

## 당근과 무의 단세포를 섭취가 흰쥐의 배변특성, 무기질 흡수율 및 소장과 대장의 구조에 미치는 영향

박용곤<sup>1\*</sup> · 강윤한<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국식품개발연구원

<sup>2</sup>원주대학 식품과학과

## Effects of Single Cells of Carrot and Radish on the Fecal Excretion Properties, Mineral Absorption Rate and Structure of Small Intestine and Colon in Rats

Yong-Kon Park<sup>1\*</sup> and Yoon-Han Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science, Wonju National College, Wonju 220-711, Korea

### Abstract

The effects of single cells of carrot or radish on the fecal excretion, mineral absorption rate and structure of small intestine and colon were investigated in rats fed 5% single cell diet for 4 weeks. Carrot contained 28.76% of total dietary fiber and 21.45% of insoluble dietary fiber, and radish contained 23.14% of total dietary fiber and 16.77% of insoluble dietary fiber on a dry weight basis. Total dietary fiber contents of the single cell were 44.68% for carrot, 48.0% for radish. Absorption rates of magnesium were higher in the carrot and radish single cell groups than the other groups. Cellulose significantly increased fecal weight and weight of small intestine. The consumption of cellulose and single cells decreased digestibility of lipid. The length of colon were longer in the carrot and the radish group than the other groups. Scanning electron microscopy studies showed that small intestine microvilli with leaf-shaped were seen in cellulose and single cell fed groups. These results suggest that the diet containing 5% single cells of carrot or radish increases the digestibility of dietary fiber, weight gain, and fecal output and shorten the gastrointestinal transit time.

**Key words:** dietary fiber, single cells, fecal excretion, colon

### 서 론

한국인의 식이섬유 섭취 실태조사에서 90년대의 국민 1인당 하루 평균 식이섬유 추정 섭취량은 조사자에 따라 다소 차이는 있으나 20 g 미만이고 조사대상자의 75% 이상이 20 g 미만을 섭취하고 있는 것으로 나타나, 다른 나라의 권장량과 비교할 때 한국인의 식이섬유 섭취상태는 잠정적 권장량의 최소량에 미달하고 있고(1), 최근에 식생활 양식의 변화에 대응하여 향후 새로운 형태의 식이섬유가 많이 함유된 가공식품의 개발이 요구되고 있다. 식물세포분리효소를 이용하여 얻어진 단세포는 불용성 식이섬유의 함량이 총식이섬유의 약 80% 이상을 차지하므로 섭취시 포만감과 변비완화에 영향을 미쳐 장 기능 개선에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다. 단세포 반응물은 식이섬유의 비중이 높는데 이들 식이섬유의 물리화학적 성질로는 불용성 식이섬유와 일부 수용성 식이섬유의 보수성, 수용성 식이섬유의 용해성, 점질성을 포함하여 양이온 교환성, 흡착성 등이 있다(2). 식이섬유의 생

리작용으로는 장기능에 대한 생리효과, 혈중 콜레스테롤 저하효과, 혈장 포도당과 인슐린에 대한 반응, 무기질과 비타민의 흡수지연 등이 있고, 생리적 부작용으로 위장관 장애, 무기질의 흡수저해, 알레르기 반응 등이 있다(3). 그 중에서 장기능에 대한 섬유소의 작용은 섭취하는 검류, 펙틴, 베타글루칸 등의 소장에서의 흡수감소와 통과시간 지연에 가장 효과적이며, 불용성 식이섬유는 대변의 중량 증가에 가장 효과적이라고 하였다(4). 동물실험을 통한 식이섬유의 흰쥐에 미치는 영향 연구로는 쌀, 보리(5), 감귤과피(6) 식이섬유가 지방, cadmium 대사에 미치는 효과, 섬유소 종류에 따른 체내 지질수준(7), 식이섬유의 콜레스테롤 대사에 미치는 영향(8) 등의 많은 연구가 이루어졌다. 그러나 식이섬유가 변비에 미치는 영향을 포함한 장기능에 미치는 영향 연구는 sodium alginate와 cellulose가 흰쥐의 소화생리에 미치는 영향(9) 등 일부 연구가 이루어졌다. 또한 농산물에 대한 효소적 미세화(enzymatic maceration) 후 식이섬유가 다량 함유된 단세포 함유반응물의 특성조사가 이루어졌다(10,11). 본 연구는 당

\*Corresponding author. E-mail: ykpark@kfri.re.kr  
Phone: 82-31-780-9012, Fax: 82-31-780-9234

