

## 주요 식이섬유질원이 첨가된 식이가 노화 흰쥐의 장내효소 및 유해산물에 미치는 영향

강어진 · 이상선\* · 양차범\* · 신현경\*\*

서강정보대학 식품영양과, \*한양대학교 식품영양학과, \*\*한림대학교 식품영양학과

### Effects of Dietary Fiber on the Bacterial Enzymes and Putrefactive Metabolite in Aged Rats

Eo-Jin Kang, Sang-Sun Lee\*, Cha-Bum Yang\* and Hyun-Kyung Shin\*\*

Dept. of Food & Nutrition, Seo-Kang College, Kwangju, 500-170, Korea

\* Dept. of Food & Nutrition, Hanyang University, 133-791, Seoul, Korea

\*\*Dept. of Food & Nutrition, Hallym University, Chunchon, 200-702, Korea

#### Abstract

This study was performed to investigate the influence of various dietary fiber sources in Korea for activities of bacterial enzymes ( $\beta$ -glucosidase,  $\beta$ -glucuronidase) and amounts of putrefactive product (indole) in aged rats.  $\beta$ -Glucosidase activity in the intestinal content was significantly lower in the sea mustard 15% group than in other groups whereas the activity of  $\beta$ -glucuronidase was higher in the mugwort 15% group than other experimental groups. The amount of indole and pH in the intestinal content of aged rats were significantly lower in mugwort groups than in other groups.

Key words : aging, rat, dietary fiber, bacterial enzymes, indole.

#### 서 론

인간의 장내에는 100여종 이상의 미생물들이 균형을 유지하며 서식하고 있다. 이러한 장내균총은 매우 다양한 대사과정들을 수행하면서 숙주의 건강상태에 밀접한 영향을 미치고 있다. 이 장내세균총에는 유기산 및 유용 항생물질 등과 같은 유익한 대사산물을 분비하는 균들과 유해효소나 유해대사산물을 생성하는 균들이 있다<sup>1)</sup>. 이들 장내세균들의 대사작용들을 통하여 분비되는  $\beta$ -glucosidase,  $\beta$ -glucuronidase는  $\beta$ -glucoside 배당체 화합물과 글루쿠론산 화합물을 유해화합물로 변형시키는 유해효소로 알려져 있다. <sup>2,3)</sup> 장내미생물의 작용으로 단백질에서 생성되는 인돌, 암모니아, 아민류등과 담즙 및 콜레스테롤 등에서 생성되는 이차생성물도 나쁜 영향을 미친다. 장내세균 중 *E. coli*와 *Clostridium*은 암모니아, 아민을, *Bacteroidaceae*와 *Streptococcus faecalis*는 니트로소아민,

아글리콜, 2차 담즙산을, *Proteus*는 암모니아, 아민, 인돌을 생산한다.

유해산물 생산 미생물 효소의 활성은 세균 및 장내에서의 생태에 의해 결정되게 된다. Azoreductase와  $\beta$ -glucuronidase의 경우는 *Clostridium*에서 가장 활성이 높고 그 다음이 *Bacteroidaceae*, *Eubacterium*, *Peptococcus*이며 *Bifidobacterium*에서는 거의 활성이 나타나지 않는다.  $\beta$ -Glucosidase의 경우는 *Clostridium*에서 가장 높고 그 다음이 *Bifidobacterium*, *Bacteroidaceae*, *Eubacterium*, *Peptococcus*순으로 나타난다. 전보에서는<sup>4)</sup> 한국인의 식이섬유소중 유익균의 생육을 촉진하고 유해균에 대해 억제효과가 있다고 알려진<sup>5,6)</sup> 머위, 쑥, 미역, 사과를 기본식이에 첨가하여 장내균총 구성에 대한 영향을 조사하였다.

