

식이섬유 급원 첨가하에서의 식이제한이 흰쥐의 장내 환경에 미치는 영향

강 어 진

서강정보대학 식품영양과

The Influence of Dietary Fiber on Intestinal Environment in Rats Controlled by Food Restriction

Eo-Jin Kang

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

Abstract

The effects of food restriction on the fecal microflora, moisture, pH, indole, β -glucosidase, and β -glucuronidase in rats were studied for 4 weeks.

Four groups of rats for feeding was allocated to the following experimental trials: (1) control containing 1% cellulose, (2) control with food restriction, (3) treatment of diet containing butterbur, (4) treatment of butterbur combined with diet restriction.

Treatment of butterbur combined food restriction significantly ($p < 0.05$) reduced the growth of *Bacteroides*, *Peptococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, and *Escherchia coli*, respectively.

No remarkable changes in the β -glucosidase and β -glucuronidase activities were observed but indole content significantly decreased.

Based on these results, treatment of butterbur combined with diet restriction in rats had a significantly effect for preventing the growth of those pathogenic microorganisms.

Key words : dietary fiber, food restriction, rat, fecal microflora.

서 론

식이성 섬유소는 세포벽의 구성성분으로 인체내에서 소화되지 않은 lignin을 포함한 다당류라고 정의한다. 지금까지는 비열량원으로서 영양적 효과는 거의 무시되어 왔으나 최근 이의 생리작용에 많은 연구가 이루어지고 있으며 Trowell의 가설에 의하면 변비, 치질, 대장염, 비만, 당뇨병, 담석증 등과 같은 질병의 예방과 치료에 효과가 있다고 보고되어지고 있으며¹⁾ 이는 여러 연구에 의해 검증되어지고 있다.

Furukawa²⁾에 의하면 yugao-melon의 식이섬유소를 섭취시킨 결과 colon tumor가 절반으로 감소되었다고 보고하였으며 Rowland는³⁾ DMH (1,2-dimethylhydrazine dihydrochloride)에 의해 야기

된 DNA damage를 lactulose를 섭취시킨 결과 유의적으로 감소시켰다고 보고하였다.

식이섬유는 이를 구성하는 성분과 구조에 기인하는 물리화학적 성질에 따라서 인체에 미치는 생리적인 효과가 달라지는데 수용성 식이섬유는 겔을 형성하는 특성이 있어 영양소의 흡수를 지연시키고 담즙산과 결합함으로써 혈중 콜레스테롤치를 저하시키는 등 주로 당질과 지질대사에 관여하고 불용성 식이섬유는 장내용물의 용적을 증가시키고 장관 통과시간을 단축시킴으로써 대장 기능을 향상시키는 것으로 보고되어지고 있다⁴⁻⁵⁾.

한편 인간의 장관내에는 수많은 세균들이 균총을 구성하여 길항 또는 공생관계를 유지하면서 숙주가 섭취한 음식물들중 소화 흡수되지 않은 성분, 내분비

물 및 탈락된 장점막 등을 기질로 하여 다양한 대사작용과 여러 가지 생리적 작용이 숙주에게 다양한 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 왔다. 또한 이 장내 균총들은 인간에게 각종 유익한 또는 유해한 산물을 만들어냄으로써 숙주의 영양, 생리기능, 노화, 면역, 질병들에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 식이섬유는 사람이 분비하는 소화효소에 의해 소화흡수되지 않기 때문에 대부분 대장에 도달하게 되고 따라서 장내에 서식하고 있는 세균들의 생육에 주된 기질로써 작용한다⁽⁶⁾.

노화가 진행되면 소화, 흡수율이 낮아지게 되어 영양소가 대장에 도달하게 된다하더라도 미생물이 이용할 수 있는 양에 한계가 있을 것으로 생각되며 생육 가능한 최소량만으로도 성장할 수 있다면 무제한으로 식이를 공급하는 것은 식이간의 차이를 유도하지 못할 것으로 생각되어 본 실험에서는 제한식을 실시하였다. 하지만 제한 식이의 효과에 대한 기존의 연구는 주로 life span에 대해 국한된 채 제한식이의 다른 효과에 대해서는 진행된 연구가 거의 없는 실정이었다⁽⁷⁻⁸⁾.

