물성 식품의 섭취는 대단히 적고 가격이 저렴한 식물성 식품에 대부분 의존하지 않을 수 없는 실정이다.

우리나라의 식사에서 하루에 먹는 식품을 통하여 섭취하는 조섬유의 양이 평균 18g 정도 되는데<sup>1)</sup> 영국인들은 하루 평균 4~8g, 미국인들은 8~11g 정도씩 섭취한다고 보고되어 있어<sup>2)</sup> 우리나라 사람들은 미국이나 영국인들보다 2~3배의 조섬유를 더 섭취하고 있는 꼴이다. 따라서 우리나라의 식사는 구라파계국이나 미국인들의 식사에 비하여 탄수화물의 구성비가 높을 뿐 아니라 또한 조섬유의 구성비가 높다는 특징을 지니고 있다.

식품중의 조섬유는 동물의 소화기관 속에서 소화 흡수되지 않는 무용한 물질로서 알려져 왔다<sup>2,3)</sup>. 그런데 최근의 연구에 의하면 쥐, 말, guinea pigs 등의 맹장에서 박테리아의 발효작용에 의하여 섭취한 섬유소의 일부가 분해된다고 하며<sup>4,5)</sup> 사람의腸內에서도 식품조섬유의 일부가 분해된다고 하는 보고가 있다<sup>6)</sup>. 그러나 이들 섬유소의 분해산물이 동물체내에서 열량원으로 이용되는지는 아직 확실하게 밝혀지지 않고 있다. 한편 식품중의 조섬유가 인체에서 변비의 치료<sup>2,7)</sup> 및 대장의 암이나 종양<sup>8,9)</sup> 또는 관동맥경화증<sup>10,11)</sup>의 예방효과를 갖는다고 하여 병리적으로 중요한 기능을 담당할 수 있다는 점에 의견이 모아지면서 이 방면에 대한 관심이 높아지고 있다.

이처럼 식품중에 들어 있는 조섬유의 기능에 대한 관심이 주로 동물체내에서의 섬유소의 분해 이용 및 병리적 치료효과에 돌려지면서 또 한편으로 섬유소와 같이 섭취하는 영양소, 특히 열량소의 체내대사와 섬유소의 관계에 관심을 갖고 연구된 보고서가 적지 않다<sup>12-16)</sup>.

그러나 이들의 실험은 대부분 실험식이에 첨가된 섬유소의 양이 20~30%로서 상당히 높았고 또한 단일한 식이구성 성분에서 섬유소가 첨가되었을 때의 영향력을 본 것으로 한정되어 있다. 그래서 저자는 사람이 일상 식사에서 보통 섭취하는 분량의 섬유소가 영양소의 대사에 미치는 영향에 대하여 관심을 가져 3회에 걸친 실험을 실시하였으며 그 일부를 일차 보고한 바 있다<sup>17)</sup>. 일차 보고문에서 밝힌바와 같이 식이에 첨가된 조섬유는 P.E.R.과 F.E.R.을 감소시키며 fecal nitrogen 과

glucose의 양을 증가시키고 serum cholesterol level을 떨어뜨리는 영향을 미쳐 영양소의 체내대사와 섭취한 조섬유가 무관하지 않음을 보여 주었다. 본 실험은,

- 식이섬유소의 함량이 많아지면 1차 실험에서 나타났던 영양소대사에 미치는 섬유소의 영향이 더 심해지는지,

- 섬유소의 종류에 따라 영양소대사에 미치는 영향이 다른지,

- 성장기의 어린쥐와 성장이 끝난 adult rats에 있어서 섬유소의 영향에 차이가 있는지,

하는 의문점을 주로 조사검토하기 위하여 계획하였으며 무엇보다도 우리나라의 식사형태 즉 고탄수화물 식사의 수반하여 섭취하는 야채와 미강의 조섬유가 열량소의 소화흡수율에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

## II. 실험재료

### A. 실험동물의 사육

Exp. 1에서는 생후 10~12개월된 albino rats 암수 각각 60마리를 20% casein-sugar diet로 5일간 적응시킨 후 표 1과 같이 12군으로 나누어 4週동안 사육하였다. 실험을 시작할 때 모든 식이군의 평균체중은 수컷 254.3±0.06g, 암컷 264.2±0.04g 이었고 사료는 무제한으로 섭취시켰다.

Exp. 2에서는 젓쟁 Sprague-Dawley 종의 albino rats 수컷 50마리, 암컷 48마리를 20% casein-sugar diet로 3일간 적응시킨 후 표 1과 같이 10군으로 나누어 8주 동안 사육하였다. 실험은 시작할 때 모든 식이군의 평균체중은 수컷 66.2±0.06g, 암컷 60.3±0.03g 이었고 사료는 무제한으로 섭취시켰다.

### B. 실험동물의 사료

#### 1. 사료의 준비

설탕, casein, 면실유, butter(서울우유 협동조합제품)는 시판되고 있는 것을 사용했고, 백미는 시판되고 있는 것을 구입하여 증기로 찌서 건조시킨 것을 분말로 만들어 사용했으며 미강은 방앗간에서 구입하였다. pure-cellulose는 cellulose native (for thin-layer chromatography: Art 2351, Merck 제)를 사용하였다.

#### 2. 사료의 구성성분

사료의 성분비율은 표 2와 같다.

Exp. 1에서 각각의 저섬유소첨가군(+LCI군)에 첨

표 1. 식이군의 분류 및 설명

Exp. No.	Group	Number of Rats Involved		Experimental Diet
		♂	♀	
Exp. 1	1-St	5	5	20% casein 72% sugar diet
	1-St+LCI	5	5	20% casein 72% sugar diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 15 g 첨가한 것
	1-St+HCl	5	5	20% casein 72% sugar diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 30 g 첨가한 것
	1-HC	5	5	95% high rice diet
	1-HC+LCI	5	5	95% high rice diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 15 g 첨가한 것
	1-HC+HCl	5	5	95% high rice diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 30 g 첨가한 것
	1-MC	5	5	84% medium rice diet
	1-MC+LCI	5	5	84% medium rice diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 15 g 첨가한 것
	1-MC+HCl	5	5	84% medium rice diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 30 g 첨가한 것
	1-LC	5	5	50% low rice diet
	1-LC+LCI	5	5	50% low rice diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 15 g 첨가한 것
	1-LC+HCl	5	5	50% low rice diet 1 kg에 시금치 조섬유와 미강 조섬유를 같은 비율로 하여 합 약 30 g 첨가한 것
	Exp. 2	2-St	5	4
2-St+PCI		5	4	20% casein 72% sugar diet 1 kg에 약 30 g의 pure-cellulose를 첨가한 것
2-MC		5	5	84% medium rice diet
2-MC+VCI		5	5	84% medium rice diet 1 kg에 약 30 g의 배추 조섬유를 첨가한 것
2-MC+CCI		5	5	84% medium rice diet 1 kg에 약 30 g의 미강 조섬유를 첨가한 것
2-MC+PCI		5	5	84% medium rice diet 1 kg에 약 30 g의 pure-cellulose를 첨가한 것
2-LC		5	5	50% low rice diet
2-LC+VCI		5	5	50% low rice diet 1 kg에 약 30 g의 배추 조섬유를 첨가한 것
2-LC+CCI		5	5	50% low rice diet 1 kg에 약 30 g의 미강 조섬유를 첨가한 것
2-LC+PCI		5	5	50% low rice diet 1 kg에 약 30 g의 pure-cellulose를 첨가한 것

가된 조섬유의 양은 우리나라 농촌, 어촌, 도시민들이 식품을 통하여 섭취하는 평균 조섬유의 양을 동물사육에 대략 반영해 보고저 한 것이며 고섬유소첨가군(+HCl 군)에 첨가된 조섬유의 양은 이 양을 배로 증가시킨 것이다. 모든 섬유소첨가군에서 salt mixture는 시금치가루와 미강에 함유된 ash의 양을 뺀 나머지 양만을 공급했다. Exp. 1에서 사용한 시금치가루와 미강의 성분은 표 3-1과 같다.

