

## 유황처리 열무로 제조한 열무김치의 특성과 인체 위암세포의 성장억제효과

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

<sup>1</sup>부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

<sup>2</sup>경상남도농업기술원 수출농산물연구소

### Fermentation Properties of Young Radish Kimchi Prepared Using Young Radish Cultivated in the Soil Containing Sulfur and It's Inhibitory Effect on the Growth of AGS Human Gastric Adenocarcinoma Cells

Chang-Suk Kong<sup>1</sup>, Soon-Sun Bak<sup>1</sup>, Sook-Hee Rhee<sup>1</sup>, Chi-Woong Rho<sup>2</sup>, Nak-Ku Kim<sup>2</sup>,  
Keyng-Lag Choi<sup>2</sup> and Kun-Young Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. 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. YR-Control (without sulfur) was grown in the normal soil. YR were grown in the soil with 1,818 g/m<sup>3</sup> sulfur (YR-A) and 1,818 g/m<sup>3</sup> sulfur added lime mortar (YR-B) on it, respectively. Also, we prepared YR kimchis using YR-Control, YR-A and YR-B. The kimchis were fermented at 5°C for 8 weeks. The growth inhibitory effects of AGS human gastric adenocarcinoma cells of the YR samples and kimchis were investigated. YR kimchis after 4~5 weeks at 5°C showed higher acidity of 0.88~1.20% with pH 4.3~4.5 and the YR kimchis kept approximately pH 4.0 until 8 weeks. The kimchi A and B using YR-A and YR-B showed faster fermentation time, higher level of *Leuconostoc* sp. and lower level of *Lactobacillus* sp. during the fermentation, comparing to the control kimchi using YR-Control. Juices from YR-A and YR-B showed higher growth inhibitory effects of AGS human gastric adenocarcinoma cells than the juice from YR-Control at the same concentration. The growth inhibitory effect of YR-A was similar to that of the YR-B. The kimchi A and B juices also exhibited higher inhibitory effects (74%) on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells than that of the control kimchi (57%) at the higher concentration of 20 µL/assay. Methanol extracts from the YR-kimchi also led to the similar results to the results of the juices. These results suggested that preparing of kimchi using differently cultivated YR especially in the soil with sulfur, which can help to synthesize sulfur-containing compounds, could increase the growth inhibitory effects of AGS human gastric adenocarcinoma cells.

**Key words:** young radish, young radish kimchi, sulfur, AGS human gastric adenocarcinoma cell

#### 서 론

열무는 십자화과 채소로 비타민 A, C 및 인체에 필요한 필수 무기질이 풍부하여 혈액의 산성화를 방지하고, 식욕을 증진시키며, 만복감을 주는 등 좋은 식품의 가치를 갖고 있다. 열무의 비타민 A 함량은 2630 IU로 배추나 무에 비해 28~2600배 정도 많은 양을 함유하고 있으며, 당질의 양은 무보다는 적으나 배추보다 많이 들어있다(1,2). 또한 열무에는 isothiocyanates, 섬유소 등의 각종 파이토케미칼이 다량 함유되어 있으며(3), 지방질의 자동산화 방지 효과뿐만 아니라 항돌연변이성 및 항암성과도 관련이 있는 푸른 채소의

주색소인 클로로필의 함량은 열무김치가 배추김치에 비해 높은 것으로 보고되어 있다(4-9).

열무는 우리나라에서는 15속 45종, 15개의 변종이 자라고 있다. 이 과의 식물들에 함유되어 있는 sinigrin, sinalbin, sulforaphane 등의 유황배당체와 불포화탄톤 고리를 함유한 steroid 골격의 화합물인 강심배당체 등에는 알콜성, 페놀성 수산기를 가진 물질이 몇 개의 당과 아세틸 형태로 결합되어 있으며 이러한 성분이 생리활성에 기여한다고 알려져 있다(10). 특히 sulforaphane을 비롯한 여러 종류의 isothiocyanate는 동물의 간, 신장, 소장 등에서 항발암 및 항암 작용을 나타낸다(11). 따라서 유황화합물을 토양에 함유시킨 후 열무를

