

## 유황처리 열무로 제조한 열무김치의 Sarcoma-180 암세포에 대한 고형암 성장 억제효과

공창숙<sup>1</sup> · 박순선<sup>1</sup> · 이숙희<sup>1</sup> · 길정하<sup>1</sup> · 노치웅<sup>2</sup> · 황해준<sup>2</sup> · 김낙구<sup>2</sup> · 박건영<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

<sup>2</sup>경상남도농업기술원 수출농산물연구소

### Antitumor Effect of Young Radish Kimchi Prepared with Young Radish Cultivated in the Soil Containing Sulfur on Sarcoma-180 Tumor Cells Transplanted Mice

Chang-Suk Kong<sup>1</sup>, Soon-Sun Bak<sup>1</sup>, Sook-Hee Rhee<sup>1</sup>, Jeung-Ha Kil<sup>1</sup>, Chi-Woong Rho<sup>2</sup>,  
Hae-Jun Hwang<sup>2</sup>, Nak-Ku Kim<sup>2</sup> and Kun-Young Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute,  
Pusan National University, Busan 609-735, Korea

<sup>2</sup>Research Center for Exportable Agricultural Crops (RCEC), Gyeongsangnam-do  
Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-370, Korea

#### Abstract

Young radishes (YR, *yeolmu* in Korean) were cultivated in the soil with and without sulfur. Young radish kimchi-general (YR kimchi-G) was prepared with YR commonly cultivated in the soil without sulfur. Young radish kimchi-sulfur (YR kimchi-S) and young radish kimchi-sulfur with lime mortar (YR kimchi-SL) were prepared with the YR cultivated in the soil with sulfur and sulfur added lime mortar on it, respectively. Antitumor effects of methanol extracts from the YR kimchis were investigated in sarcoma-180 tumor cell transplanted mice. The solid tumor growth was significantly inhibited by the YR kimchi-SL prepared with YR grown in the soil with sulfur ( $p < 0.05$ ). The treatment of the methanol extracts from YR kimchi-S and -SL increased the glutathione S-transferase activities and glutathione contents in the livers, compared to those of YR kimchi-G and the control. One of the antitumor effects by the YR kimchis was due to the increased the glutathione levels and the glutathione S-transferase activity which is phase 2 enzyme. These results also suggested that the antitumor effects of YR kimchi can be enhanced by using YR cultivated differently in the presence of sulfur that can help to produce sulfur-containing compounds in YR.

**Key words:** young radish kimchi, sulfur, antitumor effect, sarcoma-180 cell

#### 서론

십자화과 채소인 열무는 비타민 및 무기질이 풍부하며 무과과의 특징적인 향미인 isothiocyanates와 섬유소, 클로로필 등 각종 파이토케미칼이 다량 함유되어 있는데(1-4), 이 성분들은 항산화, 항돌연변이성 및 항암성과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(5-9). 우리나라 남부지방에서는 오래 전부터 약용 열무를 기르는 방법으로 유황을 첨가한 토양에서 열무를 재배하였다. 즉, 황토에 적당량의 유황가루를 뿌려서 토양을 중화시킨 후 재배하게 되면 열무는 신체허약, 동맥경화, 고혈압, 저혈압, 신경통, 시력부족 등에 탁월한 효과를 보이는 것으로 알려져 있다(10). 십자화과 채소의 생리활성은 배당체인 glucosinolates와 그 분해산물의 생리활성에 대

하여 알려져 있으며, 이 중 isothiocyanate는 향균, 향미, 살충작용 등의 생체방어반응에 관여하며 항암 및 항종양 효과에 관한 연구들이 보고되어 있다(11-13). 특히, sulforaphane은 isothiocyanate의 일종으로 간에서 중요한 phase 2 효소 (glutathione S-transferase, GST)의 활성을 유도하여 해독작용을 상승시키는 반면, 발암전구체를 발암원으로 활성화시키는 데 관여하는 일부 phase 1 효소는 유도하지 않는 것으로 알려져 있다(13,14).

