

김치냉장고의 숙성 후 저장 및 저온 저장 모드에서 6개월간 저장한 김장 김치의 발효특성 비교

이은화¹ · 이명주² · 송영옥^{1*}

¹부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

²삼성전자 생활가전사업부 냉장고개발그룹

Comparison of Fermentation Properties of Winter Kimchi Stored for 6 Months in a Kimchi Refrigerator Under Ripening Mode or Storage Mode

Eun-Hwa Lee¹, Myung-Ju Lee², and Yeong Ok Song^{1*}

¹Dept. of Food Science & Nutrition and Kimchi Research Institute, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

²Refrigerator Platform R&D Lab, Digital Appliances, Samsung Electronics, Gwangju 506-723, Korea

Abstract

The purpose of this study is to determine long-term storage conditions for winter kimchi. Kimchi was stored in a kimchi refrigerator for 6 months with or without fermentation. Four different temperature systems used were as follows: 5 days at 10°C followed by storage at -2.5°C (F1), 1 day at 15°C followed by storage at -2.5°C (F2), storage at -1°C (S1), or at -2.5°C (S2). Time periods required for F1, F2, S1, or S2 kimchi to reach pH 4.4 and acidity 0.6% were 2, 8, 12, and 22 weeks, respectively. *Lactobacillus* spp. growth on F1 and F2 kimchi was faster and greater than that on S1 and S2 kimchi, revealing a maximum concentration of 8~9 versus 6.8 log CFU/mL, respectively. However, *Leuconostoc* spp. were fully grown (8~9 log CFU/mL) on all four kimchi samples regardless of temperature, even at -2.5°C, although the times required to reach maximum growth were different. Growth of *Lactobacillus* and *Leuconostoc* spp. both decreased after reaching maximum levels, except for F1 kimchi. Sensory evaluation results for 3 month storage showed that F1 kimchi was the best among kimchi samples in terms of appearance, acidic taste, carbonated taste, crispiness, and moldy smell. For 6 months of storage, F1 and S1 kimchi were the most highly evaluated among the kimchi samples. Sensory evaluation result for S1 kimchi stored at -1°C was comparable to that of F1 kimchi due to fully grown *Leuconostoc* spp. Acidities of F1 and S1 kimchi after 6 months of storage were 0.8 and 0.7%, respectively. Taken together, fermentation of kimchi at 10°C for 5 days followed by storage at -2.5°C for 6 months was optimal for high quality kimchi. Sensory properties of winter kimchi were significantly influenced by the degree of fermentation.

Key words: kimchi refrigerator, fermentation, ripening, storage, sensory evaluation

서 론

김장은 지역에 따른 차이는 있으나 절기 상 입동 전후에 김치를 대량으로 담가 겨우내 먹는 김치이며 신선한 채소가 부족한 겨울철의 주요한 채소 공급원으로 이듬해 채소가 가능하기 전까지 먹는 것이 목적이기 때문에 겨울철 반양식이라고 불리기도 한다(1). 김장김치는 통배추를 사용하는 배추 김치와 무를 사용하는 동치미가 대표적이나 통상적으로 김장김치라 하며 포기 배추김치를 일컫는다. 김장김치는 계절별로 담아 먹는 김치와 달리 장기간 저장 목적으로 젓갈의 첨가량이 많고, 김치의 맛을 증진시키기 위해 김장의 초기에 먹는 김치에는 굴, 새우등의 어패류가 첨가되고, 김장 후기에 섭취하는 김치에는 조기, 갈치, 불락 등의 생선이 많이

사용되었다(2). 김장김치는 대량으로 담아 저장함으로써 혐기적 발효가 일어날 수 있는 좋은 조건을 갖추고 있어 재철 채소를 이용하여 계절별로 소량 담아 먹는 김치에 비해 젓산균의 생육이 활발하여 김장 김치 특유의 깊은 맛을 내게 된다. 잘 숙성된 김치란 젓산균의 생육이 촉진되어 이들이 생성한 유기산과 탄산이 잘 혼합되어 상큼한 신맛을 내고 채소의 세포벽이 적절히 파괴된 상태의 아삭아삭함을 느낄 수 있을 때로 이 시기를 적숙기라고 한다. 김치 적숙기의 이화학적 지표는 pH 4.3±0.1, 산도 0.6±0.1%, 그리고 젓산균인 *Lactobacillus* spp.와 *Leuconostoc* spp.가 8.0~9.0 log CFU/mL로 알려져 있다(3,4). 김치 맛은 사용하는 재료 및 재료의 양에도 영향을 받으나 레시피가 동일한 경우 발효 조건에 따라 숙성도가 달라진다. 이러한 발효 조건에 영향을

*Corresponding author. E-mail: yosong@pusan.ac.kr
Phone: 82-51-510-2847, Fax: 82-51-583-3648

미치는 가장 중요한 인자는 온도로 이는 젖산균의 생육 상태가 온도에 민감하기 때문이다. 맛있는 김치를 오래도록 먹는 가장 좋은 방법은 젖산균을 최대한 증식시킨 다음 이를 장기간 유지시키는 방법이다.