따라서 본 연구에서는 기능성 식이소재중 가장 대표적인 식이섬유소를 중심으로 특히 합성물질이나 정제된 물질이 아닌 우리나라 고유의 식품중 한국인의 장내 균총을 개선시킨다고 알려진 소재중⁽⁹⁾ 하나인 머위를 첨가한 식이를 제조, 식이제한을 실시함으로써 대장기능의 변화를 봄으로써 대장내 존재하는 균총의 양과 구성에 어떤 변화를 일으키는지 또한 이 변화와 대장기능 변화와는 어떠한 관련을 갖는지를 알아보기로 하였다.

재료 및 방법

1. 시료의 제조

본 실험에 사용된 머위는 서울 가락시장에서 구입하여 깨끗이 씻은 후 동일하게 일광으로 1차 건조후 45±5℃ dry oven에서 2차 건조하여 분쇄후 사용하였다. 식이의 조성은 AIN-76을⁽¹⁰⁾ 참고하여 Table 1과 같이 제조하였다. 섬유질원으로 각 식이에 α-cellulose (Sigma Co, U.S.A.) 1%를 동일하게 첨가하였고, 대조군은 cellulose 1%로 하였으며 실험군은 총 식이의 15%가 되게 첨가시켰다.

2. 사육실험

실험동물은 체중이 100~130g 정도 되는 생후 30일된 Sprague-Dawley rat 수컷쥐를 공급받아 1주일 동안 일정조건하에서 고형사료로 적응시킨 후 15

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

Ingredients	Cellulose (control)	Butterbur
Casein	20.0	20.0
Corn starch	40.0	29.0
Sucrose	20.0	20.0
Lard	5.0	5.0
Corn oil	5.0	5.0
Fiber source	0.0	15.0
Cellulose	1.0	1.0
Vitamin mixture	1.0	1.0
Mineral mixture	3.5	3.5
Choline chloride	0.2	0.2
DL-Methionine	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 · 7H₂O 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 임의배치하여 1개월간 사육하였다. 식이섬유질원인 머위 15%와 cellulose 1%를 사용한 대조군에 대해 각각 제한식이군과 자유급식이군으로 나누었다. 이들 모두 실험식이로 3일간의 적응기를 거친 후 평균 식이 섭취량을 구하여 제한식이군은 자유급식시의 70%를 공급하였다. 음료수는 제한없이 먹을 수 있도록 하였고, 자유급식의 경우 임의로 섭취토록 하였으며 제한식이군은 운동량을 고려하여 오전, 오후 2번으로 나누어 공급하였다.

3. 대장 내용물 시료의 채취 및 보존

쥐를 해부한 후 대장에서 내용물을 분리하여 그 중 1g을 험기 희석액으로 10⁻⁸ 까지 희석하여 장내 주요 균수의 측정에 사용하였으며 나머지 대장 내용물은 무산소 CO₂가스로 충전시켜 -70℃ deep freezer (Revco ULT-1386, USA)에 보관하면서 효소 활성과 장내부패생성물의 분석에 사용하였다.

4. 주요 장내 균수의 측정

각 실험군의 쥐 대장내용물에서 총혐기성균, *Bifidobacteria* spp., *Lactobacillus* spp., *Clostridium* spp. 및 *Escherchia coli*의 균총 변화를 조사하였다. 총혐기성균 검출배지로는 EG, BL 한천배지를 사용

하였다. *Bifidobacterium* spp.는 BS한천배지에 배양하여 현미경으로 집락을 확인하였다. *Lactobacillus* spp.는 LBS 한천배지를 사용하여 선택적으로 측정하였다. *E. coli*는 DHL 한천배지에 형성된 집락의 색깔에 의해서 선택적으로 측정하였다. DHL과 PEES (*Staphylococcus* spp.) 한천배지는 37°C에서 24시간 동안 호기배양하였고 혐기성 세균은 anaerobic jar와 vacuum desiccator를 사용하여 37°C에서 48시간 배양한 다음 집락수를 Log₁₀ CFU/g으로 환산하였다.

