

## 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 4-NQO에 대한 녹황색 채소류의 항돌연변이 효과

이경임 · 박건영<sup>†</sup> · 이숙희

부산대학교 식품영양학과

## Antimutagenic Effect of Green-Yellow Vegetables toward Aflatoxin B<sub>1</sub> and 4-Nitroquinoline-1-oxide

Kyeong-Im Lee, Kun-Young Park<sup>†</sup> and Sook-Hee Rhee

Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

### Abstract

The antimutagenic effects of green-yellow vegetables toward aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) and 4-nitroquinoline-1-oxide (4-NQO) using the Ames assay system with *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 were studied. Forty six to fifty percent of the methanol extracts of the vegetable samples inhibited the mutagenicity induced by AFB<sub>1</sub> in TA98 and TA100. Perilla leaf, lettuce, broccoli, crown daisy, water dropwort, small water dropwort, red pepper, red pepper leaves, amaranth, spinach and radish root were significantly reduced the mutagenicity of AFB<sub>1</sub> ( $p < 0.01$ ). Whereas 25 out of 27 samples (93%) exhibited antimutagenicity toward a direct mutagen of 4-NQO ( $p < 0.01, 0.05$ ). The samples which showed the strong antimutagenicity ( $> 60%$ ) were cabbage, kale, lettuce, broccoli, mustard leaf, green red pepper, green sweet pepper, spinach, amaranth, soybean sprout and immature pumpkin. The juices from the several samples also showed antimutagenic activity toward AFB<sub>1</sub>. Cabbage, perilla leaf, small water dropwort and spinach reduced TA100 revertants dose dependently in the range of 50~500ml/plate, however, cucumber and carrot showed little effect.

**Key words :** green-yellow vegetables, antimutagenic effect, aflatoxin B<sub>1</sub>, 4-nitroquinoline-1-oxide

### 서 론

암은 가장 치료하기 어려운 병의 하나로 우리나라도 근래에 와서 암 발생이 크게 증가되고 있으며 최근 통계청 보고에 의하면 5명중 1명이 암으로 사망한다고 알려져 있다. 암 발생의 80~90%는 환경 인자에 의해 일어나는데<sup>1)</sup> 이 환경 요인으로 발생하는 암 환자중 30~60%가<sup>2,3)</sup> 식이와 관련된다고 알려져 있다.

암 발생에 있어 식품의 역할은 발암물질의 운반자 및 발암전구 물질을 발암물질로 변하게 하거나 발암성

을 도우거나 세포를 발암물질에 민감하게 유도하는 등 면역계에 영향을 끼쳐 발암 방어기전의 기능을 떨어뜨리는데 관여할 수 있다. 반면에 어떤 영양소들은 항(발)암적인 역할을 하는데 그 역할은 발암물질의 불활성화, 흡수, 발암전구물질의 대사활성의 저해, 최종 발암원으로 전환의 억제 및 세포분화 등의 유도에 관여하는 것으로 알려져 있다<sup>4,5)</sup>. 식이는 이처럼 발암에 관여할 뿐 아니라 예방 또는 최근에는 치료의 가능성까지 기대되고 있다.

여러 역학 조사를 보면  $\beta$ -carotene, 비타민 C 등이 풍부한 신선한 녹황색 채소류는 암을 예방하며 암환자

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

의 치료의 가능성까지 민간에 널리 알려져 시행되고 있다. Hirayama<sup>6)</sup>는 녹황색 채소류의 섭취는 암발생을 크게 감소시킨다 하였으며 특히 흡연자라 할지라도 폐암 발생율을 낮춰주며 위암 발생도 이런 채소류의 섭취로 방지된다고 하였다.

채소 및 과일 주스는 돌연변이 유발 물질의 활성을 억제한다는 여러 일본 연구팀의 보고가 있는데<sup>7-9)</sup> 이중에 존재하는 항돌연변이유발 물질로서는 비타민 C,  $\beta$ -carotene, cysteine, polyphenols, peroxidase, fibers, 리그닌 유사 화합물 등이 알려져 있다<sup>9)</sup>. 또한 Edenharder 등<sup>10)</sup>은 20개의 채소와 과일로부터 얻어진 주스들의 약 80%는 벤조피렌 발암물질에 대해 항돌연변이 효과가 있었는데 셀러리, 브로콜리, 적색 양배추, 당근, 피망, 상치, 아스파라거스 등은 50% 이상을 저해하였다고 하였다. Morita 등<sup>11)</sup>은 양배추, 브로콜리, 피망, 가지, 우엉이 tryptophane pyrolysis 생성물의 돌연변이성을 불활성화 시켰다하였고 무, 고구마 등도 다소 효과가 있었으나 59개의 채소 과일 시료에서 41종은 저해 효과가 없었다고 보고한 바 있다.

