

## 녹황색채소류 및 대두에서 분리한 불용성 식이섬유의 항돌연변이 효과

이선미 · 이숙희 · 박건영<sup>†</sup> · 류태형\* · 김병기\* · 정해영\*\*

부산대학교 식품영양학과, \*생물학과, \*\*약학과

## Antimutagenic Effect of Insoluble Dietary Fibers from Some Green Yellow Vegetables and Soybean by Binding the Carcinogens

Seon-Mi Lee, Sook-Hee Rhee, Kun-Young Park<sup>†</sup>, Tae-Hyong Rh-ew\*,  
Byeong-Gee Kim\* and Hae-Young Chung\*\*

Dept. of Food Science and Nutrition, \*Dept. of Biology, and \*\*Dept. of Pharmacy,  
Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

### Abstract

The antimutagenic effects of insoluble dietary fibers(IDF) extracted from some green-yellow vegetables(kale, carrot, spinach, broccoli and soybean sprout) and soybean by binding the carcinogens of MeIQ(2-amino-3,4-dimethyl-imidazo[4,5-f] quinoline) and Trp-P-2(3-amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b] indole) in *Salmonella typhimurium* TA100 and TA98 were studied. All of the insoluble dietary fiber samples which binded MeIQ exhibited high antimutagenic effects by removing the mutagen. Among the samples, IDFs from kale and soybean showed strong binding capacity of the carcinogen and revealed about 90% of the antimutagenic activity. The IDF samples showed somewhat lower binding capacity to the Trp-P-2 compared to the MeIQ, however, kale IDF still exhibited the strong binding effect to the Trp-P-2. The lignin which extracted from kale, soybean and carrot, and the cellulose strongly removed the mutagenicity of MeIQ by the binding. Among the samples, the level of lignin in kale revealed the highest(about 10%), and it seemed that the higher content of lignin in kale is one of the reasons to increase its antimutagenic effect.

*Key words* : insoluble dietary fiber(IDF), green-yellow vegetables, antimutagenic effect, Trp-P-2, MeIQ

### 서 론

식이섬유는 사람의 소화관에 있는 산과 효소에 의해 소화되지 않는 식물물질의 내인성 성분들로<sup>1)</sup> 용해성에 따라 크게 수용성 식이섬유(water soluble dietary fiber)와 불

용성 식이섬유(water insoluble dietary fiber)로 분류되는데 불용성 식이섬유는 셀룰로오스(cellulose), 리그닌(lignin), insoluble non cellulose polysaccharide 등으로 구성되어 있다<sup>2)</sup>. 불용성 식이섬유의 기능은 장내용물의 수송시간을 줄이고<sup>3)</sup> 수분결합능력으로 bulking 효과를 증가시켜

<sup>†</sup> Corresponding author

상내용물을 회식하므로 그 길장내의 세균에 의해 약 20% 정도 단쇄지방산으로 발효된다.

식이섬유에 의해 가장 많은 영향을 받는 장의 영역은 결장인데, 결장암의 발생은 북서유럽과 북아메리카에서 높고 중남미, 아프리카 및 아시아에서는 낮다(13). 우리나라의 경우, 위암 발생률이 가장 높고 결장암 발생률이 낮았지만 생활수준이 향상되어 동물성 지방과 동물성 단백질 섭취가 증가하고 식물성채소류의 소비가 감소되면서 결장암 발생률이 최근 급격히 증가하여 통계청발표에 의하면 결장암 발생률이 남녀공히 4위로 나타났다(14). 일반적으로 많은 동물성 지방섭취는 결장, 직장, 재장, 담낭, 유방, 난소, 자궁, 전립선 암들과 관련되어 있다고 알려져 왔는데(15) 식이섬유소는 다량의 단백질과 지방섭취로부터 오는 이런 암 발생에 대해 방어적인 역할을 한다고 보고되어있다(16). 한편 식이섬유의 형태에 따른 종양 억제 및 발생효과를 보면, 동물 실험에서 대장암을 유발시키는 동안 리그닌, wheat bran, cellulose 같은 결장에서 발효가 적게되는 식이섬유는 종양 발생에 방어적 영향을 보이고, 퀵틴, corn bran, oat bran, undergraded carrageenan, agar, psyllium, guar gum, alfalfa 같은 결장에서 발효가 잘 되는 식이섬유는 종양발생을 높이는 강약이 있다고 알려져 있다(17).

