

## 담금수의 수질이 열무 물김치의 비타민 C 함량에 미치는 영향

김유진 · 오지영 · 이태녕\* · 한영숙

성신여자대학교 식품영양학과, \*선영 연구소

### Effect of the Water Quality on the Variation of Ascorbic Acid Content during *Yulmoo Mul-kimchi* Fermentation

Yoo-Jin Kim, Ji-Young Oh, Tae-Young Lee\* and Young-Sook Hahn

Department of Food & Nutrition, Sungshin Women's University

\*Sun-Young Research Institute

#### Abstract

*Yulmoo Mul-kimchi* was prepared by fermentation of the mixture of 1 part of leafy radish and 2.75 parts of water. It is thought that during the kimchi fermentation both the biosynthesis and destruction of ascorbic acid occurred at the same time. So the ascorbic acid content in Kimchi broth was strongly influenced by the environment of the processing period. In the present studies, an attempt had been made to elucidate the effect of water quality on the content of ascorbic acid and the population change of microorganism during *Mul-kimchi* fermentation. Five kinds of water such as tap water, an underground water, one commercially available processed water, distilled water and triply distilled water were examined. Nevertheless there were no differences in the population of microorganism and the pattern of acid formation among the five different kind of waters, a large variation of ascorbic acid content was observed. The ascorbic acid content of Kimchi prepared with triply distilled water showed the highest of 7.2 mg% in contrast to 3.37 mg% in tap water kimchi, and 5.72 mg% in the kimchi using underground water which has relatively high concentration of Ca. These results suggested that pure water free of metal ions might prevent the destruction of ascorbic acid during the fermentation. The considerable amount of ascorbic acid in the Kimchi with underground water might be due to Ca ion in the water.

Key words: *Mul-kimchi*, Kimchi, vitamin C, metal ion, water quality

#### 서 론

김치는 배추, 무와 같은 신선한 채소를 주원료로 하여 이것을 소금에 절인 후 고추, 마늘, 파, 생강 등의 각종 향신료 및 젓갈을 첨가하여 발효·숙성시킨 복합 발효식품으로, 주재료인 채소의 신선함과 조직감을 유지하면서 발효과정 중에 생성되는 유기산, 탄산가스 등이 내는 신 맛과 맛난 맛, 향 등이 조화되어 독특한 맛을 내는 특징을 지니고 있다고 알려져 있다<sup>(1)</sup>. 특히, 김치는 암을 예방하는 것으로 알려져 있는 비타민 C, 베타카로틴, 식이 섬유소의 함량이 높으며, 김치재료인 마늘, 고추 그리고 발효숙성 중 생성된 유산균 등에 의해 항돌연변이 및 항암활성을 가진다고 알려

져 있다<sup>(2)</sup>. 특히, 김치 중 항괴혈병인자<sup>(3)</sup>인 비타민 C는 유리기 소거제로 작용해 세포내의 DNA에 발암물질이 결합되는 것을 감소시키며 NO<sub>2</sub>와 2급 아민이 nitrosoamine을 형성하는 것을 억제할 뿐 아니라 콜라겐 합성을 자극하여 암세포의 침투에 대한 경계선을 형성하여 암예방 뿐만 아니라 암환자에게 투여시 생명연장의 효과를 나타내었으며<sup>(4)</sup>, 세균과 바이러스 감염에 의한 질병과 고콜레스테롤 혈증을 예방한다고 하였다<sup>(5)</sup>. 또한 김치의 맛과도 관련이 있어 강 등<sup>(6)</sup>은 김치의 신맛과 풍미에 비타민 C가 긍정적으로 작용한다고 하여 김치에 비타민 C 함량을 높이면 보다 맛있는 김치의 제조가 가능하다고 생각되었다. 김치는 숙성과정 동안에 성분변화가 일어나게 되는데, 그 중 비타민 C의 경우 숙성 초기에 처음량 또는 그 이상으로 최고 함량이 되었다가 서서히 감소한다고 하였다<sup>(7,8)</sup>. 또한 김치에서 비타민 C 함량은 담금 환경, 숙성조건,

Corresponding author: Young-Sook Hahn, Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University, 249-1 Dongsungdong 3 ga, Sungbuk-gu, Seoul 136-742, Korea

숙성환경 등에 따라 달라지는 것으로 보고되었다. 정 등<sup>(9)</sup>은 ascorbic acid의 산화는 산화효소와 특정의 금속이온이 존재할 때 촉진되고 또 pH의 증가에 따라라도 산화율이 증가하게 된다고 하였으며, 이 등<sup>(10)</sup>은 김치에서 Fe, Cu 등의 금속이온이 존재할 때 비타민 C의 산화가 촉진된다고 하였다. 이<sup>(8)</sup>도 김치의 환원형 비타민 C 측정시 금속이온에 의한 비타민 C의 파괴를 방지코져 0.1% EDTA 용액으로 모든 기구를 씻고 다시 증류수로 깨끗이 씻은 후 사용하였더니 크게 효과가 있었다고 하였으며, 우<sup>(7)</sup>도 pH 7.6 이하에서는 ascorbic acid는 산화 촉매제로서 Cu 및 Fe 등이 존재하지 않는 경우 쉽게 산화되지 않는다고 하였다. 한편, 황 등<sup>(11)</sup>과 한<sup>(12)</sup> 및 최<sup>(13)</sup>는 Ca를 첨가하여 제조한 김치가 대조구보다 총 비타민 C 함량이 높았다고 하였다. 이와 같이 금속이온이 비타민 C 함량에 크게 영향을 주는 것으로 밝혀져 있으므로 본 연구에서는 금속이온의 종류와 함량이 담금수의 종류에 따라 차이가 있을 것을 예상하여 증류수, 수돗물, 생수, 지하수의 Fe, Cu, Ca, Mg, Na 및 K 이온을 분석하였으며 그 물로 열무 물김치를 제조 및 발효·숙성시켜 각종 담금수가 pH와 산도, 총 비타민 C 함량, texture의 변화 및 미생물의 변화에 미치는 영향을 살펴봄과 동시에 관능검사를 실시하여, 비타민 C 고함량의 물김치를 제조하기 위한 기초를 마련하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

