

김치저장성 향상을 위한 동결방법이 배추조직의 물성변화에 미치는 영향

양진한 · 박소희 · 유진현* · 임호수** · 조재선 · 황성연***

경희대학교 식품공학과, 경기대학교 외식조리관리학*, 연세대학교 생명공학과**, 한경대학교 식품가공과***
(2003년 1월 3일 접수)

Effect of Freezing Methods for *Kimchi* Storage Stability on Physical Properties of Chinese Cabbage

Jin-Han Yang, So-Hee Park, Jin-Hyun Yoo*, Ho-Soo Lim**, Jae-Sun Jo and Sung-Yeon Hwang***

Dept. of Food Science and Technology, Kyung-Hee University

Dept. of Food Service management, Kyong-gi University*

Dept. of Biotechnology, Yonsei University**

Dept. of Food Technology, Han-Kyung University***

(Received January 3, 2003)

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of freezing methods, slow freezing at -20°C and rapid freezing at -70°C , on physical properties of Chinese cabbage in frozen *Kimchi* during storage at -20°C . Elasticity of midrib of Chinese cabbage in frozen *Kimchi* was decreased until 15 days and did not changed thereafter during storage at -20°C . Hardness of that was not changed during storage. Those results of elasticity and hardness of slow frozen sample are similar to rapid frozen sample. By the morphological observation through transmission electron microscope, more of cellular structure of Chinese cabbage in slow frozen was destructed than that of rapid frozen sample. Drip loss was more in slow frozen sample than that in rapid one.

Key Words : Frozen *Kimchi*, Hardness & Elasticity of Chinese cabbage.

I. 서론

김치는 다른 발효식품과는 달리 젓갈류, 향신료 등 양념이 많이 가미된 복합 발효식품으로 신선감 특히 조직감이 그대로 살아 있고 모든 맛이 종합되어 있는 것이 김치의 특성이다¹⁾. 김치류는 알맞게 숙성되었을 때 맛이 좋지만 계속해서 발효가 진행

되어 완숙기가 지나면 산패되는데 알맞게 익은 김치가 시간이 지남에 따라 시어지는 것은 김치중의 젓산균이 계속해서 자라면서 젓산을 비롯한 각종 유기산을 생성하기 때문이다. 따라서 산패를 억제하려면 이들 미생물의 작용을 억제하는 보존료를 첨가하는 것을 먼저 생각할 수 있다.²⁾ 이러한 보존료의 첨가방법에는 합성보존료나 천연보존료 첨가를

들 수 있다. 현재까지의 합성보존료를 첨가하여 실험한 예를 들면 pH 변화를 억제시키기 위하여 malate buffer 등의 완충제나 인산염혼합물 등 염혼합물을 사용^{3,4,5)}하거나 sodium dehydroacetate, sorbic acid^{6~9)} 등의 방부제를 이용한 방법이 있었으며 강력한 항균제 AF-2[2-(2-furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)-acryl amide) 등⁸⁾을 첨가한 실험 등을 들 수 있다. 하지만 이러한 합성보존료의 첨가는 소비자가 이러한 처리를 기피하는 것이 문제가 되어 금지되었고⁹⁾, 김치 본래의 맛과 향기에 영향을 주었으며 미량의 첨가제들을 골고루 첨가하기가 어렵고 번거로운 점이 많아 실현성이 희박하였다. 천연보존료인 솔잎 추출물¹⁰⁾, 인삼 열수 추출물¹¹⁾, 김치재료 추출물¹²⁾등을 김치에 첨가하여 실험한 결과 보존성이 증진된다고 하였으나 이들 첨가제는 미량을 첨가하기 때문에 균일하게 첨가하는 것이 어렵고 또 번잡스러우며 보존성이 증진되었다고 하지만 단순히 pH나 산도만을 측정하였을 뿐 관능적 특성 변화를 함께 시험하지 않고 있다. 김치는 국물과 건더기가 함께 들어있고 형태가 각각 달라서 비교적 단순한 처리가 아니면 실용화하기가 어렵다.²⁾ 따라서 김치를 장기 보존하는 방법의 일환으로 김치를 냉동하는 방법을 고려할 수 있으나 냉동을 하면 배추 조직이 파괴되어 김치 고유의 조직감을 상실하게 된다. 조직의 손상을 줄이기 위해서 급속 동결을 시행하고 있는데 본 연구에서도 김치를 -20°C와 -70°C로 완만 및 급속 동결을 하여 -20°C에서 저장하면서 배추의 세포구조 변화를 관찰하고 그에 따른 레올로지 특성 및 드립량 손실등의 변화를 관찰하였다.