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

재배한다면 식물자체에 높은 농도의 유황배당체가 생성될 수 있을 것이다. Kim 등(10)의 연구 및 전년도의 연구보고(12)에서 유황을 처리하여 열무를 재배하면 생리활성성분을 가진 유황화합물인 sulforaphane 유사체 물질의 함량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 암세포 성장저지 효과를 증진시킬 가능성이 있는 열무김치를 제조하기 위하여 유황처리를 달리한 토양에서 재배한 열무와 이를 이용하여 제조한 열무김치의 이화학적 특성 및 AGS 인체 위암세포에 대한 암세포성장억제효과를 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

열무(Young Radishes, YR)는 일반 토양 및 유황을 처리한 토양에서 본엽 7엽시까지 약 한 달간 재배한 것을 경남농업기술원(진주)에서 제공받아 사용하였다. 대조군(YR-Control)은 일반토양에서 재배한 열무를 나타내며, 유황분말(대도 Chemical(주), 경남)을 1,818 g/m<sup>3</sup> 첨가한 토양에서 재배한 열무를 YR-A, 동일 양의 유황처리 후에 열무의 생육 저해를 완화하기 위하여 일반 토양을 2cm까지 덮어준 후 재배한 열무를 YR-B로 하였다. 그 외 열무김치 제조에 사용된 파, 마늘, 생강은 담금 당일 부산시 부전시장에서 구입하였고, 고춧가루는 영양 청결 태양초(경북 영양군 입암 농협), 젓갈은 청정원 멸치액젓(대상(주)), 소금은 천일염(㈜우일염업)을 사용하였다.

### 열무의 일반성분 및 유황함량 측정

열무의 일반성분은 AOAC 표준시험법(13)에 따라 수분정량은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 micro-Kjeldahl 법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 직접회화법으로 측정하였다.

### 열무김치의 제조 및 발효조건

열무김치의 제조는 표준화한 방법(14)으로 제조하였다. 열무김치의 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 염농도를 2.5%로 조절하여 열무김치를 제조하여 5°C에서 8주일 동안 발효시켰다. 일반 토양에서 재배한 열무로 담근 김치는 대조군 김치(Control kimchi)로 하고, YR-A로 담근 김치는 김치 A(Kimchi A), YR-B로 담근 김치는 김치 B(Kimchi B)로 표기하였다.

### pH 및 산도 측정

pH와 산도의 측정에 사용한 시료는 Stomacher 400 Lab Blender(Seward Medical London SEI IPP, UK)를 사용하여 모은 즙액을 이용하였다. pH는 pH meter(Corning 220, USA)로 실온에서 측정하였고, 산도는 시료를 20배 희석하여 AOAC 방법(13)에 따라 측정하였는데, 0.1% phenolphthalein

지시약 1 mL를 첨가하여 0.1 N NaOH로 적정하여 분홍색을 띠는 점으로 하였다. 적정값은 젖산(lactic acid)의 함량 %로 환산하여 나타내었다.

$$\text{Lactic acid (\%)} = \frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{normality of NaOH} \times 0.09}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

### *Leuconostoc* sp. 및 *Lactobacillus* sp. 젖산균 수의 측정

젖산균수의 측정은 평판계수법(plate count technique)을 이용하여 측정하였다. *Leuconostoc* sp.는 *Leuconostoc* 선택 배지로 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 phenylethyl alcohol sucrose agar medium(PES medium)를 사용하여 20°C에서 5일간 평판 배양하였다. *Lactobacillus* sp.는 *Lactobacillus* selection medium(LBS medium)에 *Pediococcus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified LBS agar medium(m-LBS medium)을 사용하여 37°C에서 3~4일간 평판 배양하여 나타난 colony수를 계수하였다(15).

### 암세포 성장억제효과 실험

**시료의 준비** : 열무는 녹즙기(엔젤라이프사)로 분쇄하여 즙액을 모은 뒤 4°C, 9000 rpm에서 30분간 원심분리하여 채취한 상등액을 milipore filter(0.45 µm)로 여과 제균한 후 시료로 사용하였다. 열무김치시료는 적숙기 pH 4.3까지 발효시킨 즙액시료와 메탄올추출물의 두 종류를 사용하였다. 메탄올추출물은 적숙기까지 발효시킨 각각의 열무김치를 채취하여 동결건조한 후 시료를 마쇄하여 분말로 조제하고 분말시료에 20배(w/v)의 메탄올을 첨가하여 12시간 교반을 2회 반복하여 여과한 후 회전식 진공 농축기로 농축하여 얻었다. 이들 추출물은 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 희석하여 실험에 사용하였다.

