

## 배추품종 및 숙성온도를 달리한 김치의 발효 및 비타민 C의 변화양상

전영수 · 계인숙 · 최홍식<sup>†</sup>

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

### Changes of Vitamin C and Fermentation Characteristics of *Kimchi* on Different Cabbage Variety and Fermentation Temperature

Young-Soo Jeon, In-Sook Kye and Hong-Sik Cheigh<sup>†</sup>

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

#### Abstract

This study was conducted to determine the changes in the contents of vitamin C and fermentation characteristics of *kimchi* on different Chinese cabbage variety(Koreangji Yureum: KY, Kalak Shin II Ho: KS) and fermentation temperature(5°C, 15°C). *Kimchi* were fermented at 5°C and 15°C for 140 days and 25 days respectively. In all samples, total acidity increased, and the pH, total sugar and reducing sugar content decreased as the fermentation proceeded. Also, the number of lactic acid bacteria reached the maximum at the optimum fermenting stage. On the other hand, total ascorbic acid, dehydroascorbic acid and ascorbic acid from individual *kimchi* solid tissue significantly decreased with fermentation periods, however, increased *kimchi* liquid at the 7day in KS-15(*kimchi* prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C), KY-15(*kimchi* prepared with Korangji Yureum at 15°C) and at the 65day in KY-5(*kimchi* prepared with Korangji Yureum at 5°C) respectively. Therefore, different fermentation temperature as well as variety affected ascorbic acid contents and chemical characteristics of *kimchi*.

**Key words:** *kimchi*, ascorbic acid, Chinese cabbage *kimchi*, fermentation temperature

#### 서 론

한국인의 식생활에 중요한 위치를 차지하는 김치는 서양의 sauerkraut 및 오이 pickle 등의 젖산 발효식품에서는 볼 수 없는 우리나라만의 고유한 전통 채소발효식품이다. 김치는 각종 주재료를 소금에 절인 후 여러가지 부재료와 양념류를 혼합하여 만듦으로써 김치 특유의 맛, 풍미, 영양소 등을 공급해주는 식품으로 특히 겨울철에 중요한 부식물로 이용되어왔다(1). 또한 김치 부재료와 양념류의 성분은 미생물의 생육을 촉진, 억제하기도 하며, 또한 이들의 배합비는 김치 숙성에 큰 영향을 미치기도 한다(1-3). 아울러 김치는 발효과정 중 수분과 여러가지 성분의 변화로 관능적 특성에 영향을 줄 뿐만 아니라 김치내에 존재하는 비타민 C, 카로틴, 식이섬유소, 페놀성 화합물 등의 생리활성물질은 항암, 고혈압예방, 항산화효과 등을 나타내므로 김치는 탁월한 기능성 식품으로 인체의 건강을 유지하는데 중요한 역할을 수행하고 있다(4-7).

이러한 다양한 생리활성을 나타내는 김치는 지금까지

각 가정에서 만들어 소비되어 왔으나 최근의 여러가지 사회, 경제적인 변화와 더불어 산업적으로 생산되는 김치의 수요가 점점 증가하는 추세이며, 김치산업의 발전과 더불어 김치중주국의 위치를 확고하게 하기 위해서는 김치에 대한 과학적 연구가 절실히 요구된다. 그러나 이러한 연구는 현재 우리의 식생활에서 차지하는 김치의 소비량에 비하면 아직도 미흡한 실정이며, 발효에 의한 야채의 저장수단으로서 세계적으로 주목받는 식품인 김치는 주재료가 야채류이기 때문에 여러가지 영양성분 중에서 비타민 및 무기질 등을 함유하고 있으며, 이 중 비타민 성분들은 김치 제조과정 또는 저장과정 중 다양하게 변화되며, 특히 발효환경에 따라 생합성, 타물질로의 전환 등의 변화를 겪을 것으로 생각된다. 그러나 이러한 변화 양상에 대한 연구는 아직 분명하게 알려지지 않고 있으며, 비타민 성분 중에서도 비타민 C는 김치에 많이 함유되어 있을 뿐만 아니라 가장 흥미있는 연구의 대상이 되고 있다.