그동안 식이섬유와 발암물질과의 *in vitro* 결합에 대한 많은 연구가 행해져 왔지만 식이섬유와 발암물질과의 결합에 대한 기작은 아직 확실하지 않다. 불용성 식이섬유의 결합효과를 알아보기 위해서 HPLC와 liquid scintillation counter을 사용한 몇몇 연구들이 행해졌지만(18, 19), Ames 실험계를 이용한 항돌연변이효과에 대한 실험은 별로 행해지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 녹황색 채소류의 불용성 식이섬유와 발암물질사이의 결합가능성에 의한 항돌연변이효과를 검토하기 위해 주요 녹황색채소인 케일, 당근, 시금치, 브로콜리, 콩나물과 대두의 불용성 식이섬유를 Prosky 등의 방법으로 추출하여 이들의 불용성 식이섬유 추출물이 발암물질(Trp-P-2, MeIQ)에 대해 돌연변이유발 억제효과를 나타내는지를 Ames 실험계를 이용하여 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

케일, 당근, 시금치, 브로콜리, 콩나물은 부산시의 일반

시장에서 구입하였고 대두는 밀양의 영남 작물시험장에서 전사 받았으며, 실험재료는 Sigma Chemical Co.(USA)에서 구입하여 시료로 사용하였다.

### 돌연변이유발물질 발암물질

MeIQ(2-amino-3,4-dimethyl-imidazo[4,5-f] quinoline)는 Wakabayashi 박사(National Cancer Center Research Institute, Tokyo, Japan)로 부터 전사 받았고, Trp-P-2 (3-amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b] indole)는 Wako Pure Chemical Ind. Co. Ltd.(Tokyo, Japan)에서 구입하여 각각 매탄올에 녹여져 실험에 사용하였다.

### 효소

Termamyl solution 120L(NOVO Industri A S Copenhagen Denmark)은 태평양화학 주식회사에서 실험을 위해 전사 받았고, amyloglucosidase와 protease는 Sigma Chemical Co.(USA)에서 구입하여 사용하였다.

### 불용성 식이섬유 추출

Prosky 등의 실험방법을 이용하여 시료로부터 불용성 식이섬유를 추출하였다. 시료를 잘게 썰거나 또는 분쇄해서 진공오븐(70C)에서 12시간동안 건조시킨 후 0.355 mm mesh까지 분쇄하였다. 지방성분이 많은 대두는 분쇄 전에 petroleum ether(25ml portions g sample)로 3번 탈지시켰다. 비이커 안에 시료 5g을 칭량하여 넣고 phosphate buffer 250ml(pH 6)을 첨가해서 pH 6±0.2까지 조정하고 Termamyl 용액 0.5ml을 넣었다. Water bath (95~100C)안에서 5분 간격으로 천천히 흔들면서, 30분 동안 반응시켰다. 실온까지 용액을 냉각시킨 후 0.275N NaOH 용액을 넣어서 pH 7.5±0.2까지 조정하고 protease 용액 0.5ml(50mg ml phosphate buffer)을 첨가한 후, shaking water bath(60C)에서 30분 반응시켰다. 실온까지 용액을 냉각시킨 후 0.325M HCl 용액을 넣어서 pH 4~4.6까지 조정하고 amyloglucosidase 1.5ml을 첨가해 shaking water bath(60C)에서 다시 30분 반응시켰다. 이 enzyme digestion 용액을 5000rpm에서 15분동안 원심분리하고 침전물을 물로 씻은 후 다시 원심분리하였다. 이 침전물을 95% 에탄올로 씻고 다시 원심분리한 후 침전물을 꺼내서 70C 진공오븐에서 12시간동안 건조

시켜 시료로 하였다. 추출된 IDF의 적당한 양의 무게를 재서 증류수에 현탁하여 실험에 사용하였다.