**암세포 배양** : AGS 인체 위암세포(AGS human gastric adenocarcinoma cell)는 한국 세포주 은행(서울의대)으로부터 분양받아 배양하면서 실험에 사용하였다. AGS 인체 위암세포는 100 units/mL의 penicillin-streptomycin과 10%의 FBS가 함유된 RPMI 1640을 사용하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> incubator에서 배양하였다. 배양된 각각의 암세포는 일주일에 2~3회 refeeding하고 6~7일 만에 PBS로 세척한 후 0.05% trypsin-0.02% EDTA로 부착된 세포를 분리하여 원심분리한 후 집적된 암세포에 배지를 넣고 피펫으로 암세포가 골고루 분산되도록 잘 혼합하여 75 mL cell culture flask에 10 mL씩 일정 수(≈2×10<sup>4</sup> cells/mL) 분할하여 주입하고 계속 6~7일마다 계대 배양하면서 실험에 사용하였다.

**MTT assay** : 배양된 암세포는 96 well plate에 well당 2×10<sup>4</sup> cells/mL가 되도록 180 µL씩 분주하고 시료를 일정농도로 제조하여 20 µL씩 첨가하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub>배양기에서 72 시간 배양하였다. 여기에 인산생리식염수에 5 mg/mL의 농도

로 제조한 3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyltetrazolium bromide(MTT) 용액 200 µL를 첨가하여 동일한 배양조건에서 4시간 동안 더 배양하였다. 이때 생성된 formazan결정을 DMSO에 녹여서 ELISA reader로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다(16).

$$\text{Cytotoxicity (\%)} = \frac{\text{대조군의 흡광도} - \text{시료처리군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

### 통계분석

대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 결과들의 유의성을 검정하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 행한 후 SAS system (v8.2 SAS Institute Inc., NC, USA)에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계분석을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 유황처리 열무의 성분함량

유황처리 토양에서 재배한 열무의 성분 변화를 관찰하여 일반토양에서 재배했을 때의 열무의 성분과 비교하였다 (Table 1). Kim 등(10) 및 2004년도의 연구보고(12)에 의하면 열무의 재배 정도를 살펴보기 위해 토양에 다양한 농도로 유황을 처리하여 예비실험을 한 결과에서 isothiocyanate 유사물질 및 sulforaphane 유사물질의 함량은 유황 1,818 g/m<sup>3</sup>를 가한 토양에서 자란 열무에서 높게 나타났으며, Hepa 1c1c cell line을 이용하여 quinone reductase inducing activity를 측정된 결과에서도 유황 1,818 g/m<sup>3</sup>를 처리군에서 가장 높은 활성을 보였다. 열무의 생산량은 유황처리 농도에 비례하여 감소하였는데, 열무의 생육 저해를 완화하기 위해 유황처리 후에 일반토양을 덮어준 재배에서는 2 cm 토양까지는 QR유도활성이 다소 감소하였으나 수확율에는 크게 영향을 미치지 않았다. 따라서 본 연구에서는 가장 높은 함량과 활성을 보이면서 수확률 면에서도 가장 적절한 재배조건인 유황 1,818 g/m<sup>3</sup> 처리군과 유황 1,818 g/m<sup>3</sup>+복토 2 cm 처리군에서 열무를 재배하여 유황처리 열무시료 YR-A와 YR-B로 하였다. 열무의 수분함량은 대부분 94%이상의 높은 함유율을 보였으며, 조단백질 및 조지질 함량은 유황처리 열무가 일반토양에서 재배한 열무보다 약간 높게 나타났다. 열무에 함유된 유황성분은 일반토양에서 재배한 열무 YR-Control이 200 ppm을 나타낸 것에 비해 유황처리 열무 YR-A와

YR-B는 각각 600과 500 ppm의 함유율을 보였다. 유황처리 에 따른 열무의 무기성분을 분석한 결과에서는 시료 간에 큰 차이는 보이지 않았으나, 토양에 유황을 넣어 열무를 재배한 경우 첨가 유황은 아마도 유황유도물을 만들어 열무자체에서 높은 농도의 유황화합물이 생성된 것으로 보인다. 이 결과는 Kim 등(10)의 유황처리 열무의 sulfur 유사물질의 함량이 일반토양에서 재배한 열무에 비해 2.5배나 높아지는 것과 거의 비슷한 경향이였다.