김치 발효과정 중의 비타민 C는 재료의 종류와 조합, 주재료의 품종, 발효 및 저장 환경(1), 첨가물질(단백질,

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

당류, citric acid, sodium citrate 등)(8,9), 염절임(10) 등에 의해 다양하게 변화된다고 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 김치 숙성 중 비타민 C의 생화학적인 변화양상을 위한 기초자료로서 계절에 따라 달리 재배되는 가락신1호와 고랭지 여름배추의 품종을 이용하여 김치를 제조하여 숙성온도를 5°C, 15°C로 달리하여 품종과 숙성온도에 따른 김치 자체와 김치액즙의 비타민 C 등의 함량과 기타 이화학적인 특성을 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 배추는 경남 김해에서 8월 말에 파종하여 12월 중순에 수확한 가락신 1호와 강원도에서 4월에 파종하여 7월경에 수확한 고랭지 여름배추로 무게 2.5~3.0kg 내외의 것을 실험에 사용하였다. 김치의 부재료로서 파(김해산: 구주품종), 고추가루(경북 영양: 급탑 품종), 생강 및 마늘(남해산)이 사용되었으며, 소금은 정제염, 설탕은 정제당을 사용하였다. 젓갈 및 기타 부재료는 발효양상에 큰 영향을 미치므로 본 실험에서 김치를 담금할 때 제외하였다.

### 김치 담금 및 발효

식물의 속과 외피는 비타민 C를 포함한 일반 성분의 조성에도 큰 차이가 있으므로 김치 제조시 이러한 성분을 일정하게 하기 위해 불필요한 부분을 제거한 후 겉잎부터 한잎씩 취하여 약 10등분으로 분류하여 200~250g의 배추를 취하여 흐르는 물에 깨끗이 씻은 후 2×3cm로 세절하여 재료의 손실을 최소화하기 위해 망사에 담았다. 절인 배추의 염도가 약 2.5%가 되도록 15% 소금물 용액에 같은 양의 배추를 2시간 절인 다음(30분 경과후 아래, 위의 위치를 바꿈) 2배의 물로 2회 씻어서 30분간 물기를 뺀 후 부재료와 소금에 절인 배추를 골고루 양념이 스며들도록 버무렸다. 일반적으로 김치를 제조할 때는 젓갈류를 첨가하나, 이들 성분은 발효에 큰 영향을 미치므로 제외하고 배추와 양념의 비율은 Table 1과 같이 했으며 500 ml 폴리에틸렌 병에 김치를 눌러 담은 후 품종(가락신 1호, 고랭지 여름) 및 온도(5°C, 15°C)를 달리하여 각각 발효시키면서 실험에 이용하였다.

### 염도, pH 및 산도 측정

염도는 Mohr법(11) 및 염도계(NS-3P, Sinar salt meter, Japan)로 측정하였으며, pH는 pH meter(Orion Research Inc., USA)로 실온에서 측정하였다. 산도는 시료 20ml를 취하여 20배 희석하여 0.1% phenolphthalein 지시약을 1ml 첨가하고 0.1N NaOH로 적정하여 분홍색을 나타내는 점을 종말점으로 하였으며, 적정값은 lactic acid로 환

Table 1. Ingredients of kimchi preparation

Ingredients(Scientific name)	Ratio(g)
Chinese cabbage( <i>Brassica pekinensis</i> )	100
Green onion( <i>Allium fistulosum</i> )	4
Garlic( <i>Allium sativum</i> )	2
Red pepper( <i>Capsicum annum</i> ) powder	2
Ginger( <i>Zingiber officinale</i> )	1
Sugar	1

산하고 함량 %로 나타내었다(11).

Lactic acid(%)=

$$\frac{\text{ml of 0.1N NaOH} \times \text{normality of NaOH} \times 9}{\text{weight of sample(g)}}$$

### 총당과 환원당 측정

총당은 마쇄한 김치 20g에 25% HCl 20ml, 증류수 200 ml를 가하여 끓기 시작한 후 2.5시간 동안 가열하여 산가수분해를 행한 후 환원당과 같은 방법에 의해 분석하였다. 즉, 환원당은 시료 25ml를 취한 후 Schoorl법(12)에 의해 Fehling 용액과 함께 가열한 후 0.01N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 표준액을 이용하여 청색이 없어지는 점을 종말점으로 하였다.