### 리그닌 추출

Theander 와 Westerlund의 방법<sup>26)</sup>에 따라 삼각플라스크 안에 불용성 식이섬유의 무게를 재서 넣고 72% 황산을 첨가해 shaking water bath(30°C)에서 1시간동안 반응시켰다. 증류수를 첨가해서 삼각플라스크 입을 beaker로 덮고 125°C에서 1시간동안 autoclaving한 후 불용성물질을 1G3 여과용 유리 도가니에서 여과하고 뜨거운 물로 잔기를 씻은 후 유리도가니에 남은 잔기는 dry oven(105°C)에서 건조시켜 추출시료로 하였다. 추출된 리그닌의 적당한 양의 무게를 재서 증류수에 현탁하여 실험하였다.

### 결합능에 의한 Ames 항돌연변이유발 실험

Morotomi 등의 방법<sup>27)</sup>에 따라 결합제거능을 이용한 항돌연변이 실험을 하였다. 즉 발암물질 0.3ml(MeIQ, Trp-P-2)에 시료 불용성 식이섬유 0.3ml을 넣고 가볍게 vortex한 후, 37°C에서 30분동안 예비 배양하였다. 다시 S9 mixture 0.5ml 씩을 첨가하여 3초간 vortex하고 37°C에서 20분 동안 다시 배양하였다. 2000rpm(1°C)에서 10분간 원심분리한 후, 각 tube에 상층액 0.1ml 그리고 0.5ml의 phosphate buffer, 하룻밤 배양된 균주( $1 \sim 2 \times 10^9$  cells/ml) 0.1ml를 첨가해 가볍게 vortex하고, 37°C에서 20분간 배양하였다. 45°C의 top agar 2ml씩을 각 tube에 붓고, 3초간 vortex하여 minimal glucose agar plate에 spread하고, 37°C에서 48시간 배양한 후 revertant 숫자를 계수하였다. 한편 실험에 사용된 시료와 돌연변이 유발물질의 농도는 예비실험(dose response 및 독성 실험)을 통하여 결정하였다.

### 통계분석

대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 data는 Student's t-test를 이용하여 통계분석하였다<sup>28)</sup>.

## 결과 및 고찰

본 실험은 Morotomi 등<sup>27)</sup>의 방법에 따라 돌연변이 유발억제 효과를 검토하였는데 이 실험의 원리는 HPLC와

liquid scintillation counter 방법<sup>20-23)</sup>과 같다고 할 수 있겠다. MeIQ는 강력한 발암물질중의 하나로서 주로 190-200°C 정도로 요리된 고기류에서 발견되고, Trp-P-2는 300°C 정도로 태운 육류에서 발견되는 발암물질이다<sup>29)</sup>.

Fig. 1은 케일, 당근, 시금치, 브로콜리, 콩나물 및 대두에서 추출한 불용성 식이섬유의 돌연변이원/발암원 결합

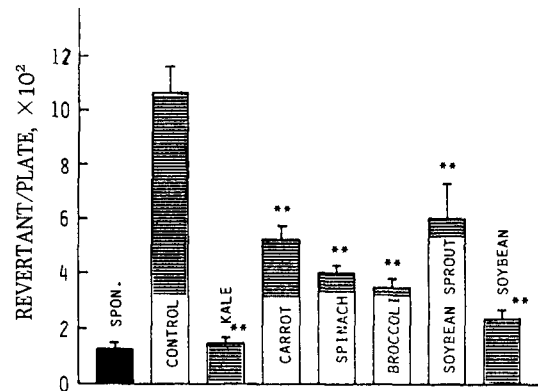


Fig. 1. Effect of insoluble dietary fibers(IDF, 500µg/plate) extracted from some green-yellow vegetables and soybean on the mutagenicity induced by MeIQ(2- amino- 3,4-dimethyl-imidazo[4,5-f] quinoline, 0.2µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.

\*\* ; Significantly different from the control at 0.01 level.