따라서 열무 재배시 토양에 유황을 첨가함으로써 열무 자체에 높은 농도의 다양한 유황배당체가 생성될 수 있을 것이다. Kim 등(15)의 연구에서는 유황을 처리하여 재배한 열무에서 생리활성성분을 가진 유황화합물인 sulforaphane의 유사체 물질의 함량이 증가하는 것을 보고하였다. 선행 연구

\*Corresponding author. E-mail: kunypark@pusan.ac.kr  
Phone: 82-51-510-2839. Fax: 82-51-514-3138

(16)에서는 항암 기능성 증진 열무김치의 제조를 위하여 유황 처리 열무 및 일반 열무를 이용하여 열무김치의 이화학적 특성 및 AGS 인체 위암세포에 대한 암세포 성장 억제효과를 관찰하였다. 유황처리 열무 및 열무김치는 일반 열무 및 열무김치에 비해 유의적으로 높은 암세포 성장 억제효과를 나타내어 유황처리는 열무자체 뿐만 아니라 이를 사용하여 담은 열무김치의 암세포 성장 억제 기능성까지 증진시키는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 유황처리 토양에서 재배한 열무를 이용하여 열무김치를 제조하여 sarcoma-180 암세포를 이식한 마우스에 대한 고형암 성장 억제효과를 관찰하였다.

### 재료 및 방법

#### 열무김치 시료 준비

열무는 일반 토양 및 유황 처리 토양에서 재배한 것을 경남농업기술원(진주)에서 제공받아 사용하였다. 대조군은 일반 토양에서 재배한 일반 열무로 제조한 열무김치(YR kimchi-G)를 나타내며, 열무김치 S와 -SL은 각각 유황 1,818 g/m<sup>3</sup>에서 유황분말(대도 Chemical(주), 경남)을 첨가한 토양과 유황처리 후에 생육의 저해를 완화하기 위해 복토를 2 cm까지 덮어 준 후 재배한 열무로 제조한 열무김치시료이다.

열무김치의 제조(16)에 있어서 재료 및 양념의 배합비는 절인 열무 100에 대해 파 8.0, 마늘 2.9, 생강 1.6, 홍고추 7.0, 고춧가루 4.2, 젓갈 3.7의 비율로 하였으며, 모든 재료 및 양념을 혼합한 후 소금으로 최종 염 농도를 2.5%로 조절하여 열무김치를 제조하여 5°C에서 발효시켰다. 적숙기 pH 4.3(4주 발효)까지 발효시킨 열무김치는 동결건조한 후 시료를 마쇄하여 분말시료에 20배(w/v)의 메탄올을 첨가하여 12시간 교반을 2회 반복하여 여과한 후 회전식 진공 농축기로 농축하여 메탄올추출물(methanol extract)을 얻었다. 이들 추출물들은 PBS에 희석하여 사용하였다.

#### 실험동물

본 실험에 사용한 동물은 웅성 Balb/c 마우스((주) GLP Diet)로, 체중이 25 g 전후의 것을 사용하였으며, 사료는 표준사료(346 kcal/100 g, 퓨리나, 삼양유지(주))로 사육하였다. 사육 시 물과 사료는 충분한 양을 공급하였고, 동물실험실은 온도 22±1°C, 습도 55±5%, 12시간 간격의 light-dark cycle을 유지하였다.

#### 고형암 성장 억제 실험

실험에 이용한 sarcoma-180 종양세포는 Balb/c 마우스의 복강 내에서 7~10일 간격으로 계대 배양하여 보존하면서 사용하였다. 즉 실험동물의 복강 내에서 7~10일간 배양된 sarcoma-180 세포를 복수와 함께 취하고, phosphate buffered saline(PBS)과 함께 원심분리(1,200 rpm, 10 min)하여 종양세포를 분리하였다. 분리된 세포를 다시 PBS에 부유시

켜 재차 원심분리하여 상등액을 제거한 후 1.0×10<sup>6</sup> cells/mL가 되도록 종양세포 부유액을 만들어 1 mL씩 복강 주사하여 이식 보존하면서 실험에 사용하였다.

고형암 성장 억제 실험은 실험동물을 각 군당 6마리씩으로 하여 sarcoma-180 종양세포 부유액 0.2 mL(6×10<sup>6</sup> cells/mouse)을 마우스의 왼쪽 서혜부(left groin)에 피하 이식하고, 24시간 후부터 20일간 매일 1회씩 시료 용액을 복강으로 투여하였다. 종양세포 이식 26일째 되는 날 치사시켜 생성된 고형암을 적출하고 그 무게를 측정한 후 다음 식에 따라 종양 성장 억제 백분율(tumor growth inhibition ratio, I.R.: %)을 계산하였다(17).

$$I.R. (\%) = \frac{C_w - T_w}{C_w} \times 100$$

C<sub>w</sub>: 대조군의 평균 종양무게

T<sub>w</sub>: 처리군의 평균 종양무게

#### 장기의 증량변화

종양세포 이식 26일째 되는 날 마우스를 경추탈골법에 의하여 치사시키고 체중을 측정된 후 비장을 적출하여 무게를 측정하였고, 체중에 대한 비장 및 각 장기의 비율을 계산하였다.