II. 재료 및 방법

1. 김치 재료

본 실험에 사용한 배추는 결구 배추로써 수원 농수산물 시장에서 신선한 것을 실험 당일 구입하여 사용하였다. 부재료로 고춧가루, 마늘, 생강, 젓갈(NaCl 25%, (주)일미농수산 멸치 액젓)은 시판품을 사용하였고 절임용 소금은 재제염(NaCl 88% 이상 (주)우신염업)을 사용하였다.

2. 시료 김치의 제조

배추 잎을 겉에서부터 2장을 떼어내고, 다시 겉에서 10장을 떼어낸 뒤 밑에서 3cm되는 지점을 절단하였으며, 다시 밑에서 높이 4cm되게 절단하여 시료로 사용하였다. 그리고 잎 부위의 puncture test를 위해서는 배추의 맨 윗단에서 10cm 크기로 절단하여 시료로 사용하였다. 이렇게 절단한 배추를 배추 무게와 1:1.5 비율의 10%(W/V) 소금물에 10시간 절인 후 흐르는 물로 3회 헹구고 약 1시간 탈수시켰다. 김치 제조시 사용된 부재료의 종류 및 배합비는 발효 특성에 크게 영향을 미치지 않을 정도로 <Table 1>과 같이 설정하였다. 레올로지의 특성을 알아보기 위해서 냉동시킨 시료를 실온에서 6시간 동안 해동시킨 후 크기는 압축 실험의 경우 가로 15 mm×세로 10 mm, puncture test의 경우 가로 15 mm×세로 30 mm로 절단하여 10회씩 실험하여 평균값을 계산하였다.

3. 냉동 및 저장

<Table 1>과 같이 버무린 김치를 10°C에서 산도 0.60~0.70%로 숙성시키고, 예비 관능검사로 가장 우수하다고 판단된 8일째 시료를 300 g±1 g씩 지퍼백(롯데 17.80×20.30 cm)에 넣은 후 두께가 1.50~1.80 cm가 되게 담은 후 급속동결은 -70°C Deep Freezer(일신, HK-DF9007)에서, 완만동결은 -20°C Freezer(Sam-Sung, CRF-1043D)에서 냉동하여 모두 -20°C에서 저장하였다.

4. Elasticity와 hardness 측정

-20°C에 냉동 저장한 시료 각각을 실온에서 해동시킨 후 Rheometer(Sun scientific Co. LTD, Model

<Table 1> Formula of Kimchi

	(g)
Chinese cabbage	100
Red pepper powder	2
Garlic	1.5
Ginger	0.5
Salt-fermented anchovy extracts	2

Final salt content was adjusted to 2.5%

CR-2000 & CR-150)로 침입(puncture) 및 압축(compression) 실험(5)을 통하여 hardness, strain 및 elasticity를 측정하였다. 이때 압축 실험시의 plunger 직경은 18 mm였으며, puncture test의 plunger는 끝이 뾰족한 것을 사용하였고 X-Speed는 150 mm/min, Chart Speed는 300 mm/min로 하였으며, 압축 실험시 변형율은 40%로 하였다. hardness는 침입 실험 중 최고 응력으로 하였는데 이는 조직의 peak점까지의 변형을 시료의 두께로 나누어 측정하였는데 조직의 강도(tissue rigidity)를 나타낸다. Strain은 응력 완화 곡선의 peak점까지의 변형을 시료의 두께로 나누어 측정하였고, elasticity는 이 곡선의 peak stress를 strain으로 나누어 secant modulus로 계산하였다.

$$\text{HARDNESS(PEAK STRESS)} = \frac{\text{PEAK FORCE (F)}}{\text{AREA}} \text{ (PUNCTURE)}$$

$$\text{STRAIN} = \frac{\text{DEFORMATION}}{\text{SAMPLE HEIGHT}}$$

$$\text{ELASTICITY} = \frac{\text{PEAK STRESS}}{\text{STRAIN}} \text{ (COMPRESSION)}$$

5. 현미경 관찰

투과전자현미경(Transmission Electron Microscopy, Electron Microscopy JEM- 1010, JEOL JAPAN LTD)을 사용하여 냉동처리전 적숙기의 김치와 -20℃, -70℃로 냉동 처리한 김치를 실온에서 6시간동안 해동시킨 후 배추 중륵의 조직을 관찰하였다.

