

주요 식이섬유질원이 흰쥐의 장내균총조성에 미치는 영향*

이현아 · 이상선 · 신현경**

한양대학교 식품영양학과

한림대학교 식품영양학과**

Effect of Dietary Fiber Sources on the Composition of Intestinal Microflora in Rats

Lee, Hyeon-Ah · Lee, Sang-Sun · Shin, Hyun-Kyung**

Department of Food & Nutrition, Hanyang University, Seoul, Korea

Department of Food & Nutrition,** Hallym University, Chunchon, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the influence of various dietary fiber sources (rice bran, Chinese cabbage, radish, apple, laver, sea mustard) on the intestinal microflora in rats. Eight groups of rats were fed each experimental diets containing 5% of total dietary fiber for 4 weeks. Total viable counts and the numbers of *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Clostridium*, *E. coli* and *Staphylococcus* were determined by nonselective medium and various selective media. The number of *Bifidobacterium* ($p < 0.01$) was higher in the apple and sea mustard groups than those in the other groups and the number of *Lactobacillus* ($p < 0.01$) was lower in the radish group. A decrease in the intestinal population of *Clostridium* was shown in the sea mustard group. The *E. coli* ($p < 0.01$) and *Staphylococcus* ($p < 0.01$) populations decreased in the apple group compared with other groups. These findings suggest that the apple fiber and sea mustard fiber are effective in improving intestinal flora of rats.

KEY WORDS : dietary fibers · intestinal microflora · *Bifidobacterium*.

서 론

Cellulose, hemicelluloses, pectin, lignin, gums, mucilages 등 인간의 소화효소에 의해 소화되지 않는 식이섬유는¹⁾ 과거에는 에너지원으로 이용되

채택일 : 1994년 11월 8일

*본 연구는 1992~1995년도 한국과학재단 특정기초 연구과제 연구비에 의하여 이루어졌음.

지 못하고, 오히려 다른 영양소의 이용효율을 저하시킨다하여 영양적으로 가치가 없는것으로 여겨져 왔으나 최근에 식이섬유의 여러가지 이로운 생리기능²⁾³⁾과 많은 서구사회질병과의 역상관관계에 대한 보고⁴⁻⁸⁾가 계속되면서, 이러한 질병들의 중요한 예방인자로서 새롭게 주목받고 있다.

식이섬유는 이를 구성하는 성분과 구조에 기인하는 물리 화학적 성질에 따라서 인체에 미치는

생리적인 효과가 달라지는데, 그 중 수용성 식이 섬유는 젤을 형성하는 특성이 있어 영양소의 흡수를 지연시키고, 담즙산과 결합함으로써 혈중 콜레스테롤치를 저하시키는 등 주로 당질과 지질 대사에 관여하고, 불용성 식이섬유는 장내용물의 용적을 증가시키고, 장관통과시간을 단축시킴으로써 대장 기능을 향상시키는 것으로 보고되고 있다¹⁾⁹⁾.

한편, 인간과 동물의 장관내에는 여러 종류의 수많은 세균들이 장내균총을 구성하여 서로 공생 또는 길항관계를 유지하며 서식하고 있다. 이들은 장내로 들어오는 음식물과 분비물을 먹이로 하여 인간에게 각종 유익한 또는 유해한 산물을 만들어냄으로써 숙주의 영양, 생리기능, 노화, 면역, 질병 등에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이들 세균 중 *Bifidobacterium*과 *Lactobacillus*는 젖산 및 초산과 같은 유기산을 잘 생성하여, 이들 산에 예민한 유해성 세균들의 생육을 억제함으로써 이들이 유발하는 여러 장 질환을 예방하고, 미타닌 B 복합체를 합성하여 숙주에 공급하기도 하며, 또한 숙주의 면역 시스템을 자극하여 감염에 대한 저항력을 높여주는 등 주로 숙주에게 유익한 작용을 한다. 반면, 장내 대표적인 유해균인 *Clostridium*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus* 등은 각종 부패성 물질, 독소, 발암물질 등을 생성하여 숙주에게 여러가지 질병을 유발시키고, 이들이 복합적으로 노화에도 관계가 있는 것으로 보고되어 있다¹⁰⁾¹¹⁾. 그러므로 숙주의 건강을 위해서 유익균의 비율을 증가시키고 유해균의 비율을 감소시키는 방향으로 장내균총을 유도하는 것은 매우 바람직하며 식이로서 장내균총을 조절하려는 노력이 여러 연구자들에 의해서 이루어지고 있다¹²⁾¹³⁾. 특히 식이섬유는 사람이 분비하는 소화효소에 의해 소화흡수되지 않기 때문에 대부분 대장에 도달하게 되고, 따라서 장내에 서식하고 있는 세균들의 생육에 주요한 기질로서 작용한다¹⁴⁾. 그러나 식이섬유가 장내균총의 구성에 미치는 영향에 관한 연구는 활발하게 행해지지 않고 있으며 연구 결과들도 일관성이 없게 나타나고 있다. Fuchs 등¹⁵⁾은 일상 식이에 매일 5.4g의 crude fiber를 함유하는 wheat bran을 보충하였을 때 총 혐기성균수와 *Clostridia*, *Streptococci*의 수는 증가한