본 연구에서는 한국인의 일상 식사에서 흔히 대하는 녹황색 채소류가 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 4-NQO의 돌연변이 유발성에 미치는 저해 효과를 Ames 돌연변이유발 실험계를 이용하여 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 채소시료

약 30여종의 녹황색 채소류를 부산시 부전시장에서 구입하여 실험에 사용하였다. 사용된 시료는 들깨잎, 배추, 양배추, 꽃양배추, 케일, 상치, 브로콜리, 셀러리, 갓, 쪽갓, 미나리, 들미나리, 풋고추, 붉은고추, 고추잎, 피망, 부추, 시금치, 비름, 콩나물, 호박, 애호박, 오이, 가지, 고구마, 당근, 무, 무청, 우엉, 근대 등이었다.

### 돌연변이 유발물질/발암물질

Aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>)은 미국 Sigma회사에서 구입하여 사용하였으며 4-nitroquinoline-1-oxide (4-NQO)는 미국 Aldrich 회사에서 구입하여 각각 DMSO와 95% 에탄올에 녹여서 실험에 사용하였다.

### 시료의 조제

생시료를 흐르는 물 및 증류수로 깨끗이 씻고 동결

건조시킨다음 분말화하여 냉동고에 보관하였다. 건조 시료 1g에 각각 20ml 메탄올을 넣고 3번 추출하였다. 회전식 진공 농축기를 이용하여 농축한 후 2ml의 dimethyl sulfoxide (DMSO)에 녹여 실험에 사용하였다. 한편 녹즙은 녹즙기를 이용하여 즙을 만든 후 10,000rpm에서 20분간 원심분리한 다음 상층액을 모아 -20°C에 보관하면서 시료로 사용하였다.

### 항돌연변이 유발 실험

Ames실험방법을 이용하여 *Salmonella typhimurium* TA98과 TA100 균주를 사용하여 돌연변이유발 저해 효과의 실험을 행하였다. 균주는 정기적으로 histidine 요구성, deep rough (*rfa*)돌연변이, *uvrB*돌연변이, R factor 등의 유전형질을 확인한후 실험균주로 사용하였다. Aflatoxin B<sub>1</sub>의 돌연변이 유발성 검토를 위해 약 200g의 Sprague-Dawley rat (male)을 이용하여 Maron과 Ames<sup>12)</sup>의 방법에 따라 S9 mixture를 조제하였고 Matsushima<sup>12)</sup> 및 Yahagi의 방법<sup>13)</sup>에 따라 preincubation mutagenicity test를 행하였다. 항돌연변이 실험을 위해 S9 mix 0.5ml (aflatoxin B<sub>1</sub>인 경우) 혹은 인산완충액 0.5ml (4-NQO인 경우), 하룻밤 배양된 균주 ( $1 \sim 2 \times 10^9$  cells/ml) 0.1ml, 녹황색 채소 추출물 (50 $\mu$ l)과 mutagen (50 $\mu$ l)을 ice bath에 담긴 cap tube에 첨가하여 가볍게 vortex하고 37°C에서 30분간 예비 배양하였다. 45°C의 top agar 2ml씩을 각 tube에 붓고 3초간 vortex하여 minimal glucose agar plate에 도말하고 37°C에서 48시간 배양한 후 revertant 숫자를 계수하였다. 한편 실험에 사용된 시료와 돌연변이 유발 물질의 농도는 예비실험 (dose response 및 독성실험)을 통하여 결정하였다.

### 통계분석

대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 data를 student's t-test<sup>14)</sup>를 이용하여 통계 분석하였다.