김치 재료: 본 실험에 사용된 김치 재료인 열무, 파, 홍고추 및 마늘을 1997년 4월 압구정동 소재 현대백화점에서 신선한 것을 구입하여 사용하였는데 열무는 일산 열무를 사용하였다.

담금수: 본 실험의 김치 제조에 경기도 성남시 분당구 소재 한국식품개발원의 지하수물, 1차 증류수(pure water still SW-1000MT로 제조), 3차 증류수(HPLC용 water, EM science), 생수(J 회사 제품), 수돗물(돈암동 소재 가정집에서 입수)을 수집하여 사용하였다.

시약: L-ascorbic acid 등의 일반분석용 시약은 Junsei 사의 제품을, 황산은 Sigma사의 특급 시약을, 배지는 Difco 사의 제품을 사용하였다.

### 열무 물김치의 제조

열무 물김치의 제조: 열무는 깨끗이 씻어 4~5 cm 정도의 길이로 썰어 잎과 줄기를 구분하여 3 L들이 유리병에 같은 양씩 담아 전체 무게의 2%에 해당하는

소금으로 1시간 절인 후 파, 홍고추 및 마늘을 넣고 각각의 물을 부어 전체를 2.4 L (열무/물의 비율=1/2.75)로 하였다. 이때 파와 홍고추는 열무와 비슷한 크기로 썰었고 마늘은 얇게 저며서 사용했다. 담금 직후 15°C의 항온기에 넣어 10일 동안 숙성시켰다. 각 재료의 비율은 열무 600 g (25%), 파 60 g (2.5%), 홍고추 45 g (1.9%), 마늘 45 g (1.9%), 물 1,650 mL (68.8%)였다.

금속이온 첨가: 총 비타민 C 함성에 미치는 금속이온의 영향을 알아보기 위해 3차 증류수로 만든 물김치에 CaCl<sub>2</sub>와 CuSO<sub>4</sub>를 각각 10 ppm씩 되도록 첨가하여 무첨가군과 비교하였다.

### 담금수 중의 금속이온 분석

본 실험의 김치제조에 사용한 담금수 중의 금속이온 함량은 담금수를 whatman No. 541로 여과한 후 Inductively Coupled Plasma Spectroscopic (ICPS) method로 측정하였다<sup>(14)</sup>.

### pH 및 산도 측정

김치 시료액의 pH는 pH meter (Mettler, Toledo 345)로 측정하였으며 산도의 측정은 시료액 10 mL를 취하여 pH가 8.3에 도달할 때까지 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여, 이 때의 NaOH 소요량을 다음식에 적용하여 lactic acid (%)양으로 환산하였다<sup>(15)</sup>.

Acidity (% , as lactic acid)

$$= \frac{0.009008 \times \text{mL of 0.1 N NaOH} \times F \times 100}{\text{sample (g)}}$$

F: factor of 0.1 N NaOH

### 총 비타민 C의 정량

비타민 C의 함량은 김치국물 2 mL를 취해 indophenol 용액으로 산화시킨 후 2,4-dinitrophenyl hydrazine 비색법<sup>(16,17)</sup>에 의해 정량된 총 비타민 C의 양을 비타민 C양으로 하였으며 표준 비타민 C는 L-ascorbic acid (Sigma co.)를 사용하였다.

### 미생물수의 측정

김치국물 1 mL를 취하여 0.85% 멸균 식염수로 단계적으로 희석하여 총균수는 PCA 배지<sup>(18)</sup>를, *Lactobacillus* 속은 m-LBS 배지<sup>(19)</sup>, *Leuconostoc* 속은 phenyl ethyl alcohol sucrose agar medium (PES 배지)<sup>(19)</sup>, gram 음성균은 MacConkey 배지<sup>(18)</sup>를, 효모는 PDA 배지<sup>(18)</sup>를 사용하여 spreading culture method로 접종한 후 나타난 균수를 측정하였다.

Texture의 측정

Texture의 측정을 위한 열무 시료는 뿌리에서 5 cm 올라온 줄기부분으로 두께가 약 0.5 cm인 것을 선별하여 texture analyzer (TA-XT2, stable Micro System, England)를 사용하여 puncture test에 의하여 경도(hardness)를 측정하였다. 모든 시료에 대해 5번 반복 측정하여 측정치가 비슷한 3개의 값의 평균으로 계산하였다.

관능검사

담금수를 달리한 열무 물김치의 향, 맛, 텍스처 및 전반적 기호도의 조사를 위해 김치가 가장 맛있는 상태인 pH 4.0~4.3 부근에 도달했을 때 9점 채점법을 사용하여 관능검사를 실시하였다. 또한 관능검사를 통해 얻은 data의 통계처리는 각각 이원분산분석(two-way ANOVA test)과 multiple-range test로 평균간의 다중비교를 실시하여 유의수준 5%에서 유의성을 검증하였다<sup>(20)</sup>.

