

# Quality characteristics and functionalities of Korean and Japanese spring *Baechu* cabbages and the kimchi prepared with such cabbages

So-Eun Park, Yeon-Ju Bong, Hee-Young Kim, Kun-Young Park\*

Department of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

## 한국산 및 일본산 봄배추와 이를 이용하여 제조한 김치의 품질특성과 기능성

박소은 · 봉연주 · 김희영 · 박건영\*

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

### Abstract

We examined the quality characteristics and functionalities of Korean and Japanese spring *Baechu* cabbages and the kimchi prepared with them. To study the physiochemical properties of the cabbages and the kimchis, we measured their water content, pH, acidity, microbial counts, and springiness. On the third week of the kimchi fermentation at 5°C, their sensory properties and *in vitro* DPPH radical scavenging and anticancer activities using AGS human gastric cancer cells were determined. The Japanese *Baechu* contained 97.1% water, and the Korean *Baechu*, 92.4%. The comparison of the textures of the raw *Baechu* and the brined *Baechu* showed that the Korean *Baechu* had higher springiness scores than the Japanese *Baechu*. After four-week fermentation, the springiness score of the kimchi with Korean *Baechu* was 53.5%, significantly higher than the 41.4% of the kimchi with Japanese *Baechu*. The kimchi prepared with Korean *Baechu* had a low total bacterial count but higher *Lactobacillus* sp. and *Leuconostoc* sp. counts than the kimchi with Japanese *Baechu*. The kimchi prepared with Korean *Baechu* had the highest overall acceptability score in the sensory evaluation test. The DPPH radical scavenging activity of the kimchi with Korean *Baechu* was 83.2%, and that of the kimchi with Japanese *Baechu*, 46.1%. When the AGS human gastric cancer cells were treated with the kimchis, the kimchi prepared with Korean *Baechu* showed a 45% cancer cell growth inhibition rate, and the kimchi with Japanese *Baechu*, 26%, at 1 mg/mL of methanol extracts. At the 2 mg/mL concentration, the kimchis with Korean *Baechu* and Japanese *Baechu* showed 97% and 74% inhibition, respectively. The Korean *Baechu* showed better quality than the Japanese *Baechu*, and the kimchi prepared with the Korean *Baechu* showed better kimchi quality and functionality than the Japanese *Baechu*.

Key words : quality, cabbages, kimchi, antioxidation, anticancer activity

### 서 론

김치는 세계인에 의해 인정받는 우리 고유의 전통발효 식품으로 항산화 및 암을 예방하는 채소류가 주원료이기에 비타민 C, 베타카로틴, 식이섬유소, 페놀성 화합물의 함량이 높으며 이와 함께 젖산균 등 여러 항암 물질을 많이 가지고 있다. 뿐만 아니라 김치의 재료인 마늘, 고춧가루 그리고 생성된 젖산균 등의 항돌연변이 및 항암 활성이 밝혀진 바 있다(1).

배추김치의 주재료인 배추는 십자화과 채소로 주로 봄, 여름, 가을에 생산되며 기후환경에 따라 다양한 품종이 한국, 일본, 중국에서 많이 재배되고 있는 실정이다(2). 배추에는 생리활성물질인 glucosinolates가 함유되어 있어 이 성분의 섭취는 소화기계, 폐 등의 암 발생을 억제한다고 보고된 바 있으며(3), 십자화과 채소 중 하나인 배추의 항암효과는 glucosinolates의 분해산물인 isothiocyanates에 의한 것으로도 알려져 있다(4).

우리나라의 김치는 일본을 비롯하여 세계 30여국에 수출되어지고 있으며 그 중 일본은 수출의 80% 이상을 차지할 정도로 최대 수출국이라 할 수 있다. 특히 전통적으로 절임 식품을 즐겨 먹는 일본인들에게 김치가 널리 보급되어 상품

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

화되었으며 시장 규모가 크게 성장하였다(5,6). 더욱이 김치가 발효식품으로서의 영양학적 우수성이 입증되었고, 김치의 부재료인 마늘(7), 고추(8)와 생강(9) 등에 항산화 물질이 존재하고 있음이 증명되고 있어 일본의 젊은 층을 중심으로 소비가 증가하고 있다(6).

김치에 대한 연구와 김치에 대한 한일 간의 관심에도 불구하고 양국에서 생산된 배추에 의한 김치의 품질 차이와 같은 과학적 분석은 Kim 등(10)의 한·일 겨울배추를 이용한 김치의 품질특성과 기능성 비교 연구를 제외하고는 미비한 실정이다. 또한 과거에는 김치 생산이 가정에서 김장의 형태로 겨울철에 집중되어 가을배추의 이용이 많았으나(11) 최근에는 현대인의 바쁜 생활로 인하여 가정에서의 제조가 많이 줄어들었으며 공장김치의 소비가 증가되었다(12). 이로 인해 김치 제조업체에서는 연중 지속적인 생산을 유지하기 위해 봄배추 이용량이 증가하고 있지만 봄배추에 대한 특성과 이로 제조한 김치의 연구는 주로 많이 이루어지지 아니하였다.

이에 본 연구에서는 우리나라에서 생산된 봄배추와 일본에서 재배되어 주로 사용되는 봄배추를 이용하여 생배추일 때의 품질의 차이점과 각 배추를 이용하여 제조한 김치의 이화학적 특성, 항산화 및 *in vitro* 항암효과를 비교하였으며 이를 통해 한국산 배추와 일본산 배추의 특성과 이를 이용하여 제조된 김치의 차별성을 밝히고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 배추는 한국과 일본에서 김치 제조시 보편적으로 사용되는 품종으로 2010년 3월에 재배된 한국산 배추(전라남도 해남군, 겨울황)와 비슷한 시기에 재배된 일본산 배추(간토지방 이바라키현, 황심)를 이용하였다. 간토지방 이바라키현의 황심은 aT(농수산물유통공사)를 통해 공급받았으며, 이 품종은 일본 동경 주변에서 김치 제조시 주로 사용되는 품종이다. 김치의 재료로 사용된 멸치액젓((주) 대상), 설탕(제일 제당), 고춧가루(종가집), 소금, 무, 파, 마늘, 생강 등은 부산시 금정구 장전동의 S마트에서 구입하여 사용하였다.