#### 간조직에서 효소원의 조제

마우스를 마취시킨 상태에서 4°C 이하의 생리 식염수로 간을 관류하여 간 내에 남아있는 혈액을 제거한 후 간장을 적출하였다. 간조직 1 g 당 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.4)를 가하여 빙냉하에서 glass teflon homogenizer로 마쇄하였다. 이것을 13,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 핵 및 미마쇄세포 부분을 제거하고 다시 105,000×g에서 1시간 동안 초원심분리하여 얻은 상등액을 cytosol 분획으로 하였다. 이 cytosol 분획을 이용하여 glutathione S-transferase 활성을 측정하였다.

#### Glutathione S-transferase의 활성 측정

Habig 등(18)의 방법에 준하여 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 6.5)중에 0.04 M reduced glutathione 75 μL와 효소액 0.1 mL를 넣고 blank에는 20% trichloroacetic acid 0.5 mL를 가해 25°C에서 5분간 반응시켰다. Blank와 시료 각각에 0.12 M 1-chloro-2,4-dinitrobenzene 25 μL를 가하여 25°C에서 2분간 반응시킨 다음 시료에 20% trichloroacetic acid를 가해 반응을 완결시킨 후 원심분리하여 얻은 상등액을 340 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소 활성도는 1-chloro-2,4-dinitrobenzene의 몰흡광계수(9.6 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>)를 이용하여 산정하였다. 효소 활성의 단위는 1분간 mg의 단백질이 생성한 2,4-dinitrobenzene glutathione의 nmole수로 표시하였다.

#### 간조직 중의 glutathione의 함량 측정

Ellaman의 방법(19)에 준하여 효소원(400~600 μg 단백질

질)에 제단백 시약으로 4% sulfosalicylic acid를 가하여 단백질질을 제거한 상등액에 disulfide reagent(0.1 M sodium phosphate buffer, pH 8.0에 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid)를 녹인 것) 2.7 mL를 가하여 생성되는 청색을 412 nm에서 측정하고 표준 곡선에 의하여 산정하였으며, 단위는 조직 1 g당 glutathione  $\mu\text{mol}$  수로 표시하였다.

**Protein 정량**

단백질의 함량은 Lowry 등(20)의 방법에 준하여 bovine serum albumin(Sigma, USA)을 표준품으로 하여 측정하였다.

**통계분석**

대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 결과들의 유의성을 검정하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 행한 후  $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였으며, 그 결과는 평균(mean)±표준편차(standard error, SE)로 표시하였다. 모든 통계 분석은 SAS(v8.2 SAS Institute Inc., NC, USA) 통계프로그램을 이용하여 처리하였다.

**결과 및 고찰**

**세포독성 작용 및 고형암 성장 억제효과**

S-180 cell에 대한 일반 열무 및 유황 처리 열무로 제조한 열무김치시료의 고형암 성장 억제효과를 알아보기 위하여, 세포에 대한 열무김치의 독성을 검토하였다. 일반 및 유황처리 열무로 제조한 열무김치추출물은 0~4%의 첨가농도까지 중앙세포에 대하여 99% 이상의 높은 생존율을 나타내어 이 농도에서는 독성을 나타내지 않았으나, 이보다 높은 농도에서는 S-180 cell에 대한 독성이 급격히 증가하였으므로 세포에 영향을 주지 않는 농도범위 내(2%)에서 고형암 성장 억제효과를 관찰하였다. 일반 열무 및 유황처리 열무로 제조한 열무김치의 메탄올추출물에 의한 고형암 성장 억제효과를 관찰한 결과는 Table 1과 같다. 대조군의 고형암 무게는 7.36 g인데 반해서, 열무김치를 투여한 군에서 고형암의 무게는 각각 6.28, 5.89, 4.42 g으로 유의적으로 감소하였다 ( $p<0.05$ ). 일반 열무김치에 비해 유황처리 열무로 제조한 열무김치에서 고형암 무게는 더 감소하였으며, 토양에 유황처리 후 복토를 덮어준 열무시료의 김치가 가장 억제효과가 컸었다( $p<0.05$ ). 배추김치의 경우 김치추출물이 고형암의