근, 무 단세포물의 식이섭취 특성 및 단세포 함유 반응물의 섭취가 흰쥐의 배변특성, 무기질 흡수율 및 소장과 대장의 구조에 미치는 영향을 조사하였기에 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 당근, 무 단세포 함유 반응물의 제조

본 실험에 사용한 당근과 무는 슈퍼마켓에서 구입, 사용하였다. 이들의 단세포화를 위해 사용한 효소는 protopectinase 중 Sumzyme MC(신일본화학공업, Japan)로 효소 활성이 4,000 unit/g 였다. 당근, 무를 세척하여  $5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$ 의 크기로 절절한 후 동량의 증류수 및 원료 중량의 0.05%에 해당하는 Sumzyme MC를 가하여 shaking incubator에서 250 rpm으로 40°C에서 3시간 진탕하면서 반응시켰으며 얻어진 반응물은 1 mm(18 mesh) sieve를 통과시켜 단세포 함유 반응물로 하였다(12).

### 실험동물

본 실험에 사용한 실험동물은 생후 4주된 체중 70~80 g 되는 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐 32마리를 2주간 예비사육 후 4군으로 나누어 사용하였다. 각 cage에 한 마리씩 넣어 4주간 사육하였으며 사육실의 온도는  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 식이와 물은 제한 없이 먹을 수 있도록 하였으며 식이섭취량은 매일 일정한 시간 잔량을 측정하였으며, 체중은 1주일에 한 번씩 측정하였다.

### 실험식이

당근과 무 단세포물의 제조는 상기에서 얻어진 단세포 함유 반응물을 5,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 얻어진 침전물을 각각의 단세포물로 하였다. 본 실험에 사용한 식이는 단세포물군의 경우 동결건조한 단세포 분말이 5% 되도록 첨가한 후 Table 1의 조성으로 제조하였다. 식이섭취 함량 및 단세포물의 종류에 따른 배변효과 등을 보기 위하여 식이에 식이섭취를 첨가하지 않은 대조군(Control), cellulose를 5% 첨가한 섬유소군(Cellulose), 단세포물 함량이 5% 되도록 첨

가한 당근 단세포물군(Carrot), 무 단세포물군(Radish)으로 구분하였다.

### 식이의 무기질 분석

실험식이에 함유된 무기물중 Ca, P, K, Na, Mg 등의 함량을 측정하였다. 건식회화법으로 회분을 만든 후 소량의 탈이온수를 첨가하여 회화된 시료를 적신 후  $\text{HNO}_3$  용액( $\text{HNO}_3$ :이온교환수 = 1:1) 5 mL을 가하여 100~120°C의 hot plate에서 증발, 건조시킨 다음 500°C의 회화소에서 1시간 재회화시켰다. 이를 냉각하고 HCl 용액(HCl:이온교환수 = 1:1)을 10 mL 가하여 용해한 후 여과하여 100 mL로 정용하였다. 무기질 분석은 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Jobin Yvon Co., France)로 정량 분석하였다.

### 변의 특성

각 실험동물의 변은 실험기간 중 마지막주 일주일 동안 하루에 한 번(5:00 p.m) 수거하여 변 중량(wet weight)을 재고 -70°C 냉동고에 보관하고 분석 전에 동결건조하여 중량을 잰 후 건조중량(dry weight)으로 하였으며, 무기질 분석은 식이의 무기질 분석과 동일하게 하였고 단백질 함량은 micro Kjeldahl법, 조지방 함량은 Soxhlet추출법으로 산출하였으며 단백질과 지방의 소화율은 (섭취량-배설량)/섭취량 $\times 100$ 으로 계산하였다. 식이섭취는 동결건조한 변을 분쇄하여 총식이섭취를 분석하였으며 흡수율은 (섭취량-배설량)/섭취량 $\times 100$ 으로 계산하였다. 무기질 분석 및 흡수율은 동결건조한 변을 식이의 무기질 분석방법과 동일하게 실행하였다. 무기질의 흡수율은 식이내에 함유된 무기질 양을 측정하여 무기질 섭취량을 추정하고, 변내 무기질 함량을 측정하여 무기질 배설량을 추정하였다. 즉 무기질의 흡수율은 (섭취량 - 배설량)/섭취량 $\times 100$ 으로 계산하였다. 변의 미세구조는 동결건조한 변을 백금을 증착하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, S-2380N, HITACHI, Japan)으로 가속전압 15 kV에서 500배로 관찰하였다

### 장 통과시간

장 통과시간(gastrointestinal transit time)의 측정은 carmine red를 이용하여 이를 0.5% 농도로 첨가 후 식이를 제조한 것을 실험식이 3주 후 급여하여 처음 투여시간으로부터 적색 변이 검출되기까지의 시차로 하였다.