## 결과 및 고찰

녹황색 채소류들의 메탄올 추출물이 TA98균주에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해 나타난 항돌연변이 효과는 Table 1과 같다. 28종류의 채소중에 14종류가 통계적 유의성을 가지며 항돌연변이 효과가 있었다. 저해도가 가장 큰것은 89%를 저해한 비름이었고, 50%이상 아

**Table 1. Inhibitory effect of green-yellow vegetables on the mutagenicity mediated by aflatoxin B<sub>1</sub> (1µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA98**

시료(Sample)	Revertants / plate	Inhibition (%)
들깨잎(Perilla leaf)	376±23 <sup>1</sup>	61**
배추(Korean cabbage)	830±85 <sup>1</sup>	9
양배추(Cabbage)	982±129 <sup>1</sup>	—
케일(Kale)	677±3 <sup>1</sup>	27
상치(Lettuce)	374±50 <sup>1</sup>	61**
브로콜리(Broccoli)	386±17 <sup>1</sup>	59**
셀러리(Celery)	958±163 <sup>1</sup>	—
갓(Mustard leaf)	884±131 <sup>2</sup>	—
쑥갓(Crown daisy)	289±6 <sup>1</sup>	70**
미나리(Water dropwort)	230±33 <sup>3</sup>	71**
들미나리(Small water dropwort)	202±6 <sup>3</sup>	75**
풋고추(Green red pepper)	735±151 <sup>1</sup>	20
붉은고추(Red pepper)	776±13 <sup>4</sup>	56**
고추잎(Red pepper leaves)	275±27 <sup>4</sup>	86**
피망(Green sweet pepper)	819±91 <sup>1</sup>	11
부추(Leek)	989±233 <sup>1</sup>	—
시금치(Spinach)	721±17 <sup>1</sup>	22
비름(Amaranth)	93±1 <sup>5</sup>	89**
콩나물(Soybean sprout)	534±128 <sup>1</sup>	43*
호박(Pumpkin)	622±7 <sup>3</sup>	17**
애호박(Pumpkin, immature)	1147±190 <sup>1</sup>	—
오이(Cucumber)	493±2 <sup>1</sup>	47**
가지(Egg plant)	812±120 <sup>5</sup>	—
고구마(Sweet potato)	576±78 <sup>1</sup>	38*
당근(Carrot)	856±59 <sup>1</sup>	—
무(Radish root)	529±155 <sup>1</sup>	43**
무청(Radish leaves)	790±65 <sup>2</sup>	—
우엉(Burdock)	825±152 <sup>1</sup>	10

<sup>1</sup>25±2; 914±152, <sup>2</sup>32±3; 756±23, <sup>3</sup>22±3; 714±13, <sup>4</sup>46±4; 1689±13, <sup>5</sup>21±4; 688±69 (The first values are spontaneous revertants / plate and the seconds are revertants / plate from the control of aflatoxin B<sub>1</sub>)

\*Significantly different from the control at the p<0.05 level

\*\*Significantly different from the control at the p<0.01 level

플라톡신 B<sub>1</sub>의 돌연변이성을 저해한 것은 들깨잎, 상치, 브로콜리, 쑥갓, 미나리, 들미나리, 붉은고추, 고추잎, 비름(p<0.01)이었으며, 콩나물, 호박, 오이, 고구마, 무 등도 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해 저해효과를 나타내었다(p<0.01, 0.05). 통계적인 유의성을 나타내지는 않았지만 배추, 브로콜리, 피망, 부추는 다소의 저해 효과가 있었지만 양배추, 케일, 셀러리, 호박, 애호박, 오

**Table 2. Inhibitory effect of green-yellow vegetables on the mutagenicity mediated by aflatoxin B<sub>1</sub> (1µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100**