**Table 1. Antitumor activities of methanol extracts from young radish (YR) kimchis in tumor bearing Balb/c mice with sarcoma-180 cell after 26 days**

Sample	Tumor wt. (g)	Inhibition rate (%)
Sarcoma-180+PBS (Control)	7.36±0.07 <sup>a4)</sup>	-
+ YR kimchi-G <sup>1)</sup>	6.28±0.39 <sup>b</sup>	15
+ YR Kimchi-S <sup>2)</sup>	5.89±0.55 <sup>b</sup>	20
+ YR Kimchi-SL <sup>3)</sup>	4.42±0.15 <sup>c</sup>	40

<sup>1)</sup>Young radish kimchi-general (YR Kimchi-G) prepared with young radish commonly cultivated in the soil without sulfur.

<sup>2)</sup>Young radish kimchi-sulfur (YR Kimchi-S) prepared with young radish cultivated in the soil with sulfur content of 1,818 g/m<sup>3</sup>.

<sup>3)</sup>Young radish kimchi-sulfur with lime mortar (YR Kimchi-SL) prepared with young radish cultivated in the soil with sulfur content of 1,818 g/m<sup>3</sup>+lime mortar 2 cm.

<sup>4)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

성장을 억제하며 암세포의 암식기능상승에 의한 면역 활성을 증가시킨다고 보고되어 있다(21). 열무에는 비타민 A, C 및 무기질 이외에도 isothiocyanates와 섬유소를 비롯한 각종 파이토케미칼이 다량 함유되어 있으며, 이러한 성분들은 항돌연변이성 및 항암성에 관계하고 있는 것으로 보고된 바 있다(1-4). 이러한 활성 성분과 발효산물은 *in vivo*에서도 고형암 성장 억제효과를 나타내는 것으로 보인다. 특히 유황처리 열무로 제조한 열무김치에서 그 효과가 높았으며, 복토를 덮어준 시료에서 그 효과는 더욱 증진되었다. 이는 유황처리 토양에서는 일반 토양에 비해 열무의 생리활성성분의 생성이 증진되었으며, 복토는 황토 및 유황에 의한 열무의 생육이 저해되는 것을 완화하여 생리활성성분의 생성을 더욱 촉진시킨 것으로 사료된다.

**마우스의 장기무게 변화**

유황처리 열무로 제조한 열무김치의 처리가 S-180 cell을 이식한 마우스의 각 장기에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 2와 같다. 체중변화는 S-180 cell+PBS만을 주사한 대조군에 비해 열무김치를 투여한 군에서 다소 낮은 값을 보였으나 시료들 간에 큰 차이를 보이지 않았으며, 간과 신장의 중량비 사이에도 큰 차이를 보이지 않았다. 면역계에 관계하는 비장의 중량비는 정상군의 0.40에 비해 S-180 cell

**Table 2. Effects of methanol extracts from young radish (YR) kimchis on the body, spleen, liver and kidney weights of Balb/c mice after 26 days**

	Body wt. (g)	Spleen/body wt. (g/100 g)	Liver/body wt. (g/100 g)	Kidney/body wt. (g/100 g)
Normal	26.4±0.7	0.40±0.05	5.5±1.8	2.0±0.1
Sarcoma-180+PBS(Control)	31.8±1.2	2.12±0.05	6.1±0.2	1.6±0.1
+ YR Kimchi-G <sup>1)</sup>	30.2±0.7	1.93±0.05	6.0±0.1	1.6±0.1
+ YR Kimchi-S <sup>2)</sup>	30.0±0.5	1.67±0.06	5.9±0.3	1.7±0.1
+ YR Kimchi-SL <sup>3)</sup>	29.8±2.7	1.66±0.22	5.9±0.5	1.7±0.2

<sup>1-3)</sup>The explanations are same as shown in Table 1.