본 연구는 그 유의성을 검증하고자 장내에서 유해한 물질을 생산하는  $\beta$ -glucosidase와  $\beta$ -glucuronidase, 부패산물인 indole의 함량, 수분함량, pH를 분석하여 장내균총과의 관계를 밝히려한 결과이다.

Corresponding author : Eo-Jin Kang

## 재료 및 방법

### 1. 시료 제조

시료는 가락시장에서 구입하였다. 미역은 물로 씻어 염분을 제거한 후  $45 \pm 5^\circ\text{C}$  항온건조기에서 건조시킨 뒤 분쇄하여 사용하였다. 사과와 가식부위를, 그리고 머위, 쑥도 일광으로 1차 건조 후  $45 \pm 5^\circ\text{C}$  항온건조기에서 2차 건조, 분쇄 후 사용하였다. 실험에 사용한 식이의 조성은 AIN-76을<sup>7)</sup> 참고하여 Table 1과 같이 제조하였다. 섬유질원으로 각 식이에  $\alpha$ -cellulose (Sigma Co, U.S.A.)를 1%씩 넣어 주었고, 대조군은 cellulose 1%로 하였으며 실험군은 쑥, 머위, 사과, 미역을 총식이의 5%와 15%가 되게 첨가시켰다.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	(g/100g)		
	Control (cellulose)	5% diet	15% diet
Casein	20.0	20.0	20.0
Corn starch	40.0	39.0	29.0
Sucrose	20.0	20.0	20.0
Lard	5.0	5.0	5.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0
Fiber source	0.0	5.0	15.0
Cellulose	1.0	1.0	1.0
Vitamin mixture	1.0	1.0	1.0
Mineral mixture	3.5	3.5	3.5
Choline chloride	0.2	0.2	0.2
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3

1) Fiber sources : 5 and 15% of sea mustard, apple, butterbur and mugwort, respectively. 2) Vitamin mixture (mg/100g) : VD<sub>3</sub> 0.582,  $\alpha$ -tocopherol-acetate 1200.0, Retinol-acetate 93.2, VK<sub>3</sub> 6.0, thiamin-HCl 59.0, VB<sub>12</sub> 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. 3) Mineral mixture (g/100g) : CaCO<sub>3</sub> 29.29, CaHPO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 0.43, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 34.31, NaCl 25.06, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 9.93, Fe (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>) · 6H<sub>2</sub>O 0.623, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 0.156, MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 0.121, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O 0.0025, Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O 0.0015, ZnCl<sub>2</sub> 0.02, KI 0.0005.

### 2. 사육실험

실험동물은 체중이 100~130g 정도 되는 생후 30 일된 Sprague-Dawley rat 수컷을 공급받아 12개월 동안 사육한 뒤 117마리를 체중에 따라 13마리씩 9군으로 나누어 한마리씩 스테인레스스틸 철망에 넣어

실험식이에 대해 3일동안 적응시킨 후, 실험식으로 4주간 사육하였다. 식이와 음료수는 제한없이 먹을 수 있도록 하였으며, 체중은 7일에 한번씩, 식이섭취량과 물섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하였다.

### 3. 대장내용물 시료의 채취 및 보존

쥐를 해부한 후 대장에서 내용물을 분리한 뒤 여기에 무산소 CO<sub>2</sub> 가스로 충전시켜  $-70^\circ\text{C}$  deep freezer (Revco ULT 1386, USA)에 보관하면서 효소 ( $\beta$ -glucosidase,  $\beta$ -glucuronidase) 활성과 장내 부패산물인 인들의 분석에 사용하였다.

### 4. 식이섬유질원의 분석

쑥(mugwort), 머위 (butterbur), 사과 (apple), 미역 (sea mustard)은 Mongeau와 Brassard<sup>8)</sup> 방법에 의해서 insoluble dietary fiber (IDF)와 soluble dietary fiber (SDF)분석을 하였으며 두 값을 더한 것을 total dietary fiber (TDF)함량으로 하였다.