### 장기의 무게 및 길이

4주간 사육한 흰쥐를 12시간 절식시킨 후 에테르로 가볍게 마취시켜 개복한 다음 장기를 적출하여 소장과 대장(맹장 제외)의 길이를 잰 후 절개하여 내용물을 제외한 각각의 무게를 측정하였다.

### 소장의 미세구조

소장의 미세구조 관찰을 위하여 회맹장 부위로부터 10 cm 부위를 잘라 2.5% glutaraldehyde용액에 24시간 침지하여

Table 1. Composition of experimental diets (%)

Ingredients/Groups <sup>1)</sup>	Control	Cellulose	Carrot	Radish
Sucrose	10.0	10.0	10.0	10.0
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0
Corn starch	60.0	55.0	55.0	55.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Cellulose	-	5.0	-	-
Single cells	-	-	5.0	5.0
Mineral mixture	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3

<sup>1)</sup>Control: cellulose and single cell free group, Cellulose: 5% cellulose group, Carrot: carrot single cell group, Radish: radish single cell group.

1차 고정시킨 다음 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.2)로 매 회당 20분씩 2~3회 세척한 후 1% osmium tetroxide 용액에 90분간 2차 고정 후 탈수하여 냉동보관하였으며 분석시 코팅하여 주사전자현미경(SEM)으로 가속전압 15 kV에서 300배로 관찰하였다.

**통계처리**

실험식이에 의한 결과는 평균±표준오차로 나타내었으며 통계처리는 SAS를 이용하였다. 각 군에 따른 유의차 검증은 분산분석을 한 후  $\alpha = 0.05$  수준에서 Duncan의 다중비교법으로 하였다.

**결과 및 고찰**

**단세포물의 식이섬유 특성**

생시료 및 그 단세포물에 함유된 불용성, 수용성 및 총식이섬유의 함량을 분석하여 건물기준으로 계산한 결과는 Table 2와 같다. 생시료들의 총식이섬유 함량은 건물기준으로 당근과 무 각각 28.76%, 23.14%이었다. 한편 단세포물의

**Table 2. Dietary fiber contents in vegetables and single cells from vegetables treated with cell separating enzyme (Sumzyme MC) (% dry basis)**

	Soluble	Insoluble	Total
Vegetables			
Carrot	7.31	21.45	28.76
Radish	6.37	16.77	23.14
Single cells			
Carrot	4.52	40.16	44.68
Radish	2.21	45.79	48.00

경우 총식이섬유 함량은 당근과 무 각각 44.68%, 48.00%의 수치를 나타내었다. 총식이섬유량에 대한 수용성 및 불용성식이섬유량의 비율을 비교해 볼 때 불용성식이섬유 함량이 총식이섬유 함량의 80% 이상을 차지함을 알 수 있었다. 따라서 음식물의 부피를 증가시켜 장을 통과하는 속도를 빠르게 하는 불용성식이섬유의 함량이 높은 단세포물이 배변효과에 큰 도움이 될 것으로 생각된다.

**식이섭취량, 체중증가량**

Table 3은 대조군, 섬유소군, 당근 단세포물군 및 무 단세포물군 등 4처리군의 식이섭취량, 체중증가량을 나타낸 것으로 식이섭취량에 있어서 대조군이 18.44 g으로 다른 군에 비해 약간 높았으나 군간에 유의적인 차는 없었다. 실험기간 동안 실험동물의 체중증가량은 단세포 함유 반응물군인 당근과 무 단세포물 섭취군에서 각각 115.75 g, 112.44 g으로 대조군, 섬유소군의 95.08 g, 73.53 g보다 높았다. 특히 섬유소군과 단세포물군은 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

**무기질 흡수율**

Table 4는 무기질의 섭취량과 배설량을 측정하여 흡수율을 나타낸 것으로 Ca, P은 처리군간 유의적인 차이가 없었으나 K, Na, Mg는 유의적인 차이가 있었다. 섬유소군은 K, Na 흡수율이 대조군에 비하여 유의적으로 낮았으나, 당근과 무 단세포군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 한편, Mg 흡수율은 당근과 무 단세포물군이 대조군에 비하여 유의적으로 높았다. 대조군의 경우 49.26%로 다른 군에 비해 낮은 편이었다. 일반적으로 식이섬유가 흡착성을 가져 과도한 섭취가 무기질의 흡수를 저해한다는 보고(5,6)가 있는데,

**Table 3. Food intake and body weight gain in rats adapted to a fiber-free diet or diets containing cellulose, carrot and radish single cells**