### 발효과정 중 pH 및 산도의 변화

유황처리 토양에서 재배한 열무를 이용하여 기능성 증진 김치로서의 가능성을 검토하기 위해서 열무김치를 제조하여 5°C에서 8주일 동안 발효시켰을 때의 pH 및 산도의 변화를 관찰하였다(Fig. 1). 일반토양 및 유황처리 토양에서 재배한 열무 YR-A, YR-B로 제조한 열무김치는 4~5주일째에 적숙기의 pH 4.3~4.4에 도달하였다. YR-A로 제조한 열무김치(김치 A)와 YR-B로 제조한 열무김치시료(김치 B)는 일반토양에서 재배한 열무를 사용한 열무김치시료(대조군 김치)에 비해 다소 빠른 시일에 적숙기의 pH에 도달하였다. 적숙기 때 배추김치의 산도는 0.60~0.80%인데 비해(17) 열무김치의 산도는 대조군 김치, 김치 A, 김치 B 모두 0.88~1.20% 범위의 높은 산도를 나타내었다. 열무김치는 발효가 진행된 6~8주일째가 되어도 pH가 4.0이하로 감소하지 않았으며, 이는 배추김치의 발효양상(17)을 참고하면 배추김치는 5°C에서 발효 3주째에 적숙기에 도달하여 pH 4.3과 산도 0.71%를 나타낸 결과와 비교해 볼 때 저장성이 길어지는 것으로 보인다. 발효 과정에 있어서 산도의 증가는 유기산의 증가에 의한 것으로(18) 이와 같은 결과로부터 발효과정 중 열무김치는 배추김치에 비해 보다 많은 양의 유기산이 생성되는 것으로 사료된다. 일반 토양에서 재배한 대조군 김치에 비해 유황처리 열무로 제조한 김치 A와 김치 B의 경우 발효가 다소 빠르게 진행되었는데, 김치 A와 B간에는 큰 차이를 나타내지 않아 유황처리 열무 재배에 있어서 유황처리 후 토양을 더 덮어주는 방법은 열무김치 발효에는 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

### *Leuconostoc* sp. 및 *Lactobacillus* sp. 젖산균 수의 변화

대조군 김치와 유황처리한 김치 A, 김치 B의 발효기간 중 젖산균수의 변화를 관찰하였다(Fig. 2). 대조군 김치의

Table 1. Proximate contents of young radishes (YR) grown in the soil with the different sulfur content

Sample	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)	S (ppm)
YR-Control <sup>1)</sup>	95.94±0.17	1.40±0.01	0.11±0	1.01±0.02	200
YR-A <sup>2)</sup>	94.73±0.14	2.11±0.23	0.16±0.03	1.11±0.02	600
YR-B <sup>3)</sup>	95.10±0.15	1.69±0.23	0.15±0.03	0.90±0.14	500

<sup>1)</sup>Young radish commonly cultivated in the normal soil.

<sup>2)</sup>Young radish cultivated in the soil with sulfur content of 1,818 g/m<sup>3</sup>.

<sup>3)</sup>Young radish cultivated in the soil with sulfur content of 1,818 g/m<sup>3</sup> and added lime mortar 2 cm on it.