반면 *Eubacteria*와 *Lactobacillus*의 수는 감소하였다고 보고하였으나 Drasar 등¹⁶⁾은 3주동안 wheat bran 함량이 높은 식이를 제공한 인간에서 변내 균총에 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 또한 Benno 등¹⁷⁾은 다른 종류의 식이를 섭취하는 두 지역주민들의 균총조성을 비교한 연구에서 식이가 균총조성을 변화시킬 수 있다고 보고한 반면 Finegold 등¹⁸⁾은 서로 다른 식이를 섭취하는 일본인과 미국인의 균총조성에 명확한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

본 연구에서는, 그동안의 식이섬유에 관한 연구가 주로 cellulose, pectin 등 정제된 식이섬유의 성분을 사용하여 행해짐으로써 실제 이들이 복합체로 섭취되는 상황을 그대로 반영하지 못한 점을 고려하여, 한국인의 식생활에서 식이섬유질원으로서 중요성이 큰 배추, 무, 사과, 김, 미역, 쌀겨를 선정하여, 정제된 형태가 아닌 식품자체로 공급함으로써 이들이 흰쥐의 주요 장내 미생물의 균총변화에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 식이 제조

본 실험에 사용한 시료중 쌀겨는 정미소에서, 그의 배추, 무, 사과, 김, 미역은 가락 시장에서 구입하였다. 무, 김, 미역은 45±5°C dry oven에서 건조시킨 후 분쇄하여 사용하였고, 배추와 사과는 가식부위만 깨끗이 씻어 일광으로 1차 건조후 45±5°C dry oven에서 2차건조하여 분쇄후 사용하였다.

실험에 사용한 실험식이의 조성은 AIN-76¹⁹⁾을 참고하여 Table 1과 같이 조제하였다. 권²⁰⁾, 김 등²¹⁾이 분석한 총식이섬유질(TDF) 함량을 참고하여 식이내 TDF함량이 5%가 되도록 각 시료들을 첨가하였다. 그리고 섬유질원의 탄수화물, 단백질, 지방 함량을 고려하여 각 식이내에 sucrose, casein, corn oil의 양을 조정함으로써 열량을 동일하게 제조하였다.

2. 실험동물의 사육

생후 4주된 Sprague-Dawley rat 수컷 64마리를 8

Table 1. Composition of experimental diets (unit : g/100g)

	Fiber free	Cellulose	Rice bran	Chinese cabbage	Radish	Apple	Laver	Sea mustard
Casein	20.0	20.0	17.6	15.1	16.1	15.7	15.0	13.8
Corn starch	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Sucrose	47.5	42.5	30.7	33.2	31.6	16.1	40.2	38.4
Corn oil	5.0	5.0	2.2	4.1	4.6	3.9	4.7	3.4
Lard	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Fiber source	0.0	5.0	22.0	20.1	20.2	36.8	12.6	16.9
Fiber content	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Vitamin mixture ¹⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral mixture ²⁾	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

1) Vitamin mixture(mg/100g) : VD₃ 0.582, α -tocopherol-acetate 1200.0, Retinol-acetate 93.2, VK₃ 6.0, Thiamin-HCl 59.0, VB₁₂ 0.2, VC 588.0, Pyridoxine-HCl 29.0, D-biotin 1.0, Folic acid 2.0, Inositol 1176.0, Ca-pantothenate 235.0, Riboflavin 59.0, Nicotinic acid 294.0, Sucrose 96257.017

