

## 수확기간별 배추를 이용한 김치의 저장조건에 따른 Total Glucosinolates 함량 및 이화학적 변화

정지인 · 홍은영 · 김미경 · 정지원<sup>1</sup> · 오지영<sup>1</sup> · 권민수<sup>1</sup> · 이강표<sup>1</sup> · 김건희<sup>†</sup>  
덕성여자대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>CJ 제일제당(주) 식품연구소

### Changes in Total Glucosinolates Levels and Physico-Chemical Properties of Kimchi using Korean Chinese Cabbage of Harvest Time according to Various Storage Conditions

Ji-In Jung, Eun-Young Hong, Mee-Kyung Kim, Ji-Won Jung<sup>1</sup>,  
Ji-Young Oh<sup>1</sup>, Min-Soo Kwon<sup>1</sup>, Kang-Pyo Lee<sup>1</sup> and Gun-Hee Kim<sup>†</sup>  
Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea  
<sup>1</sup>Food R&D, CJ CheilJedang Corporation, Seoul 152-051, Korea

#### Abstract

Kimchi is a traditional pickled food using Korean Chinese cabbage (*Brassica campestris* var. *pekinensis*) and also containing phytochemicals, glucosinolates. This study was carried out to investigate the changes in the total glucosinolates levels of Kimchi using Korean Chinese cabbage of harvest time (June-July, August-September, October-November, December-April, May) according to storage temperature (4, 10, 15°C) and storage duration (0, 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21 and 28 day). For determination of glucosinolates, 50g of Baechu kimchi was used for analytical sample preparation provided with an anion exchanges column and measured by UV-visible Spectrophotometer. The highest contents of water occurred at August-September during fermentation. At 15, 10, 4°C, the pH in all of seasonal variation of Baechu kimchi declined, especially from 0 to 3 days at 15°C, from 0 to 7 days at 10°C and from 0 to 14 days at 4°C. At that storage, the total glucosinolates levels in all of seasonal variation of Kimchi declined in storage temperature. Baechu kimchi at August-September showed the highest total glucosinolates levels. Also total glucosinolates levels decreased as storage period increased. Baechu kimchi fermented at 15°C for 7days decreased rapidly and reached to the lowest at the 1day (ranged from 10.3±0.70 to 23.4±0.37 μmol/g dry weight). At 10°C for 14days were ranged from 12.9±0.29 to 33.7±1.81 μmol/g dry weight before fermentation and decreased rapidly at the 3day (ranged from 9.5±0.54 to 20.5±0.61 μmol/g dry weight). Total glucosinolates levels of Baechu kimchi fermented at 4°C for 28days decreased rapidly during 7day (ranged from 9.9±0.78 to 21.1±0.96 μmol/g dry weight) and then slowly decreased. Therefore the total glucosinolates levels decreased during storage time and depended on harvest time and storage conditions of Kimchi.

**Key words** : Korean Chinese cabbage, Kimchi, total glucosinolates, harvest time, storage conditions

#### 서 론

배추(Korean Chinese cabbage, *Brassica pekinensis* R.)는 십자화과(*Brassica* vegetables)에 속하는 채소로 우리나라

에서 생산 및 소비가 높은 채소 중에 하나이다. 배추는 쌈 채소나 샐러드 등의 신선한 상태로 섭취하기도 하지만, 채소의 특성상 저장기간이 증가할수록 품질저하가 일어나 장기간 일정하게 섭취하기 어렵기 때문에 다양한 김치의 형태로 가공하여 소비되고 있다. 배추김치는 소금으로 절인 후 여러 가지 부재료를 첨가하여 발효시킨 한국 고유의

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : [ghkim@duksung.ac.kr](mailto:ghkim@duksung.ac.kr),  
Phone : 82-02-901-8496, Fax : 82-02-901-8474

발효식품으로 비타민 및 무기질 등의 영양소뿐만 아니라 페놀화합물 등의 생리활성물질들이 다량 함유되어 있어 항암, 고혈압예방, 항산화 등에 효과가 있는 기능성 식품으로서 전 세계적으로 그 수요가 증가하고 있는 추세이다(1).