+PBS만을 주사한 대조군에서는 2.12로 비장의 중량비는 크게 증가하였다. 열무김치 시료를 투여한 군에서는 대조군에 비해 비장의 무게가 줄어들었는데, 특히 유황처리 열무로 제조한 열무김치 투여군에서 많이 감소하였다. 전체적으로 고형암의 무게가 클수록 비장의 무게가 증가하는 경향을 보였는데, 이는 비장에 존재하는 splenic macrophage 등 면역계에 관련된 세포에 의해 고형암의 무게가 클수록 독성을 줄이기 위한 면역계의 활성이 증가되었기 때문인 것으로 사료된다.

간에서 GST활성 및 GSH 함량의 변화

Glutathione S-transferase(GST)활성을 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. S-180 cell+PBS만을 주사한 군의 GST활성은 262 nmol/mg-protein/min으로 정상군(317 nmol/mg-protein/min)에 비해 감소하였으나, 일반 열무김치를 투여한 군에서는 339 nmol/mg-protein/min으로 GST활성이 증가하여 정상군과 비슷한 정도의 활성을 나타내었다. 유황처리 열무로 제조한 열무김치를 투여한 군에서는 GST활성은 더욱 증가하였으며, 유황처리 후 복토를 덮은 토양에서 재배한 열무로 제조한 열무김치인 YR kimchi-SL은 YR kimchi-S보다 높은 활성을 나타내었으나 두 시료간의 유의적 차이는 없었다.

Glutathione 함량을 관찰한 결과(Fig. 2)에서는 정상군의 glutathione 함량은 0.291  $\mu$ mol/g인데 반해서 S-180 cell+PBS만을 주사한 군에서는 0.258  $\mu$ mol/g으로 감소하였다. 열무김치를 투여한 군에서는 S-180 cell+PBS만을 주사한 대조군에 비해 현저히 증가하여 각각 0.409, 0.417  $\mu$ mol/g으로 일반 열무김치를 투여한 군의 0.381  $\mu$ mol/g에 비해서도 증가하였다.

간에서 일어나는 대사 효소계의 phase 2 단계는 내인성 물질이나 독성물질을 포함하거나 수용성 물질로 전환시켜

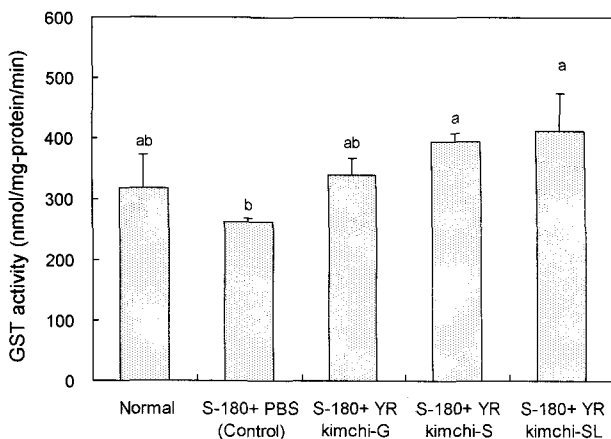


Fig. 1. Effects of methanol extracts from young radish (YR) kimchis on glutathione S-transferase activity in sarcoma-180 tumor cell treated Balb/c mice.

<sup>a,b</sup>Means with the different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

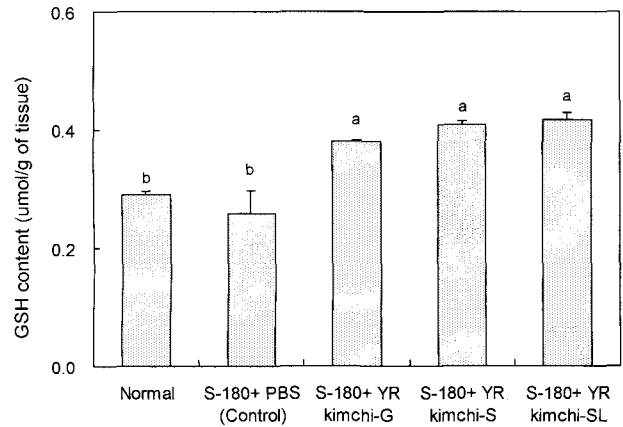


Fig. 2. Effects of methanol extracts from young radish (YR) kimchis on hepatic glutathione content in sarcoma-180 tumor cell treated Balb/c mice.