2) Mineral mixture(g/100g) : CaCO₃ 29.29, CaHPO₄ · 2H₂O 0.43, KH₂PO₄ 34.31, NaCl 25.06, MgSO₄ · 2H₂O 9.98, Fe(C₆H₅O₇) · 6H₂O 0.623, CuSO₄ · 5H₂O 0.156, MnSO₄ · H₂O 0.121, (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O 0.0025, Na₂SeO₃ · 5H₂O 0.0015, ZnCl₂ 0.02, KI 0.0005

마리씩 8군으로 나누어 4주간 사육하였다. 실험동물은 2마리씩 stainless steel cage에서 사육하였으며 식이와 음료수는 제한없이 먹을수 있도록 하였다.

체중은 한주에 1번씩 측정하였고, 식이섭취량은 이틀에 1번씩 측정하였다. 식이효율은 사육기간동안의 체중증가율을 같은 기간동안 섭취한 식이량으로 나누어 산출하였다.

3. 주요 장내 미생물의 생균수 측정

4주간 사육한 흰쥐로부터 장내용물을 분리하여 이를 잘 균질화시키고, Mitsuoka의 방법에 따라²²⁾ 이 중 1g을 취하여 9ml 희석액으로 10⁻⁸ 까지 10배씩 순차적으로 희석하였다. 이 중 적당한 배수의 희석액에서 0.05ml씩을 취하여 비선택배지인 BL과 각 균종을 선택적으로 배양하기 위해 개발된 BS(selective medium for *Bifidobacterium*), LBS(selective medium for *Lactobacillus*), PNC(selective medium for *Clostridium*), NN(selective medium for *Clostridium perfringens*), DHL(selective medium for *E. coli*), PEES(selective medium for *Staphylococcus aureus*)등의 선택배지에 각각 도말하였다. 이 중 DHL과 PEES 배지는 37°C에서 하루동안 호기배양하였고, 나머지는 37°C에서 사육동안 혐기배양하

였다. 그 후 배지에 나타난 집락들에 대해 Mitsuoka의 방법에 따라²²⁾ 집락 모양과 균의 형태 등을 조사함으로써 속(genus)을 동정하여 각각의 균수를 측정하였다. 균수는 log₁₀CFU(colony forming unit) /g feces(wet weight)로서 표시하였다. 한천배지의 혐기배양은 steel wool을 CuSO₄ · 5H₂O와 Tween 80이 첨가된 pH1.5~2.0의 산성 황산구리용액에 침지한 후, 여분의 산소를 제거하도록 vacuum desiccator에 배양 접시와 함께 넣고 CO₂ 가스와 진공 펌프를 이용하여 desiccator내의 공기를 CO₂로 치환해 줌으로써 혐기상태를 유지하며 배양하는 steel wool 방법²²⁾을 사용하였다.

4. 통계처리

본 연구의 결과들은 SPSS를 이용하여 ANOVA (Analysis of Variance)로 처리한 후 $\alpha=0.01$ 수준에서 Tukey's multiple range test를 하여 각 실험군의 평균치간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

사육기간동안 실험동물의 식이섭취량과 체중증

Table 2. Food intake, weight gain and food efficiency ratio of rats fed different experimental diet¹⁾

Group	Food intake(g/day)	Weight gain(g/day)	FER
Fiber free	8.99±0.32 ²⁾	2.50±0.14 ^a	0.28±0.01 ^a
Cellulose	9.40±0.18 ^a	2.64±0.07 ^a	0.28±0.01 ^a
Rice bran	13.03±0.41 ^b	5.04±0.19 ^b	0.38±0.01 ^b
Chinese cabbage	13.19±0.38 ^b	4.82±0.14 ^b	0.37±0.01 ^b
Radish	13.64±0.58 ^b	5.35±0.13 ^b	0.40±0.02 ^b
Apple	13.22±0.41 ^b	4.90±0.15 ^b	0.37±0.01 ^b
Laver	13.11±0.58 ^b	5.02±0.29 ^b	0.38±0.01 ^b
Sea mustard	10.26±0.56 ^a	3.10±0.21 ^a	0.30±0.01 ^a

1) Mean value±SE

2) Values with different superscripts are significantly different among groups at the $p < 0.01$ according to Tukey's multiple range test.