배추김치 제조과정 중 절임공정, 숙성공정 및 저장과정 조건은 배추김치 맛을 결정하는데 매우 중요한 것으로 알려져 있다(2). 특히, 절임공정의 염수 농도 및 절임시간, 숙성 및 저장과정에서의 온도와 시간은 배추김치 맛 형성에 밀접한 관련이 있어 이에 대한 최적의 조건 및 표준화에 많은 연구가 진행되고 있다. 현재 김치의 발효방법으로 가장 많이 활용되고 있는 것은 저온저장 방법이며(3), 김치의 숙성 과정의 경우도 온도의 영향이 큰 것으로 알려져 있다(4, 5). 하지만, 최근 이러한 공정과정에서 아린 맛 및 쓴맛의 발생이 증가하고 이로 인한 김치 품질에 이상이 발생하며 특히, 여름철 배추에서 더 심각한 아린 맛 및 쓴맛의 형성으로 품질 변화가 발생하여 이에 대한 원인분석 연구가 필요한 실정이다.

Glucosinolates(GSLs)는 유황함유 배당체로 식물의 조직이 자연적으로나 가공처리와 같은 인위적인 조작(절단, 절임, 데치기 등의 가공과정)에 의해 조직이 파괴되면 조직 속에 존재하는 가수분해 효소인 myrosinase에 의해 isothiocyanate, nitrile 및 thiocyanate 등과 같은 분해산물을 형성하게 된다(6-8). 이러한 성분들은 항균, 항암 등과 같은 다양한 생리활성(9,10)을 가지는 긍정적인 측면도 있으나, 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate(MTB-NCS) 등의 분해산물의 경우 십자화과 채소류에 특징적인 매운맛 및 향미를 형성(11-13)하기 때문에 이러한 채소를 섭취할 경우 관능적인 측면에 부정적인 영향을 줄 것으로 추정된다. 또한 GSLs는 식물의 유전적요인과 식물의 성장단계, 형태적 차이, 재배기후 및 환경요인, 토양의 상태에 따라 GSLs의 종류와 함량 및 분해산물 형성에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(14,15). 특히, 고랭지 지역에서 다량 재배되는 여름철 배추의 경우 집중폭우 등 기상환경의 변화가 심하여 다른 수확기간의 배추에 비해 기후, 토양 등의 재배환경이 GSLs의 함량에도 영향을 줄 것으로 사료된다. 하지만 사계절이 뚜렷한 우리나라의 경우 계절별로 다양한 재배환경에서 배추가 생산되고 있음에도 이에 따른 연구가 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 대표적인 십자화과 채소인 배추의 재배 및 수확기간 따른 김치 제조 시 형성되는 분해산물의 종류와 함량이 다를 것으로 추정하고 분해산물의 기저물질인 GSLs의 함량분석 연구를 진행하였다. 또한 김치는 발효 및 저장식품이므로 다양한 저장온도 및 기간에 따른 GSLs의 함량변화도 연구하여 김치품질 변화 요인을 찾고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험은 CJ 제일제당(주)에서 제공받은 것으로 2007년 6~7월(노랑봄, 충남 해미), 8~9월(노랑여름, 강원도 태백), 10~11월(불암 3호, 충북 제천), 12~4월(동풍, 전남 해남) 및 2008년 5월(노랑봄, 전남 해남)에서 수확한 신선배추를 24시간 동안 4°C에서 예냉하여 9-10% 염수에서 18-24시간 동안 절인 후 세척 및 탈수과정을 거친 뒤 부재료를 첨가하여 제조되었으며 1 kg씩 포장되어 있는 배추김치를 수확기간별로 공급받아 분석하였다. 김치는 특성상 저장온도와 기간에 영향을 많이 받는 식품이므로 숙성온도인 15°C(0, 1, 3, 5일), 유통 및 매장 진열온도를 고려한 10°C(0, 3, 7, 10, 14일), 저장온도인 4°C(0, 7, 14, 21, 28일)로 저장온도별 기간을 달리하여 저장한 뒤 각각의 처리군의 시료를 50 g씩 채취하여 분석하였다.

### 수분 및 pH 측정

수분측정은 105°C 상압건조법으로 2 g 정도의 시료를 취하여 105°C의 drying oven에서 수분을 제거한 후 칭량하여 수분 함량을 산출하였다. pH는 배추김치 50 g을 취하여 분쇄기로 마쇄하고 2겹의 거즈로 여과한 후 그 여과액을 취하여 pH meter(Orion Model SA520, Japan)로 측정하였다.