### 5. $\beta$ -Glucosidase 와 $\beta$ -Glucuronidase 활성 측정

쥐의 대장 내용물 중 이들 효소의 활성 측정은 Goldin 등의 방법에<sup>9)</sup> 준하여 혐기적 조건하에서 실시하였다.  $\beta$ -Glucosidase 활성 측정은 기질인 nitrophenyl- $\beta$ -D-glucoside (Sigma)를 0.1M 인산완충액 (pH 7.4)에 녹여 1mM 로 만들어 사용하였으며  $\beta$ -glucuronidase 활성 측정은 기질인 phenolphthal- $\beta$ -D-glucuronic acid (pH 7.0, 0.001M in 0.025M phosphate buffer, sigma) 0.5ml와 조효소액 0.3ml를 섞어  $37^\circ\text{C}$  항온조에서 40분간 반응시켰다.

### 6. Indole 정량

인들정량은 Colowick와 Kaplan 들의 방법에<sup>10)</sup> 준하여 측정하였다.

### 7. 변내 pH 측정

대장내용물에 3배의 증류수를 가하여 이를 잘 균질화시킨 후 원심분리하여 상등액으로부터 pH를 측정하였다.

### 8. 통계처리

본 연구의 결과들은 SPSS를 이용하여 ANOVA (analysis of variance)로 처리한 후  $\alpha=0.05$  수준

에서 Duncan's multiple range test 를 하여 각 실험군의 평균치간의 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 식이섬유질원과 체중변화량

실험기간 동안의 체중변화량과 식이에 사용된 식이섬유질원의 분석결과는 각각 Table 2, 3과 같다.

불용성 섬유질함량은 사과가 가장 낮았고 수용성 섬유질함량은 미역이 매우 높았다. 총식이섬유질 함량은 미역이 38.92%, 썩과 머위가 각각 24.81%, 22.16%로 비슷하였으며 사과는 15.12%로 가장 낮았다.

일반적으로 수용성 식이섬유소는 gastric emptying rate를 늦추고, 불용성 식이섬유소는 위에서 bulking effect를 부여하여 식사량을 감소시킨다고 보고 되어지고 있지만<sup>11)</sup> 본 실험에서는 대조군보다 식이섬유질원이 첨가된 군들에서 약간씩 증가하였다.

실험기간동안의 불용성 식이섬유질 섭취량은 썩곶취군에서 가장 많고 사과섭취군이 가장 적었다. 수용성 식이섬유질 섭취량은 미역섭취군이 가장 많았으며 불용성 식이섬유질과 마찬가지로 사과섭취군이 다른 군들에 비해서 적게 섭취하였음을 발견하였다. 실험동물의 식이섭취량은 식이섬유질원이 첨가된 군들 모두 약간씩 증가하였으며 식이내 섬유질원의 비율이 증가할수록 식이섭취량이 약간씩 증가하는 경향을 보였으며 그 중 15% 미역군에서 가장 높은 식이 섭취량을 보였다. 이는 식이섬유질원이 첨가되면 식이 섭취량이 감소한다고 한 Gordon<sup>11)</sup>의 결과와는 다르게 나타났다. 또한 체중과 식이효율은 실험기간동안 모

**Table 3. Insoluble, soluble and total dietary fiber contents of experimental samples**

	M <sup>4)</sup>	B <sup>4)</sup>	A <sup>4)</sup>	S <sup>4)</sup>
IDF <sup>1)</sup>	14.96	13.64	8.64	11.30
SDF <sup>2)</sup>	9.85	8.52	6.48	27.62
TDF <sup>3)</sup>	24.81	22.16	15.12	38.92

(unit:g/100g dry sample) 1) IDF : insoluble dietary fiber, 2) SDF : soluble dietary fiber, 3) TDF : total dietary fiber, 4) M : Mugwort B : Butterbur A : Apple, S : Sea mustard.

두 감소하였는데 이는 성장기가 아닌 노화기의 흰 쥐를 사용하였기 때문으로 생각된다.