1995년 김치전용 냉장고가 소개된 후 2011년 김치냉장고 보급률이 81.3%(5)로 한국 가정의 필수 가전제품이 되었다. 최근 김치냉장고의 대형화로 대량 김치 저장이 가능해짐에 따라 김장에 대한 관심이 증가하고 있다. 김치냉장고는 기존의 일반 식품 냉장고와는 달리 원하는 온도를 만들어 낼 수 있는 장점이 있고, 프로그램에 따라 온도 변환을 다양하게 할 수 있다. 현재 시판되고 있는 대부분의 김치냉장고들은 2가지 온도알고리즘을 사용하고 있는데, 첫째, '숙성' 관련 모드는 김치를 일정한 시간 발효시킨 후 낮은 온도에서 저장하는 것으로 대부분 가전사에서 10°C 이상의 온도에서 일정 시간 발효시킨 후(6-11) 0°C 이하의 낮은 온도에서 김치를 저장하는 1단계 온도 변환 시스템이다. '저장' 관련 모드의 온도는 0°C 이하의 낮은 온도에서 김치를 저장하는 시스템으로 온도 변환이 없다. 김치냉장고의 저장 온도가 0°C 이하로 설정된 것은 김치는 염도 때문에 0°C 이하의 온도에서도 얼지 않는 장점이 있고, 잘 숙성된 김치는 얼듯 말듯 한 상태로 보관될 때 맛도 유지되고 장기적으로 저장할 수 있는 것으로 알려져 있기 때문이다(12). 최근에는 김치를 장기 저장하기 위한 목적으로 -3°C까지 저장 온도를 낮추는 가전사도 있다. 김치냉장고에서 사용하고 있는 온도 알고리즘은 각 가전사별로 다르고 이러한 온도 알고리즘의 차이는 김치의 발효양상을 달라지게 함으로써 김치의 맛과 저장기간에 차이를 내고 있다. 김치 젖산균 중 *Lactobacillus* spp.는 고온에서 *Leuconostoc* spp.는 저온에서 잘 생육된다고 알려져 있어(13,14) 이들 젖산균의 생육을 최대한으로 촉진하고 장기간 유지시킬 수 있는 온도 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 특히 김장 김치를 장기간 맛있게 즐길 수 있게 하기 위하여 김장김치 보관 온도알고리즘에 대한 연구는 대형 김치냉장고 개발에 필수적인 요인이라고 생각한다. 본 연구는 온도 변환에 따른 김장김치의 발효양상을 비교하여 김장김치를 6개월간 장기 저장하면서 저장기간 내 맛있게 섭취할 수 있는 최적 온도 조건을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

재료

3~3.5 kg 크기의 해남배추(전남 해남군 황산면), 천일염, 고춧가루(종가집, 서울), 다진 마늘(국내산), 다진 생강(국내산), 까나리 액젓(청정원, 서울), 새우젓(한성, 부산)을 구입하였고, 실파, 참쌀가루는 인근 마트에서 구입하여 사용하였다.

배추절임 및 김치 담금

겨울 배추절임을 위해 소금 뿌림과 염수 혼합법을 이용하여 절임을 하였다. 배추 겉잎 2장을 떼어 내고 두 포기가

되게 나눈 후 밑등에 칼집을 내었다. 절인 배추의 염도가 $1.8 \pm 0.1\%$ 에 도달하도록 절인 다음 흐르는 물에서 3번 세척하고, 2시간 자연 탈수하였다. 양념을 미리 준비해 두고, 최종 김치의 염도는 $2.0 \pm 0.2\%$ 에 도달할 수 있도록 첨가할 양념 양을 미리 계산하였다. 김치 한 포기(1 ± 0.5 kg)를 밀폐 용기에 넣은 다음 손으로 눌러 유입된 공기를 빼고 해당 모드가 설정된 김치냉장고에 보관하였다. 본 연구에 사용한 김장김치 담금 레시피는 절인 배추 1 kg에 고춧가루 30 g, 마늘 30 g, 생강 6 g, 까나리액젓 15 g, 새우액젓 20 g, 실파 27 g, 참쌀풀 43.2 g, 그리고 설탕 6 g을 사용하였다. 김치는 12월 초에 담아 이듬해 5월 말까지 6개월간 김치냉장고에서 숙성 및 온도조건 별로 저장하였다.

김치냉장고의 온도 조건

본 연구에 사용한 김치냉장고는 김장김치 장기 저장을 위한 연구 목적으로 제작된 것으로 온도가 자동으로 설정되어 있다. '숙성 후 저장'은 김치를 최적 상태로 발효시킨 후 저온에서 저장하였을 때 좋은 김치 맛을 장기간 최적상태로 유지시킬 수(15) 있는 온도알고리즘으로 예비연구를 통해 10°C에서 5일 발효 후 -2.5°C에서 저장하는 온도 시스템(F1, S가전사, 광주)인 F1 모드와 15°C에 1일 발효 후 -2.5°C에서 저장하는 F2 온도 시스템(F2, S가전사)을 사용하였다. 김치의 적숙기인 pH 4.4 ± 0.2 , 산도 $0.4 \pm 0.2\%$ 에 도달하는 시간은 김치 담금 계절, 발효 온도 조건에 따라 소요되는 시간이 다르나 10°C에서 3~5일(15-17), 15°C에서 1~2일(15,18) 또는 상온(20°C)에서는 1일(15,19) 정도 소요된다고 보고되고 있다. 김장김치를 발효시키지 않고 담금 즉시 저온에서 저장하기 위해 사용한 모드는 '저온 저장'으로 -1°C에서 저장하는 온도 시스템(S1, S가전사)과 -2.5°C에서 저장하는 온도 시스템(S2, S가전사)이다.

pH 및 산도 측정

김장김치 시료 100 g을 녹즙기로 마쇄한 후 여과한 김치 즙액을 pH meter(S20, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)를 사용하여 실온에서 측정하였다(20). 산도 측정은 김치 즙액 10 mL를 취하여 0.1 N NaOH 용액으로 pH가 8.1이 되도록 중화시키는데 소비된 0.1 N NaOH의 소비 mL를 lactic acid(% w/w) 함량으로 환산하여 적정산도 %로 나타내었다(21).