가량, 식이효율을 Table 2에 표시하였다. 실험기간 동안의 식이섭취량은 식이섬유를 첨가하지 않은 대조군, 셀룰로스를 첨가한 대조군과 미역섭취군에서 타 실험군에 비해 유의적으로 낮게 나타나 Gordon의 식이섬유에 의한 식이섭취량 감소효과에 대한 보고⁹⁾와는 상반된 결과를 보여 주었다. 이것은 식이섬유질 함량이 식이섭취량에 영향을 줄 만큼 많지 않았기 때문인 것으로 여겨지며 식이섬유질 원의 맛 또한 식이섭취량에 영향을 주었을 것으로 사료된다. 식이섭취량이 낮은 두 대조군과 미역섭취군에서 타 실험군에 비해 유의적으로 낮은 체중증가량과 식이효율을 나타내었다.

2. 주요 장내미생물의 생균수 측정

한국인의 식생활에서 식이섬유질원으로서 중요성이 큰 배추, 무, 사과, 김, 미역, 쌀겨의 건조분말을 총 식이섬유질함량이 5%가 되도록 식이내에 첨가시켜 제조한 식이를 흰쥐에게 4주간 급여한 후, 이들의 대장내용물로부터 총균수를 비롯하여 주요 장내미생물의 생균수를 비선택배지와 각종 선택배지를 이용하여 조사한 결과는 Table 3과 같다. 총균수는 김섭취군과 무섭취군에서 식이섬유 무첨가군과 쌀겨섭취군에 비해 유의적으로 감소하였고, 그외의 식이섬유섭취군간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 식이섬유섭취군 모두에서 통계적인 유의성은 없었으나 식이섬유를 첨가하지 않은 대조군에 비해 총균수가 감소하는 경향을 보였다. 이는 대장내용물의 단위중량당 균수의 비

교로 인하여, 장내용물의 부피를 증가, 희석시키는 작용을 갖는 식이섬유섭취군에서 상대적으로 균수가 적게 나타난 것으로 여겨진다.

Table 3에서 보면 장내 대표적 유익균인 *Lactobacillus*는 균총 조성 중 차지하는 비율이 최저 20.9% ($10^{8.0}/10^{8.7} \times 100$)에서 최고 97.9% ($10^9/10^{9.2} \times 100$)까지 나타나 모든 실험군에서 *Lactobacillus*가 장내 최우세균으로 나타났으며 이는 절대적인 수치로 비교해 볼 때 Aoe 등²³⁾과 Kuda 등²⁴⁾의 보고와 비슷한 수준이나 총균수가 이들의 보고보다 적게 나타나 상대적으로 총균수에 대해 차지하는 비율은 높게 나타난 것으로 보인다. *Lactobacillus*는 두 대조군과 사과섭취군, 그리고 쌀겨섭취군에 비해 무섭취군에서 유의적으로 감소하였다.

*Lactobacillus*와 함께 장내 대표적 유익균인 *Bifidobacterium*은 사과와 미역섭취군 그리고 두 대조군에서 배추, 쌀겨, 무섭취군에 비해 유의적으로 증가하였으며, 특히 사과와 미역섭취군에서 타시행군에 비해 각각 60~300배, 10~80배 정도로 *Bifidobacterium*이 크게 증가하였다.

한편 장내 대표적 유해균인 *Clostridium*은 각 실험군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 김섭취군, 식이섬유무첨가군, 무, 사과, 쌀겨, Cellulose, 배추, 미역섭취군 순으로 감소하였으며 *Clostridium perfringens*는 쥐의 장내에서 검출되지 않았으므로 이에 대한 영향은 조사할 수 없었다.