5. β -glucosidase와 β -glucuronidase 활성 측정

Goldin 등¹¹⁾의 법에 준하여 β -glucosidase는 nitrophenyl- β -D-glucoside (Sigma Chemical Co. St. Louise)를 기질로, 그리고 β -glucuronidase는 phenolphthalein- β -D-glucuronic acid (Sigma Chemical Co. St. Louise)를 기질로 사용하여 활성을 측정하였다.

6. Indole과 pH측정

Indole의 정량은 Colowick 등¹²⁾의 법에 준하여 분석하였으며 pH는 대장 내용물을 증류수로 3배 희석하여 원심분리한 후 상등액을 pH meter. (model: Cornig 255, USA)로 측정하였다.

7. 통계처리

본 연구의 결과들은 SPSS를 이용하여 ANOVA (analysis of variance)로 처리한 후 $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 하여 각 실험군의 평균치간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 식이 섭취량과 체중 증가량, 식이효율 조사 사육기간동안 실험 동물의 식이섭취량과 체중증가

량, 식이효율은 Table 2에 표시하였다.

실험기간동안의 식이섭취량은 cellulose군과 머위 섭취군에서 비슷하게 나타났으나 체중증가량은 cellulose군에서 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 식이제한을 시킨 동물에서는 cellulose와 머위군 사이에 별차이가 없었다.

2. 주요 장내미생물의 생균수 측정

식이 제한을 시킨 흰 쥐의 주요 장내 미생물의 생균수를 측정한 결과는 Table 3에 표시하였다.

즉 제한급식군(CR, BR)과 자유급식군간(C, B)의 총균수와 유익균의 차이는 발견되지 않았으나 총균수에 있어서는 제한식이를 준 실험군에서 약간 낮은 경향을 보였다.

일반적으로 균수 측정은 대장 내용물의 단위중량당 균수의 비교로서 장내용물의 부피 증가, 희석효과를 갖는 식이섬유 섭취군에서 상대적으로 균수가 적게 나타나는 것으로 알려져 있다.¹³⁻¹⁴⁾

장내 우세균인 *Bacteroides* spp.는 식이제한간의 차이는 크게 보여주지 못했지만 섬유질원간에 유의적인 차이를 보여주었으며 머위섭취군이 cellulose 섭취군보다 균수가 낮은 것을 볼 수 있었다. 그리고 *Streptococcus* spp.는 머위 제한급식군에서 유의적으로 낮은 것을 보여주었으며 *Eubacterium* spp.의 경우는 유의적인 차이를 보여주지 못했지만 *Peptococcus* spp.의 경우는 cellulose를 자유급식시킨 군을 제외하고는 모든 실험군에서 유의적으로 낮게 나타났다.

*E. coli*는 머위를 제한급식한 동물에서 다른 군들보다 유의적으로 낮은 경향을 보였고 *C. perfringens*는 노화된 동물과는 달리 하나의 CFU (colony forming unit)도 발견할 수 없었다. 이는 장내 미생물에 영향을 미치는 요인중 연령의 차이로 인해 *C. perfringens*가 나타나지 않은 것으로 보인다. 또한 *Staphylococcus* spp.도 머위 제한급식군에서 유의적으로 낮은

Table 2. Change of food intake, weight gain and food efficiency ratio (FER) in rat

Group	Food intake(g/day)	Weight gain(g/day)	FER
C ¹⁾	21.0 ²⁾ ± 3.63 ³⁾	2.84 ± 0.33 ^c	0.14 ± 0.02 ^b
CR	14.6 ± 0.24 ^a	0.51 ± 0.16 ^a	0.04 ± 0.02 ^a
B	22.6 ± 1.18 ^b	1.88 ± 0.38 ^b	0.08 ± 0.01 ^{ab}
BR	14.6 ± 0.24 ^a	0.50 ± 0.13 ^a	0.04 ± 0.01 ^a

1) C : Cellulose 1%, CR : Cellulose restricted, B : Butterbur 15%, BR : Butterbur restricted

2) Mean ± S.E

3) Values with different alphabets are significantly different groups at the 0.05 level according to Duncan's multiple range test.