Lactobacillus spp. 및 *Leuconostoc* spp. 측정

젖산균 측정에는 평판계수법(plate count technique)을 이용하였다. 시료액 1 mL를 멸균한 증류수로 단계적으로 10^{-1} ~ 10^{-8} 까지 희석하여 각 희석액 중 1 mL씩을 멸균한 *Lactobacillus* spp. 선택배지와 *Leuconostoc* spp. 선택배지(Table 1)에 넣고 *Lactobacillus* spp.는 30°C 항온기에서 3일간, *Leuconostoc* spp.는 20°C 항온기에서 5일간 혐기적으로 평판 배양하여 colony를 계수하였다(22,23).

Table 1. Composition of medium for *Lactobacillus* spp. and *Leuconostoc* spp.

Ingredients	<i>Lactobacillus</i> spp.	<i>Leuconostoc</i> spp.
MRS (g)	55	—
Sodium acetate (g)	35	—
Acetic acid (mL)	2.5	—
Tryptone (g)	—	5
Yeast extract (g)	—	0.5
Sucrose (g)	—	20
Ammonium sulfate (g)	—	2
Magnesium sulfate (g)	—	0.24
Monopotassium phosphate (g)	—	1
Phenylethylalcohol (mL)	—	15
Agar (g)	15	2.5
Diluted water (mL)	1,000	1,000
Total	1,107.50	1,046.24

관능평가

Replicated randomized complete block design으로(24), 훈련된 15명의 관능요원으로 실시하였다. 김치 한 포기를 4 등분하여 이 중 반은 외관 검사를 위해 직경 9 cm의 흰 접시에 담았고 나머지 시료는 가로 세로 2.5 cm가 되게 잘라서 관능검사 요원들이 개인별로 사용하는 직경 7 cm의 흰 접시에 담았다. 김장김치의 장기 저장 시 중요한 요인으로 작용하는 냄새, 맛, 질감을 검사하기 위하여 외관(appearance), 신맛(acidic taste), 탄산미(carbonated taste), 아삭아삭함(crispness), 균덕내(moldy smell) 항목을 9점 척도로 실시하였다. 1점은 매우 약함이나 매우 싫음, 5점은 보통 그리고 9점은 매우 강함이나 매우 좋음으로 나타내었다. 검사 시 생수와 흰밥을 제공하여 앞서 평가한 김치의 맛이 뒤에 평가하는 김치 맛에 영향을 미치지 않도록 주의하였다.

통계처리

모든 실험결과는 평균±표준편차로 나타내었고 실험결과 유의성을 검정하기 위하여 SAS program(ver. 9.1, SAS

Institute Inc., Cary, NC, USA)의 one-way analysis of variance(ANOVA)를 p<0.05 수준으로 실시하였다.

결과 및 고찰

숙성 후 저장 및 저온 저장 모드에서 6개월간 저장한 김장김치의 pH 및 산도 비교

발효시킨 후 저온에서 저장한 김치의 발효양상은 Fig. 1과 같다. F1김치는 10°C에서 5일간 발효시킨 후(pH 4.6, 산도 0.55%) -2.5°C에 저장한 김치로 저장 2주째 pH 4.4, 산도 0.6%에 도달하였다. 6개월 후 F1김치는 pH 4.1, 산도 0.8%였다. 반면 F2김치는 15°C에서 1일 발효시킨 후(pH 5.75, 산도 0.3%) -2.5°C에서 저장한 김치로 8주째에 pH 4.4, 산도 0.6%에 도달한 후 6개월간 유지되었다. 6개월 후 F2김치는 pH 4.3, 산도 0.7%로 F1김치에 비해 발효 속도가 느렸다.

이상의 결과는 정상적인 발효를 한 김치의 경우 pH와 산도가 일정수준에 도달한 이후 유지된다는 보고들과 일치하였다(25-27).

김치 담금 후 발효 없이 즉시 저온에 저장한 김치는 저장 4주까지 pH 및 산도의 변화가 거의 없었다. 이후 -1°C에서 저장한 S1김치의 pH 및 산도는 8주째에 pH 4.6, 산도 0.5% 부근에 도달한 후 서서히 변화하여 6개월 후 pH 4.3 및 산도 0.7%에 도달하였다. 이에 반해 -2.5°C에 저장한 S2김치는 16주째에 pH 4.7, 산도 0.5%에 도달하였으며 6개월 후에는 pH 4.6, 산도 0.6%였다. S1과 S2김치의 저장 온도 차이는 1.5°C 정도였음에도 불구하고, 발효 양상은 뚜렷한 차이를 보였다. 이상의 결과를 살펴보면, 발효시키지 않고 저장한 김치는 상당한 저장 기간 동안 pH와 산도가 변화하지 않고, 특히 온도가 낮은 경우에는 변화속도가 매우 느림을 알 수 있었다.

