

발효 온도의 변화에 따른 열무 물김치 중 비타민 C의 함량 변화

최성유 · 한영숙
성신여자대학교 식품영양학과

The Changes of Vitamin C Content in Yulmoo Mulkimchi According to the Shift of Fermentation Temperature

Sung-Yu Choi and Young-Sook Hahn
Department of Food & Nutrition Sungshin Women's University

Abstract

The vitamin C contents in Mulkimchi (watery kimchi prepared with Yulmoo, leaf radish) were analyzed during its fermentation and storage at 30°C, 15°C and 4°C, respectively. The total amount of vit. C in Mulkimchi fermented for 1 day at 30°C was rapidly increased to the highest level of 20 mg%. At this time, Mulkimchi showed pH 4.5 and 0.2% of total acidity expressed in lactic acid. The total microbes of the kimchi amounted to 10^8 cfu/ml which are mostly found to be lactic acid bacteria. However, the amount of vitamin C in Mulkimchi was decreased gradually during the storage at 30°C, 15°C and 4°C for 9 days. In the Mulkimchi fermented at 15°C, the maximum amount of vitamin C was 15 mg% at 4 to 5 day-fermentation. The pH of this kimchi was 4.0 and its acidity was 0.15% as lactic acid. When the storage temperature was dropped to 4°C after 1 day-fermentation at 15°C, its vitamin C didn't reach the above level after 9 day storage. As the fermentation temperature was kept at 4°C, the content of vitamin C in Mulkimchi remained at 10 mg% of its initial storage and didn't change through the 9 days storage.

Key words: kimchi, Mulkimchi, Yulmoo, Vit C, temperature shifting

I. 서 론

김치는 오랫동안 한국인의 식탁에서 빼 놓을 수 없는 부식으로 이용되어 왔다. 김치는 배추, 무 등 신선한 채소를 주원료로 하고, 이를 소금에 절인 후 고추, 마늘, 생강 등의 각종 향신료를 첨가하여 발효시킨 식품으로 발효 과정 중 생성되는 여러 가지 저분자 물질들이 내는 산미, 만년맛과 방향 등이 조화되어 독특한 맛을 내며, 현대인의 영양 섭취에서 부족 되기 쉬운 비타민, 무기질, 식이 섬유질 등이 풍부한 식품이다^{1,2)}.

김치는 숙성 과정을 통하여 성분의 변화가 일어나게 되어 pH와 당분은 점차 감소하고 산도는 증가하게 되는데 숙성 적기의 pH는 4.3, 산도는 0.5% 부근이며 이것은 주로 유산균의 발효에 의한 것으로 생각된다^{3,4)}. 영양소의 변화를 보면 비타민 B₁, B₂, B₁₂, niacin은 김치의 맛이 가장 좋은 시기에 담금 당시의 약 2배로 증가하였다가 감소하여 산패시에는 담금 당시의 양만이 존재하였고, carotene은 숙성이 진행됨에 따라 약간씩 감소하여 산패시에는 50% 만이 존재하였다고 보고^{5,6)}하

고 있다. 비타민 C의 경우, 숙성 초기에는 일단 감소된 후 약간 증가 경향을 보이다가 점차 감소되어 산패시에는 30%만이 잔존하였다고^{6,7)} 알려져 있다. 이 등⁸⁾은 이 증가는 채소내 무조직 중의 비타민 C 합성효소에 의한 것으로 채소의 성분인 pectin이 autolysis되어 생긴 galacturonic acid가 그 기질이 되었기 때문이라고 추정하였다. 그러나 임 등¹⁰⁾은 김치에 존재하는 미생물들의 일부가 이를 합성한다고도 보고하였다.

비타민 C는 세포의 산화 환원압을 조절하고 단백질 대사에 관여하며 부족할 때에는 빈혈 및 치근, 점막, 피부에서 출혈이 된다¹¹⁾. 하루 필요량은 60~65 mg이며, 주로 채소 특히 피망, 감자, 무, 레몬에 많이 함유되어 있으며 이들 식품에서 하루 필요량의 대부분을 충당하고 있으나 인스턴트식품의 섭취로 인한 식생활의 서구화 및 스트레스, 흡연, 신선채소 소비량의 감소로 인해 더 많은 공급이 필요하다. 우리의 김치 소비량은 겨울의 경우 하루평균 200~300 g 정도로¹²⁾ 이는 비타민 C 함량으로 볼 때 많은 양은 아니나 위에서 서술한 바와 같이 숙성적기에 비타민 C 함량이 증가

한다는 연구결과로 볼 때 숙성적기의 김치를 섭취함은 보다 많은 양의 비타민 C 섭취가 될 수 있다.