결과 및 고찰

담금수 중의 금속이온 함량

열무김치 제조시 사용한 5종류의 담금수(지하수, 1차 증류수, 3차 증류수, 생수, 수돗물)의 금속이온 함량은 Table 1과 같았다.

Ca 함량은 지하수가 20.300 ppm으로 가장 많았으며 3차 증류수에서는 Ca이 검출되지 않았다. Mg 함량도 지하수가 가장 많아 4.140 ppm을 나타냈으며 3차 증류수에서는 0.029 ppm으로 미량만이 검출되었다. K 함량은 수돗물이 3.650 ppm으로 가장 많았으며 다른 시료들에서는 큰 차이가 없었다. Na 함량은 수돗물이 10.900 ppm으로 가장 많았으며 1차 증류수와 3차 증류수에서는 미량 검출되었다. Cu는 수돗물에서만 0.004 ppm이 검출되었으며, Fe은 모든 시료에서 검출되지 않았으나 본 실험에서는 ppm단위로 계산되었으므로 그 이하의 미량에 대해서도 조사해 볼 필요가 있

다고 생각되었다.

pH 및 산도의 변화

담금수를 달리하여 제조한 열무 물김치의 숙성과정 중 pH 및 산도의 변화는 Fig. 1과 같았다.

숙성 적기의 pH로 알려진 4.3 부근에 도달하는데 소요되는 시간은 김치 시료간에 큰 차이 없이 발효 4~5일경으로 비슷하였다.

산도는 모든 시료에서 발효가 진행됨에 따라 계속 증가하는 경향을 나타내었는데, 산도의 증가 속도는 pH의 감소가 완만해지는 부근에서 감소하기 시작한다는 김과 황<sup>(21)</sup>의 보고와는 달리 pH의 감소가 완만해진 발효 5일째 이후에도 산도의 증가 속도는 감소하지 않았으며 발효 10일째까지 계속 증가하였다. 발효 10일째의 각 시료별 산도를 비교해 보면 3차 증류수로 제조한 김치의 산도가 0.333으로 가장 높았으며, 수돗

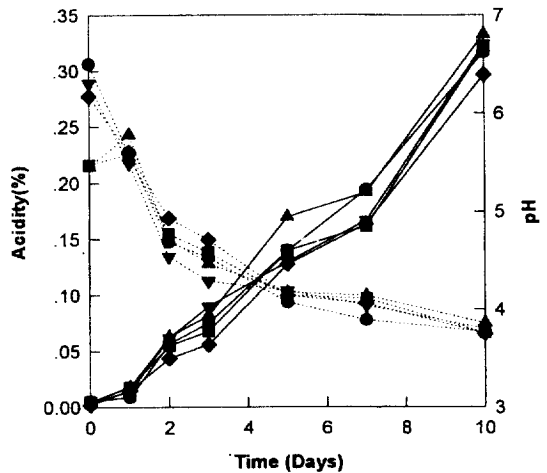


Fig. 1. Changes of acidity and pH during Yulmoo Mul-kimchi fermentation at 15°C. ●—●: Underground water, ■—■: Distilled water ▲—▲: Triply distilled water, ▼—▼: Processed water, ◆—◆: Tap water, —: Acidity, ....: pH

Table 1. Mineral content of various water prepared for Yulmoo Mul-kimchi (unit: ppm)

Component	Ca	Mg	Fe	K	Na	Cu
Samples						
Underground water	20.300	4.140	ND <sup>2)</sup>	2.740	5.660	ND
Distilled water	0.413	0.152	ND	1.360	1.490	ND
Triply distilled water	ND	0.029	ND	1.180	0.305	ND
Processed water <sup>1)</sup>	11.200	1.440	ND	1.980	6.760	ND
Tap water	13.600	3.060	ND	3.650	10.900	0.004

<sup>1)</sup>Processed water: commercially available processed water.

<sup>2)</sup>ND: not detectable.

물로 제조한 김치의 산도가 0.297로 가장 낮았으나 대체로 큰 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 김치 숙성 적기의 pH는 4.0~4.3 부근이며, 산도는 0.4~0.6%라고 알려져 있다<sup>(22,24)</sup>. 그러나 본 실험에서 pH가 4.0~4.3 부근에 도달한 발효 5일째의 산도를 살펴보면 0.1~0.2%에 불과하였는데 그 이유는 실험 김치가 물김치며, 실험 시에도 김치국물만을 사용했기 때문으로 생각되었다. 이러한 사실은 열무:물의 비율이 1:1.14인 김치와 1:4인 김치의 산도 비교시 0.34%와 0.27%로 물 함량이 많을수록 희석률이 높아 산도가 낮게 나타난 것<sup>(13)</sup>에서도 알 수 있었다.

총 비타민 C 함량의 변화

담금수를 달리하여 제조한 열무 물김치의 숙성 과정 중 총 비타민 C 함량의 변화는 Fig. 2와 같았다.

총 비타민 C 함량은 모든 시료에서 발효가 진행됨에 따라 점차 증가하여 발효 3일째 최고 함량을 보인 후 점차 감소하는 경향을 보였다. 이것은 발효 초기에 총 비타민 C 함량이 일단 감소했다가 증가한 후 다시 감소한다는 보고<sup>(25,27)</sup>와는 차이가 있었으나 김치 국물과 조식 중의 총 비타민 C가 숙성과 더불어 모두 증가했다가 숙성 적기 이후 감소한다는 김<sup>(28)</sup>과 정<sup>(29)</sup>의 보고와는 일치하는 결과였다.