또한 사람과 동물의 장내에서 일부 균주가 설사

식이섬유와 장내균총

Table 3. Effect of dietary fiber sources on intestinal microflora in rats¹⁾

	Fiber free	Cellulose	Rice bran	Chinese cabbage	Radish	Apple	Laver	Sca mustard
<i>Lactobacillus</i>	9.2±0.1 ^{b2)} (56.2) ³⁾	9.2±0.1 ^b (97.7)	9.2±0.2 ^b (75.9)	8.6±0.2 ^{ab} (50.1)	8.0±0.2 ^a (20.9)	8.8±0.2 ^b (60.3)	8.4±0.2 ^{ab} (85.1)	8.8±0.2 ^{ab} (63.1)
<i>Bifidobacterium</i>	7.4±0.2 ^{bc} (0.9)	7.3±0.3 ^{bc} (1.4)	5.8±0.2 ^a (<0.1)	5.7±0.4 ^a (<0.1)	5.8±0.4 ^a (0.2)	8.2±0.3 ^c (12.6)	6.4±0.3 ^{ab} (0.8)	7.6±0.2 ^{bc} (3.6)
<i>Clostridium</i>	7.0±0.3 (0.4)	5.9±0.5 (<0.1)	6.2±0.3 (<0.1)	5.7±0.4 (<0.1)	6.9±0.7 (1.9)	6.7±0.5 (0.5)	7.1±0.4 (3.8)	5.6±0.4 (<0.1)
<i>C. perfringens</i>	<2.0 (<0.1)	<2.0 (<0.1)	<2.0 (<0.1)	<2.0 (<0.1)	<2.0 (<0.1)	<2.0 (<0.1)	<2.0 (<0.1)	<2.0 (<0.1)
<i>E. coli</i>	7.6±0.4 ^d (1.7)	5.3±0.3 ^{ab} (<0.1)	5.7±0.6 ^{bc} (<0.1)	5.4±0.2 ^{ab} (<0.1)	5.6±0.3 ^{abc} (<0.1)	4.2±0.2 ^a (<0.1)	7.0±0.3 ^{cd} (3.6)	6.5±0.2 ^{bcd} (0.6)
<i>Staphylococcus</i>	4.3±0.3 ^b (<0.1)	3.8±0.2 ^{ab} (<0.1)	3.7±0.3 ^{ab} (<0.1)	4.0±0.7 ^{ab} (<0.1)	4.1±0.2 ^{ab} (<0.1)	2.8±0.4 ^a (<0.1)	4.0±0.3 ^{ab} (<0.1)	3.9±0.2 ^{ab} (<0.1)
Total viable counts	9.4±0.2 ^c	9.2±0.1 ^{bc}	9.3±0.1 ^c	8.9±0.2 ^{abc}	8.7±0.1 ^{ab}	9.1±0.1 ^{abc}	8.5±0.1 ^a	9.0±0.1 ^{abc}

1) Mean±SE(log CFU/g feces)

2) Values with different superscripts are significantly different among groups at the p<0.01 according to Tukey's multiple range test.

3) Ratio of bacteria to total viable count×100

등의 장질환을 일으키는 것으로 알려진 *E. coli*는 식이섬유무첨가군과 김섭취군에서 가장 높게 나타났으며, cellulose, 쌀겨, 배추, 무섭취군에서 식이섬유무첨가군에 비해 1/80-1/220로 감소하였다. 특히 사과섭취군에서는 식이섬유무첨가군에 비하여 *E. coli*가 크게 감소하였다.

유해균의 하나인 *Staphylococcus*의 수는 식이섬유무첨가군에서 가장 높게 나타났고 이에 반하여 사과섭취군에서 식이섬유무첨가군의 2.4% 정도로 나타나 모든 군중에서 *Staphylococcus*가 가장 많이 감소하였다.

이상의 결과를 종합해 볼때 사과섭취군에서 장내 대표적 유익균인 *Bifidobacterium*이 크게 증가하였고 유해균인 *E. coli*와 *Staphylococcus*가 가장 많이 감소하였다. 또한 미역섭취군에서 *Bifidobacterium*이 증가하고 *Clostridium*이 통계적인 유의성은 없었지만 가장 크게 감소한 결과를 보여 장내균총 개선의 측면에서 사과와 미역이 가장 유효한 것으로 나타났다.

식이섬유는 그의 종류에 따라 미생물에 의해

발효되거나 이용되는 정도가 다르며²⁵⁾ 장내균총의 대사활동과 균총의 조성에도 영향을 미친다. Aoe 등²³⁾은 곡류로부터 분리한 rice bran hemicellulose (RBH)와 high methoxylated pectin(HMP)을 흰쥐에게 3주간 공급하면서 장내균총을 조사한 결과 RBH첨가군에서 *Bifidobacterium*수가 유의적으로 증가하였고 HMP첨가군에서 *Bacteroides*수가 유의적으로 증가하였음을 보고하였다. 또한 Benno 등²⁶⁾은 현미섭취에 의하여 *Bifidobacterium adolescentis*와 *Enterococcus faecalis*의 수가 유의적으로 증가한 반면 총균수와 *Bacteroides*, *Eubacterium aerofaciens* 그리고 *E. coli*와 *Clostridia*의 수가 감소하였고 *Clostridium paraputrificum*과 *Clostridium perfringens*의 발생률도 감소하였음을 보고하였으며, Kuda 등²⁴⁾도 갈조류와 그의 수용성 다당류를 흰쥐에게 공급하였을때 식이의 종류와 양에 따라 미생물집단의 수가 변화한다고 보고하였다. 반면, Drasar 등²⁷⁾은 guar gum, pectin, bananas, plantain을 2주간 보충하였을때 균총조성에 차이가 나타나지 않았다고 보고하였으며, Sugawara 등²⁸⁾도 10g의 corn hemicellulose를 10일간