### 조효소 제조

아세톤 침전법(16)을 이용하여 원심분리한 침전물을 조효소로 사용하였다. 4°C에서 12시간 냉장 보관한 무를 분쇄기(Buwon BW-3000, Korea)로 마쇄 후 여과하여 여과액의 1.5배에 해당하는 60% 아세톤을 가하여 0~4°C에서 5분간 반응시켰다. 26,895×g로 15분간 4°C에서 원심분리하여, 상층액을 제거하고 남은 침전물을 동결건조한 후 분말로 제조한 뒤 -20°C에서 냉동 보관하여 사용하였다.

### 총 Glucosinolates (GSLs) 시료 제조

배추김치 50 g당 95°C의 80% 에탄올 100 mL를 첨가하여 95°C에서 15분 동안 환류추출한 후 여과하는 과정을 2번 반복한 뒤 여과액을 45°C에서 농축(EYELA N-1000, Japan)한다. 원심분리한(26,895×g, 4°C, 15분) 후 상층액을 ion-exchange column에 통과시킨 후 Molish reaction을 통해 glucose가 검출되지 않을 때까지 증류수를 20 mL씩 3회 이상 흘려준다. 0.1 M sodiumphosphate buffer 5 mL, 조효소(myrosinase) 50 mg, 10 mM ascorbic acid 1 mL를 첨가하여 18시간 동안 실온에서 교반하며 반응시킨다. 반응이 끝난 시료를 26,895×g로 4°C에서 15분간 원심분리하여 상층액(buffer layer)을 total GSLs 함량 분석에 사용하였다.

### Total GSLs 함량 분석

Total GSLs 함량 분석은 Thymol방법(17)을 이용하여 시료 50  $\mu$ L, 1% thymol reagent 1 mL와 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7 mL를 혼합한 뒤 95°C에서 35분간 반응시킨 후 UV-visible spectrophotometer (GENESYS 10VIS, USA) 505 nm에서 측정하였으며 0, 20, 40, 60, 80, 100  $\mu$ g/mL의 농도로 제조한 glucose를 이용하여 glucose standard 곡선을 작성하여 정량하였다. Total GSLs 함량은 수분 함량을 고려하여  $\mu$ mol/g dry weight로 나타내었다.

### 통계분석

실험결과에 대한 통계처리는 SPSS software package (Version 17.0, Statistical Package for the Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 유의적인 차이를 검증하기 위하여 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 수분

본 실험에 사용된 배추김치는 2007년 6~7월, 8~9월, 10~11월, 12~4월 및 2008년 5월에 CJ 제일제당(주)에서 제공받은 것으로 수확기간별 제조된 배추김치의 저장 온도와 저장 기간별 수분 함량을 Fig. 1에 나타내었다. 6~7월, 8~9월, 10~11월, 12~4월(2007년) 및 5월(2008년) 배추김치의 수분 함량이 저장 0일에 92.5 $\pm$ 1.34, 93.7 $\pm$ 1.92, 89.2 $\pm$ 0.76, 88.9 $\pm$ 1.23 및 91.0 $\pm$ 1.41%로 측정되었으나 저장 기간이 경과함에 따라 수분 함량이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 또한 8~9월 저장 김치의 경우 저장 0일에 93.7 $\pm$ 1.92%, 15°C 저장 7일에 91.8 $\pm$ 0.21%, 10°C 저장 14일

에 90.2 $\pm$ 0.52% 및 4°C 저장 28일에 90.9 $\pm$ 0.33%로 다른 수확 기간별 배추김치보다 15, 10 및 4°C 모두에서 저장기간 동안 가장 높은 수분 함량을 나타내었다. 고랭지 재배지는 여름철 집중 폭우 등의 기상환경의 변화가 심한 지역으로 이곳에서 수확된 8~9월 고랭지 배추의 경우 다른 지역에서 수확된 배추에 비해 높은 수분 함량을 가지는 것으로 사료된다(18).