본 실험에서는 3차 증류수로 제조한 김치가 7.20 mg%로 숙성 적기 총 비타민 C 최고 함량을 나타내었고 그 다음이 지하수로 제조한 김치로 5.72 mf%로 3차 증류수로 제조한 김치의 80%를 나타내었다. 이

2가지 김치시료는 숙성적기 뿐만 아니라 발효 전 기간을 통해 높은 비타민 C 함량을 보였다. 반면 수돗물로 제조한 김치는 숙성 적기의 총 비타민 C 함량이 3.37 mg%에 불과해 가장 낮았으며 발효 전 기간을 통해 가장 낮은 수치를 나타내었다. 1차 증류수와 생수로 제조한 김치는 3차 증류수 및 지하수로 제조한 김치보다는 낮고 수돗물로 제조한 김치보다는 높은 수치를 나타내었다. 이렇게 김치 제조시의 소금농도 및 발효 숙성 온도가 동일하고 담금수만 다른 김치시료에서 총 비타민 C 함량이 크게 차이가 나는 이유를 담금수 중의 금속이온 함량 차이 때문이라고 추정하여 각 담금수의 금속이온 함량을 측정된 결과(Table 1)를 살펴보면 3차 증류수는 측정항목에 있는 모든 금속이온의 함량이 가장 적었기 때문에 이것으로 제조한 김치의 총 비타민 C 함량이 가장 높게 나타난 것으로 생각되어지며, 수돗물은 대체로 금속이온 함량이 가장 높았으며, 특히 다른 담금수에선 검출되지 않았던 Cu 이온이 존재하여 이것으로 제조한 김치의 총 비타민 C 함량이 가장 낮게 나타난 것으로 생각되었는데 이것은 우<sup>(7)</sup>와 이<sup>(8)</sup>의 비타민 C 측정시 Cu 이온이 관계된다는 결과와 일치하였다. 한편 지하수는 전체적으로 Ca, Mg, K, Na 함량이 많은 편이었지만 Fe이나 Cu가 검출되지 않았으며 비타민 C에 긍정적으로 작용하는 Ca 함량<sup>(13)</sup>이 다른 담금수에 비해 2배~5배가 많았기 때문에 이것으로 제조한 김치의 총 비타민 C 함량이 높게 나타난 것으로 생각되어졌다.

미생물의 변화

담금수를 달리하여 제조한 열무 물김치의 숙성 중 총균, *Leuconostoc* 속, *Lactobacillus* 속, Gram 음성균, 효모수의 변화를 살펴본 결과는 Fig. 3~7과 같았다.

총균수는 김치를 담금 직후 10<sup>6</sup> CFU/mL던 것이 발효 5일째 10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup> CFU/mL 증가하여 최대값을 나타내었다가 다시 10<sup>7</sup> CFU/mL 감소한 후 비슷한 수준을 유지하였다. 그러나 담금수를 달리하여 제조한 김치 시료간에는 큰 차이를 나타내지 않은 것으로 보아 각 담금수가 함유하고 있는 금속이온은 미생물의 생육에 큰 영향을 주지 않는다고 생각되었다.

*Leuconostoc* 속 균수는 초기부터 급속히 증가하여 적숙기 부근에 도달한 후 점차 감소하는 경향으로 담금 직후 10<sup>5</sup> CFU/mL였으나, 발효 3일째 10<sup>7</sup> CFU/mL 최대값을 나타낸 후 점차 감소하여 발효 7일째 처음 수치인 10<sup>5</sup> CFU/mL지 감소하여 비슷한 후 비슷한 수준을 유지하였다. 김치 시료별로 살펴보면, 전 발효기간에 걸쳐 수돗물로 제조한 김치 시료에서만 균수가

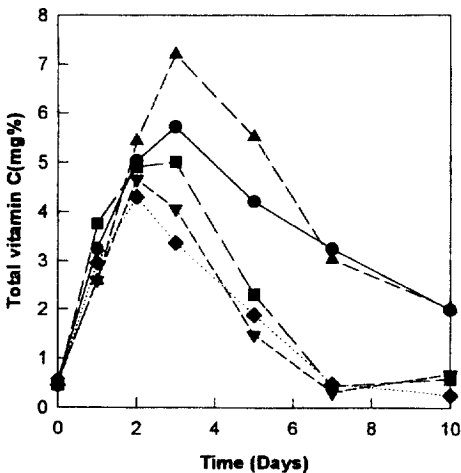


Fig. 2. Changes of total vitamin C during *Yulmoo Mul-kimchi* fermentation at 15°C. ●-●: Underground water, ■-■: Distilled water ▲-▲: Triply distilled water, ▼-▼: Processed water, ◆-◆: Tap water

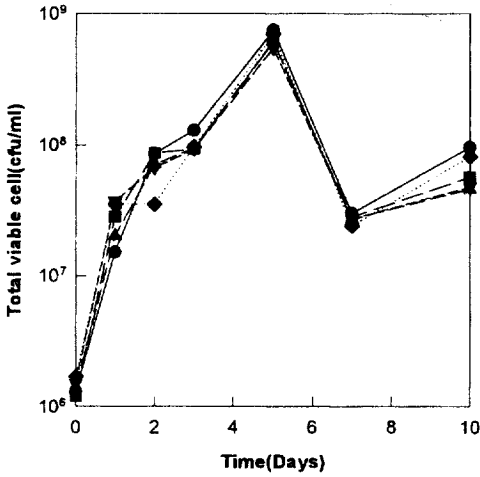


Fig. 3. Changes of total viable cell count during *Yulmoo Mul-kimchi* fermentation at 15°C. ●—●: Underground water, ■—■: Distilled water ▲—▲: Triply distilled water, ▼—▼: Processed water, ◆—◆: Tap water