Groups	Food intake (g/day)	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Body weight gain (g/4 weeks)
Control	18.44±1.12 <sup>1ns2)</sup>	206.38±3.27 <sup>ns</sup>	301.50±17.22 <sup>ab3)</sup>	95.08±15.13 <sup>ab</sup>
Cellulose	15.96±1.20	207.38±1.69	272.88±24.58 <sup>b</sup>	73.53±21.08 <sup>b</sup>
Carrot	17.89±0.22	206.13±2.51	321.63±5.23 <sup>a</sup>	115.75±3.71 <sup>a</sup>
Radish	17.25±0.53	206.38±2.42	316.38±9.20 <sup>a</sup>	112.44±11.31 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value represents the mean±SE of eight rats.

<sup>2)</sup>Not significant.

<sup>3)</sup>Values with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05).

**Table 4. Calcium, phosphorus, potassium, sodium, magnesium absorption rate in rats adapted to a fiber-free diet or diets containing cellulose, carrot and radish single cells (%)**

	Control	Cellulose	Carrot	Radish
Ca	21.57±0.73 <sup>1ns2)</sup>	26.60±2.27	29.14±6.71	34.83±4.53
P	57.95±2.65 <sup>ns</sup>	60.03±1.24	66.04±3.32	59.49±6.18
K	96.00±0.38 <sup>3)</sup>	93.50±0.40 <sup>b</sup>	96.42±0.22 <sup>a</sup>	94.98±0.76 <sup>ab</sup>
Na	95.47±1.09 <sup>a</sup>	92.15±0.92 <sup>b</sup>	95.63±0.49 <sup>a</sup>	93.03±0.93 <sup>ab</sup>
Mg	49.26±2.68 <sup>b</sup>	59.26±2.88 <sup>ab</sup>	65.60±4.67 <sup>a</sup>	61.45±4.35 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value represents the mean±SE of eight rats.

<sup>2)</sup>Not significant.

<sup>3)</sup>Values with different superscript within the same raw are significantly different (p<0.05).

**Table 5. Fecal wet and dry weight, protein, fat, dietary fiber, urine volume, digestibility of protein, lipid and dietary fiber in rats adapted to a fiber-free diet or diets containing cellulose, carrot and radish single cells**

	Control	Cellulose	Carrot	Radish
Fecal wet weight (g/day)	0.99 ± 0.12 <sup>2)3)</sup>	1.85 ± 0.23 <sup>a</sup>	1.48 ± 0.38 <sup>ab</sup>	0.73 ± 0.09 <sup>b</sup>
Fecal dry weight (g/day)	0.61 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.62 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.04 <sup>b</sup>
Fecal protein (g/day)	0.14 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.16 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>b</sup>
Fecal fat (g/day)	0.04 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.008 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.002 <sup>b</sup>	0.03 ± 0.002 <sup>b</sup>
Fecal dietary fiber (mg/day)	13.27 ± 1.23 <sup>c</sup>	59.43 ± 1.16 <sup>a</sup>	21.63 ± 1.12 <sup>b</sup>	20.23 ± 1.91 <sup>b</sup>
Urine (mL/day)	12.30 ± 2.11 <sup>ns4)</sup>	9.77 ± 0.52	11.57 ± 1.59	10.87 ± 1.22
Digestibility <sup>1)</sup> of protein (%)	93.33 ± 2.59 <sup>ns</sup>	94.53 ± 0.11	94.45 ± 0.36	96.81 ± 0.56
Digestibility of lipid (%)	94.17 ± 0.19 <sup>b</sup>	83.15 ± 0.34 <sup>d</sup>	92.00 ± 0.50 <sup>c</sup>	95.36 ± 0.24 <sup>a</sup>
Digestibility of dietary fiber (%)	20.43 ± 6.10 <sup>b</sup>	10.67 ± 2.37 <sup>b</sup>	71.72 ± 3.08 <sup>a</sup>	77.19 ± 1.48 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Digestibility (%) = (food intake - fecal excretion / food intake) × 100.

<sup>2)</sup>Value are means ± SE.

<sup>3)</sup>Values with different superscript within the same raw are significantly different (p < 0.05).

<sup>4)</sup>Not significant.

섬유질군은 K과 Na의 흡수율에 있어 대조군에 비하여 낮은 것으로 나타난 반면, 섬유질의 함량이 높은 당근과 무 단세포군은 Ca, P, K, Na의 흡수율에서 대조군과 차이를 보이지 않았으며, Mg의 흡수율에서는 오히려 유의적으로 높은 결과를 나타내었다.