### 젖산균수의 측정

젖산균수는 마쇄한 김치를 멸균한 거즈로 여과하여 1ml를 취해 10진법에 따라 희석한 뒤 그 중 0.1ml를 미리 가열 용해하여 43~45°C로 냉각한 MRS배지 10ml에 넣고 혼합한 후 petri dish에 평판을 만들고 37°C incubator에서 48시간 배양하여 나타난 colony수를 세어 젖산균수로 측정하였다. 배지는 젖산균 분리에 주로 사용되는 CaCO<sub>3</sub>를 함유한 MRS agar배지를 사용하였다(13).

### 비타민 C 측정

비타민 C 파괴를 최소화하기 위해 저온에서 마쇄한 김치 solid와 김치 자체의 액즙에 메타인산용액을 가하여 교반한 후 원심분리(12,000rpm, 15분, 4°C)를 행하여 얻어진 상등액을 취하여 2,4-dinitrophenyl hydrazin 비색법(14)으로 측정하였으며, 표준 비타민 C는 L-ascorbic acid (Sigma Co.)를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 품종 및 숙성온도에 따른 이화학적인 특성

#### 염도의 변화

가락신 1호(Kalak Shin II Ho: KS)와 고랭지 여름(Koreangji Yureum: KY)배추를 이용하여 담금한 김치 시료의 염도는 염도계로 측정하였을 때는 15°C에 저장된 가락신 1호(KS-15), 15°C에 저장된 고랭지 여름(KY-

15) 및 5°C에 저장된 고랭지 여름(KY-5)의 경우 2.40~2.47, 2.51~2.58, 2.50~2.58로 각각 나타났으며, Mohr법에 의한 적정시는 이보다 다소 낮은 2.30~2.38, 2.41~2.48, 2.41~2.48로 각각 나타났다. 측정방법에 따라 다소의 차이는 있으나 대체로 적정법보다는 염도계로 측정하였을 때 높은 값을 나타내었으며, 다른 연구(15-17)들과 비교했을 때 김치 발효 미생물의 생육에 억제효과가 없는 적당한 염도라고 사료된다.

또한 같은 시간 동안 염절임을 할 경우 가락 신 1호에 비해 고랭지 여름이 다소 높은 값을 나타내었는데 이는 온도가 높은 계절이 낮은 계절에 비해 같은 염농도에서 염의 확산속도가 빠르기 때문으로 사료된다.

pH 및 산도의 변화

모든 김치시료에서 발효가 진행됨에 따라 pH가 계속 저하되었으며, KS-15, KY-15의 경우 특히 발효 2일이 지난 후 변화의 폭이 크게 나타났으며, 각각 발효 15~22일, 15~20일 사이에 이러한 변화속도가 둔화되었다. 또한

KY-5의 경우에는 지속적으로 완만한 변화를 나타내었으며, 모든 김치시료에서 산도는 pH가 저하됨에 따라 비슷한 경향으로 증가하였다(Fig. 1). 아울러 김치는 품종에 따라 pH와 산도가 서로 다른 양상을 나타내어 가락 신 1호가 고랭지 여름에 비해 같은 발효기간일 때 높은 pH와 낮은 산도를 나타내었는데 이는 염농도의 차이에 기인하여 발효되는 시간이 다소 지연되기 때문으로 사료된다.

김치의 최적 pH(4.2~4.4)와 최적 산도(0.6근처)를 기준으로 볼 때(18), 각 시료들의 적당히 익은 시기가 KS-15, KY-15의 경우 각각 7~12, 7~10일로 나타났으며, KY-5의 경우에는 변화의 폭이 너무 적어 60일이 지나서 최적 pH와 산도를 나타내었다.

총당과 환원당 함량의 변화

발효기간 중 총당 및 환원당 함량의 변화는 Fig. 2와 같으며, 발효가 진행됨에 따라 모든 시료에서 초기에 비해 당 함량이 계속적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, pH 및 산도의 변화속도가 느려 발효가 늦게 진행되는 고