시료(Sample)	Revertants / plate	Inhibition (%)
들깨잎(Perilla leaf)	1891±194 <sup>1</sup>	24*
배추(Korean cabbage)	2086±244 <sup>1</sup>	15
양배추(Cabbage)	2574±158 <sup>1</sup>	—
케일(Kale)	2263±61 <sup>1</sup>	7
상치(Lettuce)	1446±3 <sup>1</sup>	43**
브로콜리(Broccoli)	2123±142 <sup>1</sup>	13
셀러리(Celery)	2336±250 <sup>1</sup>	4
갓(Mustard leaf)	688±91 <sup>2</sup>	50**
쑥갓(Crown daisy)	2128±95 <sup>1</sup>	13
미나리(Water dropwort)	316±23 <sup>3</sup>	61**
들미나리(Small water dropwort)	331±12 <sup>3</sup>	58**
풋고추(Green red pepper)	1819±47 <sup>1</sup>	27**
붉은고추(Red pepper)	600±22 <sup>4</sup>	69**
고추잎(Red pepper leaves)	343±35 <sup>4</sup>	86**
피망(Green sweet pepper)	2208±8 <sup>1</sup>	10
부추(Leek)	2199±13 <sup>1</sup>	10
시금치(Spinach)	1868±37 <sup>1</sup>	25**
비름(Amaranth)	166±5 <sup>5</sup>	97**
호박(Pumpkin)	611±89 <sup>3</sup>	3
애호박(Pumpkin, immature)	2249±146 <sup>1</sup>	8
오이(Cucumber)	2251±145 <sup>1</sup>	8
고구마(Sweet potato)	2131±28 <sup>1</sup>	13
당근(Carrot)	2427±45 <sup>1</sup>	—
무(Radish root)	1639±116 <sup>1</sup>	35**
무청(Radish leaves)	920±59 <sup>2</sup>	29**
우엉(Burdock)	2356±69 <sup>1</sup>	3

<sup>1</sup>152±25; 2423±194, <sup>2</sup>141±11; 1233±12, <sup>3</sup>114±4; 632±21, <sup>4</sup>144±5; 1597±112, <sup>5</sup>113±15; 1236±78 (The first values are spontaneous revertants / plate and the seconds are revertants / plate from the control of aflatoxin B<sub>1</sub>)

\*Significantly different from the control at the p<0.05 level

\*\*Significantly different from the control at the p<0.01 level

이, 당근, 우엉은 저해 효과가 없었다. 한편 TA100에서도 TA98과 비슷한 저해 효과가 있었는데 비름의 경우는 AFB<sub>1</sub>의 돌연변이유발성이 97%나 저해되었다(Table 2). 아플라톡신은 microsomal activation (S9 mix+)이 필요하기에 저해 효과를 나타내었던 채소류는 간의 microsomal 효소계의 활성화에 관여하여 돌연변이 전구물질을 최종 돌연변이 물질로의 전환을 방지하였거나 간내의 glutathione S-transferase 및 SH 함유 화합물들을 증가시키므로 최종 돌연변이 유발물질을 비독성

**Table 3. Inhibitory effect of green-yellow vegetables on the mutagenicity induced by 4-nitroquinoline-1-oxide (4-NQO, 0.25µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100**