### 김치 제조

배추 절입에 사용된 소금은 간수를 제거한 천일염(NaCl 80% 이상, 한국염업조합)으로 배추 무게의 20%의 소금을 3:7의 비율로, 이 중 3은 생배추의 단단한 줄기에 켜켜이 뿌리고, 7은 물에 녹여 염수로 만들었다. 생배추를 2절하여 염수에 넣고 15시간을 절인 후 3회 세척 및 3시간 탈수하여 표준화 김치 레시피(13)를 이용하여 김치를 제조하였다. 제조된 김치는 5°C에서 저장·발효 시키며 1주마다 이화학

적 특성을 측정하여 총 4주간 실험하였다.

### 수분함량 측정

각 배추의 수분 함량은 105°C에서 상압가열건조법(14)을 이용하여 측정하였다.

### pH 및 산도 측정

멸균 비닐팩에 김치 시료를 담은 후, stomacher(HG-400, MAYO, Parkma, Italy)로 착즙하여 착즙한 시료액을 pH와 산도 측정 실험에 사용하였다. pH는 실온에서 pH meter(M220, Corning, MA, USA)로 측정하였고, 산도는 AOAC 표준시험법에 따라 20배 희석한 시료에 0.1 N NaOH를 가하여 pH 8.4가 될 때 까지 적정하며 이때 소비된 0.1 N NaOH mL수로 측정하였다. 적정한 값은 젖산(lactic acid)의 함량 %로 환산하여 나타내었다(15).

$$\text{Acidity (\%)} = \frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{Normality of NaOH} \times 0.09}{\text{Weight of sample (g)}} \times 100$$

### 총균 및 젖산균 수 측정

총균수의 측정은 평판계수법(plate count technique)을 이용하였다. 착즙한 시료를 멸균한 증류수로 단계별로 희석하여, 미리 가열 용해한 후 43~45°C로 냉각한 plate count agar(Difco, Detroit, MI, USA)에 0.1 mL씩 분주하여 도말하였다. 37°C에서 3일 동안 incubator에서 호기적으로 배양하고, 배양된 균의 colony 수를 계수하여 생성 콜로니 개수(CFU/g, colony forming units per gram)로 총균수를 나타내었다(16). 젖산균수의 측정은 총균수 측정과 동일한 방법으로 *Leuconostoc* sp.는 *Leuconostoc* 선택배지로 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 phenylethyl alcohol sucrose agar medium(PES medium)을 사용하여 20°C에서 5일간 incubator에서 혐기적으로 배양하였다(16). *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(16).

### 탄력성 측정

생배추와 이를 이용하여 제조한 절입배추 및 김치의 조직 탄성은 rheometer(CR-100D, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 springiness를 측정하였다. 탄력성 측정에 사용된 시료는 배추 밑동으로부터 5 cm 아래의 두께가 0.5 cm인 부분을 3×4 cm의 크기로 썰어 사용하였고, 각 시료마다 5회 반복 측정하여 이 값의 평균값을 구하였다. Rheometer의 조건은 Mode1, Max 10 kg, R/H R Real 3 kg, P/T Press 600 mm/m, REP1 3 sec로 설정하였다.

### 관능평가

관능평가는 반복된 랜덤화 완전 블록 계획(replicated randomized complete block design)(17)에 따라서 훈련된 8명의 관능요원이 평가하였다. 1회에 3가지 시료를 평가하였으며 이를 4회 반복하여 실시하였다. 평가내용은 정량적 묘사분석 방법(quantitative descriptive analysis)을 사용하였다. 주관적인 항목으로 종합적 외관(overall appearance), 종합적 평가(overall acceptability), 냄새(smell), 조직감(texture)을 평가하고, 객관적인 항목으로는 미각적 지각인 짠맛(saltiness), 쓴맛(bitter flavor), 군덕맛(moldy flavor), 신맛(acidic flavor)을 평가하였다. 주관적 평가는 1에 가까울수록 긍정적 기호를 가지며, 9에 가까울수록 부정적 기호를 가지는 것으로 나타났고, 객관적 평가에서는 1에 가까울수록 각 항목이 감지되지 않고, 9에 가까울수록 강하게 감지되는 것으로 나타났었다. 미각적 지각은 각 시료를 여러 차례 씹은 후 입 또는 코로 감지되는 맛과 향으로 평가하였다. 신맛은 산에 의해 나타나는 맛, 쓴맛은 녹색 채소에서 나는 씹쓸한 맛, 군덕맛은 오래된 김치에서 나는 불쾌한 맛으로 정의하였다(18).

### 김치 추출물의 제조

제조된 김치를 적숙기인 pH 4.1~4.3 일 때 동결건조 시킨 후 마쇄하여 분말로 만들었다. 분말시료를 20배(w/v)의 methanol에 섞어 2회 반복 추출한 후 회전식 진공농축기(Buchi 461, Switzerland)를 통해 농축시켜 메탄올 추출물을 조제하여, 이를 농도별로 희석하여 사용하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 분석

항산화 기능을 측정하기 위하여 김치의 메탄올 추출물을 2 mg/mL의 농도로 메탄올에 용해시켜 사용하였다. 96-well plate에 용해한 시료 100 µL와 150 µM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 100 µL를 혼합하여 30 분간 실온에 방치시킨 후, 540 nm에서 분광광도계(UV/VIS Spectrophotometer, Jasco, Tokyo, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조군과 시료를 첨가한 실험군과의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다(19).

### 암세포 배양

AGS 인체 위암세포(AGS human gastric adenocarcinoma cell)는 한국세포주은행(Seoul, Korea)으로부터 분양받아 100 units/mL의 penicillin-streptomycin과 10%의 FBS가 함유된 RPMI 1640(GIBCO, Grand Island, NY, USA)을 사용하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> incubator(Forma, 311 S/N29035, Marietta, OH, USA)에서 배양하였다(20). 배양된 암세포는 일주일에 2~3회 refeeding하고 6~7일 후 PBS로 세척하여 0.05% trypsin-0.02% EDTA(GIBCO)를 첨가하여 부착된 세포를 분리하였고, 이를 원심분리하여 암세포를 집적시켰다. 집

적된 암세포에 새로운 배지를 넣어 피펫으로 암세포가 골고루 분산되도록 배지와 잘 혼합한 후 75 mL cell culture flask에 일정하게 분할 주입하여 5~6일 마다 계대 배양하면서 실험에 사용하였다.