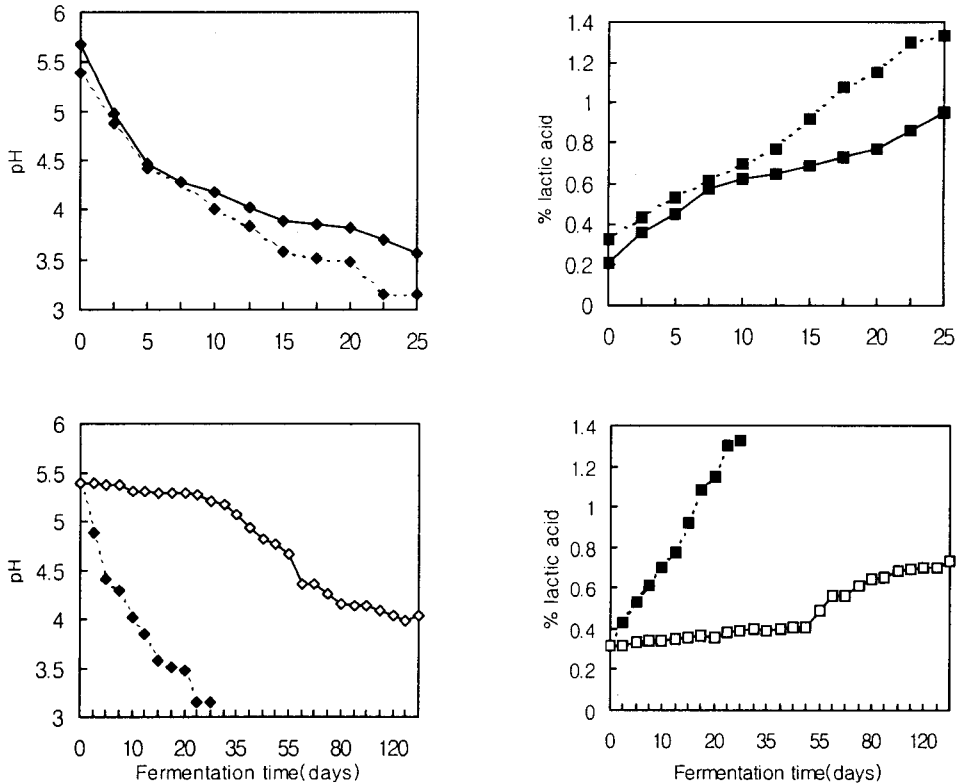


Fig. 1. Changes of pH and total acidity during kimchi fermentation.  
 —◆— KS-15pH(pH of kimchi prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)  
 ..◆.. KY-15pH(pH of kimchi prepared with Koreangji Yureum at 15°C)  
 —◇— KY-5pH(pH of kimchi prepared with Koreangji Yureum at 5°C)  
 —■— KS-15TA(Total acidity of kimchi prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)  
 ..■.. KY-15TA(Total acidity of kimchi prepared with Koreangji Yureum at 15°C)  
 —□— KY-5TA(Total acidity of kimchi prepared with Koreangji Yureum at 5°C)

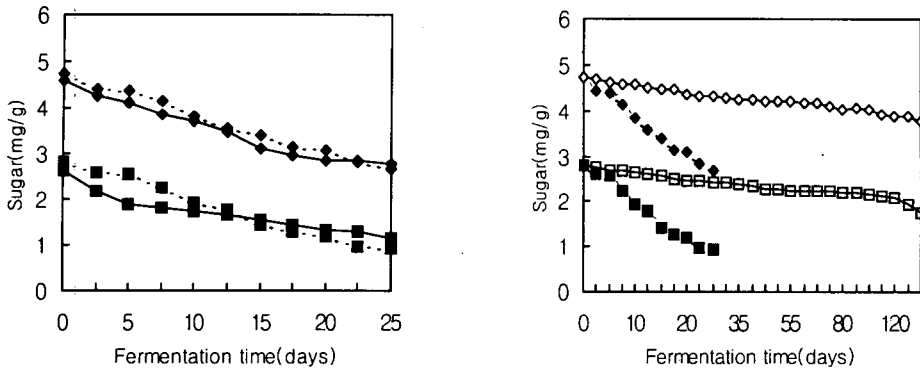


Fig. 2. Changes of total sugar and reducing sugar during *kimchi* fermentation.

- ◆— KS-15TS (Total sugar of *kimchi* prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- KY-15TS (Total sugar of *kimchi* prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- ◇— KY-5TS (Total sugar of *kimchi* prepared with Koreangji Yureum at 5°C)
- KS-15RS (Reducing sugar of *kimchi* prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- KY-15RS (Reducing sugar of *kimchi* prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- KY-5RS (Reducing sugar of *kimchi* prepared with Koreangji Yureum at 5°C)

랭지 여름에 비해 가락 신 1호가 총당 및 환원당의 감소 속도가 빠르게 나타나 Lee와 Han(19)의 연구와 일치한 결과를 나타내었다.