능에 의해 돌연변이물질인 MeIQ가 제거되므로 *Salmonella typhimurium* TA100 균주에서 돌연변이유발 억제효과를 나타낸 결과이다. 실험에 사용된 녹황색 채소류는 채소즙이나 메탄을 추출물이 각각 항돌연변이 효과가 컸었던 시료로<sup>30)</sup> 이들의 식이섬유소도 이러한 항돌연변이 효과가 있는지 연구하였다. 이들의 수용성 식이섬유도 항돌연변이 효과를 나타내었는데 특히 케일과 대두의 수용성 식이섬유소는 그 활성이 매우 높았다<sup>31)</sup>. 이 실험에서도 케일과 대두의 불용성 식이섬유가 각각 98.9%, 90.7%의 돌연변이유발 억제효과를 나타내어 강한 돌연변이원 결합능력을 가지고 있음을 알 수 있었으며 70%이상 MeIQ의 돌연변이성을 저해한 것은 시금치와 브로콜리였다(p<0.01).

한편 TA98 균주에서 케일, 당근, 시금치, 브로콜리, 콩나물 및 대두에서 추출한 불용성 섬유가 MeIQ를 결합하

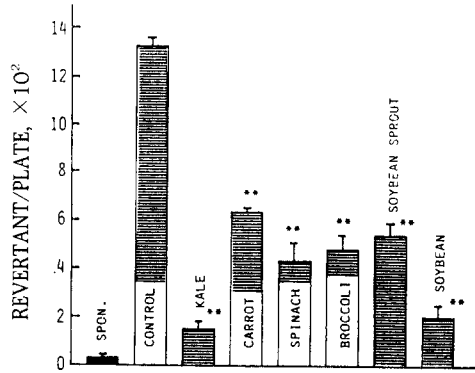


Fig. 2. Effect of insoluble dietary fibers (IDF, 500 $\mu$ g/plate) extracted from some green-yellow vegetables and soybean on the mutagenicity induced by MeIQ (2-amino-3,4-dimethyl-imidazo[4,5-f]quinoline, 0.005 $\mu$ g/plate) in *Salmonella typhimurium* TA98.  
\*\* ; Significantly different from the control at 0.01 level.

여 제거 되므로서 나타난 항돌연변이 효과는 Fig. 2와 같다. 추출한 모든 불용성 식이섬유가 역시 높은 돌연변이원 (MeIQ) 결합능력을 나타내었다. 케일과 대두는 각각 90.5%, 86.3%의 저해효과가 있었으며, 시금치, 브로콜리 및 콩나물 시료는 60% 이상 MeIQ의 돌연변이유발성을 저해해었다 ( $p < 0.01$ ). 그러나 당근의 불용성 식이섬유는 그 결합능이 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 케일의 불용성 식이섬유양은 36.9% (dry basis)로 당근의 16.5% 보다 2배 이상이나 된다<sup>32)</sup>. 그러므로 당근의 불용성 식이섬유는 함량이 낮을뿐 아니라 그 결합능도 낮지만 케일은 채소즙 뿐만 아니라 많은 함량을 가진 불용성 식이섬유 자체도 발암물질을 제거하는 능력이 매우 크다고 하겠다.

Fig. 3에서는 다른 돌연변이원인 Trp-P-2가 케일, 당근, 시금치, 브로콜리, 콩나물 및 대두의 불용성 식이섬유를 결합해서 돌연변이 유발억제효과를 나타내는지를 알아 보았다. 이들 시료의 불용성 식이섬유들은 MeIQ만큼 강하게 Trp-P-2와 결합하는 효과가 없었다. 그러나 케일 ( $p < 0.01$ )과 콩나물 및 대두의 ( $p < 0.05$ ) 식이섬유는 저해효과가 크게 나타났다.