### 2. $\beta$ -Glucosidase 와 $\beta$ -glucuronidase의 활성 측정

여러 섬유질원으로 사육시킨 노화 흰쥐의 장내용물 중  $\beta$ -glucosidase와  $\beta$ -glucuronidase활성은 Table 4와 같이 섬유질원이 첨가된 실험군에서 모두 셀룰로스군보다  $\beta$ -glucosidase 와  $\beta$ -glucuronidase의 활성이 약간 증가하는 경향을 보였다.  $\beta$ -Glucosidase의 경우 셀룰로스군과 미역15% 첨가군의 활성이 가장 낮았다. 이는 미역의 특정 성분에 의해서라기보다는 transit time이 짧아 장내 균총이 이용할 시간이 없었기 때문으로 보여지며  $\beta$ -glucuronidase는 썩 15% 첨가군(M15)에서 현저한 증가를 보였다. 이와 같은 썩에 의한 효소활성의 증가현상은 다른 논문에서도<sup>12)</sup> 관찰된 바 있으나 그 메카니즘은 밝혀지지 않았다.

장내 대표적인 유해효소인  $\beta$ -glucosidase,  $\beta$ -glucuronidase, azoreductase, nitroreductase 등은

**Table 2. Food intake, weight change and FER (food efficiency ratio) of aged rats fed different experimental diet**

Group	Food intake (g/day)	Weight change (g/day)	FER
C <sup>4)</sup>	17.33 <sup>1)</sup> ± 0.73 <sup>2)</sup> † <sup>3)</sup>	-4.55 ± 0.32 <sup>a†</sup>	-0.26 ± 0.01 <sup>a†</sup>
M 5	20.48 ± 0.96 <sup>bc††</sup>	-2.64 ± 0.17 <sup>c††</sup>	-0.13 ± 0.01 <sup>d††</sup>
B 5	18.51 ± 0.82 <sup>ab</sup>	-3.16 ± 0.36 <sup>b</sup>	-0.17 ± 0.01 <sup>b</sup>
A 5	18.80 ± 0.78 <sup>ab</sup>	-3.47 ± 0.27 <sup>b</sup>	-0.18 ± 0.02 <sup>b</sup>
S 5	19.54 ± 0.76 <sup>abc</sup>	-2.80 ± 0.23 <sup>c</sup>	-0.14 ± 0.01 <sup>bcd</sup>
M 15	19.20 ± 0.55 <sup>abc††</sup>	-3.01 ± 0.24 <sup>b††</sup>	-0.16 ± 0.01 <sup>bc††</sup>
B 15	19.81 ± 0.57 <sup>abc</sup>	-2.88 ± 0.30 <sup>c</sup>	-0.15 ± 0.01 <sup>bc</sup>
A 15	19.22 ± 0.72 <sup>abc</sup>	-3.20 ± 0.35 <sup>b</sup>	-0.17 ± 0.02 <sup>b</sup>
S 15	21.45 ± 0.65 <sup>c</sup>	-2.25 ± 0.26 <sup>d</sup>	-0.10 ± 0.01 <sup>e</sup>

1) Mean ± S.E., 2) Values with different alphabets are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test. 3) † : Values with different number of superscripts are significantly different among C, 5% and 15% fiber groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test. 4) C : control (cellulose 5%) M5, M15 : mugwort 5%, 15% B5, B15 : butterbur 5%, 15% A5, A15 : apple 5%, 15% S5, S15 : sea mustard 5%, 15%.