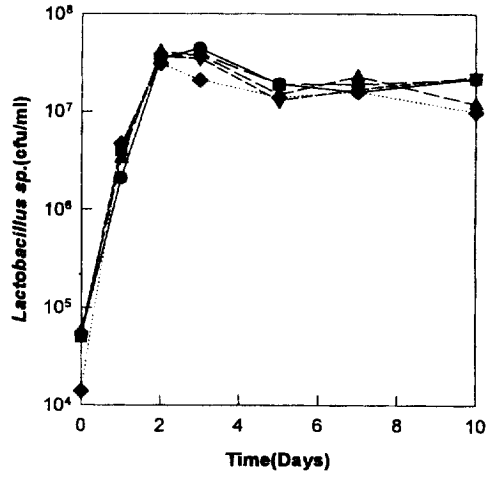


Fig. 5. Changes of *Lactobacillus sp.* during *Yulmoo Mul-kimchi* fermentation at 15°C. ●—●: Underground water, ■—■: Distilled water ▲—▲: Triply distilled water, ▼—▼: Processed water, ◆—◆: Tap water

약간 낮게 나타났는데 이는 수돗물 속의 Cl<sup>-</sup>이온이 영향을 준 것이 아닌가 생각되어서 이 부분에 대한 연구가 더 필요하다고 생각되었다. 나머지 시료간에는 큰 차이를 나타내지 않아 총균수와 마찬가지로 *Leuconostoc* 속 균수도 담금수에 의해 생육이 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

같은 젖산균에 속하는 *Lactobacillus* 속 균은 발효 전 기간을 통해 높은 분포를 나타내었는데 이것은 이 등<sup>(30)</sup>의 보고와 일치하는 결과였다. 즉, 김치를 담근 직

후 10<sup>4</sup> CFU/mL던 것이 발효 2일째 10<sup>7</sup> CFU/mL지 증가하여 최고값을 나타낸 후 계속 비슷한 수준을 보여 발효 말기인 10일째까지 높은 수치를 유지하였다. 일반적으로 소금에 잘 견디는 *Leuconostoc mesenteroides*는 초기에 많이 번식하여 숙성을 주도하고 이어서 나타나는 산에 잘 견디는 *Lactobacillus plantarum*은 발효 말기까지 왕성하게 번식하여 산패를 주도하는 것<sup>(30-31)</sup>으로 알려져 있듯이, 본 실험에서도 *Lactobacillus* 속 균이 발효 말기인 10일째까지 높은 수치를 보여 L.

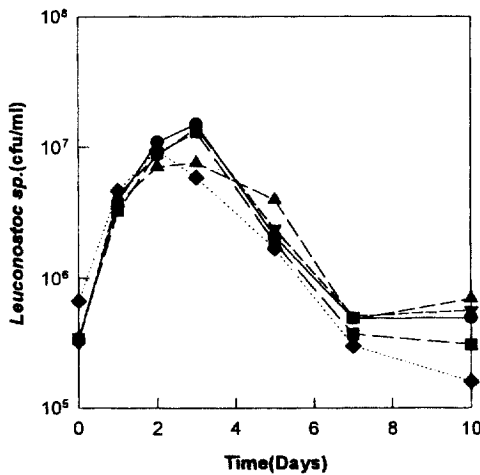


Fig. 4. Changes of *Leuconostoc sp.* during *Yulmoo Mul-kimchi* fermentation at 15°C. ●—●: Underground water, ■—■: Distilled water ▲—▲: Triply distilled water, ▼—▼: Processed water, ◆—◆: Tap water

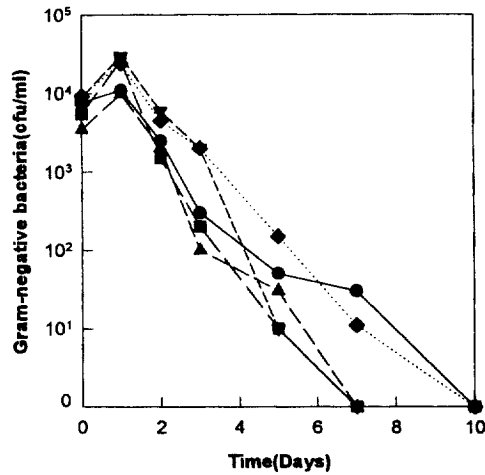


Fig. 6. Changes of gram-negative bacteria during *Yulmoo Mul-kimchi* fermentation at 15°C. ●—●: Underground water, ■—■: Distilled water ▲—▲: Triply distilled water, ▼—▼: Processed water, ◆—◆: Tap water

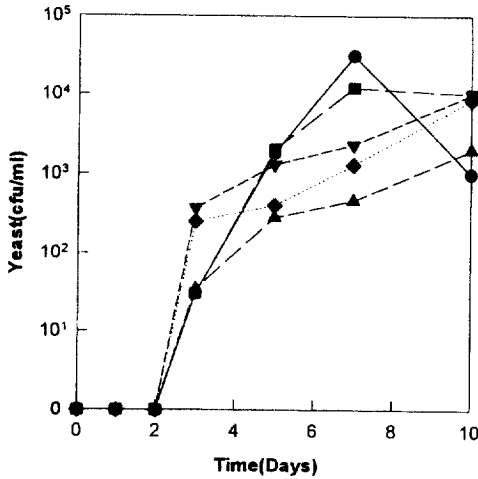


Fig. 7. Changes of yeast during Yulmoo Mul-kimchi fermentation at 15°C. ●-●: Underground water, ■-■: Distilled water ▲-▲: Triply distilled water, ▼-▼: Processed water, ◆-◆: Tap water

plantarum이 왕성하게 번식하였음을 추측할 수 있었다. 그러나 Lactobacillus 속 균도 담금수를 달리하여 제조한 김치시료 간에 큰 차이를 나타내지 않았다.