### AGS 인체 위암세포를 이용한 *in vitro* 항암효과

배양된 암세포를 96-well plate에 각 well당  $1 \times 10^4$  cells/mL가 되도록 180 µL를 분주하고, 농도별로 DMSO에 희석한 김치의 메탄올 추출물을 20 µL 첨가하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 72시간 배양하였다. 배양한 well plate에 5 mg/mL의 농도로 제조한 3-(4,5-dimethylthiazol)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide(MTT) 용액 20 µL를 첨가하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 4시간 배양하였다. 4시간 동안 배양한 후 생성된 formazan 결정을 DMSO에 용해시켜 ELISA reader를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다(21).

$$\text{Cytotoxicity (\%)} = \frac{\text{대조구의 흡광도} - \text{시료처리구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

### 통계분석

통계분석은 Statistic Analysis System(9.1 SAS Institute Inc., NC, USA) 통계 프로그램을 이용하였다. Student's t-test를 통하여 p<0.05와 p<0.01 수준에서 통계분석 하였다.

## 결과 및 고찰

### 한국산·일본산 봄배추의 특성

#### 수분 함량

일반적으로 배추는 90% 이상의 높은 수분함량을 가진 채소이다. 한국산 봄배추(전라남도 해남군, 겨울황)와 일본산 봄배추(간토지방 이바라키현, 황심)의 수분함량을 측정 한 결과(Fig. 1), 각각 92.4%, 97.1%의 수분 함량을 나타내어 일본산 배추가 한국산 배추에 비해 수분 함량이 높은 것으로 나타났다(p<0.05). 한국과 일본의 겨울배추를 이용한 Park(23)의 연구에서도 일본산 배추가 한국산 배추에 비해 수분 함량이 높은 것으로 나타나 일본산 배추는 겨울배추나 봄배추 모두 수분이 많았다. 이는 생산지의 기후조건, 토양 등의 재배 환경에 의한 것으로 보인다. 배추를 소금에 절이면 삼투압에 의하여 배추 조직으로부터 조직액의 용출 및 조직으로의 소금의 침투 현상이 일어나는데(22), 배추가 수분을 많이 함유하고 있을 경우 절임 시 수분이 많이 용출되어 조직감에 영향을 줄 것으로 판단된다.

#### 탄력성

조직감은 탄력성(springiness), 절단강도(cutting strength), 견고성(hardness), 깨어짐성(brittleness), 씹힘성(chewiness)

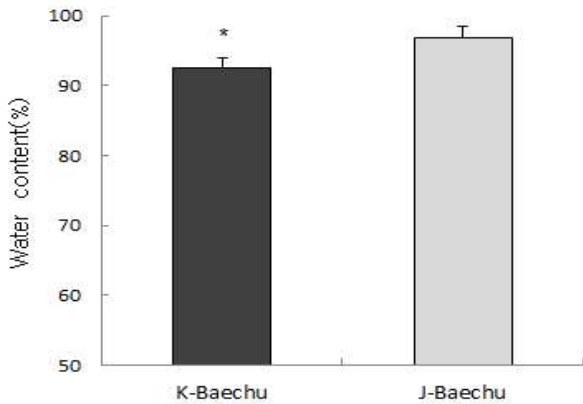


Fig. 1. Measuring of water content in Korean and Japanese *Baechu* cabbages.

K-Baechu : Korean *Baechu* cabbages (Kyeoulwhang from Haenam)  
 J-Baechu : Japanese *Baechu* cabbages (Hwangsim from Ibaraki)  
 \*Significantly different at  $p < 0.05$ .

등이 중요한 요소이다(23). 본 연구에서는 조직감의 변화를 탄력성(springiness)으로 측정하여 한국산 봄배추와 일본산 봄배추의 탄력성을 Fig. 2에 나타내었다. 겨울배추를 이용하여 생배추와 절임배추의 탄력성을 측정한 결과 일본산 배추가 한국산 배추에 비해 탄력성이 낮다고 확인 된 바 있다(24). 본 연구에서는 한국산 배추의 경우 생배추일 때 75.0%의 탄력성을 나타냈으며, 일본산 배추는 64.7%이었다. 각 배추들을 절임 하여 측정한 결과 한국산 배추는 64.0%, 일본산 배추는 50.1%로 탄력성이 감소되었다. 이 결과 일본산 배추가 한국산 배추에 비해 더 많은 수분을 함유하며 탄력성이 낮고 무른 질감을 가졌다는 것을 보여준다( $p < 0.05$ ). 탄력성의 감소는 염장에 의하여 배추 조직 내부의 공기가 감소되고 수분이 용출됨에 따라 나타나는 것으로 보인다(25).

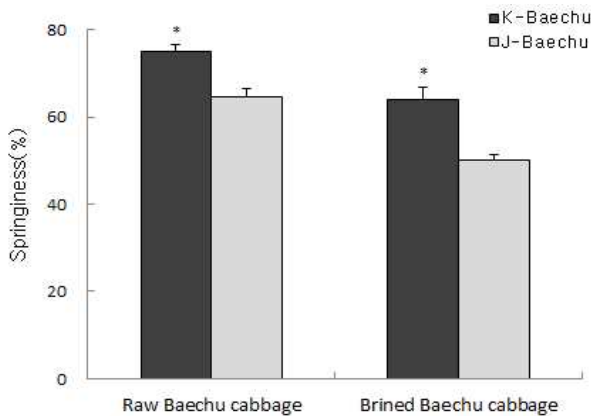


Fig. 2. Comparison of springiness of Korean and Japanese *Baechu* cabbages and the brined cabbages.

K-Baechu : Korean *Baechu* cabbages (Kyeoulwhang from Haenam)  
 J-Baechu : Japanese *Baechu* cabbages (Hwangsim from Ibaraki)  
 \*Significantly different at  $p < 0.05$ .