### pH

배추김치의 온도별 저장기간에 따른 pH 변화는 Fig. 2와 같다. 15°C에서 저장된 6~7월, 8~9월, 10~11월, 12~4월(2007년) 및 5월(2008년) 배추김치는 저장 0일 각각 5.8 $\pm$ 0.2, 5.9 $\pm$ 0.3, 6.1 $\pm$ 0.1, 4.6 $\pm$ 0.3 및 5.6 $\pm$ 0.3으로 측정되었으나 저장 3일에 pH가 급격히 감소하여 4.6 $\pm$ 0.1, 4.3 $\pm$ 0.2, 4.1 $\pm$ 0.2, 4.1 $\pm$ 0.2 및 4.0 $\pm$ 0.1로 나타났다. 10°C의 경우 저장 3일에 10~11월, 12~4월 및 5월(2008년) 저장 김치가 감소하였으나 7일에는 모든 김치의 pH가 큰 감소율을 나타내어 4.4 $\pm$ 0.2, 4.6 $\pm$ 0.1, 4.1 $\pm$ 0.2, 4.0 $\pm$ 0.1 및 3.7 $\pm$ 0.1로 감소하였다. 4°C에서 저장된 김치의 경우 저장 14일에 급격히 감소하여 4.7 $\pm$ 0.2, 4.3 $\pm$ 0.2, 4.1 $\pm$ 0.2, 4.0 $\pm$ 0.4 및 3.8 $\pm$ 0.2로 측정되었다. Lee 등(19)에 의해 보고된 품종별 제조 김치의 숙성에 따른 pH 감소에 대한 연구결과와 유사하게 15, 10, 4°C 모두 저장에 따른 pH 감소를 나타내었으며 저장 온도가 높을수록 감소율이 증가하는 경향을 나타내는 것으로 조사되었다.

### Total GSLs 분석

수확기간별 배추의 저장온도별, 저장기간에 따른 total GSLs의 함량과 함량변화를 Fig. 3에 나타내었다. 저장 숙성 전 동일 조건으로 제조된 김치의 저장 0일 total GSLs 함량을 분석한 결과 6~7월, 8~9월, 10~11월, 12~4월(2007년) 및 5월(2008년) 배추김치의 함량이 각각 26.3 $\pm$ 1.43,

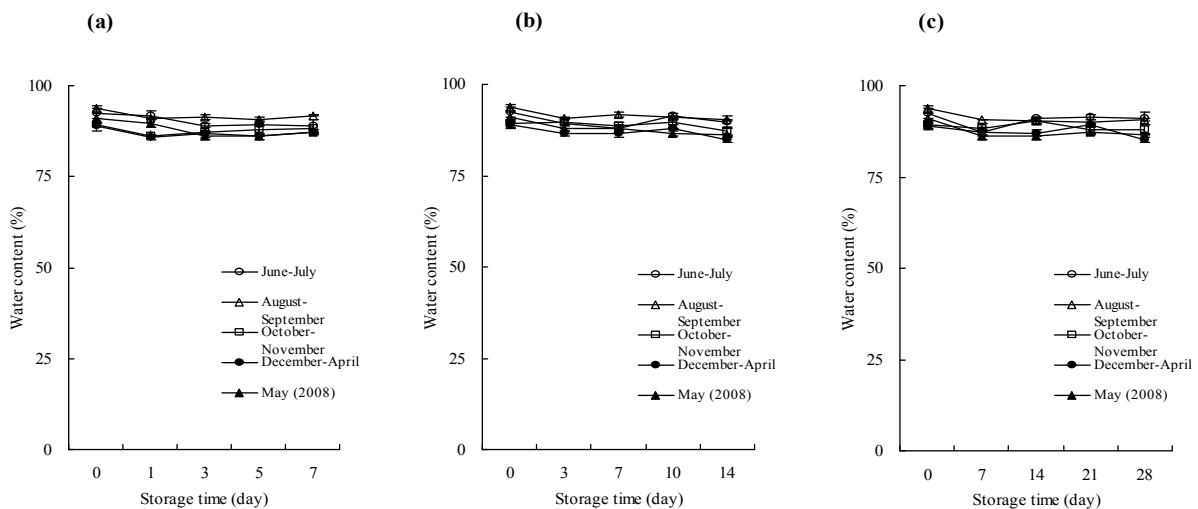


Fig. 1. Changes in water content of Kimchi by various storage conditions on different harvest time. a(15°C), b(10°C) and c(4°C).