불용성 식이섬유중 리그린은 발암물질과 결합하는 능력

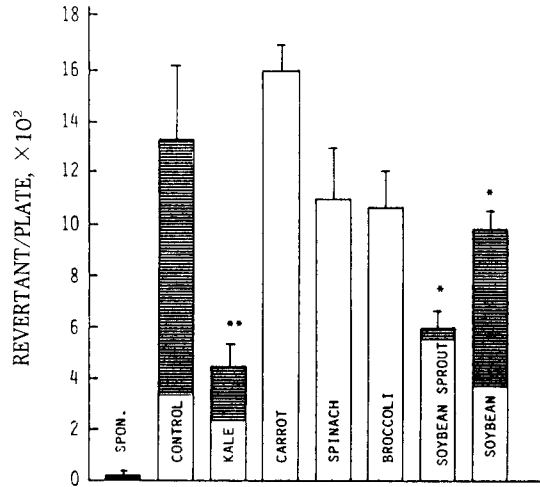


Fig. 3. Effect of insoluble dietary fibers (IDF, 500 $\mu$ g/plate) extracted from some green-yellow vegetables and soybean on the mutagenicity induced by Trp-P-2 (3-amino-1-methyl-5H-pyrido [4,3-b]indole, 0.01 $\mu$ g/plate) in *Salmonella typhimurium* TA98.  
\* ; Significantly different from the control at 0.05 level.  
\*\* ; Significantly different from the control at 0.01 level.

이 크다고 알려져 있다<sup>23)</sup>. 케일과 대두의 불용성 식이섬유의 돌연변이물질 결합능으로 인한 강한 항돌연변이 효과가 관찰되었으므로 이들 시료속에 있는 리그린의 역할을 검토하기 위해 klason lignin의 함량을 측정하였다. Table 1에서 보듯이 케일의 불용성 식이섬유 중 9.68%가 리그린이었지만 제거효력이 다소 낮았던 당근 시료는 3.68% 정도의 리그린을 함유하고 있었다. 케일 불용성 식

Table 1. Klason lignin content in insoluble dietary fibers (IDF) extracted from kale, soybean and carrot (% in dry basis)

Sample	Lignin (%)
Kale-IDF	9.68 $\pm$ 0.26
Soybean-IDF	2.05 $\pm$ 0.98
Carrot-IDF	3.86 $\pm$ 0.32

이섬유소내의 리그린 함량이 당근, 대두의 리그린 양보다 3~5배 정도 현저히 높은 것으로 나타났다.

한편 불용성 식이섬유소중 셀룰로오스도 결합능이 있으리라고 추정되어 셀룰로오스의 농도별로 MeIQ와 결합능으로 인한 항돌연변이 효과가 있는지를 검토해 본 결과 Table 2에서 처럼 농도 증가에 따라 활성이 있었지만 리그닌 보다는 활성이 떨어졌다. 그리고 이들 시료로부터 추출된 리그닌으로 활성을 검토해 본 결과 Table 2에서 보듯이 케일의 리그닌이 다소 활성이 높았지만 케일, 대두, 당근의 시료 종류와는 관계없이 비슷한 저해 효과를 나타내었다. 그래서 케일 시료의 항돌연변이 활성이 컸던 것은 리그닌 함량이 많아 그로인한 결합능의 증가 때문이었으리라고 추정된다. 불용성 식이섬유는 리그린과 셀룰로오스와 불용성 non cellulose polysaccharide 등으로 구성되어 있는데 이 실험 결과로 부터 불용성식이섬유들의 항돌연변이 효과에 리그닌과 셀룰로오스가 각각 중요한 역할을 하고 있는 것으로 관찰되었다.

결국 채소류의 식이섬유소는 항돌연변이 활성을 나타낼 수 있는데 이 실험의 결과와 같이 불용성 식이섬유는 발암물질들 결합하여 제거 시키므로 활성을 나타내지만 그 정도는 함량과 특히 섬유소 구성성분에 의해 영향을 받는다 하겠다. 식이섬유를 가지고 있는 대부분의 채소류가 발암물질들 결합제거 할 수 있다고 생각되지만 그 능력에는

차이가 있으며 발암물질의 종류에 따라서도 결합능에 차이가 있지만 케일의 불용성 식이섬유소는 다른 어떤 시료보다 활성이 매우 높다고 하겠다.