**Table 4. Activities of  $\beta$ -glucosidase and  $\beta$ -glucuronidase in large intestinal contents of aged rats fed different dietary fiber sources**

Group	$\beta$ -glucosidase <sup>1)</sup>	$\beta$ -glucuronidase <sup>2)</sup>
Cellulose	28.05 <sup>3)</sup> $\pm$ 4.67 <sup>a</sup>	78.98 $\pm$ 12.65 <sup>a</sup>
M 5	42.53 $\pm$ 10.43 <sup>ab</sup>	106.90 $\pm$ 12.06 <sup>a</sup>
B 5	43.86 $\pm$ 9.21 <sup>ab</sup>	78.14 $\pm$ 19.35 <sup>a</sup>
A 5	39.91 $\pm$ 5.06 <sup>ab</sup>	125.86 $\pm$ 26.07 <sup>a</sup>
S 5	30.48 $\pm$ 2.67 <sup>ab</sup>	112.77 $\pm$ 24.72 <sup>a</sup>
M15	84.12 $\pm$ 5.07 <sup>b</sup>	308.91 $\pm$ 45.23 <sup>b</sup>
B15	66.38 $\pm$ 13.06 <sup>ab</sup>	110.97 $\pm$ 25.12 <sup>a</sup>
A15	44.37 $\pm$ 10.75 <sup>ab</sup>	117.01 $\pm$ 19.05 <sup>a</sup>
S15	28.23 $\pm$ 8.53 <sup>a</sup>	62.11 $\pm$ 8.88 <sup>a</sup>

1)  $\beta$ -Glucosidase values are mean(nitrophenol  $\mu$ g/20min/0.1g wet intestinal contents)  $\pm$  SE, 2)  $\beta$ -Glucuronidase values are mean(phenolphthalein  $\mu$ g/40min/0.1g wet intestinal contents)  $\pm$  SE, 3) Values with different alphabets are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test.

아민류와 독성물질, 변이원 등을 생성하여 장점막에 손상을 주어 대장암을 일으키고 장관내로 흡수된 유독 물질들은 체내를 순환하면서 각종 장기에 손상을 입히며 암유발, 동맥경화, 간장장애, 면역기능 저하등을 초래한다.<sup>13-15)</sup>

$\beta$ -Glucosidase는 배당체들을 기질로 이용하며 *Clostridium*의 활성이 가장 높고 그 다음이 *Bifidobacterium*, *Bacteroidaceae*, *Eubacterium*, *Peptostreptococcus* 순으로 보고되어 있다.<sup>16)</sup>  $\beta$ -Glucuronidase는 장내로 분비된 glucuronide를 유독 물질로 만드는 효소이다.<sup>2,17)</sup> 이 효소는 *E. coli*가 주로 분비하며 그 외 *Clostridium*, *Bacteroides*, *Peptostreptococcus*가 분비한다.<sup>18)</sup> 이 효소의 활성은 숙주의 연령에

따라서 그리고 섭취하는 식이의 종류에 의해서 많은 영향을 받는 효소로 알려져 있다.<sup>19)</sup>

식이의 종류에 따라 이 효소들의 활성에 차이가 나타나는데 동물성 식품을 주로 섭취한 사람은  $\beta$ -glucuronidase의 역가가 높다고 보고되었으며<sup>20)</sup> 옥수수 헤미셀룰로스를 첨가하면  $\beta$ -glucuronidase의 활성과 변의 배설이 크게 감소하였으나  $\beta$ -glucosidase 활성은 그다지 변화되지 않았다고 보고되었다.<sup>19)</sup> 이처럼 각 식이간에 효소활성에 차이가 심한 이유는 장내 400여종의 균들이 공생과 경쟁관계를 유지하면서 다양한 대사작용이 일어나기 때문으로 보인다.