#### 변의 분석

동물실험 4주째 1주일간의 분변의 무게와 소변의 부피 등을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 수집한 변의 하루평균 습중량은 무 단세포물군이 0.73 g, 대조군이 0.99 g, 당근 단세포물군이 1.48 g, 섬유소군이 1.85 g으로 섬유소군이 가장 높았다. 수집한 분변의 외형은 식이섬유를 섭취하지 않은 대조군은 검고 부피가 작는데 비하여 섬유소군은 회색에 부피도 확연히 큰 것으로 나타났다. 이는 불용성 식이섬유인 섬유소가 장내에서 발효되지 않고 변으로 배설되어 변량을 증가시키는 것으로 생각된다. 분변 중 단백질 함량은 무 단세포물군이 다른 군에 비해 배설되는 양이 유의적으로 감소하였으며 지질은 섬유소군이 0.08 g으로 다른 군에 비해 유의적으로 높았다. 소변량은 섬유소군이 9.77 mL, 당근, 무 단세포물군이 각각 11.57 mL, 10.87 mL였고, 대조군은 12.3 mL로 가장 높았으나 각 구간 유의적인 차는 없는 것으로 나타났다. 식이섬유 흡수율은 당근, 무 단세포물군에서 71.72%, 77.19%로 주로 불용성 식이섬유(IDF)로 추정되는 약 28~23%는 변으로 배설되는 것을 알 수 있다. 반면 섬유소군은 섭취량 대비 89% 이상 배설되었다. 동결건조한 변의 총식이섬유 함량은 대조군이 13.27%였고, 당근, 무 단세포물군이 21.63%, 20.23%였으나 섬유소군은 59.43%로 큰 차이를 보여 각 구간 유의적인 차이를 보였다. 이는 변의 중량, 영양성분의 흡수량, 성분조성, 미세구조 등과 큰 관련이 있다. 일반적으로 식이섬유의 섭취는 단백질보다 지질의 소화율을 현저하게 저하시켰다는 연구결과(9)와 비교할 때 본 결과의 지질소화율에 있어서 섬유소군, 당근 단세포물군이 각각 83.15%, 92.00%로 무섬유군인 대조군의 94.17%보다 유의적으로 낮아 앞서 연구 결과와도 일치한다.

#### 변의 미세구조

색, 형태 등 외관에서도 가지적으로 큰 차이를 보인 섬유질 섭취군인 섬유소군과 단세포물군 및 비섭취군인 대조군의 분변을 대상으로 미세구조를 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 외관이 딱딱한 대조군과 이에 비해 변의 부피가 큰 섬유소군과 당근, 무 단세포물군의 분변구조를 나타낸 것으로 무섬유군인 대조군은 분변에 matrix가 형성되지 않은 것에 비해 5% 섬유소군은 대조군에 비해 수분 함량, 변의 중량과 부피가 큰 외형 변화 뿐만 아니라 불용성 식이섬유인 섬유소가 장내에서 발효되지 않고 변으로 배설되기 때문에 이들 형태를 볼 수 있다. 당근, 무 단세포물군의 경우도 섬유소군과 같이 비발효성 섬유를 볼 수 있으나 다소 차이나는 무정형의 형태를 나타내었다.