한국산·일본산 봄배추를 이용한 김치의 저장기간에 따른 이화학적 특성

pH 및 산도 변화

한국산 봄배추와 일본산 봄배추를 이용하여 김치를 제조하여 4주 동안 발효시켜 pH와 산도의 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 김치는 숙성 기간 중 각종 효소와 미생물에 의해 생성된 유기산이 김치 특유의 신선한 맛을 주게 된다. 김치에서 생성된 유기산은 김치의 pH를 감소시키고 산도는 증가시켜 김치의 숙성정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표라 할 수 있으며, 이를 통해 젖산균의 생육이나 김치의 발효도를 예상 할 수 있다(26). 한국산 배추로 제조한 김치의 pH 변화를 4주간 관찰한 결과 pH 5.52에서 4주 발효 후 pH 4.83으로 감소한 반면, 일본산 배추로 제조한 김치의 경우 pH 5.49에서 4주 발효 후 pH 4.35로 감소하였다. 한국산 배추로 제조한 김치는 4주의 발효과정을 거쳐 서서히 pH가 감소한 반면, 일본산 배추로 제조한 김치는 4주 후의 pH가 한국산 배추김치보다 낮고, 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있었다. 산도는 한국산 배추로 제조한 김치는 제조 0주차에 0.32%에서 4주 발효 후 0.56%로 상승하여 pH와 같이 서서히 변화하는 것으로 나타났고, 일본산 배추로 제조한 김치의 경우 산도가 제조 0주차에는 0.41%에서 4주간 발효 후 0.82%로 상승하여 급격한 변화를 나타내었다. 본 연구 결과와 한국과 일본의 겨울배추를 이용한 Park의 연구(24)를 통해 한국산 배추로 제조하여 발효를 거친 김치가 적숙기의 pH와 산도를 오랫동안 유지하며 일정한 품질을 장기간 유지하는 것으로 관찰되었다.

총균수 및 젖산균수의 변화

한국산 봄배추와 일본산 봄배추로 제조한 김치를 발효하였을 때, 발효 기간에 따른 미생물수의 변화는 Fig. 4와 같다. 한국산 배추로 제조한 김치의 총균수(총호기성 세균수)는 김치 제조 0주차에  $1.0 \times 10^4$  CFU/g으로 나타났고 일본산 배추로 제조한 김치의 총균수는  $4.0 \times 10^4$  CFU/g로 나타나 김치를 제조한 직후에는 일본산 배추를 이용하여 제조한 김치의 총균수가 높게 나타났다. 김치를 제조한지 4주가 지난 후 한국산 배추로 제조한 김치의 경우 총균수가  $6.2 \times 10^6$  CFU/g이며 일본산 배추로 제조한 김치는  $2.1 \times 10^7$  CFU/g으로 나타나 한국산 배추로 제조한 김치가 일본산 배추로 제조한 김치보다 호기성 부패균이 서서히 자라는 것으로 보였다. 발효 초기 한국산 배추로 제조한 김치와 일본산 배추로 제조한 김치의 *Lactobacillus* sp.의 수는 각각  $5.0 \times 10^1$  CFU/g,  $1.6 \times 10^1$  CFU/g 이었다. 4주 발효 후에는 한국산 배추로 제조한 김치에서  $1.6 \times 10^7$  CFU/g, 일본산 배추로 제조한 김치에서  $1.0 \times 10^6$  CFU/g으로 나타났다. *Leuconostoc* sp. 수는 발효초기 한국산 배추로 제조한 김치와 일본산 배추로 제조한 김치는 각각  $2.5 \times 10^3$  CFU/g,  $7.9 \times 10^2$  CFU/g이었으며, 4주 발효 후  $7.9 \times 10^6$  CFU/g과

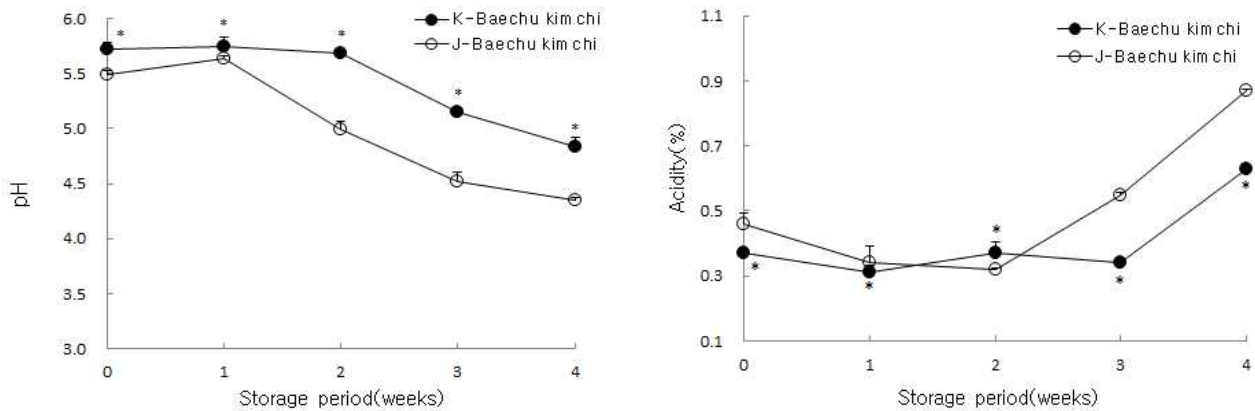


Fig. 3. pH and acidity changes of kimchi prepared with Korean and Japanese *Baechu* cabbages during fermentation at 5°C for 4 weeks.

K-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Korean baechu cabbages (Kyeoulwhang from Haenam)

J-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Japanese baechu cabbages (Hwangsim from Ibaraki)

\*Significantly different at the same period (week) at p<0.05.