## 요 약

간접 돌연변이원/발암원인 MeIQ와 Trp-P-2의 돌연변이 유발성에 미치는 케일, 당근, 시금치, 브로콜리, 콩나물 및 대두로부터 추출한 불용성 식이섬유소의 결합능에 의한 항돌연변이 효과를 검토하였다. 추출한 불용성 식이섬유소들은 MeIQ를 결합하여 높은 돌연변이 유발억제효과를 나타내었다. 특히 케일과 대두의 불용성 식이섬유는 *Salmonella typhimurium* TA100균주에서 98.9%와 90.7%, TA98균주에서는 90.5%와 86.3%의 항돌연변이효과를 나타내었다. Trp-P-2는 MeIQ만큼 강하게 시료들과 결합되어 제거되지 않았지만 케일의 불용성 식이섬유는 67.8%의 돌연변이유발 저해효과가 있었다. 케일, 대두 및 당근으로부터 추출한 리그닌은 MeIQ의 결합능효과로 74.4~86.2%의 돌연변이유발 저해효과를 가졌고, 셀룰로오스도 MeIQ를 결합제거하여 농도에 따라 58.3-80.4%의 항돌연변이효과를 나타내었다. 본 실험의 결과로써 케일의 불용성 식이섬유가 발암물질 결합능이 가장 강하였고 이 효과중 하나는 케일에 있는 불용성 식이섬유중의 한 구성

Table 2. Effect of lignin extracted from insoluble dietary fiber fraction of kale, soybean and carrot and cellulose on the mutagenicity induced by MeIQ(2-amino-3,4-dimethyl-imidazo [4,5-f] quinoline, 0.005µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA98

Treatment, µg/plate	Revertants/plate	Inhibition %
Spontaneous	22±2	
MeIQ(control)	760±17	
MeIQ+ Kale-lignin 500	124± 18**	86.2
MeIQ+ Soybean-lignin 500	211± 31**	74.4
MeIQ+ Carrot-lignin 500	165± 33**	80.6
MeIQ+ Cellulose 100	330±123*	58.3
500	289± 52**	63.8
5000	167± 32**	80.4

\* ; Significantly different from the control at 0.05 level.

\*\* ; Significantly different from the control at 0.01 level.

성분인 리그닌 함량에 기인한 것으로도 추정되었다.

### 감사의 글

이 연구는 한국과학재단 연구비 지원(과제번호: 90-05 00-03)에 의한 결과의 일부이며 이를 감사드린다.