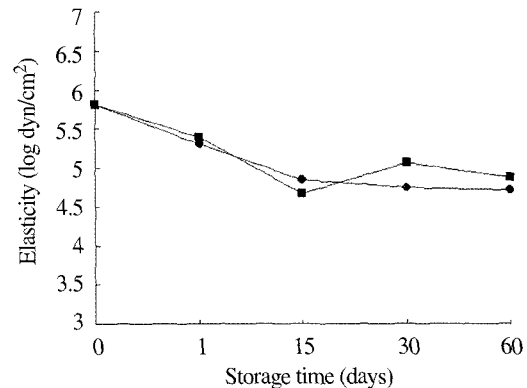
6. 드립양 측정

냉동조건별 드립의 양을 알아보기 위하여 김치 중 배추 중륵을 가로, 세로 4×5 cm의 크기로 절단한 뒤 망사로 된 주머니에 배추가 서로 섞이지 않도록 담은 후 10%의 소금물에 10시간 동안 절인 후 김치를 담구었다. 적숙기에 이른 김치의 국물은 체(6 mesh)에서 1시간 동안 뺀 후 냉동시켰으며, 저장 기간에 따라 김치를 실온에서 해동 후 체에서 1시간 동안 김치 국물을 제거한 후 무게를 측정하여 드립의 양을 %로 계산하여 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

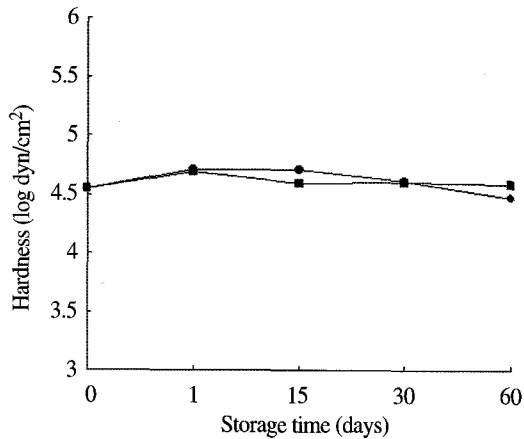
1. 배추 조직의 물성변화

김치의 냉동저장 중 배추 중륵의 탄성 변화를 알아보기 위해서 -20℃ Freezer와 -70℃ Deep Freezer에서 냉동 처리하여 저장기간에 따른 중륵의 elasticity를 측정하였다(Fig. 1). 먼저 -20℃에서 냉동한 김치의 저장기간별 elasticity를 보면 냉동전값이 7.78×10⁵ dyne/cm²이던 것이 냉동 저장 15일째에 8.18×10⁴ dyne/cm²까지 감소하였고 저장 30일과 60일에는 변화가 거의 없었다. -70℃로 냉동 처리한 김치의 경우도 냉동전값이 7.78×10⁵ dyne/cm²이던 것이 저장 15일에는 2.96×10⁵ dyne/cm²로 감소하였으며, 저장 30일과 60일째는 거의 변화가 없어서 20℃에서 완만 동결한 것과 차이가 없었다. 다만 급속 동결 시료가 완만 동결 시료보다 대체로 약간 높은 값을 나타내었다. 이것은 한 등¹³⁾이 -5℃와 -80℃의 온도에서 냉동처리하여 저장한 경우 -5℃에서 저장한 배추김치의 elasticity가 보다 낮게 나온다는 보고와 일치하였다. Hardness의 경우 김치의 중륵 부위와 일부분을 나누어 실험을 하였는데 완만 동결 처리구는 냉동전 3.55×10⁴ dyne/cm²에서 저장 60일째 5.63×10⁶ dyne/cm²으로, -70℃ 냉동 처리구는 4.07×10⁴ dyne/cm²로 약간씩 증가하였으나 냉동 처리구별 차이는 거의 나타나지 않았다(Fig. 2). 잎의 경우도 냉동전 시료가 2.67×10⁴ dyne/cm²이던 것이 약간 증가하는 경향을 보였으나 처리구별 차이는 크