본 연구에서는 여름철에 많이 섭취하는 열무 물김치를 대상으로 발효 숙성온도를 달리하였을 때의 발효양상을 pH와 산도를 통해 알아보고, 비타민 C 함량의 변화와 미생물의 변화를 살펴보고 그 관련성을 조사하였다.

II. 실험방법

1. 실험재료

(1) 김치 재료

김치 재료 중 열무, 파, 홍고추 및 마늘을 1996년 9월 서울 성북구 동선동 소재 슈퍼마켓에서 실험 당일 신선한 것을 구입하여 사용하였다.

(2) 시약

실험에 사용된 vitamin C 표준은 Junsei사 제품을 사용하였고, 2,4-dinitrophenyl hydrazine은 Sigma제품으로 특급품이었으며 PCA, MRS agar는 모두 Difco 제품을 사용하였다.

2. 김치 담그기

열무는 깨끗이 씻어 4~5 cm 정도의 길이로 썰어 잎과 줄기를 구분하여 같은 양씩 달아 소금 농도 2%(w/v)가 되도록 일정량의 소금에 1시간 절인 후 파, 홍고추 및 마늘을 넣고 증류수를 부어 전체를 800 ml로 하여 1/들이 유리병에 담았다. 이때 파와 홍고추는 열무와 비슷한 크기로 썰었고 마늘은 얇게 저며서 사용하였다. 김치를 담글 때 각 재료의 비율은 Table 1과 같이 일정하게 하였으며, 이들 시료를 30°C, 15°C와 4°C에서 24시간 숙성시킨 후 30°C→30°C, 30°C→15°C, 30°C→4°C, 15°C→15°C, 15°C→4°C, 4°C→4°C의 6처리구가 되도록 하여 발효·숙성시켰다.

3. pH 및 산도의 측정

Table 1. Ingredients ration of Yulmoo kimchi

Ingredients	Weight (g)	Distribution (%)
Yulmoo	200	25.0
Green onion	20	2.5
Red Pepper	15	1.9
Galic	15	1.9
NaCl	16	2.0
Distilled Water	550	68.8
total	800	100.0

시료액의 pH는 pH meter(Mettler, Toledo 345)로 측정하였으며, 산도의 측정은 시료액 10 ml를 취하여 0.1% Phenolphthalein 지시약을 첨가하고 0.1N-NaOH 용액으로 적정하여 이 때 소비된 NaOH 용액의 양을 다음 식에 의하여 lactic acid(%) 양으로 환산하였다¹³⁾.

$$\text{Lactic acid (\%)} = \frac{0.009 \times \text{ml of 0.1N-NaOH} \times F}{\text{sample (g)}} \times 100$$

F: factor of 0.1N-NaOH

4. 비타민 C의 정량

비타민 C의 함량은 2,4-dinitrophenyl hydrazine(DNP) 비색법에 의해 정량하였다^{13,14)}.

5. 미생물수의 측정

시료 1 ml를 취하여 0.85% 멸균식염수로 단계 희석하여 총균수의 경우는 PCA(Plate Count Agar) 배지를, 젖산균수의 경우는 MRS agar 배지를 사용하여 pouring culture method로 접종하여 PCA배지는 30°C에서 72시간, MRS agar 배지는 37°C에서 24시간 배양 후 균수를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH 및 산도의 변화

김치를 4, 15, 30°C에서 24시간 발효, 숙성하였으며 그 후 각각 15°C, 4°C로 온도를 낮추어 저장했을 때 pH 및 산도변화는 Fig. 1과 같았다.

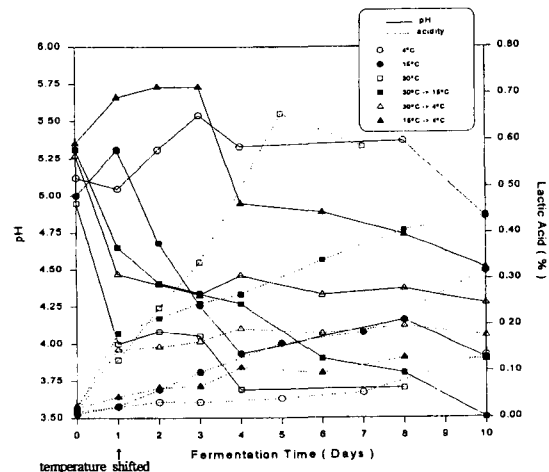


Fig. 1. Changes of pH and total acidity during Yulmoo Mulkimchi fermentation.