### 참고문헌

- Schneeman, B. O. : A scientific status summary by the institute of food technologists' expert panel on safety and nutrition ; Dietary fiber. *Food Tech.*, 43 (10), 133(1989)
- Lanza, E. and Butrun, R. R. : A critical review of food fiber analysis and data. *J. Am. Diet. Assoc.*, 86(6), 732(1986)
- Sosulski, F. W. and Cadden. A. M. : Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. *J. Food Sci.*, 47, 1472(1982)
- Cadden, A.-M. : Moisture sorption characteristics of several food fibers. *J. Food Sci.*, 53(4), 1150 (1988)
- Holloway, W. D. and Greig, R. I. : Water holding capacity of hemicellulose from fruits, vegetables and wheat bran. *J. Food Sci.*, 49, 1632(1984)
- 강태순, 윤형식 : 채소류의 식이성 섬유 함량과 물리적 특성. *한국영양식량학회지*, 16(3), 49(1987)
- 이희자, 변시명, 김형수 : 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구. *한국식품과학회지*, 20(4), 576(1988)
- 서효정, 윤형식 : 채소류의 식이성 섬유소의 함량과 이화학적 특성. *한국영양식량학회지*, 18(4), 403(1989)
- Cumming, J. H. : Dietary fiber and large bowel cancer. *Proc. Nutr. Soc.*, 40, 7(1981)
- Lui, K., Stamler, J., Moss, D., Garside, D., Persky, V. and Soltero, I. : Dietary cholesterol, fat, and fiber, and colon-cancer mortality. *Lancet*, 13, 782(1979)
- Vahouny, G. V. and Kritchevsky, D. : The role of bile acids in colon cancer, p.487, In "Dietary fiber. Basic and Clinical Aspects", Plenum Press, New York and London(1986)
- 사망원인 통계연보 : 통계청(1992)
- Adlercreutz, H. : Does fiber-rich food containing animal lignan precursors protect against both colon and breast cancer? An extension of the fiber hypothesis. *Gastroenterol.*, 86, 761(1984)
- Bingham, S. A., Williams, D. R. R. and Cummings, J. H. : Dietary fiber consumption in Britain ; New estimates and their relation to large bowel cancer mortality. *Br. J. Cancer*, 52, 399(1985)
- Bingham, S. A., Williams, D. R. R., Cole, T. J. and James, W. P. T. : Dietary fiber and regional large-bowel cancer mortality in Britain. *Br. J. Cancer*, 40, 456(1979)
- Jenkins, D. J. A., Jenkins, A. L., Rao, A. V. and Thompson, L. U. : Cancer risk : Possible protective role of high carbohydrate high fiber diets. *Am. J. Gastroenterol.*, 81(10), 931(1986)
- Jacobs, L. R. : Relationship between dietary fiber and cancer ; Metabolic, physiologic, and cellular mechanism. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 183, 299(1986)
- Lupton, J. R., Coder, D. M. and Jacobs, L. R. : Long-term effects of fermentable fibers on rat colonic pH and epithelial cell cycle. *J. Nutr.*, 118, 840(1988)
- Mcburney, M. I. and Thompson, L. U. : *In vitro* fermentabilities of purified fiber supplements. *J. Food Sci.*, 54(2), 347(1989)
- Hosono, A., Wardojo, R. and Otani, H. : Binding of amino acid pyrolyzates by lactic acid bacteria isolated from 'Dadith'. *Lebensm. Wiss. U. Technol.*, 23, 149(1990)
- Reddy, B. S., Sharma, C., Mathews, L., Engle, A., Laakso, K., Choi, K., Puska, P. and Korpella, R. : Metabolic epidemiology of colon cancer : fetal mutagens in healthy subjects from rural Kuopio and urban Helsinki, Finland. *Mutation Res.*, 152, 97(1985)
- Barbaro, P. S., Hanson, D. and Reddy, B. S. : Carcinogen binding to various types of dietary fiber. *JNCI*, 67(2), 495(1981)
- Gulliver, W. P., Kutty, K. P., Laher, J. M. and Barrowman, J. A. : In vitro interaction of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene and its biliary metabolites with dietary fibers. *JNCI*, 71(1), 207(1983)
- Reddy, B. S., Engle, A., Katsifies, S., Simi, B., Bartram, H.-P., Perrino, P. and Mahan, C. : Biochemical epidemiology of colon cancer : Effect of types of dietary fiber on fecal mutagens, acid, and neutral sterols in healthy subjects. *Cancer Res.*, 49, 4629(1989)
- Prosky, L., Asp, N.-G., Schweizer, T. F., Dervies, J. W. and Furda, I. : Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food produ-

- cts : Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71(5), 1017(1988)
26. Theander, O. and Westerlund, E. A. : Studies on dietary fiber. 3. Improved procedures for analysis of dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.*, 34(2), 330 (1986)
27. Morotomi, M. and Mutai, M. : In vitro binding of potent mutagenic pyrolyzates to intestinal bacteria. *JNCI*, 77(1), 195(1986)
28. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. : In "Principles and Procedures of Statistics", p.86, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo(1980)
29. Chen, C., Pearson, A. M. and Gray, J. I. : Meat mutagen, In "Advance in Food Nutrition Research", Vol.34, p.387, Academic Press(1990)
30. 박건영, 이경임, 이숙희 : 녹황색 채소류의 돌연변이 억제 및 AZ-521 위암세포의 성장저해 효과. *한국영양식량학회지*, 21(1), 149(1992)
31. Lee, S. M., Rhee, S. H. and Park, K. Y. : Antimutagenic effect of soluble dietary fibers from kale and soybean. *Environ. Mut. Carcino.*, 13, 26(1993)
32. 이선미, 이숙희, 박건영 : 녹황색채소 및 대두에 있는 불용성과 수용성 식이섬유소의 함량분석. *부산대학교 가정대학 연구보고지*, 19, 53(1993)