제공하였을 때 세균집단의 수에 현저한 변화가 관찰되지 않았다고 하였다. 또한 Baird 등²⁹⁾도 wheat bran 39g과 sugar cane fiber(bagasse) 10.5g을 각각 12주간 급여했으나 장내균총조성에 변화가 없었다고 하였으며 Vince 등³⁰⁾도 lactulose, pectin, arabino-galactan, cellulose 등을 14주간 급여함에도 불구하고 장내균총조성이 변화하지 않았음을 보고하였다. 이러한 균총의 안정성은 장내세균들에게 적절한 효소 합성이 유도되어 기질변화에 효율적으로 적응하는 능력에 의해 가능했거나 또는 불완전한 장내 혐기성균의 배양 및 균수측정방법과 관련되어 나타날 수도 있다³¹⁾. 장내균총은 식이이외에도 다양한 환경조건과 생리조건에 의해서 영향을 받아 온도, 가스조성, 산도, 삼투작용과 이온작용, 표면장력과 액체흐름, 저해물질, 세균과의 상호작용과 경쟁, 장내운동 등이 관여하는데 식이섬유는 이러한 인자 대부분에 영향을 미칠 수 있다³²⁾. 본 연구에서는 서로 다른 식이섬유질원을 공급하였을 때 장내균총조성이 유의적으로 변화하였으며 특히 실험소재 중 사과와 미역이 장내균총개선에 유효한 결과를 보여 주었다. Stevens 등³³⁾은 사과로부터 apple cell wall material과 apple alcohol-insoluble residue를 분리한 후 인간의 분변을 접종하여 *in vitro* 발효시킨 결과 pectic polysaccharides 등 탄수화물의 90% 이상이 분해됨을 보고하였다. 또한 Nyman 등³⁴⁾도 쥐에게 여러 종류의 식이섬유질원을 급여한 후 식이와 변내에서 식이섬유를 분석한 결과 사과의 neutral sugar와 uronic acids 중 각각 22%와 7%만이 변내에서 발견되었다고 하였다. 또한 사과의 주요한 수용성 식이섬유 성분인 pectin은 장내에서 거의 완전히 분해되는 것으로 알려져 있다³⁵⁾. 따라서 사과섭취군에서의 결과는 장내 *Bifidobacterium*이 사과내 pectin이나 hemicellulose 등의 발효되기 용이한 기질들을 쉽게 이용하여 증식하고 아울러 대사산물로 각종 유기산을 생성, 이들 산에 예민한 유해성 세균들의 증식을 억제하였을 것으로 사료된다. 한편, Akiyama 등은 depolymerization되지 않은 alginate는 *Bifidobacterium*의 성장에 거의 영향을 미치지 못하나 depolymerization된 후에는 *Bifidobacteria*의 성장을 현저히 증식시킨다고 보고한 바

있다³⁶⁾. 따라서 수많은 종류의 세균들이 서식하고 있는 장관내에서 미역의 주요 식이섬유성분인 alginate는 장내 세균들의 협동작용에 의해 depolymerization되어 *Bifidobacterium*의 생육을 증식시켰을 것으로 생각된다. 또한 김 등의 연구에서³⁷⁾ 미역 섭취군은 장관통과시간이 현저하게 감소하였는데, 미생물 대사효율과 세균간 상호작용에 미치는 장관 통과시간의 영향¹⁴⁾¹⁵⁾을 고려해 볼 때 미역섭취군에서의 균총조성변화의 원인으로서 미역의 기질로서의 이용성뿐만 아니라 미역섬유질에 의해 조성된 장내환경에 의한 효과 또한 배제할 수 없다. 따라서 식이에 의한 장내균총의 변화에 대한 연구가 더 깊이있게 행해질 필요가 있다.