### 3. 인돌정량과 수분, pH 측정

식이섬유질원을 달리하여 사육시킨 노화 흰쥐의 장내용물중 인돌의 함량과 수분 및 pH의 변화는 Table 5와 같다. 썩 5%(M5)와 15%(M15) 시험군이 타실험군보다 인돌함량이 현저히 낮게 나타났으며 머위(B), 사과(A), 미역(S)군에서는 높게 나타났다. 숙주의 장관내 인돌은 *E. coli*, *Bacteroides fragilis* 등 비교적 여러 종류의 장관균이 생성하는 tryptophanase의 작용에 의해 tryptophan으로부터 생성된다고 알려져 있으며 장관벽에 흡수되어 신장에 손상을 입히고 방광암을 일으킨다고 알려졌다.<sup>21)</sup>

수분 함량은 셀룰로스군에 비해 4종의 시료군에서 모두 유의적으로 높았으나 식이섬유 함량에 있어서 5%와 15% 시험군간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 장내의 pH는 썩 15% 첨가군에서 가장 낮았으며 식이섬유 15% 첨가군이 식이섬유 5% 첨가군보다 유의적으로 pH를 낮추는 것으로 나타났다. 일반적으로 식이 섬유소는 장내 pH를 낮추고 변량을

**Table 5 Contents of indole, moisture and pH in large intestinal contents of aged rats fed different dietary fiber sources**

Group	Indole ( $\mu$ g/g wet feces)	Moisture (%)	pH
Cellulose	2.01 <sup>1)</sup> $\pm$ 0.27 <sup>ab2)</sup>	62.90 $\pm$ 2.91 <sup>a+</sup>	7.53 $\pm$ 0.13 <sup>b++</sup>
M 5	0.61 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>	76.54 $\pm$ 3.37 <sup>c++</sup>	7.42 $\pm$ 0.07 <sup>ab++</sup>
B 5	3.80 $\pm$ 1.90 <sup>ab</sup>	73.37 $\pm$ 1.49 <sup>bc</sup>	7.59 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
A 5	4.49 $\pm$ 1.14 <sup>b</sup>	66.26 $\pm$ 3.13 <sup>ab</sup>	7.56 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>
S 5	4.46 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>	75.22 $\pm$ 3.39 <sup>bc</sup>	7.59 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
M 15	0.87 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	72.26 $\pm$ 2.52 <sup>bc++</sup>	7.24 $\pm$ 0.07 <sup>a+</sup>
B 15	4.86 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	76.78 $\pm$ 3.55 <sup>c</sup>	7.39 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>
A 15	5.09 $\pm$ 0.24 <sup>b</sup>	71.74 $\pm$ 1.62 <sup>abc</sup>	7.47 $\pm$ 0.09 <sup>ab</sup>
S 15	1.90 $\pm$ 1.43 <sup>ab</sup>	79.91 $\pm$ 3.16 <sup>c</sup>	7.36 $\pm$ 0.06 <sup>ab</sup>

1) Data were expressed mean  $\pm$  SE, 2) Values with different alphabets are significantly different among groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test.

증가시키는데 장내 pH 저하는 *Bifidobacteria*나 *Lactobacillus*가 생산한 유기산의 결과이며 이로 인해 유해균들의 생육이 억제되어 장내환경의 개선을 가져온다고 알려져 있다.<sup>11)</sup>

## 요 약

한국에서 주로 섭취되고 있는 주요 식이섬유질원으로서 장내 유익균의 생육을 촉진한다고 알려진 사과, 미역, 썩, 머위를 천연 형태로 건조분말화하여 식이내에 5%, 15%가 되게 첨가한 후 노화가 진행된 흰쥐에게 4주간 급여하였다. 그 결과  $\beta$ -glucosidase는 셀룰로스군과 미역 15% 첨가군에서 가장 낮은 활성을 나타냈으며  $\beta$ -glucuronidase의 경우는 썩 15% 첨가군에서 유의적으로 현저한 증가를 보였다.

부패산물인 인돌 함량 변화는 썩 섭취군에서 현저하게 낮은 경향을 보여  $\beta$ -glucuronidase와는 다른 양상을 보였다. 수분함량은 미역섭취군과 썩5%, 머위15% 섭취군에서 높았으며 pH는 썩 15% 섭취군이 가장 낮은 값을 보여주었다. 썩 15% 섭취군이 장내균총 조성을 개선시킬 수 있을 것으로 보고되어 그 유의성을 밝히고자 하였으나 본 실험에서는 부패산물, 유해효소등과 장내균총의 조성과의 뚜렷한 관계는 발견하지 못하였다.