#### 장 통과시간

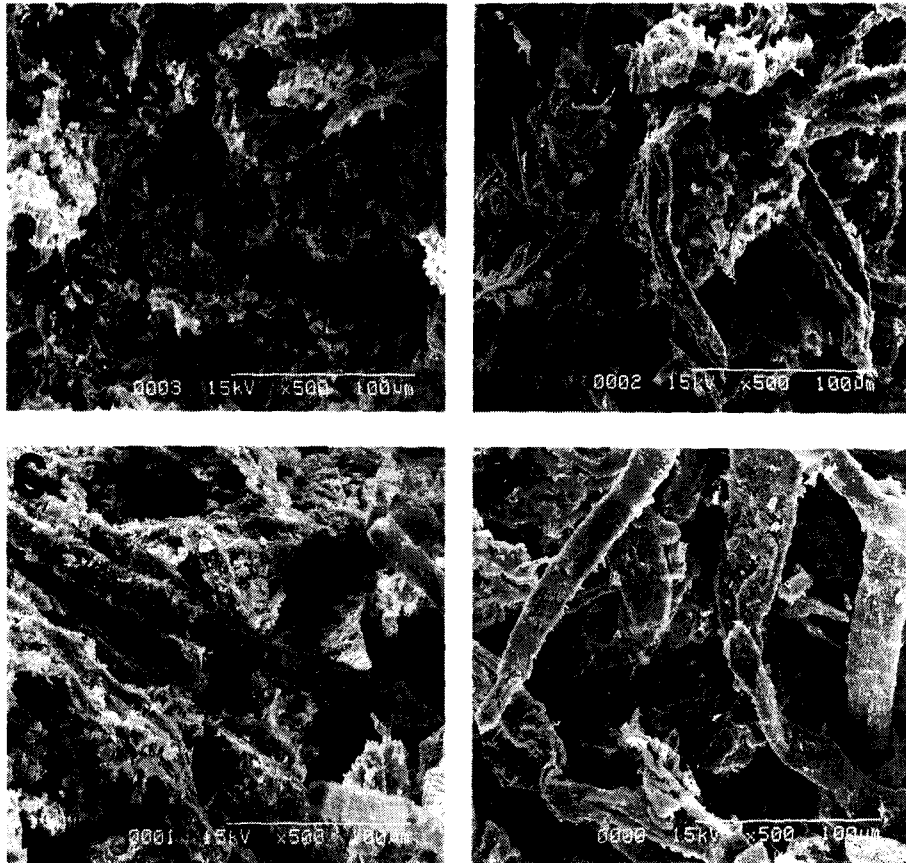
수용성 식이섬유는 다양한 생리기능을 나타내지만 불용성 식이섬유는 대변중량을 증가시키고 장 통과시간을 단축시키는 작용을 하며, 식물세포벽 성분과 같은 고식이섬유 섭취시 대변량 증가에 의한 장 통과시간을 단축한다고 하였다(3). Table 6은 carmine red를 혼합한 식이를 섭취시켜 적색 변이 나오는 처음시간을 측정된 결과로서 대조군이 19.7 시간으로 가장 길었고, 당근 단세포물군이 18시간, 무 단세포물군이 17시간이었으며 섬유소군이 15시간으로 가장 짧았다. 전반적으로 식이섬유질은 위와 소장에서의 통과시간

**Table 6. Effect of single cells of carrot and radish on gastrointestinal transit time in rats adapted to a fiber-free diet or diets containing cellulose, carrot and radish single cells (hr)**

Groups	Gastrointestinal transit time
Control	19.7 ± 0.33 <sup>1)2)</sup>
Cellulose	15.0 ± 0.30 <sup>b</sup>
Carrot	18.0 ± 0.58 <sup>ab</sup>
Radish	17.0 ± 0.58 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>Each value represents the mean ± SE of eight rats.

<sup>2)</sup>Values with different superscript within the same column are significantly different (p < 0.05).



**Fig. 1. Scanning electron micrographs of feces from rats fed diets fiber free.**  
 (A) Control, (B) diets containing 5% cellulose, (C) diets containing 5% carrot single cells and (D) diets containing 5% radish single cells.

이 길이짐에도 불구하고 대장에서의 통과시간은 짧아져 최종 배설되는 시간은 짧아진다는 보고(13)가 있으며, 본 실험에서는 섬유소군과 대조군은 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났으나 섬유소군에 비해 총식이섬유 함량이 절반 정도인 단세포물군과는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 장통과 시간 단축은 앞서 결과인 Table 2의 단세포물 중 불용성 식이섬유 함량과도 관련이 있을 것으로 생각된다.

**장기의 무게 및 길이**

Table 7은 소장과 대장의 무게와 길이에 대한 각 처리군의 결과로서 소장의 무게와 대장의 길이에 있어서 유의적인 차가 있는 것으로 나타났다. 즉 소장의 무게에 있어 섬유소

군이 6.17 g, 대조군이 6.1 g, 무 단세포물군이 5.75 g, 당근 단세포물군이 5.51 g으로 당근 단세포물군이 다른 군에 비하여 유의적으로 낮았다. 그리고 소장의 길이는 섬유소군이 80.00 cm, 대조군이 94.06 cm, 당근 단세포물군이 89.81 cm, 무 단세포물군이 88.63 cm로 대조군과 섬유소군에 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 대장의 무게는 실험군간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으나 길이는 당근과 무 단세포물군이 대조군과 섬유소군에 비해 상대적으로 긴 것으로 나타나 당근 단세포물군이 15.94 cm, 무 단세포물군이 15.88 cm, 섬유소군이 15.13 cm, 대조군이 14.38 cm로 단세포물군이 대조군보다 긴 것으로 나타나 유의적인 차이가 있는 것으

**Table 7. Effect of single cells on weight and length of small intestine and colon in rats adapted to a fiber-free diet or diets containing cellulose, carrot and radish single cells**