한편, gram 음성균수는 김치의 숙성이 진행됨에 따라 점차 감소하는 경향이였다. 즉, 김치를 담근 직후 10<sup>3</sup> CFU/mL던 것이 발효 1일째 10<sup>4</sup> CFU/mL로 약간 증가한 후 점차 감소하는 경향을 보여 발효 5-7일 이후에는 검출되지 않았는데 이것은 宮尾과 小川<sup>(19)</sup> 및 오<sup>(20)</sup>의 보고와 마찬가지로였으며, 김치 발효가 진행됨에 따라 주발효균인 젖산균에 의해 생성된 산 또는 대사 산물에 의해 성장이 억제되기 때문인 것으로 생각되어졌다. 이상에서와 같이 담금수에 의해 미생물 생육에는 큰 차이를 나타내지 않아 미생물 수와 비타민 C 사이에는 어떤 연관이 있으리라고 생각되지 않았다.

효모는 발효 2일째까지는 검출되지 않다가 발효 3일째 10<sup>1</sup>~10<sup>2</sup> CFU/mL정도가 검출되었으며 발효가 진행되면서 점차 증가하여 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup> CFU/mL 유지되었는데 이는 한 등<sup>(32)</sup>의 보고와 비슷한 경향이였다.

텍스처 변화

Table 2에서는 담금수를 달리하여 제조한 열무 물김치의 숙성 중 열무 조직의 텍스처 변화를 살펴보았다.

열무 조직의 견고성(hardness)은 발효 3일 때까지 대체로 담금 직후보다 증가하였다가 그 이후 감소하는 경향을 보여 발효 10일째에 다시 초기값과 비슷한 수준으로 감소하였는데, 이런 결과로 보아 텍스처의 변화는 김치의 발효 숙성 및 산패와 밀접한 관계를 맺고 있는 것으로 생각되었다. 채소의 세포 내에는 pectinesterase와 polygalacturonase라는 효소가 존재하며 이들은 어떤 조건하에서 세포막이 파괴되면 세포 밖으로 나와 pectin을 분해하는데 이 중 pectinesterase는 연화억제효소로 pectin을 pectic acid와 alcohol로 분해시키는데 이 때 생성된 pectic acid는 Ca 과 같은 염과 cross-linking을 형성하여 채소 조직의 경화를 일으키는 반면 polygalacturonase는 pectin의 기본구조인 polygalacturonic acid를 분해하여 조직의 연화를 일으키는 것으로 알려져 있으며<sup>(28,29)</sup>, polygalacturonase는 특히 발효 후기 산패효모가 번식하면서 그 활성이 증가하여 김치 조직의 연부현상에 크게 관여한다고 하였다<sup>(31)</sup>. 본 실험에서는 담금수 중에 금속이온 함량이 상대적으로 많은 지하수와 생수 및 수도물로 담근 김치에서 견고성이 유지될 것으로 예상했으나 이와는 달리 조금 차이가 있었던 점으로 보아 조직의 견고성에 영향을 미치는 인자 가운데 금속이온보다는 소금 함량<sup>(20)</sup> 및 여러 가지 효소작용<sup>(33)</sup>에 의해 영향을 받았다고 생각되어졌다. Hardness는 담금 3일에 최고치를 나타냈으나 Fig. 7에서 yeast 수가 크게 증가한 5일째부터 hardness가 감소하는 경향을 보여 yeast가 생산하는 pectin 분해효소가 그 감소에 영향을 주는 것<sup>(34)</sup>으로 추정되었다.

관능검사

담금수를 달리하여 제조한 후 발효·숙성시킨 열무 물김치에 대한 관능검사를 실시한 결과는 Table 3과 같았다.

Table 2. Changes of hardness during Yulmoo Mul-kimchi fermentation

(unit: g)

Samples	Underground water	Distilled water	Triply distilled water	Processed water	Tap water
0	751.7	838.6	790.8	807.0	615.1
3	943.8	973.4	853.9	947.2	870.9
7	785.2	736.9	799.0	803.7	890.3
10	716.8	736.7	769.2	781.4	699.7

Table 3. Sensory evaluation of Yulmoo Mul-kimchi by hedonic scale<sup>1)</sup>

Samples	Underground water	Distilled water	Triply distilled water	Processed water	Tap water
Flavor	3.5 <sup>c</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>bc</sup>
Taste	4.3 <sup>b</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	6.9 <sup>a</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>ab</sup>
Texture	6.0	6.0	5.8	5.3	4.5
Overall acceptability	4.7 <sup>c</sup>	5.5 <sup>bc</sup>	7.4 <sup>a</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>Each value represented the mean of 8 observations using on hedonic scale of 1 (dislike extremely) to 9 (like extremely).

<sup>2)</sup>abcSamples in a row followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test (P≤0.05).