요약 및 결론

한국에서 주로 생산, 섭취되고 있는 주요 식이섬유질원으로서 배추, 무, 사과, 김, 미역, 쌀겨를 선정하여 이들의 건조분말을 총식이섬유질(TDF)의 함량이 5%가 되도록 식이내에 첨가시켜 제조한 식이를 SD-rat에게 4주간 급여한 후, 이들의 대장 내용물로부터 총균수와 주요 장내 미생물의 생균수를 비선택배지와 각종 선택배지를 이용하여 혐기적으로 배양한 후 측정된 결과 총균수는 모든 식이섬유섭취군에서 식이섬유를 첨가하지 않은 대조군에 비해 감소하는 경향을 보였다. 그리고 유익균인 *Bifidobacterium*은 사과와 미역섭취군에서 타 시험군에 비하여 유의적으로 크게 증가하였고 *Lactobacillus*는 부선택배지에서 타 시험군보다 적게 나타났다. 유해균으로 분류할 수 있는 *Clostridium*은 미역섭취군에서 적게 나타났으나 통계적인 유의성은 없었고 *E. coli*, *Staphylococcus*는 사과섭취군에서 타 시험군보다 유의적으로 적게 나타나 장내균총개선의 측면에서 사과와 미역이 우수한 식이섬유질원으로 나타났다.

Literature cited

- 1) Spiller GA. Definition of dietary fiber. In : Spiller G, ed. Handbook of dietary fiber in human nutri-

- tion. pp15-18, Boca Raton : CRC Press Inc, 1992
- 2) Dreher ML. Dietary fiber and its physiological effects. In : Fennema OR, Karel M, Sanderson GW, Tannenbaum SR, Walstra P, Whitaker JR, eds. Handbook of dietary fiber. pp199-279, New York : Marcel Dekker Inc, 1987
 - 3) Roberfroid M. Dietary fiber, inulin, and Oligofructose : A review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 33 : 103-148, 1993
 - 4) Burkitt DP, Walker ARP, Painter NS. Dietary fiber and disease. *J Am Med Assoc* 229 : 1068-1074, 1974
 - 5) Taylor R. Management of constipation. *Brit Med J* 300 : 1063-1065, 1990
 - 6) Bingham SA. Mechanisms and experimental and epidemiological evidence relating dietary fiber (non-starch polysaccharides) and starch to protection against large bowel cancer. *Proc Nutr Soc* 49 : 153-171, 1990
 - 7) Hockaday TDR. Fiber in the management of diabetes. *Brit Med J* 300 : 1334-1337, 1990
 - 8) Koseki M, Seki H, Kazama M, Kitabatake N, Tochikura T. Effects of pectin and lard on the production of short-chain fatty acids in the cecum, on the growth of colonic bacteria, and on the liver cholesterol level in rats. *Agric Biol Chem* 55 : 1441-1449, 1991
 - 9) Gordon DT. The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Kor J Nutr* 25 : 75-76, 1992
 - 10) Mitsuoka T. Recent trends in research on intestinal flora. *Bifidobacteria Microflora* 1 : 3-24, 1982
 - 11) Mitsuoka T. Intestinal flora and aging. *Nutr Rev* 50 : 438-446, 1992
 - 12) Yazawa K, Tamura Z. Search for sugar sources for selective increase of Bifidobacteria. *Bifidobacteria Microflora* 1 : 39-44, 1982
 - 13) 신현경. 장내균총 개선을 위한 신소재 탐색. 식품 신소재의 개발과 이용 심포지움 논문집. *한국 식품과학회* pp49-58, 1992
 - 14) Cummings JH. Microbial digestion of complex carbohydrates in man. *Proc Nutr Soc* 43 : 35-44, 1984
 - 15) Fuchs HM, Dorfman S, Floch MH. The effect of dietary fiber supplementation in man. II. Alteration in fecal physiology and bacterial flora. *Am J Clin Nutr* 29 : 1443-1447, 1976
 - 16) Drasar BS, Jenkins DJA, Cummings JH. The influence of a diet rich in wheat fibre on the human faecal flora. *J Med Microbiol* 9 : 423-31, 1976
 - 17) Benno Y, Suzuki K, Suzuki K, Narisawa K, Bruce WR. Comparison of the fecal microflora in rural Japanese and urban Canadians. *Microbiol Immunol* 30 : 521-532, 1986
 - 18) Finegold SM, Attebery HR, Sutter VL. Effect of diet on human fecal flora ; comparison of Japanese and American diets. *Am J Clin Nutr* 27 : 1456-1469, 1974
 - 19) Reeves PG. AIN-76 diet : Should we change the formulation ? *J Nutr* 119 : 1801, 1989
 - 20) 권혁희. Dietary fiber의 분석방법에 관한 고찰. *한국영양학회지* 25 : 91-97, 1992
 - 21) 김은희 · 맹영선 · 우순자. 곡류 및 두류 식품의 식이섬유 함량. *한국영양학회지* 26 : 98-106, 1993
 - 22) Mitsuoka T. A color atlas of anaerobic bacteria. p51, Tokyo, Sobunsha, 1980
 - 23) Aoe S, Ohta F, Ayano Y. Effect of water-soluble dietary fiber on intestinal microflora in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 41 : 203-211, 1988
 - 24) Kuda T, Fujii T, Saheki K, Hasegawa A, Okuzumi M. Effects of brown algae on faecal flora of rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58 : 307-314, 1992
 - 25) Titgemeyer EC, Bourguin LD, Fahey GC, Garleb KA. Fermentability of various fiber sources by human fecal bacteria in vitro. *Am J Clin Nutr* 53 : 1418-1424, 1991
 - 26) Benno Y, Endo K, Miyoshi H, Okuda T, Koishi H, Mitsuoka T. Effect of rice fiber on human fecal microflora. *Microbiol Immunol* 33 : 435-440, 1989
 - 27) Drasar BS, Jenkins DJA. Bacteria, diet, and large bowel cancer. *Am J Clin Nutr* 29 : 1410-1416, 1976
 - 28) Sugawara M, Suzuki K, Endo K, Kumemura M, Takeuchi M, Mitsuoka M. Effect of the dietary supplementation of corn hemicellulose on fecal flora and bacterial enzyme activities in human adults. *Agric Biol Chem* 54 : 1683-1688, 1990
 - 29) Baird IM, Walters RL, Davies PS, Hill MJ, Drasar BS, Southgate DAT. The effects of two dietary