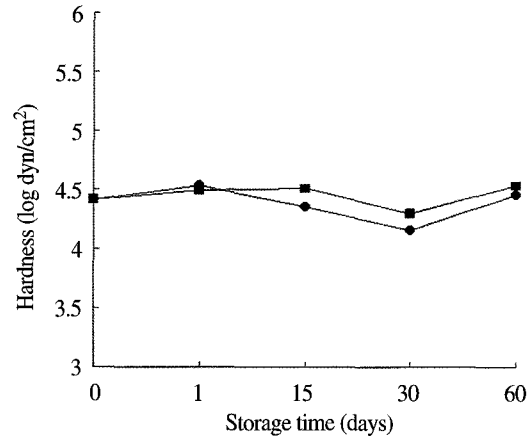


<Fig. 1> Changes in elasticity of midrib of Chinese cabbage in frozen Kimchi during storage at -20°C.

—●— : Frozen at -20°C, —■— : Frozen at -70°C



<Fig. 2> Changes in hardness of midrib of Chinese cabbage in frozen *Kimchi* during storage at -20°C.
 —●— : Frozen at -20°C, —■— : Frozen at -70°C



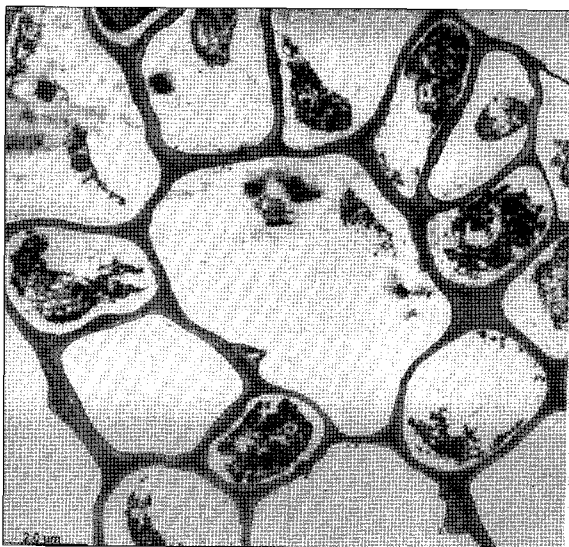
<Fig. 3> Changes in hardness of leaf of Chinese cabbage in frozen *Kimchi* during storage at -20°C.
 —●— : Frozen at -20°C, —■— : Frozen at -70°C

계 나타나지 않았다(Fig. 2, 3).

2. 세포조직 변화

10°C에서 숙성시킨 김치 및 이를 -70°C와 -20°C로 처리한 김치를 TEM으로 촬영하여 세포벽의 변화를 관찰하였다. 냉동처리하지 않고 숙성시킨 김치의 경우 세포벽과 세포 소기관들이 매우 선명하게 보이고 세포벽의 두께도 상당히 두꺼운 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 4). 그러나 -20°C로 냉동 처리한