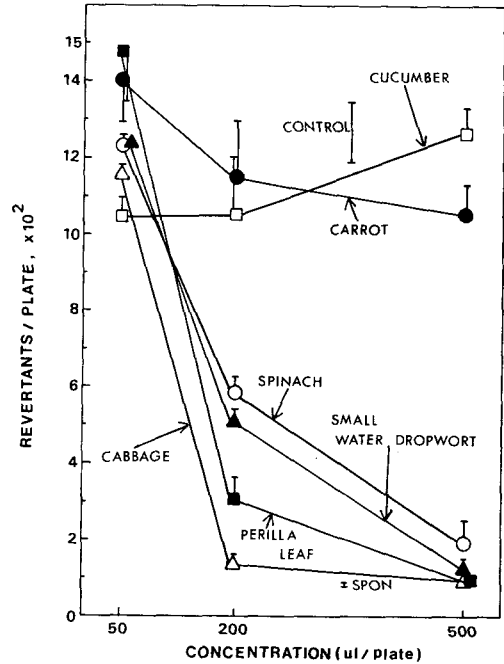
시료(Sample)	Revertants / plate	Inhibition (%)
들깨잎(Perilla leaf)	1264 ± 73 <sup>1</sup>	32**
배추(Korean cabbage)	1414 ± 38 <sup>1</sup>	23**
양배추(Cabbage)	821 ± 69 <sup>1</sup>	60**
꽃양배추(Cauliflower)	995 ± 10 <sup>1</sup>	49**
케일(Kale)	824 ± 129 <sup>1</sup>	60**
상치(Lettuce)	532 ± 35 <sup>1</sup>	78**
브로콜리(Broccoli)	621 ± 7 <sup>1</sup>	72**
셀러리(Celery)	1243 ± 150 <sup>1</sup>	34**
갓(Mustard leaf)	599 ± 25 <sup>2</sup>	65**
썩갓(Crown daisy)	1045 ± 57 <sup>1</sup>	46**
미나리(Water dropwort)	1091 ± 55 <sup>3</sup>	2
들미나리(Small water dropwort)	1010 ± 98 <sup>3</sup>	10
풋고추(Green red pepper)	359 ± 10 <sup>1</sup>	89**
고추잎(Red pepper leaves)	903 ± 94 <sup>4</sup>	—
피망(Green sweet pepper)	470 ± 99 <sup>1</sup>	82**
부추(Leek)	1261 ± 78 <sup>1</sup>	32**
시금치(Spinach)	696 ± 137 <sup>1</sup>	68**
비름(Amaranth)	170 ± 25 <sup>5</sup>	92**
콩나물(Soybean sprout)	276 ± 46 <sup>1</sup>	94**
애호박(Pumpkin, immature)	708 ± 131 <sup>1</sup>	67**
오이(Cucumber)	989 ± 127 <sup>1</sup>	49**
고구마(Sweet potato)	1503 ± 64 <sup>1</sup>	17**
당근(Carrot)	1292 ± 48 <sup>1</sup>	31**
무(Radish root)	1092 ± 73 <sup>1</sup>	43**
무청(Radish leaves)	773 ± 6 <sup>2</sup>	51**
우엉(Burdock)	1445 ± 31 <sup>1</sup>	21**
근대(Chard)	952 ± 54 <sup>5</sup>	12*

<sup>1</sup>174 ± 1 ; 1783 ± 78, <sup>2</sup>150 ± 8 ; 1419 ± 51, <sup>3</sup>77 ± 10 ; 1113 ± 32, <sup>4</sup>104 ± 10 ; 868 ± 20, <sup>5</sup>88 ± 7 ; 1072 ± 8 (The first values are spontaneous revertants / plate and the seconds are revertants / plate from the control of 4-NQO)

\*Significantly different from the control at the p < 0.05 level

\*\*Significantly different from the control at the p < 0.01 level

화합물로 전환하는데 기여하였다고도 추측된다<sup>15)</sup>. 최근 발표에 의하면 셀러리, 브로콜리, 적색양배추, 당근, 피망, 상치, 아스파라가스 등은 S9 mix를 요구하는 다른 발암원인 벤조피렌에 대해 약 50% 이상의 저해 효과가 있었다고 하였다<sup>16)</sup>. 한편 Shinohara 등은<sup>9)</sup> TA100 균주에 S9 mix 존재시 브로콜리, 오이, 우엉, 가지, 피망, 시금치 등은 Trp-p-2에 대해 항돌연변이 효과가 크



**Fig. 1. The effect of the juices from various green-yellow vegetables on the mutagenicity induced by aflatoxin B1 (0.5µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100.**

게 나타났다고 하였다.

Table 3에서는 direct mutagen인 4-NQO에 대해 이 채소류들의 메탄을 추출물의 직접 저해 효과를 보여주고 있다. 27종의 시료중 25종이 저해 효과를 나타내어 선정시료의 93%가 4-NQO의 돌연변이 유발성을 저해하는 것으로 나타났다 (p < 0.01, 0.05). 60% 이상 저해 효과를 나타낸 시료는 양배추, 케일, 상치, 브로콜리, 갓, 풋고추, 피망, 시금치, 비름, 콩나물, 애호박 등이었으며 들깨잎, 배추, 꽃양배추, 셀러리, 썩갓, 부추, 고구마, 당근, 무, 무청, 우엉, 근대 등도 통계적인 유의성을 나타내며 저해 효과를 보였다. 그런데 아플라톡신 B1에 대해서는 저해 효과가 크게 나타났던 미나리와 들미나리, 고추잎은 4-NQO에 대해서는 저해 효과가 관찰되지 않았다. 이 결과로부터 대부분의 녹색채소류는 아플라톡신 B1과는 달리 4-NQO에 대해서는 강한 항돌연변이 효과가 있는 것으로 추측되었다.