한편, Kim 등(20)은 김치가 시어지는 현상은 재료 중의 발효성 당이 주로 젖산균에 의해 발효되어 산이 과다하게 생성되는 것으로 최종산도는 재료에 함유된 당함량과 비례하며, 김치 제조 초기 당함량이 낮은 김치일수록 산 생성량이 적다고 보고하였으나 본 실험에서는 오히려 초기 당함량이 낮은 가락 신 1호에서 다소 높은 산도를 나타내었으며, Yi 등(21)은 김치 제조시 다른 부재료보다 마늘을 첨가할 경우 높은 당함량을 나타내었다고 보고하였다.

이러한 당류 성분의 감소 중 초기의 환원당 감소는 포도당의 감소에 의한 것으로 보고되고 있으며(22), 감소된 당은 미생물의 영양원으로 이용되면서 유기산 등의 물질로 전환되리라 사료된다.

#### 젖산균수의 변화

KS-15, KY-15 및 KY-5의 김치시료의 젖산균의 변화를 살펴본 결과 Fig. 3과 같았다. Fig. 3에서 보듯이 젖산균수의 변화는 KS-15, KY-15, KY-5의 경우 각각 7일, 7일, 70일에  $1.1 \times 10^8$ ,  $8.0 \times 10^8$ ,  $2.2 \times 10^8$  cells/ml로 최대를 나타내어 Choi 등(23)과 유사한 결과를 나타내었으며, 이는 저온에서의 미생물 생육이 낮음을 알 수 있었다. 한편 Mheen과 Kwon(24)은 염농도가 2.25%인 김치의 경우 발효 27일만에 최대균수를 나타낸다고 보고하였는데 이는 본 실험에서 사용된 김치 재료와의 차이에 의한 원인으로 사료된다.

또한 김치의 숙성 및 맛에 관여하는 주요 미생물은 *Leuconostoc mesenteroides*이며, *Lactobacillus plantarum*과 *Lactobacillus brevis* 등은 발효시 적속기까지 그다지 큰 영향을 미치지 않았으며 오히려 김치의 산패와 더 관

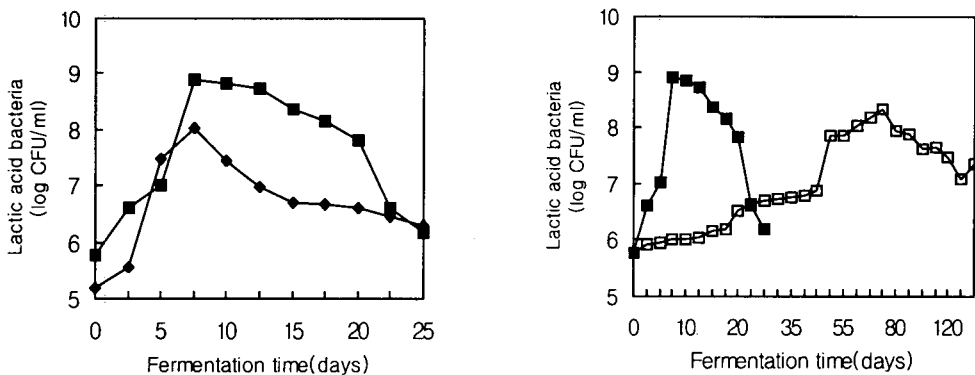


Fig. 3. Changes of lactic acid bacteria during *kimchi* fermentation.

- ◆— KS-15 (*Kimchi* prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- KY-15 (*Kimchi* prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- KY-5 (*Kimchi* prepared with Koreangji Yureum at 5°C)

련이 있다고 보고되며(25), 효모는 김치 발효 후기에 나타나 김치의 조직 연화나 변질에 관계된다고 알려져 있다(26).