또 Exp. 2에서 사용한 배추가루와 미강의 성분이 표 3-2에 나타나 있으며 야채첨가군(+VCI 군)과 미강첨가군(+CCI 군)에는 배추가루와 미강에 들어 있는 ash

의 양을 고려하여 salt mixture를 첨가하지 않았다.

Exp. 1에서는 지방의 공급원으로 면실유를 사용했으나 Exp. 2에서는 동물성지방인 butter를 사용하였다.

Exp. 1에서는 성장기의 어린쥐를 사용하였으나 Exp. 2에서는 adult rats를 사용하였다.

### III. 실험방법

2회에 걸친 실험을 통하여 모두 각군에 해당하는 사료를 제한없이 주었으며 섭취량을 매일 측정하였고 체중은 매주 1회 측정하여 매주 섭취한 사료의 양, 또한

표 2. 사료의 성분 비율

Exp. No.	Group	Carbohydrate Source (g)	Protein Source(g)	Fat Source(g)	Cellulose Source(g)	Salt Mixture <sup>o</sup> (g)	Vitamins <sup>o</sup>
Exp. 1	1-St	sugar 722	casein 200	면실유 45	—	40	32
	1-St+LCI	722	200	45	시금치80(7.5)* 미강70(7.5)*	20	32
	1-St+HCl	722	200	45	160(15)	140(15)	— 32
	1-HC	rice 950	37	13	—	40	32
	1-HC+LCI	950	37	13	80(7.5)	70(7.5)	20 32
	1-HC+HCl	950	37	13	160(15)	140(15)	— 32
	1-MC	rice 838	122	40	—	40	32
	1-MC+LCI	838	122	40	80(7.5)	70(7.5)	20 32
	1-MC+HCl	838	122	40	160(15)	140(15)	— 32
	1-LC	rice 500	200	300	—	40	32
	1-LC+LCI	500	200	300	80(7.5)	70(7.5)	20 32
	1-LC+HCl	500	200	300	160(15)	140(15)	— 32
Exp. 2	2-St	sugar 722	casein 200	butter 45	—	40	32
	2-St+PCI	722	200	45	pure cellulose	30(30)	40 32
	2-MC	rice 838	122	40	—	40	32
	2-MC+VCI	838	122	40	배추	320(30)	— 32
	2-MC+CCI	838	122	40	미강	280(30)	— 32
	2-MC+PCI	838	122	40	pure cellulose	30(30)	40 32
	2-LC	rice 500	200	300	—	40	32
	2-LC+VCI	500	200	300	배추	320(30)	— 32
	2-LC+CCI	500	200	300	미강	280(30)	— 32
	2-LC+PCI	500	200	300	pure cellulose	30(30)	40 32

\* ( )안의 수치는 조섬유와 섬유소의 양을 표시한 것임.

①, ② 이화여대 식품영양학과 동물실험실내 성분표 참조.

표 3-1. 시금치가루와 미강의 성분

Exp. No.	Cellulose Source	수분 (%)	조단백 (%)	조회분 (%)	조섬유 (%)
Exp. 1	시금치가루	11.60	36.50	15.40	9.80
	미 강	13.08	16.84	13.40	11.75

표 3-2. 배추가루와 미강의 성분

Exp. No.	Cellulose Source	수분 (%)	조단백 (%)	조회분 (%)	조섬유 (%)
Exp. 2	배추가루	15.70	26.80	9.90	9.60
	미 강	9.50	15.80	13.95	12.00

단백질의 양과 같은 기간의 체중의 증가량으로 F.E.R. 과 P.E.R.을 산출하였다.

Exp. 2의 실험기간이 끝난 동물을 해부하여 골격근 육중에서 soleus, EDL (extensor digitorum longus), biceps, plantaris, anterior tibia와 gastrocnemius의 무게를 측정하였고 골격근육을 채취한 후 femur, humerus, tibia를 떼어 내어 각각의 길이와 무게를 측

정하였다.

Exp. 1에서는 실험시작 후 제 4 주째에 Exp. 2에서 는 제 8 주째에 3일간의 노와 변을 채취하였으며 노는 200 ml 가 되도록 증류수로 희석하여 원심분리하였고 변은 105±5°C에서 건조시켜 분말로 만들었다.

micro-kjeldahl method<sup>18)</sup>에 의하여 노와 변의 총질 소배설량을 측정하였으며 다음 공식에 의하여 질소의 보유율과 단백질의 소화흡수율(apparent digestibility)을 산출하였다.

질소의 보유율(%)

$$= \frac{\text{섭취한 질소량} - (\text{변질소량} + \text{노질소량})}{\text{섭취한 질소량}} \times 100$$

단백질의 소화흡수율(%) =  $\frac{\text{섭취한 질소량} - \text{변질소량}}{\text{섭취한 질소량}}$

× 100

또한 노변 각각 Somogyi's method<sup>19)</sup>에 의하여 당의 배설량을 측정하였다. 변은 분말을 일정량 취하여 증 류수에 1일간 침지시킨 후 여과하여 그 여액을 시료로 하였다.

표 4-1. 식이의 이용률(%)

Exp. No.	Group	Food Ingested g/3 days***	Feces Weight dry wt. g/3 days	F.E.R. average/4 weeks**
Exp. 1	1-St	50.1±2.9*	2.0±0.1	0.123±0.009
	1-St+LCI	43.7±3.6	2.8±0.2a	0.139±0.023
	1-St+HCl	44.2±3.0	4.5±0.3a	0.110±0.037
	1-HC	48.0±6.2	2.4±0.2	0.114±0.024
	1-HC+LCI	46.3±8.5	4.2±0.4ab	0.105±0.025
	1-HC+HCl	53.8±6.6	6.5±1.1ab	0.098±0.027
	1-MC	52.4±4.8	2.7±0.2a	0.181±0.017
	1-MC+LCI	56.2±5.0	3.6±0.4a	0.108±0.026
	1-MC+HCl	56.6±3.9	5.6±0.9ab	0.161±0.031
	1-LC	35.7±2.6	3.1±0.2a	0.141±0.026
	1-LC+LCI	42.7±5.4	3.3±0.2a	0.140±0.015
	1-LC+HCl	44.7±3.3	5.4±0.6ab	0.144±0.005
	Exp. 2	2-St	55.9±3.3	1.9±0.2
2-St+PCI		57.2±2.1	3.6±0.2a	0.343±0.023
2-MC		69.2±2.2	2.8±0.1a	0.352±0.018
2-MC+VCI		57.3±3.0	7.1±0.5ab	0.306±0.009
2-MC+CCI		34.3±5.4	3.1±0.6	0.222±0.006ab
2-MC+PCI		61.3±4.3	3.9±0.1ab	0.332±0.011
2-LC		44.0±2.9	2.7±0.3a	0.413±0.023
2-LC+VCI		52.2±2.9	6.3±0.5ab	0.376±0.008
2-LC+CCI		31.8±2.4	3.2±0.4a	0.314±0.044b
2-LC+PCI		54.4±3.7	4.5±0.5ab	0.381±0.016

\* standard error

a. 각 실험의 St group 과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level 의 섬유소 비첨가군과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

\*\* 4 weeks: 실험시작 첫주부터 네째주까지의 4주간

\*\*\* 3 days: feces를 채취한 3일간

\*\*\*\* 각 group 의 실험동물 수 : 5마리

변의 분말을 일정량 취하여 Saxon's method<sup>20)</sup>에 의하여 지방함량을 측정하였고 다음 공식에 의하여 지방의 소화흡수율(apparent digestibility)을 구하였다.

$$\text{지방의 소화흡수율(\%)} = \frac{\text{섭취한 지방량} - \text{변지방량}}{\text{섭취한 지방량}} \times 100$$

#### IV. Data 처리방법

모든 data는 통계적 처리를 하였다.

data의 평균치와 표준오차를 산출하였으며 통계학적인 유의성 검정을 student-t 분포를 사용하여 구하였다<sup>21)</sup>.