한편 몇몇 채소 시료에서 추출한 주스들의 아플라톡신 B1에 대한 항돌연변이 효과를 검토한 결과는 Fig.1과 같다. 시료들의 메탄을 추출물에서와 비슷한 결과가(Table 2) 관찰되었는데 오이와 당근의 경우는 주스

시료에서도 농도를 증가시키도 저해 효과는 관찰되지 않았다. 그러나 들깻잎, 들미나리, 시금치, 양배추는 50~500  $\mu$ l/plate 사이에서 첨가량이 증가됨에 따라 그 저해도가 크게 증가되었다. 양배추인 경우는 메탄올 추출물에서는 전혀 저해 효과가 관찰되지 않았으나 신선한 주스를 시료로 했을 때는 어떤 시료보다 그 저해도가 컸었다. 이는 양배추의 항돌연변이 물질로 알려진 NADPH-oxidase 활성을 가진 peroxidase<sup>16)</sup>가 메탄올 추출물로 준비할 때 파괴되었을 가능성이 있었다고 추측된다. 양배추의 항돌연변이 및 항암효과에 대해서 최근에 몇몇 논문이 보고 되어있다. Whitty 등<sup>17)</sup>은 동결건조 양배추를 먹인 쥐군은 3H 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 i.p. 투여후 2시간 뒤 측정된 결과에서 간의 DNA에 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 결합하는 것이 87% 감소되었다고 하였으며, 간과 작은창자의 glutathione S-transferase 활성이 2.1~2.3배 유의성 있게 증가하였다고 하였다. Wattenberg 등도<sup>18)</sup> 화학 발암물질에 의한 발암 효과를 저해하는 물질로 특히 microsomal mixed function oxidase의 활성을 증가시키는 유도 물질로서 indole-3-acetonitrile, indole-3-carbinol과 3,3'-diindolylmethane 등이 양배추 등에서 동정되었다고 하였다.

이 실험 결과에서 흥미로운 사실은 들깻잎은 메탄올 추출물(Tables 1~3)뿐 아니라 주스시료에서도 큰 항돌연변이 효과가 있었다는 사실이었다. 들깻잎은 한국인이 특히 즐기는 채소류로서 그의 강한 항돌연변이 효과는 매우 중요한 의미가 있다고 하겠다. 들미나리도 메탄올 추출물 및 주스시료가 각각 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해 상당한 저해 효과를 보였는데 실제로 민간요법으로 들미나리는 항암식으로 사용되고 있는 바 이에 대한 연구도 계속되어야 하겠다.

또한 시금치 주스는 Shiohara 등<sup>19)</sup>이 trp-p-2에 대해서 뿐 아니라 trp-p-1, 벤조피렌, strigmatocystin, aflatoxin B<sub>1</sub>, AF-2와 MNNG의 돌연변이 유발성도 저해하는 효과가 있었다고 한 바와 같이 본 실험에서도 비슷한 저해 효과가 관찰되었다고 하겠다.

이 실험 결과로부터 들깻잎과 들미나리의 항돌연변이 효과가 크게 나타났기에 이들에서 활성물질의 분리 및 동정과 생화학적인 항돌연변이(암) 기작에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다.

## 요 약

아플라톡신 B<sub>1</sub>과 4-NQO의 돌연변이 유발성에 미

치는 녹황색 채소류의 메탄올 추출물과 주스들의 항돌연변이 효과를 검토하였다. *Salmonella typhimurium* TA98과 TA100을 이용한 Ames 실험계를 사용하였는데 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해 채소류의 메탄올 추출물 중에는 들깻잎, 상치, 브로콜리, 썩갓, 미나리, 들미나리, 붉은 고추, 고추잎, 비름, 시금치, 무 등이 큰 항돌연변이성을 나타내었다 ( $p < 0.01$ ). 이 경우 시험시료 중 약 50% 정도가 저해 효과를 나타내었지만, direct mutagen인 4-NQO에서는 실험시료 27종중 25종류(93%)에서 항돌연변이성이 관찰되었다 ( $p < 0.01, 0.05$ ). 이중 60% 이상 저해효과를 나타낸 시료는 양배추, 케일, 상치, 브로콜리, 갓, 풋고추, 피망, 시금치, 비름, 콩나물, 애호박이었다. 한편 주스로 부터 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해 항돌연변이 효과를 나타낸 채소류는 들깻잎, 들미나리, 시금치, 양배추로써 각각 용량 의존적으로 (50~500  $\mu$ l/plate) 농도의 증가에 따라 그 저해도가 크게 증가하였다. 한편 오이와 당근은 농도를 높여도 큰 저해 효과는 관찰되지 않았다.