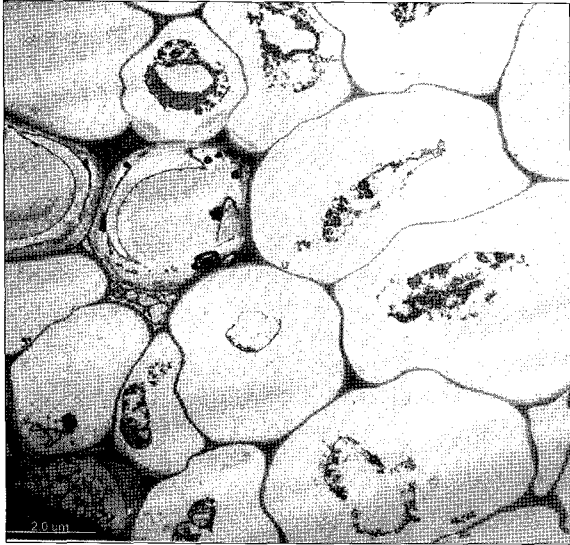
배추의 경우세포벽들이 냉동으로 인해 얇아져 있거나 터져 있는 것을 볼 수 있었다(Fig. 5). 한편 -70°C로 급속 냉동 처리한 김치의 경우 세포벽이 대조구보다 약간 얇아져 있는 것을 관찰 할 수 있었으나(Fig. 6) -20°C 냉동시료와 비교했을 때 세포벽의 손상 정도가 훨씬 덜한 것을 알 수 있었다. 이는 김치를 냉동시 조직내의 동결속도가 빠를수록 크기가 작은 얼음 결정이 많이 생기게 되고, 반면에 냉각속도가 느릴수록 적은 수의 큰 얼음 결정이 생겼기 때문으로¹⁴⁾ 김치의 냉동 조건이 김치의 세포벽의



<Fig. 4> Photo micrograph by transmission electron microscope of Chinese cabbage in fermented *Kimchi*(control).



<Fig. 5> Photo micrograph by transmission electron microscope of Chinese cabbage in fermented *Kimchi*(frozen at -20°C).

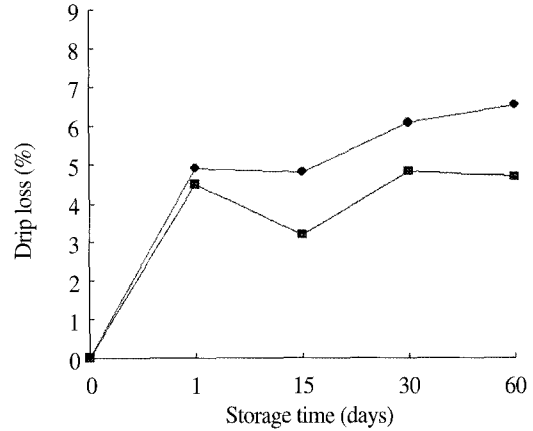


<Fig. 6> Photo micrograph by transmission electron microscope of Chinese cabbage in fermented Kimchi(frozen at -70°C).

과피 정도에 영향을 크게 미침을 알 수 있었다. 배추 조직의 일반적인 형태는 배추 중륵의 양 표면이 표피(epidermis)로 덮혀 있고 그 사이에 유세포(parenchyma cell)가 조직의 주를 이루고 있으며 유조직(parenchymatous tissue) 내부로 관다발이 관통하고 있다¹⁵⁾. 그리고 절이지 않은 배추의 세포벽과 세포막은 고도의 선택적 투과성을 가진 막으로서 세포내 외부의 일정한 이온 농도를 유지시키고 영양물질을 받아들이는 반면 세포내의 노폐물의 배출 및 여러 가지 물질 대사에 직접 또는 간접으로 작용하는 등 세포막 없이는 생명을 유지할 수 없다¹⁶⁾. 이러한 배추의 구조적 특성 중 김치를 담구었을 때 세포벽은 김치의 조직감에 상당한 영향을 미친다고 볼 수 있다.

3. 드립량의 변화

냉동 저장중 생성되는 드립의 양을 저장 기간별로 관찰한 결과는 <Fig. 7>과 같다. -20°C 냉동처리 시료는 저장 1일째 드립의 양이 4.90%이던 것이 저장 15일째는 3.20%, 저장 30일째는 6.10%, 저장 60일째는 6.50%로 증가하였다. 반면 -70°C로 냉동 처리한 시료의 드립의 양을 살펴보면, 저장 1일째 4.50%, 저장 15일째는 3.50%, 저장 30일째는 4.80%, 60일째는 3.70%로 나타났다. 즉, -20°C로 장기 저장



<Fig. 7> Changes in drip loss of frozen Kimchi during frozen storage at -20°C

—●— : Frozen at -20°C, —■— : Frozen at -70°C

했을 때의 드립의 양은 약간씩 증가하여 약 6% 정도의 드립이 발생하였고, -70°C로 냉동 처리한 경우 시료의 드립의 양은 3~4%로서 완만동결 시료의 경우보다 드립의 양이 적은 것을 알 수 있었다. 이와 같이 냉동처리 온도별 드립의 양이 달라지는 직접적인 원인으로서는 현미경 관찰 결과에서 볼 수 있듯이 세포벽의 파괴에 의한 것에 기인한 것으로 판단된다.