관능검사는 김치의 최적 숙성 적기로 알려진 pH 4.0 ~4.3 부근<sup>(22,24)</sup>에 도달했을 때 실시했으며 향, 맛, 텍스처 및 전체적인 기호도에 대하여 평가하여 유의수준 5%에서 유의성을 검증하였다. 향(flavor)의 경우 3차 증류수로 제조한 김치가 6.4점으로 가장 높은 점수를 보였고 그 다음이 1차 증류수, 생수, 수도물로 제조한 김치의 순서였으며 지하수로 제조한 김치가 3.5점으로 가장 낮은 점수를 보였다. 맛의 경우도 3차 증류수로 제조한 김치가 6.9점으로 가장 높은 점수를 보였고 그 다음이 생수, 1차 증류수, 수도물로 제조한 김치의 순서였으며 지하수로 제조한 김치가 4.3점으로 가장 낮은 점수를 보였다. 텍스처의 경우 시료간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 전반적인 기호도의 경우 3차 증류수로 제조한 김치가 7.4점으로 가장 높은 점수를 보였고, 그 다음이 생수, 1차 증류수, 수도물로 제조한 김치의 순서였으며 지하수로 제조한 김치가 4.7점으로 가장 낮은 점수를 보였는데 이 순서는 맛의 경우와 일치하는 것으로 보아 전반적인 기호도는 향보다는 맛에 의해 좌우된다고 할 수 있겠다.

김치 시료별로 살펴보면, 3차 증류수가 기호도가 가장 높은 이유는 강 등<sup>(6)</sup>의 보고에서 김치의 맛에 영향을 주는 인자 중의 하나가 비타민 C라고 언급되었듯이 비타민 C 함량이 가장 많기 때문으로 생각되어지며, 지하수로 제조한 김치가 기호도가 가장 낮은 이유는 지하수가 비교적 다량 함유하고 있는 무기질의 영향으로 인한 지하수 특유의 향과 맛 때문이라고 생각되어졌다. 따라서 기호도면으로 볼 때 3차 증류수로 물김치를 담그는 것이 가장 이상적이라고 할 수 있으며 그 다음이 생수로 담근 물김치가 좋은 평가를 받았다.

금속이온 첨가에 의한 총 비타민 C 함량 변화

Ca 이온과 Cu 이온이 총 비타민 C 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 CaCl<sub>2</sub>와 CuSO<sub>4</sub>를 각각 10 ppm 씩 첨가하여 제조한 김치의 숙성과정 중 0일째, 3일째 및 10일째의 총 비타민 C 함량 변화는 Fig. 8과 같았다. 담금 직후(0일째)에는 큰 차이를 보이지 않았으나

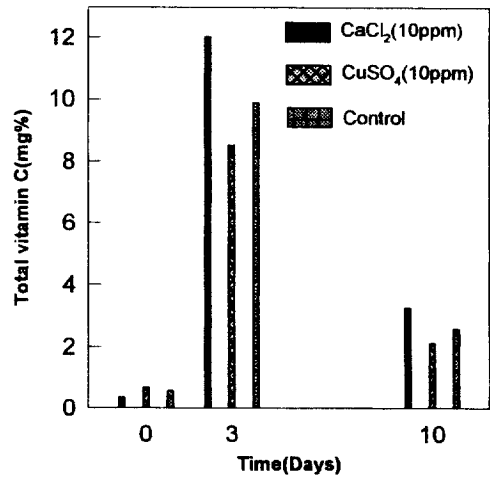


Fig. 8. Effect of metal ions on total vitamin C formation during Yulmoo Mul-kimchi fermentation at 15°C.

숙성 중 최고 함량을 나타냈던 3일째 CaCl<sub>2</sub> 첨가구가 12.02 mg%로 대조구(9.88 mg%)보다 높은 함량을 나타내었고 CuSO<sub>4</sub> 첨가구는 8.51 mg%로 대조구보다 낮은 함량을 나타내었다. 이것으로 Ca 이온은 총 비타민 C 함성에 좋은 효과를 나타내나 Cu 이온은 합성을 저해함을 다시 확인할 수 있었다.

요 약

비타민 C 고함량의 물김치를 제조하기 위한 방법의 하나로 담금수의 종류를 달리하여 지하수, 1차증류수, 3차 증류수, 생수 및 수도물의 금속이온(Ca, Mg, Fe, K, Na, Cu) 함량을 분석하였으며, 각각의 물로 열무 물김치를 제조하여 15°C에서 발효·숙성시키면서 그 담금수가 김치의 숙성지표인 pH와 산도의 변화에 미치는 영향을 밝히고, 총 비타민 C 함량, 텍스처 및 미생물 균수의 변화를 살펴봄과 동시에 관능검사를 실시한 결과는 다음과 같았다. 각 담금수의 금속이온 함량을 측정된 결과, 전반적으로 3차 증류수가 금속이온

함량이 가장 낮은 반면 수돗물은 금속이온 함량이 가장 높았고, 특히 Cu 이온이 검출되었으며, 지하수의 Ca 함량은 다른 담금수에 비해 월등히 높았다. 각 담금수로 제조한 김치국물의 pH와 산도 및 미생물의 변화는 김치시료간에 큰 차이를 보이지 않았고, 열무 줄기로 측정된 텍스처는 시료간에 큰 차이를 보이지 않았으나 담금 3일까지 증가하였다가 그 이후 감소하는 경향을 보였다. 한편, 총 비타민 C 함량은 3차 증류수로 제조한 김치국물의 숙성 적기 총 비타민 C 함량이 7.20 mg%로 최고 함량을 나타내었고, 그 다음이 지하수로 제조한 김치로 5.72 mg%를 나타내었으며, 수돗물로 제조한 김치의 총 비타민 C 함량은 3.37 mg%로 가장 낮아 3차 증류수로 제조한 김치의 50%에 불과했다. 또한, 기호도를 조사한 결과, 3차 증류수로 제조한 김치의 기호도가 가장 높았고 그 다음이 생수로 제조한 김치였으며, 지하수로 제조한 김치의 기호도가 가장 낮았다.