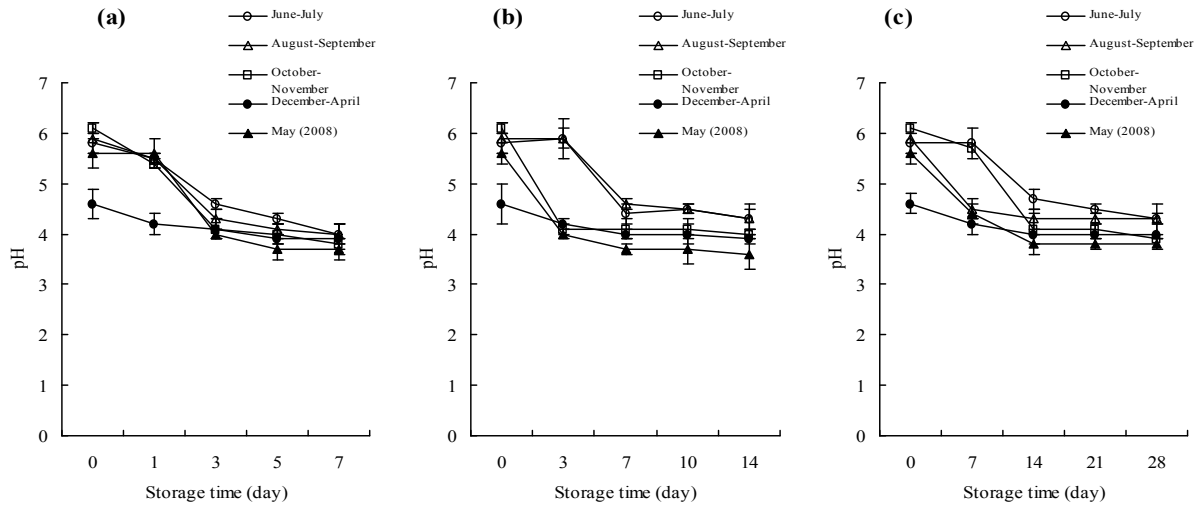


Fig. 2. Changes in pH of Kimchi by various storage conditions on different harvest time. a(15°C), b(10°C) and c(4°C).

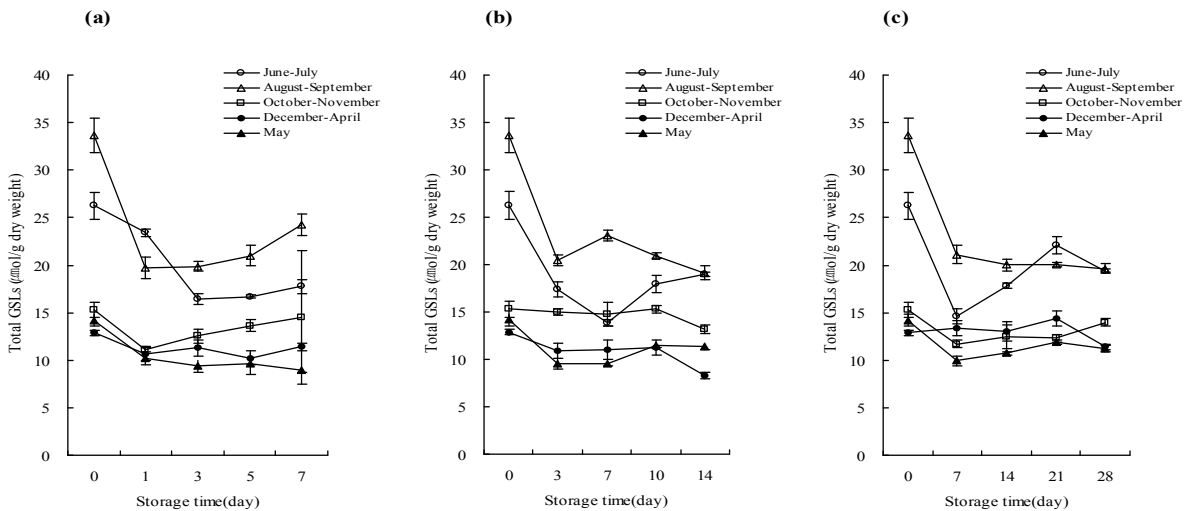


Fig. 3. Changes in total glucosinolates levels of Kimchi by various storage conditions on different harvest time. a(15°C), b(10°C) and c(4°C).