## 감사의 글

이 연구는 한국과학재단 연구비 지원 (과제번호 : 90-0500-03)에 의한 결과의 일부이며 이를 감사드린다.

## 문 헌

1. 윤택구 : 암의 원인과 환경. 한국환경성돌연변이 발암원학회지, **1**, 39(1981)
2. Doll, R. and Peto, R. : The causes of cancer. *J. Natl. Cancer. Inst.*, **66**, 1191(1981)
3. 류태형 : 식품, 영양과 암의 관계. 한국영양식량학회지, **14**(3), 305(1985)
4. Kada, T., Inoue, T., Morita, K. and Namiki, M. : Dietary desmutagens. In "Genetic toxicology of the diet", Knudsen, I. (ed.), Alan R. Liss Inc., New York, p. 245 (1986)
5. Micozzi, M. S. and Tangrea, J. A. : General introduction : Rationale for the nutritional prevention of cancer. In "Nutrition and cancer prevention", Moon, T. E. and Micozzi, M. S. (eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, p. 3(1989)
6. Hirayama, T. : Nutrition and cancer -A large scale cohort study- In "Genetic toxicology of the diet", Knudsen, I. (ed.), Alan R. Liss, Inc., New York, p. 299 (1986)
7. Kada, T., Hara, M. and Inoue, T. : Anti-mutagenic action of vegetable factor(s) on the mutagenic principle of tryptophan pyrrolysate. *Mutat. Res.*, **53**, 351 (1978)

8. Morita, K., Masako, H. and Kada, T. : Studies on natural desmutagens : Screening for vegetable and fruit factors active in inactivation of mutagenic pyrolysis products from amino acids. *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 1235(1978)
9. Shinohara, K., Kuroki, S., Miwa, M., Kong, Z-L. and Hosoda, H. : Antimutagenicity of dialyzates of vegetables and fruits. *Agric. Biol. Chem.*, **52**(6), 1396 (1988)
10. Edenharder, R., John, K. and Ivo-Boor, H. : Antimutagenic activity of vegetable and fruit extracts against in vitro benzo(a)pyrene. *Z. Gesamte. Hye.*, **36**(3), 144 (1990)
11. Maron, D. M. and Ames, B. N. : Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat. Res.*, **113**, 173(1983)
12. Matsushima, T., Sugimura, T., Nagao, M., Yahagi, T., Shirai, A. and Sawamura, M. : Factors modulating mutagenicity in microbial test. In "Short-term test systems for detecting carcinogens", Norpoth, K. H. and Garner, R. C. (eds.), Springer, Berlin, p. 273(1980)
13. Yahagi, T., Nagao, M, Sugimura, T., Fuuya, A. and Matsushima, T. : Mutagenicity of purrolizidine alkaloids in the *Salmonella*/ mammalian -microsome test. *Mutat. Res.*, **68**, 211 (1979)
14. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. : Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, p. 96(1980)
15. 김소희 : 김치성분의 보돌연변이유발 및 항돌연변이 효과. 부산대학교 박사학위논문(1991)
16. Inoue, T., Morita, K. and Kada, T. : Purification and properties of a plant desmutagenic factor for the mutagenic principle of tryptophan pyrolysate. *Agric. Biol. Chem.*, **4**(2), 345(1981)
17. Whitty, J. P. and Bjeldanes, L. F. : The effects of dietary cabbage on xenobiotic-metabolizing enzymes and the binding of aflatoxin B<sub>1</sub> to hepatic DNA in rats. *Food Chem. Toxicol.*, **25**(8), 581(1987)
18. Wattenberg, L. W., Loub, W. D., Lam, L. K. and Speier, J. L. : Dietary constituents altering the responses to chemical carcinogens. *Fed. Proc.*, **35**(6), 1327(1976)

(1992년 3월 5일 접수)