30°C에서 24시간 발효시킨 김치의 pH는 급격히 낮아져 초기값이 5.3 내외였던 것이 4.5-4.6으로 낮아졌으며, 그후 완만히 변화하였고 30°C 숙성이 가장 낮은 pH값을 보였으며, 4°C 숙성은 거의 변화하지 않은 듯했다. 15°C에서 24시간 숙성시킨 경우에는 pH값이 높아졌다가 낮아졌으며 3일째에 4.2 부근으로 떨어졌다가 4일째에는 4.0 이하로 떨어졌다. 15°C 발효 하루 후 4°C로 숙성한 경우에는 7일 이후에도 4.5 정도를 유지하고 있었다. 가장 잘 익은 김치의 pH값은 보통 4.3 정도로 알려져 있으므로 30°C, 15°C 숙성은 24시간 후에는 4°C로 저장시키는 것이 맛있는 김치를 비교적 오랜 기간 먹을 수 있으리라 생각된다. 한편 4°C 숙성김치는 저장 10일 까지도 pH 5 이상을 유지하고 있었다.

산도는 pH값과는 반대로 발효, 숙성기간동안 증가하는 경향이었다. 30°C 발효, 숙성이 가장 큰 변화를 보였고, 30°C 발효 후 15°C 숙성, 30°C 발효 후 4°C 숙성, 15°C 발효, 숙성, 15°C 발효 후 4°C 숙성순으로 변화폭이 좁았으며, 4°C 발효, 숙성은 거의 변화하지 않았다. 김치의 산도는 0.5% lactic acid 내외가 가장 맛있는 김치로 평가되므로 30°C 발효, 숙성 3일 이후의 경우가 신김치였을 뿐, 그외의 처리구에서는 저장 10일 동안 맛있는 김치로 생각할 수 있었으나 관능평가가 아울러야 한다고 판단되었다.

2. 비타민 C 함량의 변화

비타민 C(ascorbic acid)는 항 괴혈병 활성을 지닌 수용성 비타민으로 콜라겐 합성을 촉진시키며 면역기능 증강작용, catecholamine 및 serotonin 등의 신경전달물질합성, carnitine의 합성뿐 만 아니라, steroid 홀몰이나 약물대사 과정에도 중요하며 철분흡수 증가, folic acid 대사에도 관여하므로 조혈과정에 필요한 것으로 알려져 있다. 비타민 C 요구량은 스트레스, 흡연량의 증가로 더 많이 필요하게 되며 과량섭취시 감기, 암, 정신분열증, 고콜레스테롤혈증 등의 예방 및 치료에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 김치에는 비타민 C가 12 mg% 함유되어 있으며¹⁵⁾ 이는 원재료인 무, 배추, 고추등에 함유된 양에서 유래된 것 뿐 아니라 숙성적기에는 그 양이 늘어나는 것으로 알려져 있다⁹⁾.

열무 물김치의 국물의 비타민 C 함량(Fig. 2)은 30°C 숙성의 경우 하루 뒤에 급격히 늘어 최고 20 mg%까지 도달하였으며 이는 김치재료의 비타민 C가 국물로 이행내지는 김치재료의 비타민 C 합성효소에 의해 합성되었기 때문으로 생각되었다. 이때의 pH는 Fig. 1에서와 같이 4.5 이하인 것으로 나타나 이것이

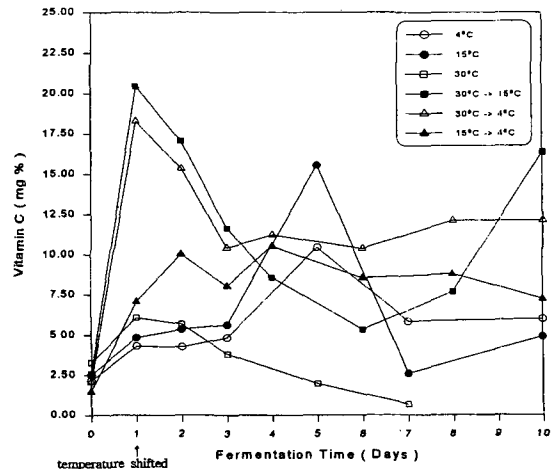


Fig. 2. Changes of vitamin C during Yulmoo Mulkimchi fermentation.