#### V. 실험결과 및 고찰

##### A. 식이의 이용률에 미치는 섬유소의 영향

##### 1. 식이의 섭취량

표 4-1과 표 4-2에 의하면 식이의 섭취량은 섬유소 첨가 여부에 관계없이 high carbohydrate(HC)군들과 medium carbohydrate(MC)군들에서 높게 나타났고 설당을 섭취한 standard(St)군들과 low carbohydrate(LC)군들에서 낮게 나타나 caloric density가 높으면 식이섭취량이 떨어지는 사실을 보여주었다.

즉 각 식이의 100 g 당 열량값은 St 식이 403 Cal., HC 식이 335 Cal., MC 식이 352 Cal., LC 식이 482 Cal.로서 LC 식이의 열량값이 가장 컸는데 식이의 섭취량

표 4-2. 식이의 이용율(우)

Exp. No.	Group	Food Ingested g/3 days***	Feces Weight dry wt. g/3 days	F.E.R. average/4 weeks**
Exp. 1	1-St	54.5±4.1*	1.6±0.2	0.004±0.008
	1-St+LCI	47.5±2.5	4.1±0.6a	0.020±0.020
	1-St+HCl	56.2±6.2	6.3±0.4a	-0.015±0.002
	1-HC	51.1±3.0	3.0±0.2a	-0.028±0.024
	1-HC+LCI	55.5±6.2	4.9±0.3ab	-0.025±0.012
	1-HC+HCl	60.3±2.2	6.8±0.6ab	-0.025±0.031
	1-MC	54.8±2.1	3.3±0.2a	0.005±0.010
	1-MC+LCI	58.2±4.0	5.0±0.4ab	-0.023±0.006
	1-MC+HCl	51.7±5.4	6.1±1.1a	-0.016±0.016
	1-LC	31.1±3.0	1.5±0.2	-0.095±0.011
	1-LC+LCI	37.1±0.8	4.5±0.8ab	-0.085±0.014
	1-LC+HCl	33.3±3.1	4.6±0.9ab	-0.140±0.016
Exp. 2	2-St <sup>o</sup>	38.9±3.7	1.3±0.3	0.252±0.014
	2-St+PCI <sup>o</sup>	39.6±1.9	2.5±0.2a	0.267±0.020
	2-MC	46.5±3.2	1.8±0.2	0.261±0.017
	2-MC+VCl	44.6±1.9	5.2±0.3ab	0.237±0.028
	2-MC+CCl	37.4±2.3	3.8±0.3ab	0.189±0.006ab
	2-MC+PCI	46.3±2.4	3.4±0.4ab	0.257±0.011
	2-LC	33.2±1.9	2.1±0.3	0.348±0.018a
	2-LC+VCl	39.7±2.3	4.8±0.2ab	0.311±0.016a
	2-LC+CCl	30.0±1.9	3.2±0.4a	0.272±0.037
	2-LC+PCI	42.9±1.9	3.3±0.2ab	0.292±0.028

\* standard error

a. 각 실험의 St. group 과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level의 섬유소 비첨가군과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.

\*\* 4 weeks: 실험시작 첫주부터 네째주까지의 4주간

\*\*\* 3 days: feces를 채취한 3일간

\*\*\*\* 각 group의 실험동물 수: ①②는 4마리, 나머지 group은 모두 5마리

은 LC 군에서 가장 낮아져서 HC 군 및 MC 군과 비슷한 열량을 섭취하려는 경향을 보였다. 그러나 caloric density가 가장 낮은 HC 군들의 식이섭취량이 MC 군들의 섭취량에 못 미치는 것은 이들 사료의 맛(palatability)이 사료의 섭취량을 결정짓는 또 다른 요인임을 시사한다.

본 실험에서 첨가한 정도의 섬유소로 인하여 식이섭취량의 증가 혹은 감소 경향은 일률적으로 나타나지 않았다. 미강의 첨가로 2-MC 군과 2-LC 군에서 모두 식이섭취량이 상당히 감소된 반면에 pure-cellulose의 첨가는 식이의 섭취량을 오히려 증가시키는 경향을 보이고 있으며 야채가루의 첨가는 식이섭취량에 별 영향을 주지 않았다.

## 2. 변의 무게

식이의 섬유소가 변무게를 증가시킨다는 사실은 여

러 연구논문에서 밝혀져 왔다<sup>22-24</sup>. 본 실험에서도 섬유소가 변의 말린 무게를 유의하게 증가시키는 결과를 나타냈으며 섬유소의 양을 더 늘려 섭취하면 변의 배설량도 더욱 더 증가하였다(표 4-1, 표 4-2).

변무게는 식이섭취량이 낮은 St 군들과 LC 군들에서는 낮고 식이섭취량이 비교적 높은 HC 군들과 MC 군들에서는 역시 많아지는 경향을 보이고 있으나 섬유소의 첨가로 인하여 식이의 섭취량이 감소된 경우에도 높은 변무게의 증가를 보여 식이에 첨가된 섬유소가 변무게의 증가에 미치는 영향이 직접적이고 분명한 것을 나타내었다.

섬유소로 인한 변배설량의 증가를 Morgan 등<sup>23</sup>)은 solid material의 증가 때문이라고 보았고 Eastwood 등<sup>22</sup>)은 변의 수분함량이 증가하기 때문이라고 보았는데 본실험 결과는 건조된 변무게를 측정된 것이므로

Morgan 등의 견해와 같이 체내에서 흡수되지 못한 solid material 이 증가된 것임을 나타냈고 또한 변무게가 증가됨에 따라서 Eastwood 등의 견해와 같이 수분의 배설량도 많아졌으리라고 생각한다.

Mendeloff 등<sup>24)</sup>은 쌀겨와 야채의 조섬유가 변무게를 모두 증가시키는데 그 영향은 물리적 구조(density)의 차이로 인하여 각기 다르다고 하였으며 Kirwan 등<sup>25, 26)</sup>은 섬유소입자의 크기(particle size)가 상당히 커야만 변무게를 증가시킬 수 있다고 하여 단순히 잔사물질의 많고 적음에 의하여 변무게를 증가시키는 섬유소의 영향력이 결정되지 않음을 주장하였다.

본 실험의 결과도 미강과 야채와 pure-cellulose 가 변을 각기 다른 비율로 증가시켰다. Exp. 2에서 변무게를 사료의 섭취량에 대한 백분율로 볼 때 암수 모두 섬유소비첨가군 5% 정도, 야채군 12% 정도, 미강군 9.8% 정도, pure-cellulose 군 8.5% 정도를 나타내 식이의 구성성분에 관계없이 섬유소비첨가군 <pure-cellulose 군 < 미강군 < 야채군 순서로 변배설율이 높아졌다. 이처럼 미강군의 변무게가 야채군에 비하여 상당히 적었던 것은 미강군의 식이섭취량이 적었던 것에 중요한 원인이 있다고 본다. 또 pure-cellulose 를 첨가한 식이군의 변무게가 미강군과 야채군에 비하여 적었던 것은 실험에 사용한 자연식품 그대로의 야채나 미강에 들어 있는 섬유소 이외의 물질이 소화흡수되지 않고 그대로 배설되었기 때문인 것으로 추측된다.

식이섬유소로 인하여 생기는 변질소량의 증가는 식이흡수율이 감소되는 것을 뜻하는 것으로서 본 실험의 결과는 식이에 첨가된 섬유소의 양과 종류에 따라 식이의 이용율에 미치는 영향이 다를 것을 보여 주었다. 그러나 어린쥐와 adult rats 사이에서는 식이의 이용율에 있어서 큰 차이를 나타내지 않았다.

### 3. 식이의 효율(F.E.R.)

표 4-1, 표 4-2에 의하면 식이에 첨가된 조섬유는 변무게를 증가시켜 식이의 흡수율을 떨어뜨리는데 식이 흡수율의 감소와 F.E.R.이 동일한 경향을 가지고 변화하지 않았다. 즉 Exp. 1에서 섬유소의 함량이 높아짐에 따라서 변무게도 증가하였으나 배설되는 변의 양이 많다고 하여 F.E.R.이 떨어진 것은 아니었다. 다만 암컷은 체중의 감소와 더불어 심한 F.E.R.의 감소를 나타냈고 특히 1-LC 군들에서 큰 negative의 수치를 보인 것이 유의할만한 결과로 나타났다.