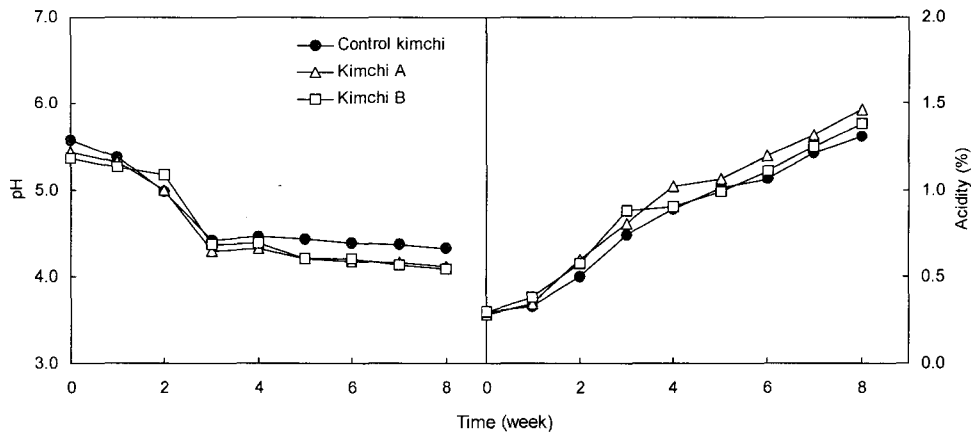


Fig. 1. Changes in pH and acidity of young radish kimchis during fermentation at 5°C. Control kimchi: Young radish kimchi prepared using YR-Control, Kimchi A: Young radish kimchi prepared using YR-A, Kimchi B: Young radish kimchi prepared using YR-B.

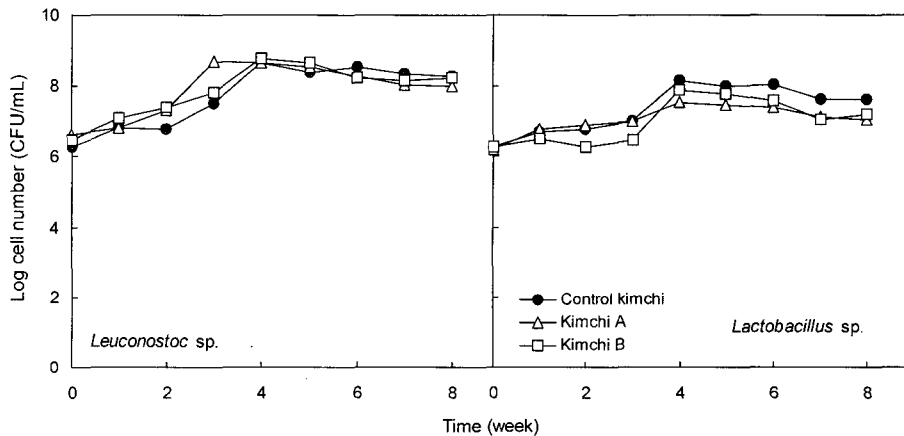


Fig. 2. Changes in *Leuconostoc* sp. and *Lactobacillus* sp. counts of young radish kimchis during fermentation at 5°C. Samples are the same as in Fig. 1.

*Leuconostoc*속 젖산균 함량은 발효초기에 급격히 증가하여 발효 4~5 주일째에  $10^8$  CFU/mL에 도달하였다. *Leuconostoc* sp.는 적숙기의 pH범위에서 최대값( $4.4 \times 10^8$  CFU/mL)을 나타내었으며, pH 4.0에서도 높은 함량을 유지하였다. 대조군 김치의 *Lactobacillus*속 젖산균은 발효초기에 발효 3주일까지  $10^5 \sim 10^6$  CFU/mL의 낮은 함량을 나타낸 후 발효 4~5 주일째에 최대  $10^8$  CFU/mL까지 증가하였다. 이 그림에서 보듯이 발효초기에는 유황처리 열무로 제조한 김치 A와 김치 B가 대조군 김치보다 높은 *Leuconostoc*속 젖산균 함량을 나타내었으며, 발효후기 4주 이후부터는 거의 비슷한 수준이었다. 한편, 발효기간 중 김치 A와 김치 B의 *Lactobacillus*속 젖산균은 대조군 김치보다 지속적으로 낮은 함량을 나타내었다. 이 결과에서 유황처리한 열무김치는 발효과정 중 김치의 시원한 맛에 관여하는 *Leuconostoc*속 젖산균의 함량이 높은 반면, 신맛에 관여하는 *Lactobacillus*속 젖산균의 함량은 감소시켜 주는 것을 알 수 있었다.

유황처리 열무즙액 및 김치의 암세포 성장억제효과  
유황처리 열무 YR-A와 YR-B의 암세포 성장 억제효과

를 알아보기 위하여 수확 직후의 열무즙액을 이용하여 AGS 인체 위암세포의 성장 저해효과를 관찰하여 일반 토양에서 재배한 열무 YR-Control과 비교하였다(Table 2). 열무즙액 10  $\mu$ L/assay의 첨가 농도에서는 YR-Control 즙액은 24%의 낮은 암세포 성장 저해율을 보였으나, 유황처리 열무시료 YR-A와 YR-B의 암세포 성장 저해율은 각각 53%와 55%로 일반토양에서 재배한 열무에 비해 2배 이상의 높은 암세포 성장억제효과를 나타내었다. 한편, 20  $\mu$ L/assay의 첨가농도에서는 YR-Control, YR-A 및 YR-B는 각각 60%이상의 암세포 성장 저해율을 나타내었으며 대조군은 유의적 차이를 보였다. YR-A와 YR-B는 각각 76%의 높은 저해율 보였으나 유의적 차이는 없었다.