Table 3. Effect of food restriction on intestinal microorganisms in rats

Group	Total microorganisms	<i>Lactobacillus</i> spp.	<i>Bifidobacterium</i> spp.
C ¹⁾	9.08 ²⁾ ± 0.23 ^{NS3)}	7.41 ± 0.30 ^{NS}	6.81 ± 0.38 ^{NS}
CR	8.97 ± 0.25	7.89 ± 0.19	6.78 ± 0.56
B	9.25 ± 0.10	7.88 ± 0.18	7.25 ± 0.41
BR	8.94 ± 0.07	7.99 ± 0.35	7.38 ± 0.14

1) C : Cellulose 5%, CR : Cellulose restricted, B : Butterbur 15%, BR : Butterbur restricted

2) Bacterial counts expressed as mean ± S.E of log₁₀ CFU / gram of wet feces

3) NS : not significant

Table 3. continued

Group	<i>Bacteroides</i> spp.	<i>Eubacterium</i> spp.	<i>Peptococcus</i> spp.	<i>Streptococcus</i> spp.
C	8.06 ± 0.17 ^b	7.88 ± 0.16 ^{NS}	8.17 ± 0.20 ^b	7.54 ± 0.18 ^b
CR	8.04 ± 0.21 ^b	7.60 ± 0.25	7.38 ± 0.26 ^a	7.06 ± 0.30 ^b
B	7.43 ± 0.16 ^a	7.81 ± 0.10	6.99 ± 0.12 ^a	6.29 ± 0.29 ^{ab}
BR	7.24 ± 0.23 ^a	7.58 ± 0.26	6.89 ± 0.19 ^a	6.24 ± 0.21 ^a

Table 3. continued

Group	<i>Clostridium</i> spp.	<i>C. perfringens</i>	<i>Staphylococcus</i> spp.	<i>E. coli</i>
C	5.50 ± 0.11 ^{NS}	ND ¹⁾	5.72 ± 0.11 ^b	7.27 ± 0.40 ^{bc}
CR	5.90 ± 0.43	ND	5.58 ± 0.21 ^b	7.75 ± 0.47 ^c
B	5.49 ± 0.25	ND	5.47 ± 0.18 ^b	6.56 ± 0.48 ^{ab}
BR	5.31 ± 1.02	ND	4.58 ± 0.15 ^a	5.87 ± 0.23 ^a

1) ND : not detected

것을 보여주었다. 총균수와 유익균인 *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp.은 유의적인 차이는 보여주지 못했지만 다른 균들에 비해 머위제한급식군에서 약간 높은 수치를 보여주었다.

식이섭유는 그의 종류에 따라 미생물에 의한 발효 정도나 이용하는 정도가 달라 장내 균총의 대사활동과 균총의 구성에도 다양한 영향을 미친다¹⁵⁾.

그리고 장내 균총은 식이이외에도 다양한 환경조건과 생리조건에 의해서 영향을 받아 산도, 삼투작용과 이온작용, 세균과의 상호작용과 경쟁, 장내운동 등이 관여하는데 식이섭유는 이러한 인자 대부분에 영향을 미칠 수 있다¹⁶⁾. Kleessen 등¹⁷⁾에 의하면 다양한 형태의 저항전분을 섭취시킨 결과 83.3% waxy maize starch와 16.7%의 native granular potato starch를 섭취시킨 실험군보다 33.3% waxy maize starch와 66.7%의 modified potato starch 실험군에서 총균수와 *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterobacteriaceae*가 증가하였음을 보여주었으며 Sugawara 등¹⁸⁾은 건강한 성인에게 올리고당의 일종인 maltotetraose가 함유된 옥수수 시럽가루를 하루에 30g씩 10일간 섭취시켰을 때 장내의 우세균인 *Bacteroid-*

es, *Eubacterium*, *Bifidobacterium* 수는 변화가 없었으나 *Enterobacteriaceae*, *C. perfringens*는 감소한다고 하였다. Djourzi 등¹⁹⁾은 beta-fructo-oligosaccharide(FOS), beta-galato-oligosaccharide(TOS), alpha-gluco-oligosaccharide(GOS)를 40g/Kg 씩을 섭취시킨결과 FOS, TOS군만이 *Bifidobacteria*가 증가하였다고 보고하는 등 식이에 의한 장내 균총 조절은 일관성이 없는 것으로 나타났다.