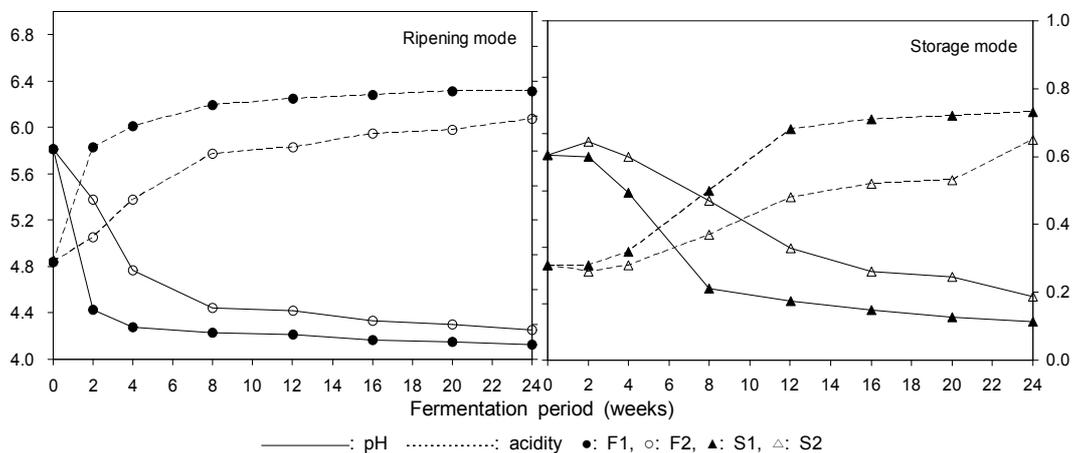


Fig. 1. Changes in pH and acidity of winter kimchi stored for 6 months at kimchi refrigerator using 'ripening mode' or 'storage mode'. Ripening mode: F1, kimchi fermented for 5 days at 10°C followed by storage at -2.5°C; F2, kimchi fermented for 1 day at 15°C followed by storage at -2.5°C. Storage mode: S1, kimchi storage at -1°C without fermentation; S2, kimchi storage at -2.5°C without fermentation.

숙성 후 저장 및 저온 저장 모드에서 6개월간 저장한 김장김치의 젖산균 변화

젖산균의 증식은 온도에 영향을 받았는데, 특히 고온에서 생육하는 *Lactobacillus* spp.의 증식은 저온에서 생육하는 *Leuconostoc* spp.에 비해 온도의 영향이 더 큰 것으로 나타났다(Fig. 2). 발효 후 저장한 김치(F1,F2)의 *Lactobacillus* spp. 증식은 저장 초기부터 급속히 일어났고, 이미 저장 4주째에 8.0 log CFU/mL 부근에 도달하였다. 이후 균의 증식 양상은 10°C에서 5일간 발효시킨 후 -2.5°C에 저장한 F1김치는 최대 균수 8.0~9.0 log CFU/mL에 도달한 이후 6개월까지 균수가 유지되었다. 이에 반해 15°C에서 1일 발효시킨 후 -2.5°C에서 저장한 F2김치는 8주째에 최대균수 8.0 log CFU/mL에 도달한 후 12주째부터 감소하기 시작하여 6개월 후 6.0 log CFU/mL로 낮아졌다. 본 결과에 의하면, F1김치는 숙성이 완전히 이루어진 반면, F2김치는 숙성이 F1김치에 비해 덜 이루어진 것으로 판단된다. 저온에서 저장한 김치(S1,S2)의 *Lactobacillus* spp. 증식은 저장 2주째 이후 증가하기 시작하여 8주째에 최대 균수인 6.8 log CFU/mL에 도달한 후 감소하였는데 -2.5°C에 저장한 S2김치의 균 감소 속도가 S1김치보다 빨랐다. 6개월 후 S1, S2김치의 *Lactobacillus* spp.는 각각 6.0, 5.0 log CFU/mL였다. 이와 같이 저온에서 저장한 김치의 경우 최대 균수가 현저하게 낮아(3) 고온 생육균인 *Lactobacillus* spp.(28)가 생육을 잘 하지 못

한 것으로 나타났다. 6개월간 *Lactobacillus* spp. 균의 발육 및 유지 상태를 살펴보면 F1> F2> S1> S2김치 순으로 좋은 것으로 나타났다.