Exp. 2의 결과는 설탕을 섭취한 2-St 군을 제외한 2-MC 군과 2-LC 군에서 식이에 섬유소가 첨가되면 암수 모두 F.E.R.이 떨어지지만 섬유소의 종류에 따라

영향이 다를 것을 보여 주었다. 즉 본실험에서 사용한 미강, 야채, pure-cellulose 중에서 미강과 야채가 F.E.R.을 감소시켰는데 이 중에서는 미강의 영향력이 더 컸고 pure-cellulose의 영향력은 확실하게 나타나지 않았다.

## B. 열량의 이용율에 미치는 식이섬유소의 영향

### 1. 단백질의 소화흡수율

표 5의 질소배설량은 식이의 단백질함량이 낮은 HC 군이나 단백질함량이 높은 LC 군이나 비슷한 수치를 보여주고 있다. St 군은 대체로 배설량이 높아서 adult rats(Exp. 1)의 1-HC 군과 1-LC 군(암컷)은 같은 성의 1-St 군과 유의적 차를 나타내고 있다. 식이에 첨가된 섬유소는 대부분의 식이군에서 질소의 배설량을 증가시켰고 식이에 섬유소를 더 많이 첨가하면 이에 따라 더 많은 배설을 하였다. 특히 1-HC+LCI 군(수컷)과 1-HC+HCl 군(암, 수)은 유의적 차를 보였다. 또 수컷의 1-LC+LCI 군과 1-LC+HCl 군도 3-LC 군에 비하여 유의적으로 배설량이 증가하였다. 그러나 St 군에 저섬유소가 첨가되면 수컷의 어린쥐나 adult rats에서 모두 질소의 배설량이 감소하여 식이의 구성성분에 따라 섬유소의 영향이 다를 것을 보여 주었다.

이러한 질소배설량의 증가는 변질소량이 증가하기 때문에 일어났다. 즉 섬유소가 첨가되면 어느 경우에도 현저하게 변질소량이 많아졌으나 노질소는 섬유소를 첨가한 식이군에 따라서는 감소하기도 하여 변질소/노질소의 비율은 섬유소를 첨가한 식이군에서 모두 증가하였다. 또 이 비율은 식이의 섬유소함량과 비례하였다.

단백질의 소화흡수율은 설탕군인 St 군이 높고 곡류군인 HC 군, MC 군, LC 군들이 낮은 편이며 곡류군 중에서는 단백질함량이 낮을수록 흡수율도 낮아져서 LC 군 > MC 군 > HC 군 순서를 보여 섭취하는 단백질의 양이 적으면 흡수율이 높아질 것 같은 예상을 벗어났다.

식이구성에 관계없이 섬유소는 단백질의 소화흡수율을 저하시켰고 저하율은 식이섬유소의 함량과 거의 비례적인 관계를 나타냈다. 또 단백질의 소화흡수율은 섬유소의 첨가로 노변 전체 배설량이 감소하였던 1-St+LCI 군(수컷)에서도 낮아져서 섬유소의 영향은 어디까지나 변을 통한 질소배설량의 증가에 있음을 명백히 보여 주었다.

암수 모두 HC 군에 섬유소가 첨가되었을 때 단백질의 소화흡수율이 가장 낮아져 각각의 St 군에 비하여 약 12~21%의 감소율을 보인 반면에 MC 군에 섬유소

표 5. 단백질의 소화흡수율 및 효율

Exp. No.	Group	♂				♀			
		Total Nitrogen Excretion (mg/day)	Fecal Nitrogen/Urinary Nitrogen	Apparent Digestibility (%)	P.E.R. (average/4 weeks)**	Total Nitrogen Excretion (mg/day)	Fecal Nitrogen/Urinary Nitrogen	Apparent Digestibility (%)	P.E.R. (average/4 weeks)**
Exp. 1	1-St	168.8 ±26.7*	0.17	95.5 ±0.2	0.613 ±0.047	165.6 ±13.2	0.18	95.6 ±0.3	0.021 ±0.041
	1-St+LCI	137.4 ±12.8	0.35	92.8 ±0.3a	0.655 ±0.011	200.9 ±18.0	0.38	89.7 ±1.3a	0.095 ±0.094
	1-St+HCl	172.4 ±17.3	0.52	89.0 ±0.5a	0.491 ±0.016	228.0 ±19.6a	0.57	87.6 ±1.4a	-0.065 ±0.010
	1-HC	86.6 ±3.5a	0.56	88.6 ±0.6a	1.195 ±0.256	112.0 ±9.6a	0.84	80.2 ±2.6a	-0.292 ±0.261
	1-HC+LCI	130.8 ±3.3b	0.85	83.7 ±0.5ab	0.871 ±0.215	154.4 ±13.7	0.99	78.3 ±2.7a	-0.210 ±0.104
	1-HC+HCl	163.4 ±9.2b	1.21	73.9 ±8.6a	0.707 ±0.195	185.9 ±7.5b	1.06	78.6 ±1.0a	-0.180 ±0.227
	1-MC	142.9 ±12.8	0.28	92.7 ±0.8a	1.062 ±0.103a	190.7 ±5.9	0.51	88.7 ±0.9a	0.028 ±0.060
	1-MC+LCI	151.0 ±25.1	0.45	91.7 ±1.1a	0.580 ±0.144	192.8 ±2.5	0.59	87.6 ±0.4a	-0.122 ±0.033a
	1-MC+HCl	175.6 ±12.5	0.72	87.1 ±2.4a	0.815 ±0.159	231.7 ±32.2	0.98	80.2 ±1.2ab	-0.078 ±0.084
	1-LC	111.3 ±9.3	0.28	93.8 ±0.5a	0.628 ±0.117	112.5 ±13.6a	0.20	94.9 ±0.6	-0.422 ±0.050a
	1-LC+LCI	143.9 ±5.4b	0.43	91.9 ±1.0a	0.596 ±0.066	177.5 ±20.7	0.46	87.9 ±1.9ab	-0.365 ±0.072a
	1-LC+HCl	161.7 ±10.0b	0.67	88.7 ±0.8ab	0.597 ±0.024	181.8 ±22.4	0.59	84.2 ±3.7ab	-0.578 ±0.070a

\* standard error

a. 각 실험의 St group 과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level 의 섬유소 비첨가군과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

\*\* 4 weeks: 실험시작 첫주부터 네째주까지의 4주간

표 6. 질소의 보유량과 보유율

Exp. No.	Group	♂		♀	
		Nitrogen Retention & Retention Rate		Nitrogen Retention & Retention Rate	
		Retention (mg/day)	Retention Rate(%)	Retention (mg/day)	Retention Rate(%)
Exp. 1	1-St	372.6±30.8*	69.0±4.4	415.5±39.4	71.2±2.0
	1-St+LCI	359.5±35.0	72.1±2.3	339.1±19.4	62.9±2.4
	1-St+HCl	364.6±41.3	67.6±4.1	443.4±59.9	65.6±2.2
	1-HC	187.4±9.0a	68.4±0.8	146.8±18.5a	56.3±4.2a
	1-HC+LCI	239.5±5.1ab	65.2±0.1b	199.2±28.8a	55.8±2.7a
	1-HC+HCl	178.8±59.4a	48.6±11.5	261.3±10.9ab	58.4±0.8a
	1-MC	293.9±28.1	67.0±3.2	331.0±18.5	66.4±1.5
	1-MC+LCI	422.6±87.7	72.6±6.2	389.7±53.1	66.4±2.5
	1-MC+HCl	397.9±55.4	68.5±4.6	323.5±67.4	57.5±2.5ab
	-LC	286.3±23.7	71.7±3.2	258.6±40.5a	68.4±4.4
	1-LC+LCI	389.0±67.6	71.5±3.1	284.9±18.5a	61.7±4.2
	1-LC+HCl	416.1±70.9	71.3±2.9	248.8±42.2a	56.9±5.7

\* standard error

a. 각 실험의 St group 과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level 의 섬유소 비첨가군과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.