3. β -Glucosidase와 β -Glucuronidase 활성

β -glucosidase와 β -glucuronidase 활성 분석 결과는 Table 4에 나타내었다.

β -glucosidase는 제한식이와 자유급식간의 차이는 보여주지 못했으며 오히려 머위섭취군에서 대조군보다 높은 활성을 보여주었다. β -glucuronidase 분석결과는 머위 자유급식군을 제외하고 다른 군들에서는 활성이 낮은 것으로 조사되었다. 본 실험에서 β -glucuronidase를 생성하는 세균으로 알려진 *E. coli*가 머위제한급식군에서 타실험군에 비해 현저하게 낮음에도 불구하고 균총의 다양한 대사작용에 의해 미생물 군수 변화가 장내 효소 활성까지는 변화시

Table 4. Effect of food restriction on activities of β -glucosidase and β -glucuronidase

Group ¹⁾	β -glucosidase	β -glucuronidase
C	30.08 ²⁾ \pm 5.07 ^a	78.35 \pm 12.24 ^a
CR	28.20 \pm 4.55 ^a	73.12 \pm 11.09 ^a
B	67.87 \pm 10.23 ^b	111.55 \pm 21.21 ^b
BR	50.81 \pm 8.53 ^{ab}	89.52 \pm 15.50 ^a

- 1) C : Cellulose 1%, CR : Cellulose restricted,
B : Butterbur 15%, BR : Butterbur restricted
2) Data were expressed as mean \pm S.E.

키지 못한 것으로 보인다. Sugawara¹⁸⁾에 의하면 corn hemicellulose를 10일 동안 하루에 10g씩 섭취시킨 결과 β -glucuronidase 활성은 유의적으로 감소한 것으로 나타났으나 β -glucosidase는 활성은 감소하였지만 하루 배설량은 별 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한 Goldin¹¹⁾에 의하면 동물성 식이를 섭취하게 되면 β -glucuronidase 활성은 증가하고 β -glucosidase 활성은 식물성 식이를 공급하게 되면 증가되는 것으로 알려지고 있다. 또한 Mykkanen 등²⁰⁾은 나이가 진행됨에 따라 성인형태의 식이로 변화함에 따라 β -glucosidase와 β -glucuronidase 활성이 증가한다고 보고하였다.

4. Indole, 수분 및 pH 변화

자유급식을 시킨 쥐와 제한 식이를 시킨 쥐의 대장 내용물중 indole, 수분함량 및 pH변화를 보면 Table 5와 같다. 인간의 장 내용물을 분석해 보면 상당량의 soluble protein, ammonia, branched chain volatile fatty acid가 발견된다. 이들 산물은 대장에서 proteolysis 대사가 진행된다는 것을 암시해 주고 있다. 일반적으로 proteolytic bacteria로는 *Bacteroid* 屬(genus)이 보고되어 있지만 일부의 *Streptococcus* spp., *Clostridium* spp., *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp. 등도 이 대사작용에 관여하는 것으로 알려졌다²¹⁾. 이들 균에 의해 생성되는 indole은 장관 벽에 흡수되어 신장에 손상을 일으키게 되며 방광암을 야기시키는 것으로 알려져 있다²²⁾. Chung 등²³⁾

에 의하면 육류를 많이 섭취한 쥐들이 보통식이를 섭취한 쥐보다 변 속의 indole함량이 2~4배 정도 높았다고 하였다. 또한 기존의 여러 보고^{24~26)}에 의하면 올리고당을 섭취함으로써 장내 부패산물의 농도를 낮추고자 하였으나 유익균의 증가 및 유해균의 감소로 바람직하게 균총이 변화하였음에도 불구하고 indole, phenol, 암모니아 등과 같은 부패 산물에는 커다란 감소효과를 가져오지 못했다.