YR-Control, YR-A 및 YR-B를 사용하여 열무김치를 담은 후 적숙기 pH까지 발효시킨 즙액을 이용하여 AGS 인체 위암세포의 성장억제효과를 관찰하였다(Table 3). 낮은 첨가 농도 10  $\mu$ L/assay에서 모든 김치시료는 14~18%의 암세포 성장저해율을 나타내어 수확 직후 열무의 즙액 24%의 경우보다 낮은 암세포의 성장 억제효과를 보였으나, 20  $\mu$ L/

**Table 2. Inhibitory effects of young radish juices on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells in 3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyl tetrazolium (MTT) assay**

Sample <sup>1)</sup>	OD <sub>540</sub> (Level of sample, $\mu$ L/assay)	
	10	20
Control	0.581 $\pm$ 0.004 <sup>a2)</sup>	0.582 $\pm$ 0.016 <sup>a</sup>
YR-Control	0.441 $\pm$ 0.009 <sup>b</sup> (24) <sup>3)</sup>	0.238 $\pm$ 0.011 <sup>b</sup> (60)
YR-A	0.275 $\pm$ 0.003 <sup>c</sup> (53)	0.142 $\pm$ 0.001 <sup>c</sup> (76)
YR-B	0.263 $\pm$ 0.007 <sup>c</sup> (55)	0.140 $\pm$ 0.003 <sup>c</sup> (76)

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 1.

<sup>2)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

<sup>3)</sup>The values in parentheses are the inhibition rates (%).

**Table 3. Inhibitory effects of young radish kimchi juices on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells in 3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyl tetrazolium (MTT) assay**

Sample <sup>1)</sup>	OD <sub>540</sub> (Level of sample, $\mu$ L/assay)	
	10	20
Control	0.598 $\pm$ 0.004 <sup>a2)</sup>	0.595 $\pm$ 0.002 <sup>a</sup>
Control kimchi	0.516 $\pm$ 0.087 <sup>b</sup> (14) <sup>3)</sup>	0.254 $\pm$ 0.044 <sup>b</sup> (57)
Kimchi A	0.502 $\pm$ 0.071 <sup>c</sup> (16)	0.155 $\pm$ 0.013 <sup>c</sup> (74)
Kimchi B	0.493 $\pm$ 0.078 <sup>c</sup> (18)	0.153 $\pm$ 0.017 <sup>c</sup> (74)

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Fig. 1

<sup>2)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

<sup>3)</sup>The values in parentheses are the inhibition rates (%).

assay의 첨가농도에서는 대조군 김치 및 김치 A와 김치 B의즙액은 각각 57%, 74% 및 74%로 수확 직후의 열무즙액과 거의 비슷한 암세포 성장 억제효과를 나타내었다. 열무즙액의 암세포 성장억제효과가 김치에서도 비슷한 정도의 효과를 나타내는 것으로 보아 유향처리 열무는 김치로 담아 발효속성시커도 그 효과가 다르지 않았다.

대조군 김치 및 김치 A와 김치 B의 메탄올추출물을 이용하여 AGS 인체 위암세포의 성장저해효과를 관찰한 결과는 Table 4와 같다. 이 결과에서도 Table 3에서와 비슷한 경향을 보였다. 김치의 메탄올추출물을 1.5 mg/mL 첨가했을 때 모든 시료는 50%이상의 높은 암세포 성장 저해율을 나타내었으며, 대조군 및 김치 A와 김치 B의 메탄올추출물(Control kimchi-M, Kimchi A-M, Kimchi B-M)은 각각 57%, 67% 및 63%의 암세포 성장저해율을 나타내었다. 김치 A-M과 김치 B-M은 대조군 김치시료(Control kimchi-M)보다 유의적으로 높은 암세포 성장억제효과를 나타내었으나, 김치 A-M과 김치 B-M은 유의적 차이가 없었다. 3 mg/mL의 첨가 농도에서도 김치 A-M과 김치 B-M의 암세포 성장저해율은 각각 82%로 대조군 김치(Control kimchi-M)의 경우 73%보다 높은 암세포 성장억제효과를 나타내었다. 유향처리만을 한 토양에서 자란 열무로 담은 김치 A-M은 유향처리 후 복토를 덮은 토양에서 재배한 열무로 담은 김치 B-M과는 유의적 차이 없이 비슷한 암세포 성장억제효과를 나타