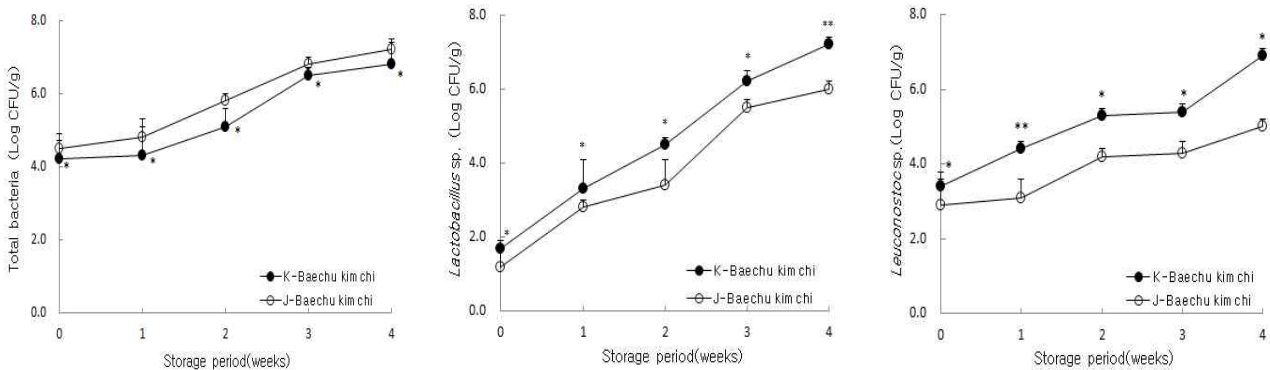


Fig. 4. Changes of total bacteria, *Lactobacillus* sp. and *Leuconostoc* sp. counts in kimchi prepared with Korean and Japanese baechu cabbages during fermentation at 5°C for 4 weeks.

K-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Korean baechu cabbages (Kyeoulwhang from Haenam)

J-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Japanese baechu cabbages (Hwangsim from Ibaraki)

\*Significantly different at the same period (week) at p<0.05.

\*\*Significantly different at the same period (week) at p<0.01.

1.0×10<sup>5</sup> CFU/g으로 측정되었다. *Lactobacillus* sp.와 *Leuconostoc* sp.의 경우 김치가 숙성되면서 증가하는 것으로 알려져 있는데(27), 한국산 배추로 제조한 김치에는 일본산 배추로 제조한 김치보다 발효 초기부터 젖산균수가 많았으며 발효 후에도 많은 양의 젖산균이 존재한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 한국산 배추로 김치를 제조하여 발효 과정을 거치게 되면 일본산 배추를 이용한 김치보다 총균수가 비교적 서서히 증가하며, 젖산균의 증식은 많이 일어나는 것으로 나타났다(p<0.05). 이 결과는 겨울배추로 김치를 제조하여 비교한 Kim 등(10)의 연구와도 일치하는 결과로 한국산 배추가 일본산 배추보다 김치의 바람직한 발효를 진행시키는 것으로 볼 수 있다. 그러나 한국산 배추와 일본산 배추의 수분함량과 영양성분 등이 김치의 발효에서 미생물의 변화에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 좀 더 심도 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 탄력성 변화

한국산 봄배추와 일본산 봄배추로 제조한 김치의 경우 저장 기간이 길어질수록 탄력성(springiness)이 감소하여 무른 질감으로 변화하는 것으로 나타났는데 이는 저장 기간의 경과에 따라 조직이 연화되어, 조직 속에서 빠져나온 polygalacturonase, pectin methylesterase 등의 효소 작용에 의해 펙틴질 성상의 변화로 인한 것이라 생각된다(28). 한국산 배추로 만든 김치의 경우 제조일로부터 4주가 경과하게 되면 0주차의 탄력성 69.0%에서 53.5%로 감소하며, 일본산 배추로 만든 김치의 경우 56.5%에서 41.4%로 감소하였다. 각 김치의 탄력성 감소율은 비슷한 정도이나 한국산 배추로 만든 김치에 비해 일본산 배추로 만든 김치가 낮은 탄력성을 보여주었다. 특히 일본산 배추로 제조한 김치가 제조 즉시에 56.5%의 탄력성을 보인 반면, 한국산 김치는 발효 4주차에 이르러서도 53.5%로 나타난 것은 한국산 배추로



김치를 제조할 경우 발효 한 달 까지도 배추 조직이 물러지지 않고 탄력성을 유지하는 것으로 관찰되었다. 이 결과 일본산 봄배추는 수분이 많고 조직이 무르며 한국산 봄배추에 비해 낮은 탄력성을 보인다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 한국산 겨울 배추로 제조한 김치가 일본산 겨울배추로 제조한 김치보다 발효과정에서 탄력성이 전반적으로 높게 나타난 연구결과(10)와도 일치하였다. 따라서 한국산 배추로 제조한 김치가 높은 탄력성을 오래 유지하여 더욱 아삭아삭한 맛을 내기 때문에 김치 제조에 더 적합하다고 볼 수 있다.

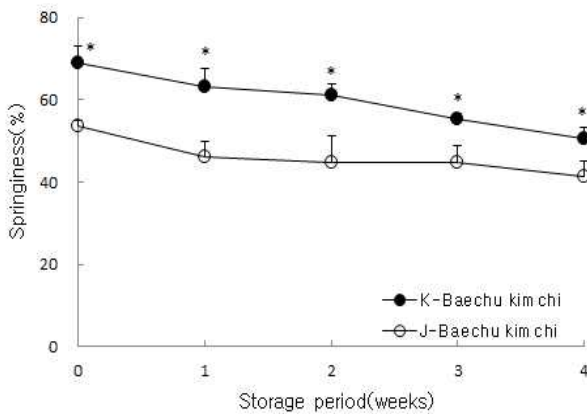


Fig. 5. Changes of springiness in kimchi prepared with Korean and Japanese *Baechu* cabbages during fermentation at 5°C for 4 weeks.

K-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Korean baechu cabbages (Kyeoulwhang from Haenam)  
 J-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Japanese baechu cabbages (Hwangsim from Ibaraki)  
 \*Significantly different at the same period (week) at  $p < 0.05$ .