- supplements on gastrointestinal transit, stool weight and frequency, and bacterial flora, and fecal bile acids in normal subjects. *Metabolism* 26 : 117-128, 1977
- 30) Vince AJ, Mcneil NI, Wager JD, Wrong OM. The effect of lactulose, pectin, arabinogalactan and cellulose on the production of organic acids and metabolism of ammonia by intestinal bacteria in a faecal incubation system. *Brit J Nutr* 63 : 17-26, 1990
- 31) Salyers AA, Leedle JAZ. Carbohydrate metabolism in the human colon. In : Hentges DJ, ed. Human intestinal microflora in health and disease. pp129-146, New York : Academic Press Inc, 1983
- 32) Woods MN, Gorbach SL. Influences of fiber on the ecology of the intestinal flora. In : Spiller G, ed. Handbook of dietary fiber in human nutrition, 2nd Edition. pp361-363, Boca Raton : CRC Press Inc, 1993
- 33) Stevens BJH, Selvendran RR, Bayliss CE, Turner T. Degradation of cell wall material of apple and wheat bran by human faecal bacteria in vitro. *J Sci Food Agric* 44 : 151-166, 1988
- 34) Nyman M, Asp NG, Cummings J, Wiggins H. Fermentation of dietary fibre in the intestinal tract : comparison between man and rat. *Brit J Nutr* 55 : 487-496, 1986
- 35) Bourquin LD, Titgemeyer EC, Fahey GC. Vegetable fiber fermentation by human fecal bacteria : Cell wall polysaccharide disappearance and short-chain fatty acid production during in vitro fermentation and water-holding capacity of unfermented residues. *J Nutr* 123 : 860-869, 1993
- 36) Akiyama H, Endo T, Nakakita R, Murata K, Yonemoto Y, Okayama K. Effect of depolymerized alginates on the growth of Bifidobacteria. *Biosci Biotech Biochem* 56 : 355-356, 1992
- 37) 김미정. 식이섬유질의 종류가 흰쥐의 혈청지질농도와 장기능에 미치는 영향. *한양대 식품영양학과 석사학위논문*. 1994