Leuconostoc spp.의 증식은 *Lactobacillus* spp.와 달리 저장 온도에 따른 생육 양상이 다르게 나타났다. 가장 현저한 차이는 담금 직후 저온에서 저장한 S1, S2김치에서도 F1, F2김치의 최대 균수인 8.0~9.0 log CFU/mL에 도달하였다는 점이다. 이러한 현상은 *Leuconostoc* spp.의 경우 저온에서도 잘 생육하는 젖산균(14)이기 때문으로 생각된다. 그러나 최대 균수에 도달하는 시간 및 도달 후 유지되는 양상은 저장 온도에 따라 차이가 나타났다(Fig. 2). 발효 후 저온 저장한 김치 중 F2김치의 *Leuconostoc* spp. 증식 속도가 F1김치에 비해 빨랐는데, 이는 15°C에서 1일 발효시킨 후 -2.5°C에서 저장함으로써 낮은 온도가 *Leuconostoc* spp.의 증식을 촉진한 것으로 사료된다. 그러나 F1김치의 *Leuconostoc* spp.는 6개월 동안 지속적으로 증식한 반면, F2김치의 젖산균은 8주째에 최대 균수에 도달한 이후 감소하였다. pH, 산도 및 젖산균 측정 결과를 참고하였을 때 F1김치가 F2김치에 비해 완전한 숙성이 이루어진 것으로 판단되었으며 *Leuconostoc* spp.가 저온에서 활발히 성장하는 균이기에(29) 최대 생육 후 일정 수준으로 균이 유지된 것으로 생각된다. 6개월 후의 *Leuconostoc* spp. 균수는 F1김치가 9.0 log CFU/mL, F2김치가 7.0 log CFU/mL였다. 김치 담금 후 저

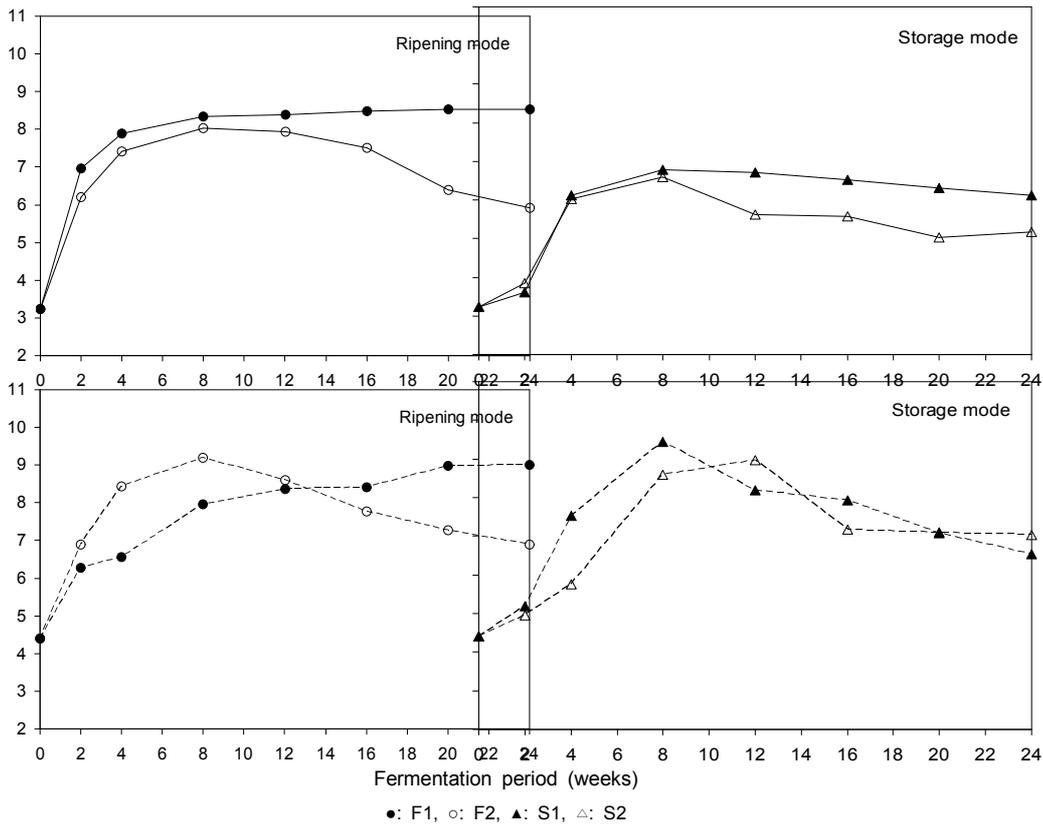


Fig. 2. Changes in *Lactobacillus* spp. and *Leuconostoc* spp. of winter kimchi stored for 6 months at kimchi refrigerator using 'ripening mode' or 'storage mode'. The abbreviations of kimchi refer to Fig. 1.

온에서 바로 저장한 S1, S2김치에서 *Leuconostoc* spp.가 최대 균수에 도달한 시간은 8주째로 F1김치가 최대 균수에 도달한 시간과 유사하였다. 그러나 F1김치는 저장 초기에 급속히 증가하였으나, S1, S2김치는 저장 4주 후부터 증가하기 시작하였다. S1, S2김치 역시 최대 균수 도달 후 *Leuconostoc* spp.의 감소현상이 나타났으며 6개월 후의 S1, S2김치의 *Leuconostoc* spp. 균수는 6.5 log CFU/mL 수준이었다. 6개월 저장 기간 중 *Leuconostoc* spp. 균수가 가장 높게 지속된 시료는 F1> F2> S1> S2 순으로 생각된다. 이러한 젖산균의 생육 패턴은 산도 변화와 깊은 관계가 있는데(30), 본 연구에서는 초기에 발효가 완전히 일어난 F1김치에서만 *Lactobacillus* spp. 및 *Leuconostoc* spp.의 생육 곡선과 산도 변화 곡선이 일치하였으며, 김치의 최대 균수로 보고되고 있는 8.0~9.0 log CFU/mL에 도달하였다(3,4). 본 연구결과에 의하면 *Lactobacillus* spp.는 저온에서 생육이 억제되나 *Leuconostoc* spp.는 -2.5°C와 같이 낮은 온도에서도 생육이 최대 균수에 도달할 정도로 일어남을 확인하였다. 저온에서 저장한 S1, S2김치의 *Leuconostoc* spp. 최대 균수는 *Lactobacillus* spp. 최대 균수보다 높았으며 6개월 후에도 7.0 log CFU/mL 수준으로 유지되었다.