표 7. 지방의 소화흡수율

Exp. No.	Group	♂		♀	
		Fecal Lipid (mg/day)	Apparent Digestibility(%)	Fecal Lipid (mg/day)	Apparent Digestibility(%)
Exp. 1	1-St	222.5±15.6*	80.8±1.6	104.3±16.6	93.4±2.8
	1-St+LCI	220.9±28.7	77.6±0.5	262.5±59.5a	84.8±1.1
	1-St+HCl	301.2±47.8	72.0±3.9	370.6±40.0a	78.7±1.7a
	1-HC	187.0±20.7	77.2±2.6	139.7±9.3	82.2±1.9a
	1-HC+LCI	274.6±42.4	71.4±3.9	261.1±13.6ab	74.5±2.3a
	1-HC+HCl	450.4±19.8ab	51.3±0.2ab	333.8±9.9ab	74.8±0.3ab
	1-MC	272.9±20.4	77.8±0.7	171.0±24.8	87.3±1.6
	1-MC+LCI	227.4±22.7	83.0±2.2	278.0±27.6ab	83.1±0.9a
	1-MC+HCl	308.9±14.1a	77.5±0.4	372.1±74.1ab	77.3±0.8ab
	1-LC	663.4±102.6a	81.6±2.1	206.7±26.4	93.8±0.9
	1-LC+LCI	263.4±36.6b	93.7±0.5ab	384.2±83.3a	90.8±2.1
	1-LC+HCl	566.6±183.6	85.7±4.6	386.7±89.7a	88.4±1.8
	Exp. 2	2-St	187.0±14.0	87.9±1.4	96.7±29.0
2-St+PCI		221.7±1.7	83.2±0.4a	104.7±3.9	89.2±0.2
2-MC		177.4±5.4	88.7±0.5	71.5±13.8	94.0±1.6
2-MC+VCI		224.4±6.7b	83.5±0.2ab	123.2±29.2	91.2±0.1
2-MC+CCI		125.1±0.6ab	79.5±5.9	123.6±14.6	83.2±3.5b
2-MC+PCI		144.6±7.0b	89.3±0.8	128.4±7.4b	87.8±1.1b
2-LC		379.0±13.3a	91.4±0.7	259.5±5.5a	91.9±0.1
2-LC+VCI		460.7±4.3a	89.9±0.5	340.8±32.4a	88.8±0.9b
2-LC+CCI		132.7±3.6b	95.1±0.6ab	147.6±28.0b	94.2±1.2
2-LC+PCI		422.6±3.8a	93.3±0.4a	237.3±24.7a	94.8±0.1b

\* standard error

- a. 각 실험의 St group 과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.
- b. 같은 carbohydrate level 의 섬유소 비첨가군과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.

가 첨가되면 약 4~15%의 감소율을 보였다.

여기서 문제삼고 싶은 것은 단백질함량이 가장 낮은 1-HC+(L)HCl 군에서 단백질의 소화흡수율도 제일 떨어지고 질소의 보유율도 감소하는 경향을 보여(표6) 불균형된 식이에 섬유소가 첨가되었을 때 그 불균형이 더욱 조장되는 것 같은 결과를 보인 것이다. 특히 우리나라의 농촌과 산촌에서 총 식품섭취량중 동물성 식품의 비율이 각각 6%와 2.6%만을 차지하고 곡류와 야채의 섭취량은 각각 76.7%와 84.2%를 기록하여 동물성 단백질로부터 공급받을 수 있는 필수아미노산의 조성에 부족이 많은 실정인데<sup>27)</sup>이 경우에 섭취하는 식품의 구성성분 중에서 단백질의 절대필요량이 부족할 뿐 아니라 곡류와 야채에 몰려 있는 조섬유 때문에 그 단백질의 소화흡수율이 떨어지는 점이 또한 문제인 것 같다.

이상에서 언급된 것처럼 식이의 섬유소는 변의 질소량을 늘려서 단백질의 소화흡수율을 저하시켰다. 그러

나 이때 질소의 보유율이 크게 영향을 받지 않는 것으로(표 6) 이것은 식이와 섬유소가 단백질의 체내 이용에 유의적인 영향력을 발휘하지 않았다는 Rao 등<sup>14)</sup>의 견해와 일치하는 것이었다. 즉 변의 질소량이 증가되면 노의 질소량은 어느 정도 감소됨으로써 비슷한 보유율을 유지시키는 경향이었다. 이러한 현상은 Wiener 등<sup>28)</sup>이 dextrin 을 설탕 대신 공급했을 때 변의 질소량은 상승하였고 노질소량은 감소했다는 보고에서도 뒷받침되었다.

이러한 결과는 섬유소의 영향이 어디까지나 단백질의 소화흡수율을 떨어뜨려 흡수되는 양을 감소시키는 데 있는 것이지 일단 흡수가 되면 그 후의 체내 질소대사에게까지 영향을 미치지 않았음을 나타내는 결과로 본다.

## 2. 지방의 소화흡수율

식이의 섬유소가 변의 총지방함량을 증가시키며 높은 함량의 섬유소에 대하여 단백질이나 탄수화물의 흡

표 8. 당의 배설량

Exp. No.	Group	♂		♀	
		Total Glucose Excretion (mg/day)	Fecal Glucose/Urinary Glucose	Total Glucose Excretion (mg/day)	Fecal Glucose/Urinary Glucose
Exp. 1	1-St	9.9±0.3*	0.37	10.4±2.2	0.14
	1-St+LCI	11.5±0.6	0.59	10.9±2.2	0.69
	1-St+HCl	17.5±0.2a	0.92	13.9±2.9	0.55
	1-HC	13.5±0.6	0.77	8.7±2.2	0.52
	1-HC+LCI	19.1±2.3b	1.42	9.4±1.6	1.35
	1-HC+HCl	26.9±2.5ab	1.78	12.9±1.6	1.10
	1-MC	11.4±0.3a	0.66	8.3±1.9	0.71
	1-MC+LCI	13.5±1.9	0.85	12.7±1.6	0.64
	1-MC+HCl	17.4±0.8ab	0.81	13.1±1.0	1.16
	1-LC	9.4±0.8	0.42	5.2±0.6	0.25
	1-LC+LCI	13.6±0.2ab	0.50	10.5±0.8b	0.36
	1-LC+HCl	18.4±2.5b	0.80	11.3±1.3b	0.65

\* standard error

a. 각 실험의 St group 과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level의 섬유소 비첨가군과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

수보다 지방의 흡수는 예민한 반응을 나타낸다는 McCance 등<sup>29)</sup>의 보고와는 달리 본 실험에서 첨가한 정도의 식이섬유소는 변질소량에서 나타난 것과 같이 변지방량을 일률적으로 증가시키지 않았다(표 7).

본 실험의 결과를 보면 암컷은 식이의 구성성분에 관계없이 섬유소의 첨가에 의하여 변지방량을 증가시켜 Southgate<sup>13)</sup>, McCance 등<sup>36)</sup>의 결과와 일치하였다. 그러나 수컷에서는 섬유소첨가군의 지방배설양상이 암컷과는 다른 일면을 보여 주었다. 즉 수컷의 1-LC 군은 지방배설량이 매우 높고 1-HC 군은 지방배설량이 낮아서 식이의 지방함량이 변지방량을 결정짓는 또 다른 중요한 요인임을 드러내었으며 1-St+LCI, 1-MC+LCI, 1-LC+LCI, 1-LC+HCl 군들은 각각의 섬유소 비첨가군에 비하여 하루에 배설되는 변의 지방량이 오히려 감소하여 본 실험에서 첨가된 정도의 소량의 섬유소는 지방의 소화흡수율을 오히려 높일 수 있음을 나타냈다.

또한 Exp. 2의 결과에 의하면 야채군은 식이의 구성성분에 관계없이 섬유소비첨가군에 비하여 변지방량이 증가되었고, 야채군에는 미치지 못하지만 pure-cellulose 군도 변지방량이 증가되는 경향을 보였으며, 미강군은 변지방량이 오히려 상당히 감소되었을 뿐 아니라 소화흡수율도 영향을 받아 2-LC+CCI 군의 지방의 소화흡수율은 섬유소비첨가군 보다도 높아졌다. 2-MC+CCI 군(수컷)에서 보인 변지방량의 감소는 식이섭취량이 감소한데서 온 결과로서 2-MC 식이의 섬유소첨가군

중에서 소화흡수율이 가장 떨어졌으나 2-LC+CCI 군(수컷)에서 보인 변지방량의 감소는 식이의 열량섭취량이 적어진 것에 대한 일종의 보상효과일 수 있다고 본다. 즉 이 식이군에서 지방의 소화흡수율은 오히려 높아졌다.