IV. 요약

김치를 10°C에서 8일간 숙성시켜 산도 0.6~0.7%로 숙성된 김치를 -70°C와 -20°C로 냉동하여 -20°C에서 저장하면서 배추 조직의 elasticity, hardness, 세포 조직의 변화, 드립량을 실험한 결과는 다음과 같다.

-70°C에서 급속 동결한 것과 -20°C에서 완만동결한 냉동 김치중 배추조직의 elasticity는 냉동저장 15일까지 감소하다 일정하게 유지되었고 hardness는 거의 변화가 없었으며 냉동 방법에 따른 변화도 거의 나타나지 않았다. 투과 전자현미경으로 관찰한 결과 control의 경우 세포벽이 매우 두꺼우며 세포의 모양들이 잘 보존되어 있는 것을 볼 수 있었고 -20°C로 냉동 처리하여 해동시킨 세포벽들은 많이 손상되어 있음을 볼 수 있었으며 -70°C로 급속 냉동 시료의 경우 세포벽의 손상 정도가 -20°C로 냉동 처리한 시료보다 덜 파괴되어 있음을 볼 수 있었다.

한편 냉동 저장기간 동안 드립의 손실량의 변화는 -70°C로 냉동 처리한 시료의 드립양은 3~4% 정도로 -20°C로 냉동 처리한 시료의 5~6%에 비해 적은 것을 알 수 있었다.

■ 참고문헌

- 1) Goo YJ, Choi SY. Technology of Kimchi Science. In new technology book. Vol 2, p11, Korean food and development institute. 1990
- 2) Cho JS. The study of Kimchi. 1st edition, pp307~347, RyuLim Ltd, Seoul, 2000
- 3) Jang KS. The study of natural pH regulator for Kimchi. Korean J Nur Food 18(1): 321, 1989
- 4) Kim SD. Effect of pH regulator on Kimchi fermentation. Korean J Nur Food 14: 229, 1985
- 5) Kim WJ, Kang GO, Kyung KH, Shin JI. Addition of salt mixture for Kimchi storage stability. Kor J Food Sci, 23(2): 188, 1997
- 6) Woo SK. Effect of aseptic sorbic acid-alcohol solution on the quality of cucumbers pickled in salt. Vol 3, p287, Collection of Chung-Buk Univ's papers, 1969
- 7) An SJ. Effect of sorbic acid on Kimchi fermentation and stability of ascorbic acid. Korean J Food and Cookery Sci 1(1): 18, 1985
- 8) Jung HK. Study on the effect of furyl furamide(AF-2) on korean Kimchi. Korean J Agri Chem 12: 57, 1969
- 9) Song SH, Cho JS, Kim K. Study on Kimchi preservation(The first report). Technology research report 5: 5, 1966
- 10) Choi MY, Choi EJ, Lee E, Cha BC, Park HJ, Lim TJ. Effect of pine needles' juice on Kimchi fermentation. Korean J Food Nur Sci 25(6): 899, 1996
- 11) Jang KS, Kim MJ, Kim SD. Effect of Jinsang on the preservation and quality of Chinese cabbage kimchi. Korean J Nur Food 24(2): 313, 1995
- 12) Kim SJ, Park GH. Antibacterial activity of extracts from vegetable Kimchi materials. Korean J Food Sci 27(2): 216, 1995
- 13) Han JS. Changes of quality in frozen and refrigerated Kimchi, YongNam University doctor degree thesis
- 14) Lusenna CV. Freezing and Drying of Biological Materials, 1st edition, p549, New York Acad Sci, New York, 1960
- 15) Ryu MS. Texture changes and liological model of Chinese cabbage on processing, Yonsei University doctor degree thesis
- 16) Laboratory of morphology, Department of Biology, Korea University. Fine structure of cell. 1st edition, p7, SuMoonSa, Seoul, 1994.