관능평가

장기간 저장하는 김장김치의 평가에 중요한 항목으로 생각된 외관, 신맛, 탄산미, 아삭아삭함, 균덕내에 대한 결과를 Table 2, 3에 나타내었다. 저장 3개월째의 김장김치의 맛을 평가한 항목인 신맛 및 탄산미는 각각 F1> F2> S1> S2 순으로 유의적으로 높았다(p<0.05). 이러한 결과를 바탕으로 신

맛과 탄산미가 합쳐져서 나타나는 상큼한 신맛은 숙성 후 저장한 김치(F1, F2)가 저온에서 저장한 김치(S1, S2)보다 좋은 것으로 판단되었으며 특히 F1김치는 김치 맛, 외관, 아삭함에 있어 가장 높은 평가를 받았다. 김치의 아삭아삭함 정도는 저온에서 저장한 김치에서 좋을 것으로 예상하였으나, F1김치의 아삭함이 가장 높게 평가되었다. 김장김치에서 장기간 저장에 의해 감지되는 균덕내는 3개월 후 감지되기 시작하였으나 그 수준은 낮았다. 숙성 후 저장한 김치 중 F1김치의 평가 점수가 모든 검사된 항목에서 F2김치보다 높았고, 저온 저장을 한 S1김치는 S2김치보다 모든 항목의 평가가 높았다. 3개월간 저장된 김장김치의 관능평가 결과를 종합해서 고려해 보면 F1> F2> S1> S2 순으로 숙성 후 저장한 김치가 저온에서 저장한 김치보다 우수한 것으로 판단된다.

6개월간 저장한 김장김치의 관능평가 결과를 살펴보면 3개월째의 평가에 비해 모든 김치 시료에서 신맛이 증가하였고 발효시킨 후 저장한 김치의 평가가 유의적으로 높았다(p<0.05). 그러나 신맛의 점수는 최고 7.0점 이하이었으며 이때 산도는 0.8%를 넘지 않아(Fig. 1) 김장김치의 신맛을 즐길 수 있는 수준으로 판단되었다. 탄산미는 F1 및 F2김치에서 감소하고 저온 저장한 김치, 특히 S1김치에서 유의적으로 높아졌다(p<0.05). 6개월간 장기 저장 시 김치의 질감이 질깃해질 것으로 예측하였으나 '아삭아삭함'에 대한 평가 결과를 살펴보면 5.0점 이상으로 예상 밖으로 모든 김치에서 양호한 편으로 나타났으며 F1과 S1김치는 5.5점 이상의 점수를 받아 저장 초기에 완전히 숙성시킨 김치의 질감도 아주 양호한 것으로 판단되었다. S1김치는 저장 후기에 탄산미가

Table 2. Sensory evaluation results of winter kimchi stored for 3 months at kimchi refrigerator using 'ripening mode' or 'storage mode'

Mode ¹⁾	Appearance	Acidic taste	Carbonated taste	Crispness	Moldy smell
F1	6.22±1.79 ^a	5.56±1.13 ^b	5.22±1.48 ^a	6.22±1.09 ^{NS}	3.44±1.81 ^{NS}
F2	5.00±1.50 ^{ab}	4.89±1.27 ^a	4.67±1.58 ^{ab}	5.44±1.51	3.56±2.40
S1	5.56±0.88 ^{ab}	4.44±1.13 ^{ab}	3.89±1.36 ^{ab}	6.00±1.41	3.33±2.74
S2	4.56±1.13 ^b	3.56±1.13 ^b	3.22±1.30 ^b	5.67±1.41	3.67±2.29

Values are mean±SD (n=15).

^{ab}Data with different letters in the column are significantly different with one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at p<0.05.

^{NS}Not significantly different among values in the column.

¹⁾The abbreviations of kimchi refer to Fig. 1.

Table 3. Sensory evaluation results of winter kimchi stored for 6 months at kimchi refrigerator using 'ripening mode' or 'storage mode'

Mode ¹⁾	Appearance	Acidic taste	Carbonated taste	Crispness	Moldy smell
F1	5.09±2.07 ^{NS}	6.91±1.22 ^a	3.91±1.04 ^b	5.45±1.81 ^{NS}	4.09±1.70 ^{NS}
F2	4.36±1.29	6.36±1.69 ^a	3.64±1.36 ^b	4.91±1.38	4.36±1.80
S1	5.18±1.66	5.82±0.98 ^{ab}	5.45±1.37 ^a	5.91±2.07	3.82±1.89
S2	3.82±0.98	5.00±1.48 ^b	4.73±2.28 ^{ab}	5.00±2.05	4.55±2.16

Values are mean±SD (n=15).

^{ab}Data with different letters in the column are significantly different with one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at p<0.05.

^{NS}Not significantly different among values in the column.

¹⁾The abbreviations of kimchi refer to Fig. 1.