**Table 4. Inhibitory effects of methanol extracts from young radish kimchis on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells in 3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyl tetrazolium (MTT) assay**

Sample <sup>1)</sup>	OD <sub>540</sub> (Level of sample, mg/mL)	
	1.5	3
Control	0.415 $\pm$ 0.018 <sup>a2)</sup>	
Control kimchi-M	0.235 $\pm$ 0.048 <sup>b</sup> (57) <sup>3)</sup>	0.112 $\pm$ 0.018 <sup>b</sup> (73)
Kimchi A-M	0.186 $\pm$ 0.015 <sup>c</sup> (67)	0.074 $\pm$ 0.009 <sup>c</sup> (82)
Kimchi B-M	0.183 $\pm$ 0.031 <sup>c</sup> (63)	0.074 $\pm$ 0.006 <sup>c</sup> (82)

<sup>1)</sup>Control kimchi-M: Methanol extract from Young radish kimchi prepared using YR-Control.

Kimchi A-M: Methanol extract from Young radish kimchi prepared using YR-A.

Kimchi B-M: Methanol extract from Young radish kimchi prepared using YR-B.

<sup>2)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

<sup>3)</sup>The values in parentheses are the inhibition rates (%).

내었다. 따라서 토양에 유향을 처리하여 열무를 재배함으로써 아마도 열무의 성장과정에서 암세포 성장을 저지하는 유향 등의 활성성분 생성이 증가되어 유향처리를 하지 않은 토양에서 자란 열무의 경우보다 암세포 성장억제효과가 있는 것으로 생각된다. 그리고 유향을 처리하고 다시 복토를 덮는 것은 이 연구결과에 의하면 의미가 없는 것으로 생각된다.

일반적으로 십자화과 채소에 함유되어 있는 배당체인 glucosinolates는 가수분해효소 myrosinase에 의하여 glucose, sulfate 및 불안정 thiono 화합물로 분해되며, 이 불안정한 thiono 화합물은 곧장 다시 isothiocyanate, nitrile, thiocyanate의 생성물로 전환된다(19,20). Isothiocyanate는 항균, 항미, 살충작용 등의 생체방어반응에 관여하며 항암 및 종양발생 억제효과에 관한 연구들이 보고되고 있다(21-23). 본 연구결과에 의하면 열무김치의 암세포성장저지효과는 십자화과 채소에 존재하는 isothiocyanate 계열의 유향화합물에 의한 것으로 추측할 수 있으며, 토양에 유향을 처리함으로써 열무 자체에 높은 농도의 유향화합물이 증진되어 유향처리 토양에서 재배한 열무김치의 암세포성장억제활성이 대조군 김치의 경우보다 높게 나타난 것으로 사료된다.

## 요 약

유향처리 토양에서 재배한 열무 YR-A와 유향처리 후 복토를 덮어 재배한 열무 YR-B와 이 열무로 김치를 담근 김치 A와 김치 B의 pH 및 산도와 AGS 인체 위암세포의 성장억제효과에 미치는 영향을 관찰하였다. YR-A로 담근 열무김치 A와 YR-B로 담근 김치 B는 4~5주일에 적숙기의 pH에 도달하였으며, 이 때 산도는 0.88~1.20%의 높은 값을 나타내었다. 열무김치 A와 B는 발효가 더욱 진행되어 6~8주일이 경과되어도 pH는 4.0이하로 감소하지 않고 저장성이 길어지는 경향을 나타내었다. 유향처리한 김치 A와 다시 복