효소에 의한 것이라면 pH 4.5 이하 4.0 부근까지가 그 효소의 최적 pH인 것으로 생각되었다. 김치 국물의 비타민 C 함량은 그 후 급속히 감소되었다. 15°C 숙성에서는 서서히 증가하여 15°C 저장 5일에 가서 최대치를 나타냈으며 그후 감소하였다. 이때의 최대량이 30°C 숙성치에 못 미치는 것은 용출과 합성이 동시에 이루어지지 않았으며 저장과 더불어 파괴도 동시에 일어나기 때문으로 생각되었다. 4°C 숙성에서는 전반적으로 비타민 C 함량이 낮게 나타나 비타민 C 고함량의 물김치를 위해서는 15°C 이상의 숙성이 필요하다고 생각되었다.

3. 미생물 균총의 변화

(1) 총균수의 변화

Fig. 3에서는 열무 물김치 숙성·저장중의 총균수의 변화를 나타내었다. 총균수는 30°C 숙성의 경우, 1일 후에 최고치에 달해 10⁸ CFU/ml를 나타냈으며, 숙성 5일 후까지 그 수준을 유지하다가 약간 감소하였다. 15°C 숙성의 최고치는 30°C 숙성의 경우와 비슷하였으나 최고치에 달하는 속도는 늦어 2~4일이 걸렸다. 반면 4°C 숙성의 경우는 숙성 9일에 가서야 10⁷ CFU/ml의 수준으로 최고치를 나타내었다.

(2) 젖산균수의 변화

젖산균수의 변화(Fig. 4)는 총균수와 비슷한 양상을 나타내 담근 직후 10³-10⁴ CFU/ml 였으나, 숙성과 더불어 급격한 증가를 보여 30°C에서 24시간 숙성시켰을 때 최대값을 나타내 3×10⁷, 9×10⁷, 1×10⁸ CFU/ml로 총균수와 거의 일치해 24시간 숙성후에는 젖산

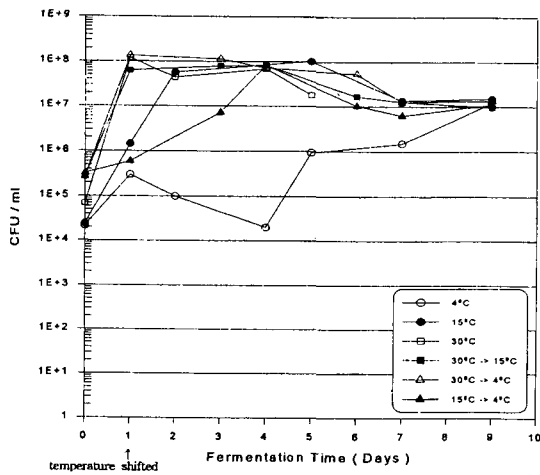


Fig. 3. Changes of total cell number during Yulmoo Mulkimchi fermentation.

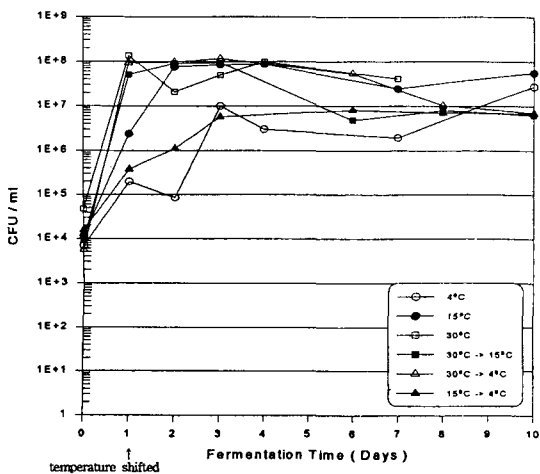


Fig. 4. Changes of lactic acid bacteria during Yulmoo Mulkimchi fermentation.