증가하여 좋은 평가를 받았는데 이는 S1김치의 *Leuconostoc* spp. 균수가 저장 후기에 높은 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. 이에 비해 숙성의 정도가 완전하지 못한 F2김치와 너무 낮은 온도 즉, -2.5°C 에서 저장한 S2김치의 질감은 예상 밖으로 낮은 평가를 받았다. 군덕내는 3개월에 비해 증가하였는데 S2김치는 4.5점인 반면 다른 김치 시료에서는 미미하게 감지되었다. 6개월간 장기 저장한 김장김치의 외관에 대한 평가는 3개월의 평가에 비해 모든 시료에서 낮아졌는데 이는 숙성에 따른 김치 색상의 변화 때문으로 생각된다. 완전 숙성 후 저장한 F1김치와 -1°C 에서 저장한 S1김치의 외관에 대한 평가는 5.0점 이상으로 양호하였다. 김장김치가 오래되면 색상이 검어져서 외관이 나빠진다는 일반적인 생각은 맞지 않음을 확인하였고 장기 저장에 있어 김치 보관 조건의 중요성을 알 수 있었다. 6개월 저장 후 김치의 관능평가 항목을 종합적으로 고려해 보았을 때 $\text{S1} > \text{F1} > \text{F2} > \text{S2}$ 순으로 김치의 평가가 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보았을 때 김장김치를 장기 저장하였을 때 저장 기간 내 맛있는 김치를 먹기 위한 방법으로는 김치를 완전히 숙성시킨 후 저장하는 방법이 가장 우수한 것으로 판단되었고 그러한 숙성 시스템 중 상대적으로 낮은 온도에서 발효를 유도한 10°C 에서 5일 발효 후 -2.5°C 에서 저장하는 온도알고리즘이 적합한 것으로 사료된다. 그러나 김장김치를 6개월 이상 장기간 묵혀 묵은지 김치를 제조하고자 할 경우에는 저온 저장을 권장하며 이때 온도는 너무 낮은 온도보다 젖산균 특히 *Leuconostoc* spp.가 잘 생육할 수 있는 -1°C 에서 -1.5°C 이내의 온도 알고리즘이 적합한 것으로 생각된다.

요 약

김장김치를 김치냉장고에서 6개월간 ‘숙성 후 저장’과 ‘저온 저장’ 모드에서 저장하였을 때 발효 양상을 비교해 보았다. 본 연구에 사용한 ‘숙성 후 저장’ 모드에 보관한 김치는 10°C 에서 5일간 발효시킨 후 -2.5°C 에 저장한 F1김치, 15°C 에서 1일 발효시킨 후 -2.5°C 에서 저장한 F2김치이고, ‘저온 저장’에 보관한 김치는 담금 즉시 -1°C 에 저장한 S1김치와 -2.5°C 에 저장한 F2김치 4종류이다. ‘숙성 후 저장’한 F1김치는 2주에 pH 4.4, 그리고 산도는 0.6%로 숙성기에 접어들었으나 F2김치는 8주, ‘저온 저장’한 S1김치는 12주에 그리고 S2김치는 저장 말기에 숙성기로 접어들었다. *Lactobacillus* spp. 생육은 F1 및 F2김치에서는 저장 초기부터 급속히 증식하여 8주에 최대 균수인 $8.0\sim 9.0 \log \text{CFU/mL}$ 에 도달한 후 F1김치에서는 균수가 6개월간 지속된 반면, F2김치에서는 저장 12주 이후 감소하였다. S1과 S2김치에서는 8주에 최대 균수인 $6.8 \log \text{CFU/mL}$ 에 도달하여 적숙기 최대 균수에 미치지 못하였다. *Leuconostoc* spp.는 저장모드에 따라 최대 생육 시점은 다르나 $8.0\sim 9.0 \log \text{CFU/mL}$ 에 도달하였다. F1

김치의 *Leuconostoc* spp.는 6개월 동안 지속적으로 성장하여 최대 생육에 도달한 반면, 다른 김치 시료에서는 최대 생육 후 균이 감소하였다. 고온 젖산균인 *Lactobacillus* spp.의 생육은 ‘저온 저장’한 김치에서 억제되었으나 *Leuconostoc* spp.의 생육은 -2.5°C 와 같이 낮은 온도에서도 최대 생육을 하였다. 김장김치의 관능은 저장 3개월까지 외관, 신맛, 탄산미, 아삭아삭함에서 F1김치가 가장 높은 평가를 받았는데 이는 *Lactobacillus* spp.와 *Leuconostoc* spp.의 균수가 가장 높았기 때문으로 생각된다. 6개월 후에는 F1과 S1김치가 높은 평가를 받았는데, S1김치는 저장 말기에 신맛과 탄산미가 증가하는 현상을 보였는데, 이는 *Leuconostoc* spp.의 균수 저장 후기에 높아졌기 때문으로 생각된다. 이상의 결과를 종합해 보면 김장김치를 저장 기간 내 맛있게 먹기 위해서는 김치를 완전히 숙성시킨 후 저온에서 저장하는 방법인 10°C 에서 5일 동안 발효시켜 -2.5°C 로 온도 변환하는 시스템이 가장 우수하였다. ‘저온 저장’ 온도로는 -1°C 가 -2.5°C 보다 우수하였다.