33.7±1.81, 15.3±0.81, 12.9±0.29 및 14.2±0.62 μmol/g dry weight로 8~9월이 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 6~7월 > 10~11월 > 5월(2008년) > 12~4월 순으로 함량이 높게 나타났다. 이러한 결과는 Agerbir 등(20)의 품종 및 재배 계절에 따라 GSLs 함량에 차이가 있다는 보고와 유사하며 품종, 재배 환경, 토양 등에 따라 차이가 있을 것으로 사료된다. 또한 모든 온도 조건하에서 저장하는 기간 동안 8~9월의 total GSLs의 함량이 높게 측정되었다. 8~9월 배추의 산지가 강원도 태백으로 고랭지 지역에서 재배되었으며 이 시기에 재배된 고랭지 배추의 경우 생육 초기 질소기아 현상이 발생하여 화학비료를 많이 사용한다(21). Chen 등(22)은 토양의 질소 함량이 낮고 황의 비율이 증가할수록 십자화과 채소에 존재하는 유황함유 배당체인 GSLs의 함량에도 영향을 주어 total GSLs 함량이 높아진다고 하였으

며 Kim 등(23)은 다른 품종에 비해 고랭지 배추에서 씹쓸한 맛이 강하였다고 보고하였다. 본 실험에서도 8~9월 배추 김치의 total GSLs 함량이 다른 기간의 배추김치에 비해 높게 측정되었으며, 8~9월 고랭지 배추로 제조한 배추김치의 경우 다른 계절에 수확하여 제조한 배추김치보다 아린 맛 및 쓴맛이 강할 것으로 사료된다.

저장온도별 총 저장기간의 total GSLs 함량변화 패턴은 유사한 것으로 나타났으나, 저장초기의 total GSLs의 함량이 급격히 감소되는 기간은 각각의 저장온도별 차이를 나타내었다. 15°C 저장의 경우, 0~1일에서 저장기간 동안 6~7월, 8~9월, 10~11월, 12~4월 및 5월(2008년) 배추김치의 함량이 각각 23.4±0.37, 19.7±1.14, 11.1±0.28, 10.6±0.69 및 10.3±0.70 μmol/g dry weight로 10.76, 41.35, 27.21, 17.51 및 27.69%의 함량이 감소하였다. 10°C의 경우 저장 0~3일

에서 급격히 감소하여  $17.4 \pm 0.81$ ,  $20.5 \pm 0.61$ ,  $15.0 \pm 0.38$ ,  $10.9 \pm 0.78$  및  $9.5 \pm 0.54$   $\mu\text{mol/g dry weight}$ 로 47.13, 31.48, 3.52, 14.57 및 32.96%가 감소하는 것으로 측정되었다. 또한 4°C 저장 배추김치의 경우, 0~7일에 급격히 감소하여  $14.6 \pm 0.39$ ,  $21.1 \pm 0.96$ ,  $11.7 \pm 0.10$ ,  $13.3 \pm 1.89$  및  $9.9 \pm 0.78$   $\mu\text{mol/g dry weight}$ 로 12~4월을 제외한 6~7월, 8~9월, 10~11월 및 5월(2008년) 배추김치의 함량이 각각 44.43, 37.31, 23.30 및 30.01% 감소하는 것으로 측정되었다. 이는 total GSLs의 함량이 저장온도와 저장 기간에 따른 요인에 영향을 받는 것으로 확인되는 결과이며, 특히 15°C의 경우 저장 1일에 total glucosinolates 함량이 급격히 감소하였으며 10°C 및 4°C의 경우 각각 저장 3일과 7일에 급격한 감소를 나타내는 것으로 보아 저장온도가 높을수록 저장초기에 total GSLs 함량이 급속도로 감소하는 것으로 사료된다. MTB-NCS를 포함한 3-indolylmethyl, 4-hydroxy-3-indolylmethyl 등의 화합물인 indole glucosinolates는 total GSLs의 많은 비중을 차지하며 숙성기간에 따라 십자화과 채소의 매운맛 성분인 MTB-NCS의 함량은 감소한다(12). MTB-NCS를 포함한 total glucosinolates의 감소는 숙성에 따른 pH 저하로 인한 myrosinase 활성도 감소에 의한 것으로 사료된다. 따라서 배추김치를 고온에서 보관하는 것은 total GSLs 및 그 분해산물에 영향을 주어 아린 맛 및 쓴맛의 발생을 감소시킬 것으로 추정되며 이러한 결과는 Shim 등(24)의 저장에 따른 total GSLs의 함량이 저장기간의 경과에 따라 조금씩 감소한다는 연구결과와도 유사하다.