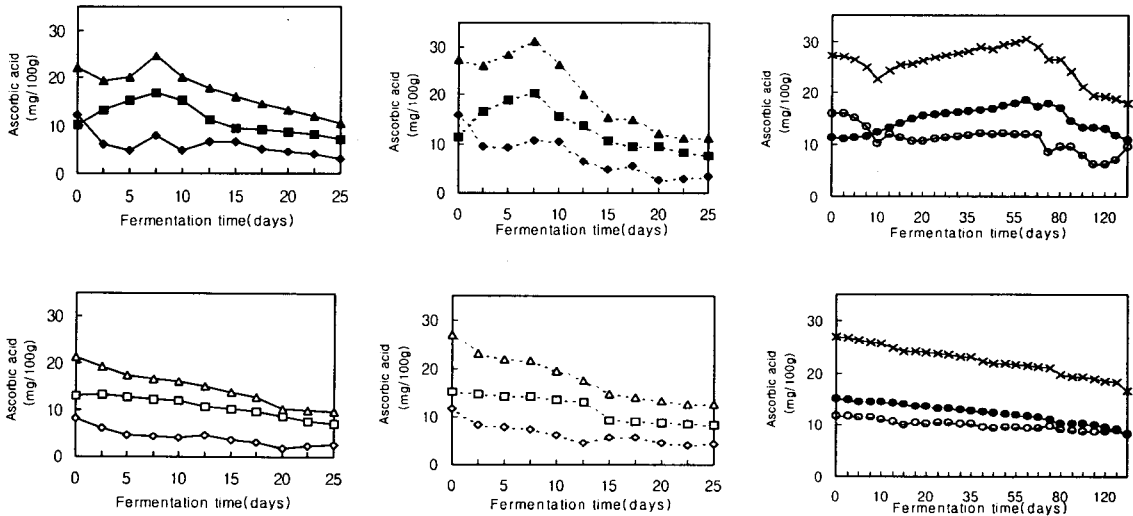
**품종 및 숙성온도에 따른 비타민 C 함량의 변화**

이전의 많은 연구에 의하면 김치숙성의 최적기에 총 비타민 C 함량이 최고에 달하며, 비타민 C 함량의 증가는 김치의 주재료인 배추의 pectin이 호기적으로 효모, 곰팡이에 의해 분비되는 polygalacturonase에 의해 분해되어 생성된 galacturonic acid가 기질이 되어 총 비타민 C의 생합성을 촉진시키며 이러한 생합성은 김치 재료 중의 효소작용에 기인됨이 보고되었으며(27), Lee와 Han(19)은 김치제조시 찹쌀풀에 비해 밀가루풀을 첨가하였을 경우 비타민 C 함량이 증가하였다고 보고하였다.

본 실험에서 김치를 담근 직후 모든 김치시료의 총 비타민 C 함량은 김치 solid tissue와 김치액즙에 있어 가락신 1호, 고랭지 여름의 경우 각각 21.3~22.1, 27.1~26.9 mg%로 나타나 고랭지 여름의 경우 더 많은 비타민 C를

함유하고 있음을 알 수 있었다. 또한 15°C에서 숙성시킨 KS-15, KY-15의 경우 발효기간이 경과할수록 환원형 비타민 C, 산화형 비타민 C 및 총 비타민 C의 함량이 대체로 감소되어 발효 25일에는 총 비타민 C 함량이 각각 9.7~10.4, 11.1~12.6mg%로 초기함량에 비해 약 41.0~47.1%만이 존재하여 위와 상이한 결과를 나타내었다. 그러나 김치액즙에 있어서는 발효 적속기를 전후한 4~10일 사이에 총 비타민 C 함량이 다소 증가하였는데, 이는 김치 모델에 있어서 pH 4.0~4.5의 범위에서 비타민 C의 생합성 및 안정성에 유리하다는 연구(27) 및 배추김치를 대포장 용기에 담아 발효시킨 경우 비타민 C가 액즙으로 용출되어 액즙에서는 이의 함량이 증가되는 경향을 나타낸 연구결과(28)와 일치한 결과를 나타내었으며, KY-5의 경우에는 변화의 폭이 너무 적어 65일이 지나서 총 비타민 C가 증가되었다(Fig. 4).