감사의 글

본 연구는 삼성전자주식회사 연구지원 사업(2009년) 결과로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee KI, Rhee SH, Han JS, Park KY. 1995. Kinds and characteristics of traditional special kimchi in Pusan and Kyungnam province. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 734-743.
2. Kang KO, Lee SH, Cha BS. 1995. A study on the material ratio of Kimchi products of Seoul and Chung Cheong area and chemical properties of the fermented Kimchis. *Korean J Soc Food Sci* 11: 487-493.
3. Park SH, Lee JH. 2005. The correlation of physico-chemical characteristics of *Kimchi* with sourness and overall acceptability. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 103-109.
4. Noh JS, Seo HJ, Oh JH, Lee MJ, Kim MH, Cheigh HS, Song YO. 2007. Development of auto-aging system built in kimchi refrigerator for optimal fermentation and storage of Korean cabbage kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 39: 432-437.
5. Choi MS, Lim JH, Kim J. 2011. Improving the use of Kimchi refrigerator's inner space based on the user behavior study. *J Korean Soc Basic Design Art* 12: 417-425.
6. Lee YK, Lee MY, Kim SD. 2004. Effect of monosodium glutamate and temperature change on the content of free amino acids in kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 399-404.
7. Lee HJ, Joo YJ, Park CS, Lee JS, Park YH, Ahn JS, Mheen TI. 1999. Fermentation patterns of green onion *Kimchi* and Chinese cabbage kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 31: 488-494.
8. Shin DH, Kim MS, Han JS, Lim DK, Bak WS. 1996. Changes of chemical composition and microflora in commercial *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 28: 137-145.
9. Mheen TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on *Kimchi* fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 16: 443-450.

10. Jeon YS, Kye IS, Cheigh HS. 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.
11. Kim WJ, Kang KO, Kyung KH, Shin JI. 1991. Addition of salt and their mixtures for improvement of storage stability of *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 23: 188-191.
12. Gil BI, Choi ES. 2010. A study on the effects of the cold heat storage with salt water on the performance of a Kimchi refrigerator. *Korean J Air-Cond Refrig Eng* 22: 891-896.
13. Cho Y, Rhee HS. 1991. Effect of lactic acid bacteria and temperature on kimchi fermentation (I). *Korean J Soc Food Sci* 7: 15-25.
14. Park JA, Heo GY, Lee JS, Oh YJ, Kim BY, Mheen TI, Kim CK, Ahn JS. 2003. Change of microbial communities in kimchi fermentation at low temperature. *Korean J Microbiol* 39: 45-50.
15. Noh JS, Seo HJ, Oh JH, Lee MJ, Kim MH, Cheigh HS, Song YO. 2007. Development of auto-aging system built in kimchi refrigerator for optimal fermentation and storage of Korean cabbage kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 39: 432-437.
16. Kim SD, Park IK, Lee MS. 1997. Effect of dried fishes water extracts on the *kimchi* fermentation. *J Food Sci Technol* 9: 33-38.
17. Lee MJ, Kim HS, Lee SC, Park WP. 2000. Effects of sepiae os addition on the quality of *kimchi* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 592-596.
18. Yoo MJ, Kim HR, Chung HJ. 2001. Changes in physicochemical and microbiological properties in low-temperature and long-term fermented kimchi during fermentation. *Korean J Dietary Culture* 16: 431-441.
19. Kim MS, Jeong YH. 2004. Fermentative properties of taurine added Kimchi. *J East Asian Soc Dietary Life* 14: 438-442.
20. Lee KH, Cho HY, Pyun YR. 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.
21. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 60.
22. Lee MK, Park WS, Kang KH. 1996. Selective media for isolation and enumeration of lactic acid bacteria from kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 754-760.
23. So MH, Lee YS. 1997. Influences of cultural temperature on growth rates of lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *Korean J Food & Nutr* 10: 110-116.
24. Kim KO, Lee YC. 1995. *A sensory evaluation of food*. Hakyoon Publishing Com., Seoul, Korea. p 192-268.
25. Kang JH, Kang SH, Ahn ES, Yoo MJ, Chung HJ. 2004. Effect of the combination of fermentation temperature and time on the properties of *Baechu kimchi*. *Korean J Food Culture* 19: 30-42.
26. Lee YH, Yang IW. 1970. Studies on the packaging and preservation of kimchi. *J Korean Agric Chem Soc* 13: 207-218.
27. Choi SY, Kim YB, Yoo JY, Lee IS, Chung KS, Koo YJ. 1990. Effect of temperature and salts concentration of *kimchi* manufacturing on storage. *Korean J Food Sci Technol* 22: 707-710.
28. Yu JJ, Oh SH. 2011. γ -Aminobutyric acid production and glutamate decarboxylase activity of *Lactobacillus sakei* OPK2-59 isolated from kimchi. *Korean J Microbiol* 47: 316-322.
29. Yoo MJ, Kim HR, Chung HJ. 2001. Changes in physicochemical and microbiological properties in low-temperature and long-term fermented kimchi during fermentation. *Korean J Dietary Culture* 16: 431-441.
30. Lee HJ, Baek JH, Yang M, Han HU, Ko YD, Kim HJ. 1993. Characteristics of lactic acid bacterial community during kimchi fermentation by temperature downshift. *Korean J Microbiol* 31: 346-353.

(2012년 6월 5일 접수; 2012년 10월 17일 채택)