이유가 어찌되었든 미강과 pure-cellulose 로 인한 효과가 뚜렷하지 않은데 반하여 지방의 소화흡수율을 떨어뜨리는 야채의 효과는 명백하여 고지방섭취와 과잉 열량의 섭취가 문제되는 경우에는 다량의 야채를 섭취하는 것이 지방의 소화흡수율과 열량의 흡수율을 떨어뜨리는 효과적인 방법이 될 수 있다고 본다.

### 3. 당의 배설량

표 8의 당배설량은 식이섬유소의 첨가로 인하여 어느 식이군에서나 증가하였다. 첨가되는 섬유소 양의 영향도 확실하여 고섬유소를 첨가한 식이군은 저섬유소를 첨가한 식이군보다 더 많은 배설을 하였다. 섬유소를 섭취하여 생기는 당배설량의 증가는 저자 등<sup>17)</sup>의 실험과 비교하여 adult rats 보다는 어린쥐에서 현저하였는데 이것은 단백질의 소화흡수율에서도 같은 경향이였다.

식이구성성분에 따른 차이도 뚜렷하여 HC 식이에 섬유소가 첨가되었을 때 제일 심한 영향을 받았다.

이와같은 당배설량의 증가는 질소의 배설에 있어서와 마찬가지로 식이섬유소로 인하여 변당의 양이 많아지기 때문에 초래되었다. 즉 식이에 섬유소가 첨가되었을 때 뇨당은 다소의 증감을 보였을 뿐이지만 변당은 모든 식이군에서 현저한 증가를 하여 섬유소첨가식

표 9. 골격근육의 무게

Exp. No.	Group	Final Body Weight (g)	Skeletal Muscle Weight(g)						
			Soleus	EDL	Biceps	Plantaris	Anterior Tibia	Gastrocnemius	
Exp. 2	♂	2-St	303.3±18.2*	0.098 ±0.009	0.123 ±0.007	0.194 ±0.012	0.278 ±0.008	0.531 ±0.029	1.481 ±0.083
		2-St+PCI	305.5±18.7	0.098 ±0.004	0.121 ±0.007	0.185 ±0.011	0.272 ±0.016	0.524 ±0.030	1.430 ±0.067
		2-MC	338.6±7.4	0.123 ±0.004	0.137 ±0.005	0.205 ±0.007	0.332 ±0.012a	0.607 ±0.014	1.667 ±0.049
		2-MC+VCI	288.2±15.9b	0.088 ±0.005b	0.119 ±0.007	0.165 ±0.007b	0.272 ±0.011b	0.481 ±0.034b	1.319 ±0.079b
		2-MC+CCI	181.3±16.8ab	0.071 ±0.009b	0.082 ±0.007ab	0.126 ±0.010ab	0.187 ±0.018ab	0.341 ±0.034ab	0.918 ±0.085ab
		2-MC+PCI	326.1±11.1	0.110 ±0.004	0.124 ±0.002	0.201 ±0.007	0.323 ±0.017	0.545 ±0.016b	1.553 ±0.064
		2-LC	319.2±16.2	0.111 ±0.005	0.127 ±0.005	0.187 ±0.007	0.318 ±0.017	0.529 ±0.027	1.498 ±0.057
		2-LC+VCI	296.0±17.1	0.100 ±0.007	0.115 ±0.003	0.188 ±0.014	0.286 ±0.013	0.503 ±0.028	1.361 ±0.078
		2-LC+CCI	210.9±19.7ab	0.069 ±0.010b	0.095 ±0.009b	0.167 ±0.017	0.221 ±0.027b	0.412 ±0.031b	1.067 ±0.121ab
		2-LC+PCI	341.0±19.3	0.121 ±0.004	0.135 ±0.004	0.213 ±0.010	0.332 ±0.012a	0.586 ±0.023	1.662 ±0.077
	♀	2-St	198.6±11.8	0.070 ±0.005	0.079 ±0.006	0.125 ±0.007	0.203 ±0.021	0.336 ±0.022	0.928 ±0.053
		2-St+PCI	205.8±11.5	0.078 ±0.002	0.089 ±0.005	0.142 ±0.009	0.207 ±0.009	0.366 ±0.07	1.026 ±0.055
		2-MC	212.5±5.6	0.087 ±0.002a	0.091 ±0.002	0.157 ±0.005a	0.236 ±0.008	0.396 ±0.010a	1.112 ±0.021a
		2-MC+VCI	197.7±7.5	0.075 ±0.003	0.080 ±0.005	0.121 ±0.007b	0.186 ±0.012b	0.332 ±0.010b	0.889 ±0.030b
		2-MC+CCI	166.2±7.1b	0.062 ±0.003b	0.073 ±0.002b	0.123 ±0.006b	0.168 ±0.008b	0.306 ±0.015b	0.802 ±0.040b
		2-MC+PCI	218.4±9.2	0.081 ±0.007	0.084 ±0.003	0.149 ±0.010	0.228 ±0.010	0.388 ±0.015	1.052 ±0.063
		2-LC	205.6±7.8	0.082 ±0.002	0.080 ±0.003	0.142 ±0.005	0.195 ±0.002	0.358 ±0.008	1.029 ±0.018
		2-LC+VCI	199.6±3.6	0.088 ±0.003a	0.081 ±0.003	0.145 ±0.004	0.203 ±0.006	0.349 ±0.014	1.001 ±0.030
		2-LC+CCI	178.4±7.3b	0.066 ±0.006	0.075 ±0.003	0.129 ±0.008	0.173 ±0.014	0.340 ±0.020	0.883 ±0.049
		2-LC+PCI	211.0±8.0	0.084 ±0.003	0.086 ±0.005	0.155 ±0.004a	0.213 ±0.007	0.378 ±0.012	1.061 ±0.034

\* standard error

a. 같은 sex의 2-St group과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level의 섬유소 비침가군과 비교하여 P<0.05 이상의 유의성을 나타냄.

이군에서는 어느 경우에도 변당/노당의 비율이 증가하였고 1-HC+HCl군에서 가장 큰 비율을 나타냈다.

변을 통한 이러한 당의 상실은 열량원의 상실을 뜻하는 것으로서 Rao 등<sup>14,16)</sup>이 지적하고 있는 섬유소의 "reducing body fat effect"를 초래하는 것으로 생각한다.

### C. 성장과 식이섬유소

#### 1. 골격근육의 무게

골격근육의 무게는 최종체중과 동일한 경향으로 증가 혹은 감소하였다(표 9).