따라서 김치의 발효과정 중에 일어나는 비타민 C의 변화양상은 다소 차이가 있으며, 김치의 제조조건 특히, 재료와 발효조건, 미생물의 변화 및 환경조건에 따라 달라



**Fig. 4. Changes of total ascorbic acid, dehydroascorbic acid and ascorbic acid during kimchi fermentation.**

- KS-15DHA(Dehydroascorbic acid of kimchi liquid prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- KS-15AA(Ascorbic acid of kimchi liquid prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- ▲— KS-15TAA(Total ascorbic acid of kimchi liquid prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- ◇— KS-15DHA(Dehydroascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- KS-15AA(Ascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- △— KS-15TAA(Total ascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Kalak Shin II Ho at 15°C)
- ◆— KY-15DHA(Dehydroascorbic acid of kimchi liquid prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- KY-15AA(Ascorbic acid of kimchi liquid prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- ▲— KY-15TAA(Total ascorbic acid of kimchi liquid prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- ◇— KY-15DHA(Dehydroascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- KY-15AA(Ascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- △— KY-15TAA(Total ascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Koreangji Yureum at 15°C)
- KY-5DHA(Dehydroascorbic acid of kimchi liquid prepared with Koreangji Yureum at 5°C)
- KY-5AA(Ascorbic acid of kimchi liquid prepared with Koreangji Yureum at 5°C)
- ×— KY-5TAA(Total ascorbic acid of kimchi liquid prepared with Koreangji Yureum at 5°C)
- KY-5DHA(Dehydroascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Koreangji Yureum at 5°C)
- KY-5AA(Ascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Koreangji Yureum at 5°C)
- ×— KY-5TAA(Total ascorbic acid of kimchi solid tissue prepared with Koreangji Yureum at 5°C)

지므로 발효초기부터 비타민 C 함량이 증가하다가 완숙기 및 그 이후부터 계속 감소하기도 하며, 발효 초기부터 계속 저하되기도 한다(22).

## 요 약

김치의 발효 특성 및 비타민 C의 변화양상을 조사하기 위해 겨울배추인 가락 신 1호(Kalak Shin II Ho : KS)와 여름배추인 고랭지 여름(Koreangji Yureum : KY)의 두 품종을 이용하여 5°C 및 15°C에서 숙성발효시키면서 이들의 양상을 살펴보았다. 김치의 염절임시 고랭지 여름이 가락 신 1호에 비해 염의 확산속도가 빨랐으며, 발효 진행에 따라 김치 시료들의 pH는 감소하고 총산도는 증가하였다. 김치의 적숙기인 산도 및 pH와 비교하여 15°C에 저장된 가락 신1호(KS-15), 15°C에 저장된 고랭지 여름(KY-15) 및 5°C에 저장된 고랭지 여름(KY-5)은 각각 7~12, 7~10일 및 60일로 나타났으며, 발효가 진행됨에 따라 초기에 비해 KS-15, KY-15, KY-5 모두 당 함량이 계속적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 고랭지 여름에 비해 가락 신 1호가 총당 및 환원당의 감소속도가 빠르게 나타났다. 또한 젖산균은 김치 적숙기에 증가하며 KS-15 및 KY-15는 7일로 나타났으며, KY-5는 온도가 낮아 비교적 완만한 변화를 나타내었다. 아울러 KS-15 및 KY-15의 총 비타민 C 함량은 발효기간이 경과할수록 김치 solid에 있어서는 환원형 비타민 C, 산화형 비타민 C 및 총비타민 C의 함량이 감소되어 발효 25일에는 총비타민 C 함량이 초기함량에 비해 약 41.0~47.1%만이 존재하여 김치 발효숙성 중 합성 또는 생성되는 것이 아니라 감소되는 것으로 나타났으나, 김치즙액에서는 적숙기에 원재료와 비슷하거나 또는 원재료에 비해 11.5~14.8% 증가된 비타민 C 함량을 나타내었다.