Groups	Small intestine		Colon	
	Weight (g)	Length (cm)	Weight (g)	Length (cm)
Control	6.10 ± 0.25 <sup>1)ab2)</sup>	94.06 ± 2.46 <sup>a</sup>	1.11 ± 0.10 <sup>ns3)</sup>	14.38 ± 0.13 <sup>b</sup>
Cellulose	6.17 ± 0.72 <sup>a</sup>	80.00 ± 2.39 <sup>b</sup>	1.36 ± 0.09	15.13 ± 0.47 <sup>ab</sup>
Carrot	5.51 ± 0.13 <sup>b</sup>	89.81 ± 2.45 <sup>ab</sup>	1.33 ± 0.03	15.94 ± 0.37 <sup>a</sup>
Radish	5.75 ± 0.16 <sup>ab</sup>	88.63 ± 2.12 <sup>ab</sup>	1.34 ± 0.09	15.88 ± 0.55 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value represents the mean ± SE of eight rats.

<sup>2)</sup>Values with different superscript within the same column are significantly different (p < 0.05).

<sup>3)</sup>Not significant.

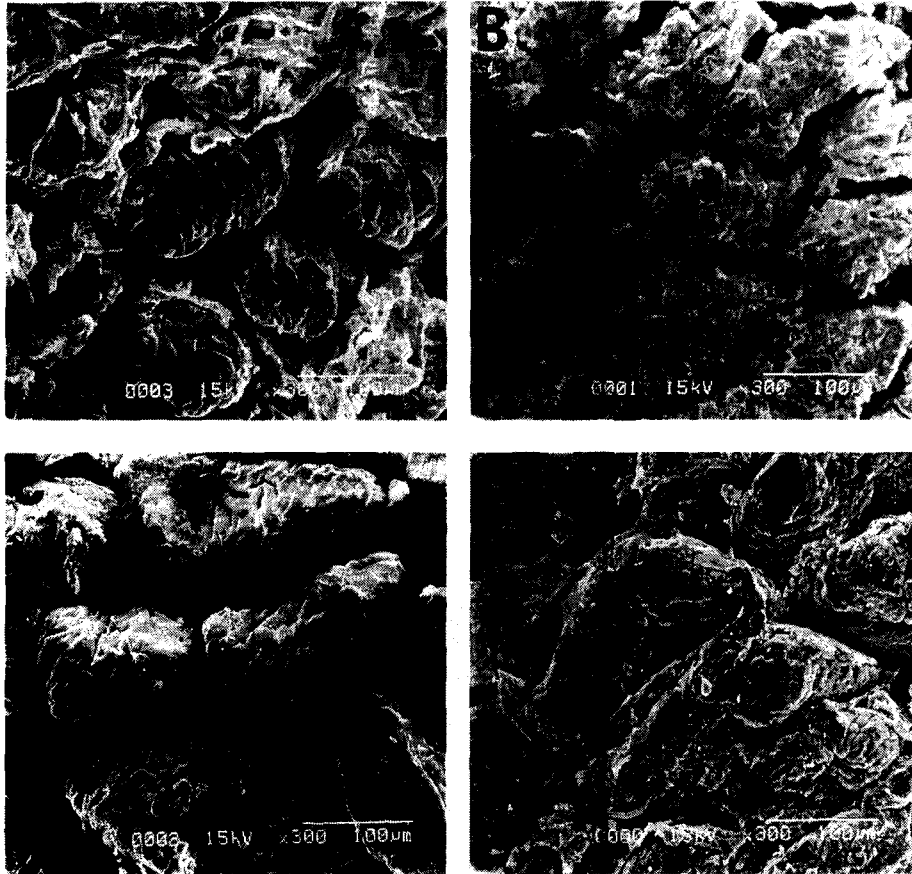


Fig. 2. Scanning electron micrographs of small intestinal microvilli from rats fed diets fiber free.

(A) Control, (B) diets containing 5% cellulose, (C) diets containing 5% carrot single cell and (D) diets containing 5% radish single cell.

로 나타났다. 섬유소를 포함한 비소화성 다당류의 급여에 따른 장기 확장의 결과로 이는 생물학적 적응현상이라고 생각된다.

#### 소장 미세구조

Fig. 2는 주사전자현미경을 이용한 소장의 내부 벽면의 구조를 관찰한 것으로 대조군은 단위 면적당 소장 융모의 수가 많고 납작한 모양을 나타낸 반면 당근, 무 단세포물군은 대조군에 비해 융모의 수는 적고 잎모양의 돌립주름이 조밀하게 발달되어 있으며 표면적이 넓은 것으로 나타났다. 이는 Song 등(9)의 보고와 일치하며 식이섬유군은 대조군에 비해 소장의 흡수세포를 형태적으로 변화시키는 식이섬유의 섭취에 따른 적응 현상이 일어나는 것을 알 수 있다.