Lee 등(19)에 의하면 김치의 경우 저장 온도와 저장기간에 따라 미생물학적인 요인에 의해서도 영향을 받아 품질 변화가 일어난다고 보고되고 있으며, 이러한 요인에 의한 김치의 맛 형성 및 변화 영향도 고려하여야 할 것이다.

따라서 이러한 결과는 주원료인 배추의 수확기간에 따라 계절별 total GSLs 함량의 차이를 보이며 배추김치의 저장 온도와 저장 기간에 따른 함량의 차이가 있음과 관련된다. 특히 8~9월에 제조된 배추김치의 저장과정에서 보다 분명한 결과를 나타내었으며 이러한 결과는 다른 시기에 비해 여름철 배추에서 더 많이 아린 맛 및 쓴맛이 발생하는 것과 연관이 있을 것으로 추정되나, 이를 바탕으로 glucosinolates-myrosinase system에 의한 분해산물과의 상관관계 등 보다 심도 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 요 약

배추김치의 저장 온도와 저장 기간별 total GSLs 함량을 분석하기 위하여 2007년 6~7월, 8~9월, 10~11월, 12~4월 및 5월(2008년) 수확하여 제조한 배추김치를 anion-exchange column을 통과시키고 아세톤 침전법을 사용하여 제조한 crude myrosinase로 반응시켜 함량 변화를 측정하였다. 수

분 함량의 경우 8~9월 배추김치가 다른 기간에 제조된 배추김치에 비해 높게 나타났으며 pH의 경우 15°C 저장 3일, 10°C 저장 7일, 4°C 저장 14일에서 모든 김치의 pH가 급격히 감소하였다. Total GSLs를 분석한 결과 저장온도에 따라 15°C와 10°C의 경우 저장 3일에 가장 낮은 함량을 나타냈으며 4°C의 경우 저장 28일에 가장 낮은 함량을 나타냈다. 또한 저장기간이 경과함에 따라 다소 차이는 있었으나 모든 배추김치의 함량이 감소하는 경향을 나타내었으며 8~9월 배추김치의 함량이 다른 기간에 제조된 배추김치에 비해 높은 함량을 보였다. 따라서 배추김치의 저장에 따른 total GSLs 함량은 저장온도 및 저장기간에 따라 영향을 받는 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2007~2008년 CJ 제일제당(주)의 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Jeon, Y.S., Kye, I.S. and Cheigh, H.S. (1999) Changes of vitamin C and fermentation characteristics of Kimchi on different cabbage variety and fermentation temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28, 773-779
2. Lee, K.H., Cho, H.Y. and Pyun, Y.R. (1991) Kinetic modelling for the prediction of shelf-life of Kimchi based on total acidity as a quality index. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23, 306-310
3. Choi, S.Y., Kim, Y.B., Yoo, J.Y., Lee, I.S., Chung, K.S. and Koo, Y.J. (1990) Effect of temperature and salts concentration of Kimchi manufacturing on storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22, 707-710
4. Park, W.S., Lee, I.S., Han, Y.S. and Koo, Y.J. (1994) Kimchi preparation with Brined Chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 231-238
5. Kang, J.H., Kang, S.H., Ahn, E.S., Yoo, M.J. and Chung, H.J. (2003) Effect of the combination of fermentation temperature and time on the properties of Baechu Kimchi. *Korean J. Food Cult.*, 19, 30-42
6. Song, L. and Thornalley, P.J. (2007) Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of Brassica vegetables. *Food Chem. Toxicol.*, 45, 216-224
7. Heaney, R.K. and Fenwick, G.R. (1980) The analysis