관능평가

5°C에서 저장, 발효된 김치는 제조 3주차에 pH 4.1~4.3인 적숙기에 도달하여 이 시점에 관능검사를 실시하였으며 결과는 Fig. 6에 나타난 바와 같다. 한국산 배추와 일본산 배추로 제조한 김치의 관능검사 결과, 일본산 배추로 제조한 김치(4.1 점)에 비해 한국산 배추로 제조한 김치가 종합적인 기호도에서 6.3점으로 높게 나타났으며, 탄산맛, 질감 등이 우수하게 나타났다. 쓴맛이나 군덕맛, 짠맛 등의 부정적인 척도를 나타내는 항목에서는 한국산 배추로 제조한 김치가 4점 이하로 낮은 점수를 받았다. 일본산 배추로 제조한 김치는 부정적인 척도를 나타내는 항목의 점수가 6점 이상으로 한국산 배추김치보다 높게 평가되었고, 종합적인 기호도에서도 낮은 점수를 받았다. 질감(씹힘성)의 경우 한국산 배추로 제조한 김치가 6.5점, 일본산 배추로 제조한 김치가 5.1점으로 평가되어 rheometer기를 이용하여 측정 한 탄력성 결과와도 유사하게 나타났다. 이를 통해 일본산 배추로 제조한 김치 보다 한국산 배추로 제조한 김치의 관능적 만족도가 높게 평가되었다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 한국과 일본의 겨울배추를 이용한 김치의

특성을 비교한 Kim 등(10)과 Park(23)의 연구와도 일치하였다.

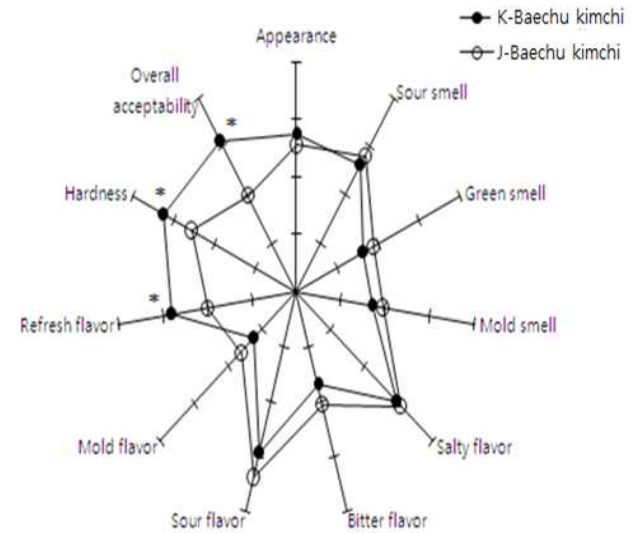


Fig. 6. Sensory evaluation of kimchi prepared with Korean and Japanese *Baechu* cabbages that fermented for 3 weeks at 5°C (pH 4.2 - 4.3).

K-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Korean baechu cabbages (Kyeoulwhang from Haenam)  
 J-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Japanese baechu cabbages (Hwangsim from Ibaraki)  
 \*Significantly different at  $p < 0.05$ .

한국산·일본산 봄배추로 제조한 김치의 기능성

DPPH 소거활성능

배추김치에는 항산화물질이 존재함이 여러 연구에서 밝혀진 바 있다(29,30). DPPH radical 소거능법을 이용하여 항산화 효과를 측정한 결과, 한국산 배추로 제조한 김치는 83.2%, 일본산 배추로 제조한 김치는 46.1%로 한국산 배추로 제조한 김치가 약 2배 정도 뛰어난 DPPH radical 소거 효과를 가지는 것을 확인하였다(Fig. 7A). 이들 김치는 동일한 레시피로 제조하였고, 배추만 달리 하였기 때문에 이러한 결과는 배추의 차이 때문에 나타난 것으로 보인다. 배추에 관한 항산화 기능은 이미 여러 연구에서 밝혀진 바 있는데(31,32), 본 연구에서 한국산 배추로 만든 김치가 항산화 효과가 더 좋게 나온 것은 십자화과 채소에서 기능성 물질로 널리 알려진 페놀물질, glucosinolates, 비타민 C, lutein, zeaxanthin, isothiocyanate 등 때문인 것으로 보인다 (1,3,4,33).

In vitro AGS 인체 위암세포 성장저해 효과

MTT assay는 생존 암세포의 효소작용에 의해 MTT가 환원되어 formazan crystal로 침전되는 정도를 흡광도로 측정하여 암세포가 사멸 또는 증식이 억제되는 정도를 확인하는 실험법이다(20). AGS 인체 위암세포를 사용하여 한국산 배추와 일본산 배추를 이용하여 제조한 김치의 암세포 성장

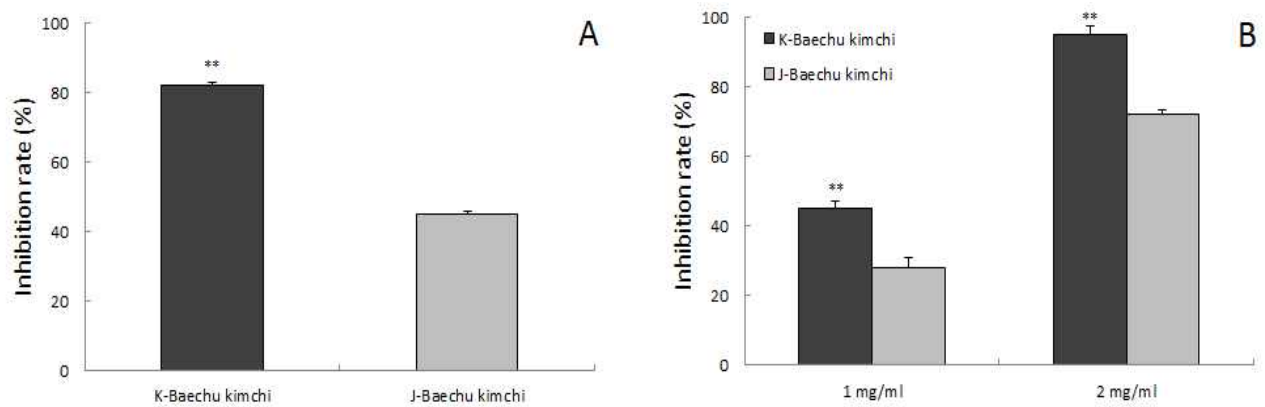


Fig. 7. DPPH radical scavenging effects (A) and inhibitory effects of the methanol extracts from kimchi prepared with Korean and Japanese *Baechu* cabbages that fermented for 3 weeks at 5°C on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells in MTT (3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyl tetrazolium) assay (B).