본 실험 결과 단백질 가수분해능이 잘 알려진 *Bacteroides* spp.이 유의적으로 낮은 머위 섭취군에서 장내 유해산물의 하나인 indole의 함량이 현저하게 낮은 것으로 나타났는 바 이는 단백질 가수분해 능력을 갖는 균들과 indole 함량간의 밀접한 관계를 나타내주고 있다. 한편 cellulose 섭취군과 머위섭취군의 대장 내용물중 수분함량을 보면 머위섭취군의 수분함량이 유의적으로 높게 나타나 있는데 이러한 결과는 주로 섬유질원의 종류에 따른 수분보유능력의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 그러나 식이제한에 의해서 대장 내용물중 indole이나 수분함량에 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

요 약

기능성 식품중 대표적인 식이섬유소를 정제형태나 합성한 형태가 아닌 한국인이 상용하는 형태로써, 머위를 선택하여 흰쥐에게 4주간 급여하고 장내균총, 수분, indole, β -glucosidase, β -glucuronidase의 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 머위를 식이섬유질원의 15%가 되게 첨가한 뒤 대조군(cellulose 1%)과 대조군 제한급식군(대조군 섭취량의 70%), 머위 자유급식군, 머위 제한급식군으로 나누어 실험을 실시하였다. 본 실험결과 머위 제한급식군에서 *Bacteroides* spp., *Peptococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *E. coli* 수가 유의적으로 감소하였음을 보여주었으며 *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp.에서는 유의적이지는 않지만 다른 군에 비해 그 수가 많았다. β -glucosidase 및 β -glu-

Table 5. Contents of indole, moisture, pH in large intestinal contents of rats

Group ¹⁾	Indole (μ g / g)	Moisture(%)	pH
C	3.08 ²⁾ \pm 0.70 ^b	70.35 \pm 2.24 ^a	7.60 \pm 0.10 ^{NS}
CR	3.20 \pm 0.55 ^b	73.12 \pm 1.09 ^a	7.71 \pm 0.09
B	0.87 \pm 0.23 ^a	78.55 \pm 1.21 ^b	7.53 \pm 0.08
BR	0.81 \pm 0.23 ^a	79.52 \pm 1.50 ^b	7.51 \pm 0.08

- 1) C : Cellulose 1%, CR : Cellulose restricted, B : Butterbur 15%, BR : Butterbur restricted
2) Data were expressed as mean \pm S.E.

curonidase 활성은 타실험군에 비해 현저한 차이는 보여주지 못했으나 역시 머위 제한급식군에서 활성이 낮음을 보여주었다.

장내 pH 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 indole의 함량을 조사한 결과 머위 제한급식군에서 유의적으로 낮았음을 보여주었다. 이러한 결과를 종합해본 결과 식이섬유소로 머위를 첨가하여 제한급식을 실시한 실험군에서 유해균이나 유해산물에 중요한 영향을 끼치는 것으로 보여진다.