즉 야채나 미강의 침가군에서 섬유소 비침가군에 비

표 10. 뼈의 길이와 무게

Exp. No.	Group	Final Body Weight (g)	Bone Length (cm)			Bone Weight(g)		
			Femur	Humerus	Tibia	Femur	Humerus	Tibia
Exp. 2	2-St	303.3±18.2*	3.48 ±0.07	2.71 ±0.06	3.92 ±0.08	0.656 ±0.056	0.287 ±0.021	0.515 ±0.033
	2-St+PCI	305.5±18.7	3.50 ±0.06	2.72 ±0.04	3.87 ±0.04	0.681 ±0.038	0.312 ±0.012	0.561 ±0.017
	2-MC	338.6± 7.4	3.58 ±0.02	2.81 ±0.01	4.08 ±0.05	0.728 ±0.080	0.311 ±0.029	0.632 ±0.035
	2-MC+VCI	288.2±15.9b	3.40 ±0.04b	2.62 ±0.05b	3.81 ±0.03b	0.641 ±0.041	0.265 ±0.019	0.518 ±0.030b
	2-MC+CCI	181.3±16.8ab	3.06 ±0.10ab	2.42 ±0.05ab	3.51 ±0.06ab	0.260 ±0.021ab	0.113 ±0.011ab	0.213 ±0.008ab
	2-MC+PCI	326.1±11.1	3.48 ±0.04	2.69 ±0.03b	3.87 ±0.02b	0.732 ±0.030	0.305 ±0.006	0.592 ±0.016
	2-LC	319.2±16.2	3.50 ±0.03	2.66 ±0.04	3.91 ±0.03	0.704 ±0.025	0.295 ±0.012	0.567 ±0.012
	2-LC+VCI	296.0±17.1	3.43 ±0.06	2.68 ±0.06	3.80 ±0.05	0.650 ±0.038	0.291 ±0.016	0.556 ±0.020
	2-LC+CCI	210.9±19.7ab	3.11 ±0.09ab	2.46 ±0.07	3.52 ±0.06ab	0.387 ±0.015ab	0.169 ±0.007ab	0.335 ±0.025ab
	2-LC+PCI	341.0±19.3	3.50 ±0.04	2.76 ±0.02	3.92 ±0.05	0.782 ±0.035	0.335 ±0.010	0.616 ±0.025
	2-St	198.6±11.8	3.15 ±0.07	2.46 ±0.05	3.56 ±0.06	0.587 ±0.033	0.261 ±0.014	0.463 ±0.022
	2-St+PCI	205.8±11.5	3.19 ±0.02	2.51 ±0.02	3.56 ±0.02	0.602 ±0.037	0.261 ±0.015	0.472 ±0.018
	2-MC	212.5± 5.6	3.20 ±0.05	2.54 ±0.05	3.62 ±0.04	0.571 ±0.036	0.257 ±0.011	0.453 ±0.017
	2-MC+VCI	197.7± 7.5	3.07 ±0.01	2.42 ±0.01	3.53 ±0.03	0.484 ±0.024a	0.221 ±0.010	0.386 ±0.011ab
	2-MC+CCI	166.2± 7.1b	2.97 ±0.05b	2.42 ±0.02	3.45 ±0.05	0.367 ±0.027ab	0.163 ±0.009ab	0.283 ±0.018
	2-MC+PCI	218.4± 9.2	3.23 ±0.02	2.52 ±0.03	3.63 ±0.02	0.663 ±0.026	0.290 ±0.014	0.514 ±0.019
	2-LC	205.6± 7.8	3.14 ±0.03	2.44 ±0.03	3.53 ±0.03	0.592 ±0.022	0.262 ±0.011	0.457 ±0.012
	2-LC+VCI	199.6± 3.6	3.08 ±0.05	2.43 ±0.02	3.52 ±0.05	0.564 ±0.013	0.250 ±0.008	0.418 ±0.015
	2-LC+CCI	178.4± 7.3b	2.99 ±0.08	2.36 ±0.07	3.44 ±0.10	0.435 ±0.013ab	0.185 ±0.008ab	0.338 ±0.009ab
	2-LC+PCI	211.0± 8.0	3.15 ±0.02	2.46 ±0.01	3.55 ±0.02	0.598 ±0.021	0.273 ±0.009	0.487 ±0.019

\* standard error

a. 같은 sex의 2-St group과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level의 섬유소 비침가군과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.

하여 보였던 체중의 감소율과 비슷한 정도로 골격근육의 무게가 감소하여 체중과 골격근육의 무게가 밀접한 연관성을 가지고 변화함을 나타내었다. 또한 골격근육 중에서 가장 큰 무게를 가진 gastrocnemius에서 다른 골격근육에 비하여 비교적 감소율이 컸으나 가장 무게가 적은 soleus에서도 체중과 비슷한 감소율을 보여 모

든 골격근육에 걸친 감소였음을 나타냈다.

미강이나 야채첨가군에서 보인 체중과 골격근육무게의 감소는 식이섭취량이 감소했던 것이 한 요인이 되겠지만 야채군에서는 오히려 식이의 섭취량이 증가하는 경향을 보였고 미강군에서는 식이섭취량의 감소율보다 더 심한 무게의 감소율을 나타내고 있는 점으로

표 11. 체중증가량

Exp. No.	Group	♂	♀
Exp. 1**	1-St	60.5±4.6*	2.0± 3.7
	1-St+LCI	65.3±10.8	9.2±10.5
	1-St+HCl	51.1±19.0	-7.0± 1.7
	1-HC	58.4±13.9	-12.9± 9.1
	1-HC+LCI	53.2±14.6	-12.6± 4.7
	1-HC+HCl	47.6±15.3	-12.5±15.5
	1-MC	99.0± 8.7	2.3± 5.1
	1-MC+LCI	59.2±14.5	-11.0± 2.1
	1-MC+HCl	82.4±18.1	-7.6± 7.1
	1-LC	56.2±13.6	-31.8± 1.7
	1-LC+LCI	51.0± 6.1	-28.0± 4.0
	1-LC+HCl	64.0± 4.2	-46.8± 5.2
	Exp. 2**	2-St	236.9±10.6
2-St+PCI		239.5±14.2	144.5±11.6
2-MC		272.6± 7.4	152.1± 9.2
2-MC+VCl		222.2±15.8b	137.3± 6.4
2-MC+CCl		115.3± 9.9ab	106.0± 3.9b
2-MC+PCI		259.7±10.3	158.2± 4.7
2-LC		253.0±13.8	145.2±13.2
2-LC+VCl		229.6± 13.5	139.5± 5.3
2-LC+CCl		144.5±13.5ab	118.0± 2.9b
2-LC+PCI		275.0±21.4	150.7± 8.3

\* standard error

a. 같은 실험, 같은 sex의 St group과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.

b. 같은 carbohydrate level의 섬유소 비첨가군과 비교하여  $P < 0.05$  이상의 유의성을 나타냄.

\*\* experimental period: Exp. 1 4주, Exp. 2 8주

미루어 식이섬유가 갖는 열량소 이용율의 저하 효과도 중요한 원인이 되었다고 본다.

## 2. 뼈의 길이와 무게

뼈의 무게 및 길이를 살펴보면 야채나 미강을 첨가한 식이군에서 섬유소 비첨가군에 비하여 모두 감소하였는데 뼈길이도 뼈무게의 감소율이 훨씬 커서 체중의 감소율을 훨씬 증가하였고 뼈길이의 감소는 체중의 감소율보다 근소하였다(표 10). 또한 야채(배추)를 첨가하였을 때 미강을 첨가했을 때보다 뼈무게나 길이의 감소율이 작았다. 야채나 미강을 첨가했을 때 보인 뼈의 성장율의 감소는 이들 두 식이군에 salt mixture가 첨가되지 않았으므로 야채나 혹은 쌀에 들어 있는 무기질중에서 특히 뼈의 성장에 필요한 칼슘이나 인이 동물의 성장에 필요한 만큼 충족되지 않은데 원인이 있는 것 같다. 그러나 야채를 섭취한 식이군에서는 뼈무게의 감소율이 salt mixture를 첨가한 식이군과 비교하여 작은 차이만을 보여주었고 있으며, 대부분 통

계적 유의성을 나타내지 않고 있어 흥미있는 결과로 나타났다. 특히 고지방식이군에 야채를 첨가하여 섭취한 식이군에서는 암수 모두 뼈의 길이뿐 아니라 무게에 있어서도 salt mixture를 섭취한 고지방 식이군(2-LC 군)과 통계적 유의성을 나타내지 않고 있어 야채(배추)에 들어있는 무기질만으로 뼈의 성장이 상당히 효율적으로 이루어질 수 있고 특히 고지방식이를 섭취할 때 야채 무기질의 이용이 효과적으로 이루어졌음을 보여주었다.

야채 첨가군에 비하면 미강 첨가군에 있어서는 체중 감소율보다도 심한 뼈무게의 감소를 일으켰다. 야채나 곡류에 함유되어 있는 phytate나 oxalate가 생체 내에서 칼슘의 흡수를 방해한다는 설에 대하여는 아직도 찬반의 의견이 엇갈리고 있는 실정인데<sup>30)</sup> 본실험의 결과는 미강첨가군에서 심한 체중의 감소와 더불어 뼈의 성장이 심히 불량하게 나타났고 미강의 칼슘함량이 배추에 비하여 적지 않은 점으로 미루어<sup>31)</sup> 미강에 들

어있는 칼슘의 흡수가 phytate 로 인하여 저해되지 않았는가 하는 의문을 남겼다.