#### 요 약

당근, 무 단세포물이 흰쥐의 배변특성, 무기질 흡수율 및 소장과 대장의 구조에 미치는 영향을 조사하기 위하여 5% 배합비에 해당하는 건조한 단세포물을 첨가하여 제조한 식이를 급여 후 무기질 흡수율, 변의 중량과 미세구조, 장 통과 시간, 소장과 대장의 무게 및 길이 등을 측정하였다. 당근, 무 생시료와 이들 단세포물의 식이섬유 함량과 조성을 분석

한 결과 건물량 기준으로 생시료 건조물의 경우 당근은 총식이섬유 함량이 28.76%, 불용성 식이섬유 함량이 21.45%였으며, 무는 총식이섬유 함량이 23.14%, 불용성 식이섬유 함량이 16.77%였다. 단세포물의 경우 당근은 총식이섬유 함량이 44.68%, 불용성식이섬유 함량이 40.16%였으며, 무는 총식이섬유 함량이 48.0%, 불용성식이섬유 함량이 45.79%였다. 당근, 무와 같은 채소류의 단세포물은 불용성 식이섬유의 좋은 급원이었다. 32마리의 Sprague-Dawley계 흰쥐를 대조군, 섬유소군, 당근 단세포물군 및 무 단세포물군 등 4개의 처리군으로 구분하여 5% 단세포물이 함유된 식이를 4주간 급여하였다. 무기질 중 Mg의 흡수율은 대조군에 비해 당근과 무 단세포물군에서 유의적으로 높았다. 그리고 섬유소 급여는 변의 양을 유의적으로 증가시켰으며, 지질소화율은 유의적으로 감소시켰다. 대장의 길이는 다른 군에 비해 당근과 무군이 유의적으로 긴 것으로 나타났다. 또한 주사전자현미경에 의한 소장 융모 관찰 결과 섬유소와 단세포물급여군의 융모에서 수는 적고 잎모양의 돌립주름이 조밀하게 발달되어 있었다. 이상의 결과로 당근과 무의 단세포물 5% 급여는 식이섬유 흡수율을 증가시키고, 체중도 유의적으로 증가시키는 것으로 나타났다. 그리고 변의 식이섬유 증가와 장통과 시간을 단축하는 것으로 나타났으며, 기타 변비와 관련된

배변특성 등에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

문 헌

1. Lee HS. 1997. Dietary fiber intake of Korean. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 540-548.
2. Nakamura T, Hours RA, Sakai T. 1995. Enzymatic maceration of vegetables with protopectinases. *J Food Sci* 60: 468-472.
3. McDougall GJ, Morrison IM, Hillman JR. 1996. Plant cell walls dietary fibre: range, structure, processing and function. *J Sci Food Agric* 70: 133-150.
4. Plaami SP. 1997. Content of dietary fiber in foods and its physiological effects. *Food Rev Int* 13: 29-76.
5. Kim MK, Paek JE. 1997. Effect of dietary fibers in rice and barley on lipid and cadmium metabolism in the rat. *Korean J Nutr* 30: 252-265.
6. Kim MK, Chung HS. 1997. Effect of dietary fibers isolated from tangerine peels on lipid and cadmium metabolism in the rat. *Korean J Nutr* 30: 229-243.
7. Chang YK, Youn HJ. 1984. The effect of dietary fat levels and sources of dietary fiber on serum and liver lipids of rats. *Korean J Nutr* 17: 253-261.
8. Yang JL, Suh MJ, Song YS. 1996. Effects of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 392-398.
9. Song YS, Yang JL, Suh MJ. 1996. Effect of sodium alginate and cellulose on gastrointestinal physiology in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 551-559.
10. Lee SC, Ko BS, Lee DH, Hwang YI. 1997. Cell separation of vegetable tissues by protopectinase. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 430-435.
11. Sakho M, Chassagne D, Jaus A, Chiarazzo E, Crouzet J. 1998. Enzymatic maceration: effect on volatile components of mango pulp. *J Food Sci* 63: 975-978.
12. Park YK, Kang YH. 2000. Enzymatic maceration of vegetables with cell separating enzymes. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 184-188.
13. Gordon DT. 1989. Functional properties vs physiological action of total dietary fiber. *Cereal Foods World* 34: 517-525.

(2003년 10월 22일 접수; 2004년 1월 17일 채택)