K-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Korean baechu cabbages (Kyeoulwhang from Haenam)

J-Baechu kimchi : Kimchi prepared with Japanese baechu cabbages (Hwangsim from Ibaraki)

\*\*Significantly different at the same period (week) at  $p < 0.01$ .

저해 효과를 비교하였다(Fig. 7B). 한국산 배추로 제조한 김치와 일본산 배추로 제조한 김치를 메탄올로 추출하여 AGS 인체 위암세포에 1 mg/mL의 농도로 처리한 결과 한국산 배추로 제조한 김치는 45%의 암세포 성장 저해율을, 일본산 배추로 제조한 김치는 26%의 암세포 성장 저해율을 나타내었다. 2 mg/mL의 농도로 처리했을 경우 97%와 74%의 암세포 성장 저해율을 나타내어 한국산 배추로 제조한 김치가 일본산 배추로 제조한 김치보다 현저하게 효과가 높은 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 이 결과는 겨울배추를 이용한 Kim 등(10)의 연구에서도 한국산 배추로 제조한 김치가 일본산 배추로 제조한 김치보다 AGS 인체 위암세포에서 높은 항암효과를 나타낸 것과 일치한다. 각 김치에 첨가된 부재료와 숙성 조건이 동일하기 때문에 항산화효과와 *in vitro* 항암 기능성의 차이는 배추에 존재하는 페놀물질, 비타민 C 및 glucosinolate의 가수분해 물질과 같은 기능성 물질의 함량 차이로 인해 생기는 것으로 보인다. 배추와 같은 십자화과 채소에는 indol 화합물(34), phenylethyl isothiocyanate, sinigrin, allyl isothiocyanate 등의 물질이 존재하며, 이들 물질은 전립선암, 유방암, 폐암 등의 암세포 증식을 억제하는 것으로도 알려져 있다(35-37). 따라서 한국산 및 일본산 배추의 기능성 물질 함량 분석 등의 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구에서는 한국산 봄배추와 일본산 봄배추의 품질특성과 기능성을 살펴보고, 이 배추를 이용하여 김치를 제조한 후 5°C에서 4주 동안 발효하여 이화학적 특성 및 *in vitro* 건강 기능성의 차이를 살펴보았다. 품질특성으로 수분함

량, pH, 산도, 총균수, *Lactobacillus* sp.의 수, *Leuconostoc* sp.의 수, 조직감, 관능평가를 실시하였으며 적숙기에서의 항산화, *in vitro* 항암 기능성 실험을 하였다. 일본산 배추는 97.1%의 수분을 함유하였고 한국산 배추는 92.4%의 수분을 함유한 것으로 나타나 일본산배추가 한국산 배추에 비해 높은 수분을 함유하고 있었다. 생배추와 절임배추에서 한국산 배추가 일본산 배추보다 탄력성이 높았고 4주간 숙성한 김치의 탄력성은 한국산 김치가 53.5%로, 일본산 김치(41.4%)보다 월등히 높은 것을 확인할 수 있었다. 한국산 배추로 제조하여 발효한 김치는 총균수는 낮으면서 젖산균인 *Lactobacillus* sp.와 *Leuconostoc* sp.의 수는 높게 나타났다. 관능평가에서 한국산 배추로 제조한 김치의 관능적 만족도가 높게 평가되었다. 발효 3주차의 김치를 이용하여 DPPH radical 소거능을 측정된 결과 한국산 배추로 제조한 김치는 83.2%, 일본산 배추로 제조한 김치는 46.1%로 한국산 배추로 제조한 김치에서 약 2배 정도 높은 DPPH radical 소거효과를 나타냈다. AGS 인체 위암세포에 김치의 메탄올 추출물을 1 mg/mL의 농도로 처리했을 때 한국산 배추로 제조한 김치는 45%, 일본산 배추로 제조한 김치는 26%의 암세포 성장 저해율을 나타냈고, 2 mg/mL의 농도에서는 각각 97%, 74%의 암세포 성장 저해율을 나타내어 한국산 배추로 제조한 김치에서 저해 효과가 높은 것으로 나타났다. 결국 한국산 배추의 품질이 우수하고 이로 제조한 김치가 일본산 배추로 제조한 김치보다 품질이 우수하고 더 높은 항산화 및 항암기능성(AGS 위암세포)을 나타내었다.

## 감사의 글

본 연구는 aT(농수산물유통공사) 지원으로 수행되었으

며 이에 감사드립니다.