## 감사의 글

본 연구는 1997년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하였으므로 이에 감사드립니다.

## 문헌

1. 한국식품연감 : 김치절임식품. p.572-588 (1991)
2. Park, K.Y.: The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of Kimchi (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 169-182 (1995)
3. Yu, R.N., Hong, S.M. and Choe, S.Y.: Effect of ascorbic acid and Kimchi on metabolism of xenobiotics in guinea pigs administered polycyclic aromatic hydrocarbon (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **19**, 403-410 (1990)
4. 内田 泰 : 月刊 フドケミカル. No. 2, p.22-24 (1998)
5. 생체기능 조절 천연소재연구회 편 : 식품 신소재학. 한림원, p.258-266 (1996)
6. 강수기, 박완수, 최태동 : 김치-수지맞는 사업 추진과 경영. 농민신문사 (1995)
7. Woo, K.J.: Environmental effects on the biosynthesis of ascorbic acid in Kimchi. *M.S. Thesis*, Seoul National Univ., Seoul, Korea (1968)
8. Lee, J.W.: Effect on the variation of biosynthesis of ascorbic acid during Kimchi fermentation. *M.S. Thesis*, Seoul National Univ., Seoul, Korea (1973)
9. Jung, H.S., Ko, Y.T. and Lim, S.J.: Effects of sugars on Kimchi fermentation and on the stability of ascorbic acid (in Korean). *Korean J. Nutr.*, **18**, 36-45 (1985)
10. Lee, Y.C., Kirk, J.R., Bedford C.L. and Heldman D.R.: Kinetics and computer simulation of ascorbic acid stability of tomato juice as functions of temperature, pH and metal catalyst. *J. Food Sci.*, **42**, 640-678 (1977)
11. Hwang, I.J., Woo, S.J., Lee, H.J.: Effect of Ca and preservative on the variation of vitamin C content during Kimchi fermentation (in Korean). *J. of Korean Home Economic Association*, **26**, 51-62 (1988)
12. Han, E.K.: Effect of Ca and preservative on Kimchi fermentation. *M.S. Thesis*, Korea Univ., Seoul, Korea (1986)
13. Choi, S.Y.: Effect of preparation method on total vitamin C content and the number of microorganisms in Yulmoo Mulkimchi. *M.S. Thesis*, Sungshin Women's Univ., Seoul, Korea (1997)
14. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*. 15th edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1990)
15. Park, W.P. and Kim, Z.U.: The effect of spices on the Kimchi fermentation (in Korean). *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **34**, 235-241 (1991)
16. 假屋園璋 : 食品學實驗 ノト. 建帛社 (1989)
17. 주현규, 조규성 : 식품분석법. 학문사 (1995)
18. Difco Laboratories: *Difco Manual*. 10th edition, Difco Lab., Detroit Michigan 48232 U.S.A. (1984)
19. Shigeo, M. and Toshio, O.: Selective media for enumerating lactic acid bacteria groups from fermented pickles (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **35**, 610-617 (1988)
20. Oh, J.Y.: Effect of NaCl concentration and fermentation temperature on the fermentation and microbial growth in *Mulkimchi*. *M.S. Thesis*, Sungshin Women's Univ., Seoul, Korea (1997)
21. Kim, H.S. and Whang, K.C.: Microbiological studies on Kimchies (in Korean). *Bulletin of the Scientific Research Institute*, **4**, 56-62 (1959)
22. Ku, K.H., Kang, K.O. and Kim, W.J.: Some quality changes during fermentation of Kimchi (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 476-482 (1988)
23. 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 (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 707-710 (1990)
24. Ahn, S.J.: The effect of salt and food preservation on the growth of lactic acid bacteria isolated from Kimchi (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **4**, 39-50 (1988)
25. Lee, T.Y., Kim, J.S., Chung, D.H. and Kim, H.S.: Variations of vitamins during Kimchi fermentation (in Korean). *Bulletin of the Scientific Research Institute*, **5**, 43-50 (1960)
26. Lee, S.W. and Woo, S.J.: Effect of some materials on the content of nitrate, nitrite and vitamin C in Kimchi during fermentation (in Korean). *Korean J. Dietary Culture*, **4**, 161-166 (1989)
27. Lee, H.O., Lee, H.J. and Woo, S.J.: Effect of cooked glutinous rice flour and soused shrimp on the changes of free amino acid, total vitamin C and ascorbic acid contents during Kimchi fermentation (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **10**, 225-231 (1994)
28. Kim, S.D.: Effect of pH adjuster on the fermentation of Kimchi (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **14**, 259-264 (1985)
29. Jung, J.R.: Kimchi fermentation in low pressure condition. *M.S. Thesis*, Hyosung Women's Univ., Seoul, Korea (1994)



30. Lee, C.W., Ko, C.Y. and Ha, D.M.: Microfloral changes of the lactic acid bacteria during Kimchi fermentation and identification of the isolates (in Korean). *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **20**, 102-109 (1992)
31. Mheen, T.I. and Kwon, T.W.: Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 443-450 (1984)
32. Han, H.U., Lim, C.R. and Park, H.K.: Determination of microbial community as an indicator of Kimchi fermentation (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 26-32 (1990)
33. Baek, H.H., Lee, C.H., Woo, D.H., Park, K.H., Pek, U. H., Lee, K.S. and Nam, S.B.: Prevention of pectinolytic softening of Kimchi tissue (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 149-153 (1989)
34. Ha, S.S.: Studys on the soft-deterioration of the pickled vegetables (in Korean). *Bulletin of the Scientific Research Institute*, **5**, 139-145 (1961)
- 

(1997년 11월 26일 접수)