- of glucosinolates in Brassica species using gas chromatography. Direct determination of the thiocyanate ion precursors, glucobrassicin and neoglucobrassicin. J. Sci. Food Agric., 31, 593-599
8. Mithen, R.F., Lewis, B.G., Heaney, R.K. and Fenwick, G.R. (1987) Glucosinolates of wild and cultivated Brassica species. J. Phytochem., 26, 1969-1973
  9. Elizabeth, K.L., Tracy, K.S., Rosemary, G.C. and Ian, T.J. (2001) Cell death in the colorectal cancer cell line HT29 in response to glucosinolate metabolites. J. Sci. Food Agric., 81, 959-961
  10. Faulkner, K., Mithen, R. and Williamson, G. (1998) Selective increase of the potential anticarcinogen 4-methylsulphanylbutyl glucosinolate in broccoli. J. Carcinogen., 19, 605-609
  11. Chun, S.S., Choi, O.J., Cho, Y.S., Park, S.K. and Park, J.R. (1995) Changes in pungent components of Dolsan leaf mustard Kimchi during fermentation. J. Korean Soc. Food Nutr., 24, 54-59
  12. Kim, M.R. and Rhee, H.S. (1992) Changes in the factors associated with decrease of pungency in "Kagdugi" during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol., 24, 361-366
  13. Fenwick, G.R. and Mullin, W.J. (1983) Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. Food Sci. Nutr., 18, 123-201
  14. Rosa, E.A., Heaney, R.K., Portas, C.A. and Fenwick, G.R. (1996) Changes in glucosinolate concentrations in Brassica Crops (*B oleracea* and *B napus*) throughout growing seasons. J. Sci. Food Agric., 71, 237-244
  15. Agerbirk, N., Olsen, C.E. and Nielsen, J.K. (2001) Seasonal variation in leaf glucosinolates and insect resistance in two types of *Barbarea vulgaris* ssp. *arcuata*. J. Phytochem., 51, 91-100
  16. Kim, Y.K. and Kim, G.H. (2003) Changes in 3-butenyl isothiocyanate and total glucosinolates of seeds and young seedlings during growth of Korean Chinese cabbages. Korean J. Food Preserv., 10, 365-369
  17. Brzezinski W. and Medelewski P. (1984) Determination of total glucosinolate content in rapeseed meal with thymol reagent. Z. Pflanzenzuchtg., 93, 177-183
  18. Lee, J.T., Lee, G.J., Park, C.S., Hwang, S.W. and Yeoung, Y.R. (2005) Effect of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) Sod culture on reducing soil loss and providing nitrogen for Chinese cabbage in highland. Korean J. Soil Sci. Fert., 38, 294-300
  19. Lee, I.S., Park, W.S., Koo, Y.J. and Kang, K.H. (1994) Comparison of fall cultivars of Chinese cabbage for Kimchi preparation. Korean J. Food Sci. Technol., 26, 226-230
  20. Agerbir, N., Olsen, C.E. and Nielsen, J.K. (2001) Seasonal variation in leaf glucosinolates and insect resistance in two types of *Barbarea vulgaris* ssp. *arcuata*. J. Phytochem., 58, 91-100
  21. Yeoung, Y.R., Yon, C.S. and Kim, B.S. (2005) Influence of fungicide diniconazole in Chinese cabbage on leaf morphology and chlorophyll concentration. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 46, 13-17
  22. Chen, X.J., Zhu, Z.J., Ni, X.L. and Qian, Q.Q. (2006) Effect of nitrogen and sulfur supply on glucosinolates in *Brassica campestris* ssp. *chinensis*. Agric. Sci. China., 5, 603-608
  23. Kim, M.J. and Kim, S.D. (2000) Quality characteristics of Kimchi prepared with major spring Chinese cabbage cultivars. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 7, 343-348
  24. Shim, K.H., Sung, N.K., Kang, K.S., Ahn, C.W. and Seo, K.I. (1992) Analysis of glucosinolates and the change of contents during processing and storage in cruciferous vegetables. J. Korean Soc. Food Nutr., 21, 43-48

---

(접수 2009년 4월 27일, 채택 2009년 9월 11일)