## References

- Park KY (1995) The nutrition evaluation and antimutagenic and anticancer effects of kimchi. *J Korean Soc Food Nutr*, 24, 169-182
- McNaughton SA, Marks GC (2003) Development of a food composition database for the estimation of dietary intakes of glucosinolates, the biologically active constituents of cruciferous vegetables. *Br J Nutr*, 90, 687-697
- Van Poppel G, Verhoeven DT, Verhagen H, Goldbohm RA (1999) Brassica vegetables and cancer prevention. Epidemiology and mechanisms. *Adv Exp Med Biol*, 472, 159-168
- Talalay P (1989) Mechanisms of induction of enzymes that protect against chemical carcinogenesis. *Adv Enzyme Regul*, 28, 237-250
- Cho SK, Moon JS, Kim YJ, Kim JE, Choi HY, Ahn JE, Otgonbayar GE, Eom HJ, Kim TJ, Kim YM, Kim HR, Han NS (2012) Comparison of chemical and microbiological characteristics of commercial kimchi products in Korea and Japan. *Korean J Food Sci Technol*, 44, 155-161
- Hwang KS (2005) The current condition of export to Japan and developmental perspectives of Korean kimchi. *Korean J Food Preserv*, 4, 46-56
- Vanderhoek JY, Makheja AN, Bailey JM (1980) Inhibition of fatty acid oxygenases by onion and garlic oil. *Biochem Pharma*, 29, 3169-3173
- Lee CH, Chung KY, Lim SC, Choi DY, Kim CJ, Choi BK (1994) Studies on the antioxidant activity of capsaicin and oleoresin from red pepper in ground beef belly meat. *J Korean Soc Food Sci Technol*, 26, 496-499
- Beak SE, Woo SK (1993) Antioxidant activity of crude gingerol I. Thermal stability of gingerol from ginger and effect of its concentration on the oxidation of soybean oil. *Korean J Food Cookery Sci*, 9, 33-36
- Kim HY, Kil JH, Park KY (2013) Comparing the properties and functionality of kimchi made with Korean or Japanese baechu cabbage and recipes. *Korean J Food Sci Nutr*, 42, 520-526
- Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang GH (1994) Comparison of fall cultivars of Chinese cabbage for kimchi preparation. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 226-230
- Kim JH, Yoon HR (2012) A survey on the nationwide customers' usage of kimchi consumption. *Korean J Food Nutr*, 25, 299-307
- Cho EJ, Lee SM, Park KY (1998) Standardization of kinds of ingredient in Chinese cabbage kimchi. *Korean J Food Sci Technol*, 9, 1228-1235
- Jung JI, Hong EY, Kim MK, Jung JW, Oh JY, Kwon MS, Lee KP, Kim GH (2009) Changes in total glucosinolates levels and physico-chemical properties of kimchi using Korean Chinese cabbage of harvest time according to various storage conditions. *Korean J Food Preserv*, 16, 612-617
- AOAC (1990) Official methods of analysis. Association of official analytical chemistry, Washington DC, USA. p 79
- Lee CW, Ko CY, Ha DM (1992) Microfloral changes of the lactic acid bacteria during kimchi fermentation and identification of the isolates. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol*, 20, 102-109
- Ha JH (2002) Analysis of volatile organic compounds in kimchi absorbed in SPME by GC-AFD and GC-MSD. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 31, 543-545
- Han GJ, Choi HS, Lee SM, Lee EJ, Park SE, Park KY (2011) Addition of starters in pasteurized brined baechu cabbage increased kimchi quality and health functionality. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 110-115
- Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
- Ko SG, Kim HP, Jin DH, Bae HS, Kim SH, Park CH, Lee JW (2005) *Saussurea lappa* induces G2-growth arrest and apoptosis in AGS gastric cancer cells. *Cancer Lett*, 220, 11-19
- Bocca C, Gabriel L, Bozzo F, Miglietta A (2004) A sesquiterpene lactone, costunolide, interacts with microtubule protein and inhibits the growth of MCF-7 cells. *Chem Biol Interact*, 147, 79-86
- Hwang ES (2010) Changes in myrosinase activity and total glucosinolate levels in Korean Chinese cabbages by salting conditions. *Korean Food Cookery Sci*, 26, 104-109
- Lee CH, Park SH (1982) Studies on the texture describing terms of Korean. *Korean Food Sci Technol*, 14, 21-29
- Park SE (2011) Quality characteristics and the chemoprevention effects of Korean and Japanese raw baechu cabbages, and kimchi prepared with the cabbages. MS Thesis. Pusan National University, Busan, Korea.
- Lee CH, Hwang IJ, Kim JK (1998) Macro- and



- microstructure of Chinese cabbage leaves and their texture measurements. *Korean J Food Sci Technol*, 20, 742-748
26. Ku KH, Kang KO, Kim WJ (1998) Some quality changes during fermentation of kimchi. *Korean J Food Sci Technol*, 20, 476-482
  27. Lee DS, Cheigh HS, Park WS (1999) Analysis of variables influencing the pressure build-up and volume expansion kimchi package. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 28, 429-437
  28. Lee SH, Kim SD (1988) Effect of starter on the fermentation of kimchi. *J Korean Soc Food Nutr*, 17, 342-347
  29. Ryu BM, Ryu SH, Jeon YS, Lee YS, Moon GS (2004) Inhibitory effect of solvent fraction of various kinds of kimchi on ultraviolet B induced oxidation and erythema formation of hairless mice skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 785-790
  30. Lee YO, Park KY, Cheigh HS (1996) Antioxidative effect of kimchi with various fermentation period on the lipid oxidation of cooked ground meat. *J Korean Soc Food Nutr* 25, 261-266
  31. Proteggente AR, Pannala AS, Paganga G, Buren LV, Wagner E, Wiseman S, Put FVD, Dacombe C, Rice-Evans CA (2002) The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radic Res*, 36, 217-233
  32. Kim JS, Shim IS, Kim IS, Kim MJ (2010) Changes of cysteine, glutathione and ascorbic acid content in Chinese cabbage, head lettuce and spinach by the growth stage. *Korean J Hort Sci Technol*, 28, 186-191
  33. Min DR, Park SY, Chin KB (2010) Evaluation of antioxidative and antimicrobial activities of garlic stem and red cabbage and their application to pork patties during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 30, 291-297.
  34. Park JH, Lee SJ, Kim BR, Woo ET, Lee JS, Han EH, Lee YH, Park YD (2011) Isolation of myrosinase and glutathione S-transferase genes and transformation of these genes to develop phenylethylisothiocyanate enriching chinese cabbage. *Korean J Hort Sci Technol*, 29, 623-632
  35. Hwang ES, Lee HJ (2010) Effects of phenylethyl isothiocyanate and its metabolite on cell-cycle arrest and apoptosis in LNCaP human prostate cancer cells. *Int J Food Sci Nutr*, 61, 324-336
  36. Sharifah SS, Breeze EC, Alison D, Graham P (2012) Differential induction of apoptosis in human breast cancer cell lines by phenethyl isothiocyanate, a glutathione depleting agent. *Cell Stress Chaperones*, 17, 529-538
  37. Tan XL, Shi M, Tang H, Han W, Spivack SD (2010) Candidate dietary phytochemicals modulate expression of phase II enzymes GSTP1 and NQO1 in human lung cells. *J Nutr*, 140, 1404-1410

---

(접수 2013년 5월 18일 수정 2013년 10월 2일 채택 2013년 10월 10일)