## 참고문헌

- Mitsuoka, T.: Recent trends in research on intestinal flora. *Bifidobacteria Microflora*, 1, 3~24, (1982).
- Hawksworth, G., Drasar, B.S., Hill, M.J.: Intestinal bacteria and the hydrolysis of glycosidic bonds. *J. Med. Microbiol.* 4, 451~459 (1971).
- Nanno, M., Morotomi, M., Takayama, H., Kuroshima, T., Tanaka, R. and Mutai, M.: Mutagenic activation of biliary metabolites of benzo pyrene by  $\beta$ -glucuronidase-positive bacteria in human faeces. *J. Med. Microbiol.* 22, 351~355 (1986).
- 강어진, 양차범, 신현경: 노화 흰 쥐의 장내균총에 대한 식이섬유질원의 영향, *한국식품영양학회지*, 11, 388~393 (1998).
- 이현아: 주식이섬유질원이 흰 쥐의 장내 균총에 미치는 영향. 한양대학교 대학원 석사학위논문 (1995).
- 김미정: 식이섬유질원의 종류가 흰 쥐의 혈청 지질 농도와 장기능에 미치는 영향. 한양대학교 대학원 석사학위논문 (1994).

- Report of the American Institute of Nutrition ad hoc Committee on standards for nutritional studies. *J. Nutr.*, 107, 1340~1348 (1977).
- Mongeau, R., Brassard, R.: Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber; collaborative study of a rapid gravimetric method. *Cereal Foods World* 35, 319~324 (1990).
- Goldin, B.R. and Gorbach, S.L.: The relationship diet and rat fecal bacterial enzymes implicated in colon cancer. *J. Natl. Cancer Inst.*, 57, 371 373, (1976).
- Colowick, S.P. and Kaplan, N.O.: Methods in enzymology, vol II, Academic Press Inc. New York, 238 (1955).
- Gordon, D.T.: The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Kor. J. Nutr.*, 25, 75~76.
- 이선화: 썩이 주요 장내 세균의 생육에 미치는 영향, 고려대 박사학위논문(1994).
- Cumming, J.H. and Macfarlane, G.T.: The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *J. Applied Bacteriology*, 70, 443~459 (1991).
- Goldin, B.R.: *In situ* microflora metabolism and colon mutagens. *Ann. Rev. Microbiol.*, 40, 367~393, (1986).
- Goldin, B.R.: Intestinal microflora: Metabolism of drugs and carcinogens. *Annals of Medicine*, 22, 43~48 (1990).
- 김석중: 올리고당의 건강 증진 효과. *식품기술* 8, 140~146 (1995).
- Sakai, K., Tachiki, T., Kumagai, H. and Tochikura, T.: Isolation and characterization of two  $\beta$ -D-glucosidase from *Bifidobacterium breve* 203. *Agri. Biol. Chem.*, 50, 2287~2292 (1986).
- Reddy, B.S., Weisburger, J.H. and Wynder, E.L.: Fecal bacterial  $\beta$ -glucuronidase: control by diet. *Science*, 1, 416~417. (1974).
- Sugawara, M.: Effect of the dietary supplementation of corn hemicellulose on fecal flora and bacterial enzyme activities in human adults. *Agri, Biol. Chem.*, 54, 1683~1688 (1990).
- Goldin, B. and Gorbach, S.L.: Alterations in fecal microflora enzymes related to diet, age, Lactobacillus supplements, and dimethylhydrazine. *Cancer*, 40, 2421~2426 (1977).
- Yokoyama, M.T. and Carson, J.R.: Microbial metabolites of tryptophan in the intestinal tract with special reference to skatol. *Ame. J. Clin. Nut.*, 32, 173~177 (1979).

(1998년 9월 1일 접수)