<sup>a,b</sup>Means with the different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

체외로 배출시키는 작용을 하는데 GST는 reduced glutathione을 이용하여 체내 독성 물질과 과산화물질을 전이 및 배설함으로써 무독화에 관여하는 효소이다(22). Glutathione은 세포를 유해산소로부터 방어하는 물질로 sulfhydryl radical을 가지고 있으며 친전자성 물질들과 활성산소 및 과산화지질의 대사 작용에 관여하여 여러 활성증가물질과 conjugation을 이루어 GST의 작용에 의해 뇨로 배설하도록 함으로써 체내의 독성물질들을 제거하는 작용을 한다(23,24).

따라서 발암 상태에서 열무김치는 친전자성 발암물질의 활성대사산물의 해독에 관여하는 GST활성 및 GSH함량을 증가시켜 독성물질을 체외로 배설시킴으로써 고형암의 무게가 억제된 것으로 사료된다. 특히 유황처리 열무로 제조한 열무김치는 GST활성을 더욱 증진시켰다. 이는 일반열무에 비해 유황처리 열무에 다량 함유된 sulforaphane 유사체의 유황화합물에 의한 것으로 추측된다. 열무의 생리활성 성분 중 isothiocyanate 계열의 유황화합물은 chemoprevention에 관여하는 것으로 알려져 있어 열무재배 토양에 유황을 처리함으로써 열무 자체에 이들 유황화합물의 증가를 기대할 수 있다. 실제로 Kim 등(15)의 연구에서는 유황처리 열무에서 sulforaphane과 유사한 분획 물질이 증가하는 것을 확인하였다. Sulforaphane은 십자화과 식물에서 주로 검출되는 isothiocyanate 계열의 유황화합물의 일종으로 간에서 중요한 phase 2 효소(GST)의 활성을 유도하여 해독작용을 상승시키는 반면, 발암전구체를 발암원으로 활성화시키는데 관여하는 일부 phase 1 효소는 유도하지 않는 것으로 알려져 있다(13,14). 이외에도 sulforaphane의 종양생성 저지 및 항암활성은 여러 실험계에서 확인된 바 있다(25-27). 그러므로 열무를 유황처리 토양에서 재배함으로써 열무자체에 유황화합물과 같은 항암활성성분의 생성이 증진되어 이로 제조된 열무김치의 항암기능성까지 증진시키는 것으로 사료된다.

## 요 약

유황처리 열무로 제조한 열무김치의 항암효과를 S-180 암세포를 이식한 마우스에 대한 고형암 성장 억제효과를 통하여 검토하였다. 일반 열무 및 유황처리 열무로 제조한 열무김치는 5°C의 저장온도에서 적숙기 pH 4.3까지 발효시켰다. 열무김치의 메탄올추출물을 이용하여 S-180 cell 이식 마우스에 대한 고형암 성장 억제효과를 관찰한 결과에서 일반 열무김치에 비해 유황처리 열무로 제조한 열무김치를 투여한 군에서 고형암 성장 저해율이 높게 나타났으며, 특히 열무김치 YR kimchi-SL에서 가장 높게 나타났다. GST활성 및 GSH 함량도 유황처리 열무로 제조한 열무김치를 투여한 군에서 가장 높게 나타났다. 따라서 발암상태에서 열무김치추출물은 친전자성 발암물질의 활성대사산물의 해독작용에 관여하는 GST활성을 증가시켜 독성물질을 체외로 배설시킴으로서 고형암 성장을 저지하는 역할을 하는 것으로 사료된다. 이는 유황처리에 의해서 열무자체에 항암성 유황화합물의 농도가 증가하여 높은 항암활성을 나타내었다고 하겠다.