## 감사의 글

본 연구는 부산대학교 학술연구 조성비의 연구비로 수행한 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Cheigh, H. S. : Critical review on biochemical characteristics of *kimchi*(Korean fermented vegetable products). *J. East Asian Soc. Diet. Life*, 5, 89-101(1995)
- Park, W. S., Lee, I. S., Han, Y. S. and Koo, Y. J. : *Kimchi* preparation with binned chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 231-238(1994)
- Lee, I. S., Park, W. S., Koo, Y. J. and Kang, K. H. : Changes in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 239-245(1994)
- Cheigh, H. S. and Park, K. Y. : Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of *kimchi*(Korean fermented vegetable products). *Cric. Rev. in Food Sci. Nutr.*, 34, 175-203(1994)
- Park, K. Y. : The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24, 169-182(1995)
- Kim, S. H. : Comutagenic and antimutagenic effects of *kimchi* components. *Ph.D. thesis*, Pusan National University, Pusan(1991)
- Ha, J. O. : Studies on the development of functional and low sodium *kimchi* and physiological activity of salts. *Ph.D. thesis*, Pusan National University, Pusan(1997)
- Lee, H. S., Ko, Y. T. and Lim, S. J. : Effect of protein sources on *kimchi* fermentation and on the stability of ascorbic acid. *Korean J. Nutr.*, 17, 101-107(1984)
- Jung, H. S., Ko, Y. T. and Lim, S. J. : Effects of sugars on *kimchi* fermentation and on the stability of ascorbic acid. *Korean J. Nutr.*, 18, 36-45(1985)
- Rhie, S. G. and Kim, H. Z. : Changes in riboflavin and ascorbic acid content during ripening of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 13, 131-135(1984)
- AOAC : *Official methods of analysis*. 14th eds., Association of official analytical chemists, Washington D.C., p.420(1984)
- Shin, H. S. : *Food analysis*. Shin-Goeng Publishing Co., Seoul, pp.91-94(1983)
- James, G. C. and Sherman, N. : *Microbiology: A laboratory manual*. 2nd eds., The Benjamin/Cummings Pub., New York, p.76(1987)
- 日本藥學會 : 衛生試驗法主解. 禁死出版社, 東京, p.216(1980)
- Woo, K. J. and Koh, K. H. : A study on the texture and taste of *kimchi* in various saltings. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 5, 31-41(1989)
- Kim, H. O. and Rhee, H. S. : Studies on the nonvolatile organic acids in *kimchi* fermented at different temperatures. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 7, 74-81(1975)
- Choi, S. Y., Kim, Y. B., Yoo, J. Y., Lee, I. S., Chung, K. S. and Koo, Y. J. : Effect of temperature and salts concentration of *kimchi* manufacturing on storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22, 707-710(1990)
- Cho, J. S. : Chemical characteristics of *kimchi*. *Food Science*, 21, 25-30(1988)
- Lee, G. C. and Han, J. A. : Changes in the contents of total vitamin C and reducing sugars of starchy pastes added *kimchi* during fermentation. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 14, 201-206(1998)
- Kim, K. J., Kyung, K. H., Myung, W. K., Shin, S. T. and Kim, H. K. : Selection scheme of radish varieties to improve storage stabilities of fermented pickled radish cubes with special reference to sugar content. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 100-108(1989)
- Yi, J. H., Cho, Y. and Hwang, I. K. : Fermentative characteristics of *kimchi* prepared addition of different kinds of minor ingredients. *Korean Soc. Food Sci.*, 14, 1-8(1998)
- Lee, S. K., Shin, M. S., Jhong, D. K., Hong, Y. H. and Lim, H. S. : Changes of *kimchis* contained different garlic contents during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 68-74(1989)
- Choi, S. Y., Lee, M. K., Shoi, K. S., Koo, Y. J. and Park, W. S. : Changes of fermentation characteristics and sensory evaluation of *kimchi* on different storage temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 644-649

- (1998)
24. Mheen, T. I. and Kwon, T. W. : Effect of temperature and salt concentration on *kimchi* fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 443-450(1984)
  25. Cho, Y. : Effects of lactic acid bacteria and temperature on *kimchi* fermentation. *Ph.D. thesis*, Seoul National University, Seoul(1991)
  26. Ro, W. S., Oh, H. K. and Hur, Y. H. : A study on the dynamic changes of microorganism during the fermentation of *kimchi*. *J.SHJC*, **1**, 15-20(1981)
  27. Lee, T. Y. and Lee, J. W. : The changes of vitamin C content and the effect of galacturonic acid addition during *kimchi* fermentation. *J. Korean Agric. Soc.*, **24**, 139-144 (1981)
  28. Shin, D. W. : Physicochemical and microbial properties of market *kimchi* during fermentation in different containers. *Science of kimchi*, Seoul, pp.82-136(1994)

(1999년 4월 21일 접수)