### 3. 체 중

표 11은 두 실험에서 전 실험기간을 통하여 성장한 체중의 증가량이다.

Exp. 1은 성장된 adult rats 를 가지고 4주동안 사육한 결과로서 식이의 구성성분에 따른 혹은 섬유소의 첨가량에 따른 경향을 명백하게 나타내지 않았다. 다만 암컷의 I-LC 군에서 보인 심한 체중의 감소는 유의할만하다고 보며 I-HC 군에서 보다는 더 현저한 감소를 나타내 고지방식이 체중을 감소시키는 "reduction diet"로 추천될만하다는 Kasper 등<sup>23)</sup> Kekwick 등<sup>23)</sup>과 일치되는 결과를 보였다.

Exp. 2의 결과는 식이섬유소의 종류에 따라 체중증가량에 미치는 영향이 다름을 보여주고 있다. 즉 식이의 구성성분에 관계없이 미강군은 야채군보다 체중의 감소가 심하여 각각의 섬유소비첨가군에 대하여 통계적 유의성을 보였다. pure-cellulose 는 대부분 체중증가량을 조금씩 높이는 경향을 보였으나 유의적인 것은 아니었다.

결론적으로 식이의 섬유소는 성장을 저해하는 요인이 될 수 있다고 보는데 이 때 기본식이의 구성성분에 따라 다른 반응을 나타내 저자 등<sup>17)</sup>의 실험결과와 본 실험결과로 미루어 St 식이나 MC 식에보다 HC 식이나 LC 식에 섬유소가 첨가될 때 체중감소를 일으키는 섬유소의 영향이 더 큰 것 같다.

## V. 결 론

식이에 첨가된 미강과 야채 조섬유의 일차적인 효과는 변의 양을 늘리는데 있다. 이때 초래되는 이차적인 효과, 또는 미강 및 야채에 들어 있는 다른 영양소의 소화흡수율이 감소되어 주로 열량원의 손실을 일으키는 듯하였다. 특히 당의 배설량을 증가시키는 효과가 뚜렷하였다.

야채나 미강의 첨가로 인한 영양소의 손실로 골격근육 및 뼈무게가 감소하여 야채나 미강첨가식이 체중을 줄이는 요인이 될 수 있음을 나타냈다.

이상의 조섬유함량이 높은 야채나 미강첨가식의 영향은 섭취한 조섬유의 양, 기본식이의 구성성분, 식이 조섬유의 형태 및 실험동물의 연령에 따라서 차이를 보였다. 즉 기본식이의 구성성분에 따라서 고탄수화물 식이나 고지방식에 조섬유가 첨가될 때 영양소의 손실이 심하였고 특히 95% high rice group(HC 군)에서

의 영양소의 손실량이 커서 불균형된 식이에 영양소의 손실요인이 가해졌을 때 심한 영향을 받았음을 보여 주었다.

또한 첨가된 조섬유의 영향은 조섬유의 양과 비례하여 심해졌으며 섭취하는 조섬유의 종류에 따라서 미강 첨가식이 체중의 감소를 일으키는 효과가 컸으며 야채첨가식은 지방의 소화흡수율을 떨어뜨리는 효과가 컸다. 또 동물의 연령에 따른 차이도 뚜렷하여 성장기의 어린쥐에서 adult rats 에 비하여 섬유소의 첨가로 인하여 초래되는 영양소의 소화 흡수율의 감소가 더 컸다.

이상의 여러 결과를 종합할 때 식이섬유소의 영향은 기본식이의 구성성분, 첨가되는 섬유소의 양 및 종류, 실험동물의 연령과 밀접한 관계를 맺고 있으므로 앞으로의 연구과제를 많이 안고 있는 식이조섬유에 대한 연구는 이러한 점이 충분히 고려되어 계획되어야 할 것 같다.

## REFERENCES

- 1) 이화여자대학교 가정대학 식품영양학과, 「한국인 지역별 영양실태 조사」(미강현), 1973.
- 2) Cumming, J.H.: *Gut*, 14:69-81, 1973.
- 3) Goodhart, R.S. and M.E. Shils: *Modern nutrition in health and disease*, Philadelphia: Lea & Febiger, pp. 900-901, 1976.
- 4) Yang, M.G., K. Manoharan and A.K. Young: *J. Nutr.* 97:260-264, 1968.
- 5) Hoover, W.H. and R.N. Heitmann: *J. Nutr.* 102:375-380, 1972.
- 6) Canham, J.E.: *Fed. Proc.* 24:314, 1965.
- 7) Kramer, P.: *Gastroenterology*, 47:649-652, 1964.
- 8) Goodhart, R.S. and M.E. Shils: *Modern nutrition in health and disease*, Philadelphia: Lea & Febiger, pp. 984-985, 1976.
- 9) Burkitt, D.P., A.R.P. Walker and N.S. Painter: *J. Am. Med. Assn.*, 229:1068-1074, 1974.
- 10) Trowell, H.C.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 25:464-465, 1972.
- 11) Trowell, H.C.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 25:926-932, 1972.
- 12) Henry, Y.: *Nutr. Abs. Rev.*, 40:1468-1469, 1970.

- 13) Southgate, D.A.T. and J.V.G.A. Durnin: *Br. J. Nutr.*, 24:517, 1970.
- 14) Rao, M.N. and O.E. Sundaravalli: *J. Am. Diet. Assn.*, 57:517-519, 1970.
- 15) Sundaravalli, O.E., T.R. Doraiswamy, K.S. Shurpalekar and M.N. Rao: *Nature*, 232:554-555, 1971.
- 16) Sundaravalli, O.E., Shurpalekar, K.S. and M.N. Rao: *J. Agric. Food Chem.*, 19:116-118, 1971.
- 17) 柳春熙, 金淑喜: 「한국영양학회지」, 제 9권, 제 2호, pp. 134-149, 1976.
- 18) Oser, B.L., P.B. Hawk and W.H. Summerson: *Physiological Chemistry*. N.Y.: McGraw Hill Book Co., 1965.
- 19) Somogyi, M.: *J. Biol. Chem.*, 160:61, 1945.
- 20) 金井泉: 「臨床検査法提要」, 金泉出版株式會社 III, p. 13, 1955.
- 21) 정영진: 「근대 통계학의 이론과 실제」, 서울, 보진재, 1970.
- 22) Eastwood, M.A., J.R. Kirkpatrick, W.D. Mitchell, A. Bone and T. Hamilton: *Br. Med. J.*, 4:392-394, 1973.
- 23) Morgan, B., M. Heald, S.D. Atkin, J. Green and E.B. Chain: *Br. J. Nutr.*, 32:447, 1974.
- 24) Mendeloff, A.I.: *Nutr. Rev.*, 33(11):321-325, 1975.
- 25) Kirwan, W.O., A.N. Smith, A.A. McConnell, W.D. Mitchell and M.A. Eastwood: *Br. Med. J.* 4:187-189, 1974.
- 26) *Nutr. Rev.*, 33(3):70-72, 1975.
- 27) 이기열, 김숙희: 「한국인의 식생활향상을 위한 종합연구」, 서울: 이화여자대학교 출판부, pp. 7-27, 1974.
- 28) Wiener, R.P., Minora Yoshida and A.E. Harper: *J. Nutr.*, 80:279-290, 1963.
- 29) Portman, O.W. and F.J. Stare: *Physiological Reviews*, 39(3):407-436, 1959.
- 30) Goodhart, R.S. and M.E. Shils: *Modern nutrition in health and disease*, Philadelphia: Lea & Febiger, p. 273, 1976.
- 31) F.A.O. 학국협회: 「한국인 영양 권장량」, 제2개정판, pp. 72-95, 1975.
- 32) Kasper, H., H. Thiel and M. Ehl: *Am. J. Clin. Nutr.*, 26:197-204, 1973.
- 33) Kekwick, A. and G.L.S. Pawan: *Metabolism*, 6:447, 1957.