## 감사의 글

본 연구는 2003~2005년 농림부의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Korea Institute for Health & Social Affairs. 1989. *Food and Nutrient Databases and Dietary Guidance*. 5th ed.
2. National Rural Living Science Institute, RDA. 1996. *Food composition table*. 5th ed.
3. Alegria BC. 1992. Cancer-preventive foods and ingredients. *Food Technology* 46: 65-68.
4. Kim GE, Lee YS, Kim SH, Cheong HS, Lee JH. 1998. Changes of chlorophyll and their derivative contents during storage of Chinese cabbage, leafy radish and leaf mustard kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 852-857.
5. Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1984. Prooxidant activities of chlorophylls and their decomposition products on the photooxidation of methyl linoleate. *JAOCS* 61: 781-784.
6. Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1985. Antioxidant effects of chlorophyll and pheophytin on the autoxidation of oil in the dark, I. Comparison of the inhibitory effects. *JAOCS* 62: 1375-1378.
7. Endo Y, Usuki R, Kaneda T. 1985. Antioxidant effects of chlorophyll and pheophytin on the autoxidation of oil in the dark, II. The mechanism of antioxidant action chlorophyll effects. *JAOCS* 62: 1387-1390.
8. Tan YA, Chong CL, Low KS. 1997. Crude palm oil characteristics and chlorophyll content. *J Sci Food Agric* 75: 281-288.
9. Gentile JM, Gentile GJ. 1991. The metabolic activation of 4-nitro-o-phenylenediamine by chlorophyll containing plant extracts: The relationship between mutagenicity and antimutagenicity. *Mutation Res* 250: 79-86.
10. Kim IH. 1989. *New Medicine*. Kwangjaewon, Seoul. p 80-81.
11. Elizabeth KL, Tracy KS, Rosemary GC, Ian TJ. 2001. Cell death in the colorectal cancer cell line HT29 in response to glucosinolate metabolites. *J Sci Food Agric* 81: 959-961.
12. Faulkner K, Mithen R, Williamson G. 1998. Selective increase of the potential anticarcinogen 4-methylsulphinyl-butyl glucosinolate in broccoli. *Carcinogenesis* 19: 605-609.
13. Fahey JW, Zhang Y, Talalay P. 1997. Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proc Natl Acad Sci USA* 94: 10367-10372.
14. Dinkova-Kostova AT, Holtzclaw WD, Cole RN, Itoh K, Wakabayashi N, Katoh Y, Yamamoto M, Talalay P. 2002. Direct evidence that sulfhydryl groups of Keap1 are the sensors regulating induction of phase 2 enzymes that protect against carcinogens and oxidants. *Proc Natl Acad Sci USA* 99: 11908-11913.
15. Kim KA, Rho CW, Choi KR, Hwang HJ, Choi HS. 2004. Quinone reductase inducer from radish leaf cultivated in the soil containing sulfur. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 946-950.
16. Agricultural R & D Promotion Center. 2005. Commercialization and technical development of functional young radish kimchi. 2st Annual Report.
17. Lee YS, Kim DS, Ryu BH, Lee SH. 1992. Antitumor and immunomodulating effects of seaweeds toward sarcoma-180 cell. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 544-550.
18. Habig WH, Pabist MJ, Jakoby WB. 1974. Glutathione S-transferase. The first step in mercapturate acid formation. *J Biol Chem* 249: 7130-7139.
19. Ellaman GL. 1959. Tissue sulfhydryl group. *Arch Biochem Biophys* 82: 70-72.
20. Lowry OH, Rosebrough NH, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275.
21. Choi MW, Kim KY, Park KY. 1997. Effects of kimchi extracts on the growth of sarcoma-180 cells and phagocytic activity of mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 254-260.
22. Wim AN, Marinka AB, Martijn HS, Wilbert HM. 1995. Enhancement of rat hepatic and gastrointestinal glutathione and glutathione s-transferase by  $\alpha$ -angelicalactone and flavone. *Carcinogenesis* 16: 607-612.
23. Burk RF, Trumble MJ, Lawrence RA. 1980. Rat hepatic cytosolic glutathione dependent enzyme protection against lipid peroxidation in the NADPH-microsomal lipid peroxidation system. *Biochem Biophys Acta* 618: 35-41.
24. Meister A, Anderson ME. 1983. Glutathione. *Annu Rev Biochem* 52: 711-716.
25. Zhang Y, Talalay P, Cho CG, Postner GH. 1992. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. *Proc Natl Acad Sci USA* 89: 2399-2430.
26. Zhang Y, Kensler TW, Cho CG, Postner GH, Talalay P. 1994. Anticarcinogenic activities of sulforaphane and structurally related synthetic norbornyl isothiocyanates. *Proc Natl Acad Sci USA* 91: 3147-3150.
27. Fahey JW, Haristroy X, Dolan PM, Kensler TW, Scholtus I, Stephenson KK, Talalay P, Iozniowski A. 2002. Sulforaphane inhibits extracellular, intracellular, antibiotic-resistant strains of *Helicobacter pylori* and prevents benzo(a)pyrene-induced stomach tumors. *Proc Natl Acad Sci USA* 99: 7610-7615.

(2005년 9월 2일 접수; 2005년 11월 23일 채택)