참고문헌

1. Towell, H. : *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 417 (1976).
2. Furukawa, K., Yamamoto, I., Tanida, N., Tsujiai, T., Nishikawa, M., Narisawa, T., and Shimoyama, T. : The effects of dietary fiber from *Lagenaria scineraria* (yugao-melon) on colonic carcinogenesis in mice. *Cancer*, 75 (6 suppl), 1508~1515 (1995).
3. Rowland, I. R., Bearne, C. A., Fischer, R., and Pool zobel, B. L. : The effects of lactulose on DNA damage induced by DMH in the colon of human flora-associated rats. *Nutr. Cancer*, 26(1), 37~47 (1996).
4. Burkitt, D. P., Walker, A. R. P., and Painter, N. S. : Dietary fiber and disease. *J. Am. Med. Assoc.*, 229, 1068~1074 (1974).
5. Gordon, D. T. : Total dietary fiber and mineral absorption. *Kor. J. Nutr.*, 25 (6), 429~449 (1992).
6. Cummings, J. H. : Microbial digestion of complex carbohydrates in man. *Proc. Nutr. Soc.*, 43, 35~44 (1984).
7. John O. Holloszy and E. Kaye Smith : Aging of rats . The roles of food restriction and exercise 193.
8. Edward J. Masoro : Retardation of aging processes by food restriction. *Am. J. Clin. Nutr.*, 55, 1250S (1992).
9. 김미정 : 한양대학교 석사학위논문 (1995).
10. Mitsuoka, T., Segi, T., and Yamamoto, S. : Eine verbesserte methodik der qualitativen und quantitativen analyse der darmflora von menschen und tieren. *Zbl. Bakt. I. Abt. A* 195, 455 (1965).
11. Goldin, B. R. and Gorbach, S. L. : The relationship diet and rat fecal bacterial enzymes implicated in colon cancer. *J. Natl. Cancer Inst.*, 57(2), 372~375 (1976).
12. Colowick, S. P. and Kaplan, N. O. : Methods in enzymology, vol. II, Academic. Press. Inc. New York, 238 (1955).
13. Dokkum, W. V., Pikaar, N. A., and Thissen, J. T. N. M. : Physiological effects of fibre-rich types of bread. *Brit. J. Nutr.*, 50, 61 (1983).
14. Tsuji, K. : 식이섬유의 3대 기능과 영양. 식이섬유와 건강에 관한 국제심포지움.(1992).
15. Titgemeyer, E. C., Bourguin, L. D., Fahey, G. C., and Garleb, K. A. : Fermentability of various fiber sources by human fecal bacteria in vitro. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53, 1418~1424 (1991).
16. Woods, M. N. and Gorbach, S. L. : Influences of fiber on the ecology of the intestinal flora. In ; Spiller G, ed. Handbook of dietary fiber in human nutrition, 2nd edition, 361~363, CRC press (1993).
17. Kleessen, B., Stoof, G., Proll, J., Schmiedl, D., Noack, J., and Blaut, M. : Feeding resistant starch affects fecal and cecal microflora and short chain fatty acids in rats. *J. Anim. Sci.*, 75(9): 2453~2462 (1997).
18. Sugawara, M., Suzuki, K., and Endo, K. : Effect of the dietary supplementation of corn hemicellulose on fecal flora and bacterial enzyme activities in human adults. *Agri. Biol. Chem.*, 54 (7), 1683~1688 (1990).
19. Djouzi, Z. and Andrieux, C. : Compared effects of three oligosaccharides on metabolism of intestinal microflora in rats inoculated with a human faecal flora. *Br. J. Nutr.*, 78(2), 313-324 (1997).
20. Mykkanen, H., Tikka, J., Pitkanen, T., and Hanininen, O. : Fecal bacterial enzyme activities in infants increase with age and adoption of adult-type diet. *J. Pediatr. Gastroenterol'Nutr.*, 25(3): 312-316 (1997).
21. Macfarlane, G. T., Cummings, J. H., and Allison C. : Protein degradation by intestinal bacteria. *J. of General Microbiology*, 132, 1647, (1986).
22. Yokoyama, M. T. and Carson, J. R. : Microbial metabolites of tryptophan in the intestinal tract with special reference to skatol. *The American J. of Nutrition*, 32, 173 (1979).
23. Chung, K. T., Fulk, G. E., and Slein, M. W. : Tryptophanase of fecal flora as a possible factor in the etiology of colon cancer. *J. of the National Cancer Inst.*, 54, 1073 (1975).
24. Hidaka, H. and Tashiro, Y. : Effects of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobacteria Microflora*, 5, 37 (1986).
25. Hayakawa, K., Mizutani, J., and Mitsuoka, T. : Effects of soybean oligosaccharides on human fecal flora. *Microbiol Ecology in Health and Disease*, 3, 293 (1990).
26. Wada, K., Mizutani, J., and Hayakawa, K. : Effect of mannantriose on human fecal microflora. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food. Sci.*, 44, 171 (1991).