균의 증가가 총균수의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 15°C 숙성 4°C 저장의 경우는 계속 증가하여 피 등¹⁶⁾과 김 등¹⁷⁾의 실험결과, 27°C → 4°C로 차등온도 숙성시킨 김치의 젖산균수 변화가 발효 1일에 최대값을 보인 후 점차 감소했다는 보고와 같은 결과를 나타내었다. 위의 결과에서 보면 젖산균수가 10⁷~10⁸ CFU/ml를 나타냈을 때 pH는 급격히 낮아져 4.5 내외가 되었으며, 이때의 산도는 0.2 lactic acid %였고, 비타민 C 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 이것은 30°C 숙성의 경우는 1일 후, 15°C 숙성의 경우는 4~5일 후에 해당되었으며, 4°C 숙성의 경우는 이에 도달하지 못했고, 숙성후 저장온도와는 관계가 없는 듯 하였다.

IV. 요약

김치의 비타민 C 함량은 초기값에 비해 증가되었다가 감소하는 것으로 알려져 있어 이에 물김치를 담가 발효, 숙성온도를 달리하여 그 국물에 대하여 pH, 산도, 비타민 C 함량, 총균수, 젖산균수의 변화를 살펴본 결과는 다음과 같다. 30°C에서 1일간 숙성시킨 후 비타민 C 함량은 최고에 달해 20 mg% 정도를 나타냈으며, 이때의 pH는 4.5 내외, 산도는 0.2 lactic acid %였고, 미생물균수는 최고 10⁸ CFU/ml를 나타냈으며 대부분을 젖산균이 차지했다. 이 결과는 그후 온도를 낮춰 15°C, 4°C에서 9일간 숙성을 시켜도 차이가 나지 않았다. 15°C에서 발효, 숙성시킨 김치는 최고의 비타민 C 함량인 15 mg%의 비타민 C 함량을 나타낼 때까지 4~5일이 소요되었으며, 이때의 pH는 4.0, 산도는 0.15 lactic acid %였다. 한편 15°C에서 1일간 발효 후 4°C에서 숙성시킨 경우에도 이 수준까지 떨어지지 않았다. 4°C 발효, 숙성의 경우에는 pH와 산도가 저장 10일 동안 초기값과 크게 달라지지 않았으며 비타민 C가 증가하지 않아 약 10 mg%에 머물렀다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하였으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 명원경: 원료무의 당함량이 깎두기의 발효에 미치는 영향, 세종대학교 석사학위논문 (1989).
2. 김원수: 숙성온도 및 식염농도가 김치의 발효특성에 미치는 영향, 경희대학교 석사학위논문 (1996).
3. 이양희, 양익환: 우리나라 김치의 포장방법과 저장방법에 관한 연구, 한국농화학회지, **13**: 207 (1970).
4. 지동현: 숙성기간중 무김치의 비휘발성 유기산의 변화, 서울대학교 석사학위논문 (1986).
5. 이순교, 전승규: 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향, 한국영양식량학회지, **11**: 63 (1982).
6. 이태녕, 김점식, 정동효, 김호식: 김치 숙성과정에서 어서의 비타민의 함량 변화, 과연회보, **5**: 43 (1960).
7. 이희순, 고영태, 임숙자: 단백질 급원식품이 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정도에 미치는 영향, 한국영양학회지, **17**: 101 (1984).
8. 이형옥, 이혜준, 우순자: 참쌀풀 및 새우젓 첨가가 김치발효중 총 유리아미노산, 총 비타민 C 및 환원형 ascorbic acid의 함량변화에 미치는 영향, 한국조리과학회지, **10**: 225 (1984).
9. 이태녕, 이정원: 김치 숙성중 비타민 C 함량의 소장

- 및 Galacturonic acid의 첨가효과, 한국농화학회지, **24**: 139 (1981).
10. 임종락: 김치에서 내적효름 물질에 의한 미생물의 천이, 인하대학교 박사학위논문 (1991).
 11. 안명수: 식품영양학, 수학사 (1991).
 12. 장지현, 김찬조: 식품미생물학, 수학사 (1991).
 13. 屋園璋: 食品學實驗, 建社 (1989).
 14. 주현규, 조규성: 식품분석법, 학문사 (1995).
 15. 이서래: 김치의 맛과 영양, 식품과 영양, **8**: 20 (1987).
 16. 피재은, 장명숙: 열무김치의 담금방법이 발효 속성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, **24**: 990 (1995).
 17. 김미정, 문성원, 장명숙: 양파 첨가가 동치미의 발효 속성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, **24**: 330 (1995).
-
- (1997년 7월 11일 접수)