토를 한 김치 B는 일반 토양에서 재배한 대조군 김치에 비해 다소 빠른 시일에 적숙기에 도달하였다. 발효초기에는 김치 A가 대조군 김치보다 높은 *Leuconostoc*속 젖산균 함량을 나타내었으나, *Lactobacillus*속 젖산균수는 낮은 함량을 나타내었다. 암세포 성장억제효과의 경우, 유황처리 열무 YR-A 즙액과 YR-B 즙액은 일반토양에서 재배한 YR- Control 즙액에 비해 유의적으로 76%의 높은 암세포 성장억제효과를 나타내었으며, YR-A와 YR-B는 유의적 차이가 없었다. 대조군 김치, 김치 A와 김치 B의 각 즙액은 첨가 농도 10 µL/assay에서는 암세포 성장억제효과가 거의 나타나지 않았으나, 첨가 농도 20 µL/assay에서는 약 74%의 AGS 위암세포에 대한 성장억제효과가 있었으며 이 결과는 열무의 즙액시료 YR-A와 YR-B에서와 비슷한 효과를 나타내는 것으로 보아 열무김치의 발효과정에서는 그 효과가 거의 나타나지 않았음을 알 수 있었다. 열무김치의 메탄올추출물을 이용하여 암세포의 성장억제효과를 관찰한 결과에서도 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 열무 재배시 토양에의 유황처리방법은 열무김치의 발효과정 및 적숙기에서 시원한 맛을 증가시키고 신맛을 감소시켜 유황처리로 재배한 열무김치가 맛 부분에서 다소 우수하다고 할 수 있으나, 유황처리한 열무 YR-A와 다시 복토를 한 열무 YR-B의 산도와 맛에는 별로 차이가 없었다. 또 유황처리토양에서 재배된 열무와 이 열무로 담근 김치즙액의 AGS 암세포 성장 저지효과는 거의 비슷한 수준이었으며, 유황을 첨가하여 재배한 열무의 경우 대조군에 비해 그 효과가 증진되었다. 이 결과에 의하여 유황을 첨가하여 재배한 열무의 암세포의 성장을 저지하는 활성성분의 증가가 예상되어진다. 본 연구결과로부터 유황처리 열무의 기능성 식품재료로서의 개발가능성을 기대할 수 있으리라 생각된다.

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. *Mutat Res* 250: 79-86.
10. 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.
11. Kim MR. 1998. Research Bulletin of Kimchi Science and Technology. 8th Kimchi Research Institute Symposium. Pusan National University. p 117-118.
12. Agricultural R & D Promotion Center. 2004. Commercialization and technical development of functional young radish kimchi. 1st Annual Report.
13. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC. p 60.
14. Kong CS, Kim DK, Rhee SH, Rho CW, Hwang HJ, Choi KL, Park KY. 2005. Standardization of manufacturing method of young radish kimchi (yulmoo kimchi) and young radish watery kimchi (yulmoo mool-kimchi) in literatures. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 126-130.
15. Lee MK, Park WS, Kang KH. 1996. Selective media for isolation and enumeration of lactic acid bacteria from kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 754-760.
16. Park JG, Frucht H, LaRocca RV, Bliss DP, Kurita Y, Chen TR, Henslee JG, Trepel JB, Jensen RT, Johnson BE, Bang YJ, Kim JP, Gazdar AF. 1990. Characterization of cell lines established from human gastric carcinoma. *Cancer Res* 50: 2773-2780.
17. Choi SM, Kil JH, Jeon YS, Park KY. 2003. Fermentation characteristics, and antimutagenic and anticancer effects of mistletoe added kimchi. *J Korean Assoc Cancer Preven* 8: 98-106.
18. Mheen TI, Kwon TW, Lee CH. 1981. Traditional fermented food products in Korea. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 9: 253-261.
19. Jeffery EH, Jarrell V. 2001. Cruciferous vegetables and cancer prevention. In *Handbook of nutraceuticals and functional foods*. Robert EC, ed. CRC Press, Boca Raton, Florida. p 169-191.
20. Conaway CC, Yang YM, Chung FL. 2002. Isothiocyanates as cancer chemopreventive agents: their biological activities and metabolism in rodents and humans. *Curr Drug Metab* 3: 233-255.
21. 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.
22. Faulkner K, Mithen R, Williamson G. 1998. Selective increase of the potential anticarcinogen 4-methylsulphinylbutyl glucosinolate in broccoli. *Carcinogenesis* 19: 605-609.
23. 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.

(2005년 7월 12일 접수; 2006년 1월 27일 채택)