

배추김치의 최적발효 및 저장을 위한 김치냉장고의 자동숙성 시스템 개발

노정숙 · 서현주 · 오정환 · 이명주¹ · 김명희¹ · 최홍식² · 송영옥*

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소, ¹삼성전자 시스템가전사업부 냉기개발팀, ²부산보건환경연구원

Development of Auto-aging System Built in Kimchi Refrigerator for Optimal Fermentation and Storage of Korean Cabbage Kimchi

Jeong-Sook Noh, Hyun-Ju Seo, Jung-Hwan Oh, Myung-Ju Lee¹, Myung-Hee Kim¹,
Hong-Sik Cheigh², and Yeong-Ok Song*

Department of Food Science & Nutrition and Kimchi Research Institute, Pusan National University

¹Refrigerator R&D Team, System Appliances Division, Samsung Electronics

²Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment

Abstract In this study, we examined the conditions for an auto-aging system placed within a kimchi refrigerator for optimal fermentation, and to prolong the storage time of kimchi. Various characteristics of kimchi fermented at different temperatures (5-23°C) were compared. We observed that the higher the fermentation temperature, the less desirable the overall acceptability of the product. To establish the time point in which to convert the fermentation mode to the storage mode, kimchi was stored at -1°C for 1 week once it reached the designated acidity (0.4, 0.6, and 0.8%). The results indicated that the lower the kimchi acidity, the higher the sensory score. The storage temperature of -1°C was not low enough to retard microorganism growth completely; however, the kimchi stored at -2 ± 0.5°C became frozen. Accordingly, 15°C and -2 ± 0.5°C are suggested as the fermentation and storage temperatures for the kimchi refrigerator, respectively. A kimchi acidity of 0.4% can be used as an index for the time point to convert fermentation to storage. Subsequently, the time required for the fermentation course can be calculated based on this.

Key words: kimchi refrigerator, auto-aging, fermentation, storage, temperature, acidity, sensory evaluation

서 론

김치는 각종 야채를 소금에 절인 후 여러 가지 부재료와 양념류를 혼합하여 발효시킨 것으로 숙성 중 김치 특유의 맛, 풍미, 영양소 등이 증가하고, 생야채에 비해 장기간 저장이 가능하여 겨울철 중요한 부식으로 이용되어 왔다(1,2). 김치의 맛과 품질은 주·부재료가 함유하고 있는 영양소와 함께 젖산균에 의한 발효 생성물에 의해 달라진다. 발효과정에 관여하는 미생물의 증식 양상은 배추의 품종(3), 발효·저장온도(4), 염분(5) 등에 영향을 받으며, 이중 온도의 영향이 가장 큰 것으로 알려져 있다(6). 김치는 다른 발효식품에 비해 상대적으로 저장기간이 짧은 것이 큰 문제점으로 지적되고 있고, 이를 연장하고자 하는 많은 연구가 보고되고 있다. 김치의 저장성을 향상시키기 위하여 저온저장(7,8), 열처리(9) 및 식품첨가제(10), 방사선 처리(11) 등의 다양한 방법을 이용하고 있으나 이중 저온저장이 김치의 품질을 유지하면서 가식기간을 연장시킬 수 있는 가장 효과적인 방법으로 보고되어 왔다(12). 이러한 연구들을 바탕으로 김치를 발효시킨 후 자동적

으로 저장온도를 낮추는 개념이 도입되었고(13), 그 결과 1995년 김치냉장고가 처음 개발되었다. 김치냉장고의 효능은 도시인의 생활에서 전기를 발휘하였고, 전가구의 65% 정도가 김치냉장고를 사용하는 것으로 알려져 있다(14).

김치냉장고의 특성은 김치를 담근 후 높은 온도에서 조기 숙성시키고 즉시 온도를 저온으로 전환하여 장기적으로 김치를 저장하는 것이다. 김치의 발효 및 숙성은 초기 저장 온도에 크게 영향을 받는데, 김치 발효과정 중 발효초기에 관여하는 주요 젖산균인 *Leuconostoc* sp.는 저온(5°C)에서 생육이 활발한 균으로 잔존하는 산소를 제거하여 이산화탄소를 생성하여 김치의 탄산미를 부여하고 유기산을 생성한다. 이어서 발효에 관여하는 *Lactobacillus* sp.는 중·고온(15°C)균으로 주로 젖산 생성에 관여한다. 이들 주요한 젖산균의 생육이 활발히 되었을 때 상큼한 신맛과 향을 지닌 김치가 된다(15). 따라서 김치 냉장고는 김치를 초기에 숙성시킬 수 있는 온도와 장기 저장할 수 있는 온도에 대한 과학적인 연구가 뒷받침되어야 소비자의 요구를 충족시킬 수 있을 것으로 생각된다. Kang 등(16)은 김치의 조기 숙성 및 저장을 위하여, 발효 온도와 시간의 조합을 20°C·24시간 발효, 5°C·6일 발효, 5°C·3일 발효 후 각각 -1°C에서 16주간 저장한 김치와 담근 후 바로 -1°C에 저장(무발효)한 배추김치의 품질 특성변화를 보고한 바 있으나 김치냉장고의 자동숙성 모드 설정 조건에 대한 연구는 없다.

본 연구는 김치냉장고의 고급화 및 과학화를 위하여 한국인이 즐겨 먹는 배추김치를 김치냉장고에서 발효·저장할 때 관능적

*Corresponding author: Yeong-Ok Song, Department of Food Science and Nutrition, Pusan National University, 30 Jangjeon-dong Geumjeong-gu, Busan 609-735, Korea
Tel: 82-51-510-2847
Fax: 82-51-583-3648
E-mail: yosong@pusan.ac.kr
Received May 15, 2007; accepted July 29, 2007

특성을 증가시키고 저장기간을 극대화할 수 있는 자동속성 조건을 규명하고자 첫째 저장 온도별 김치의 발효 양상과 관능검사를 통하여 초기 발효 온도를 설정하고, 둘째 김치가 관능적으로 우수하면서 장기간 저장될 수 있는 초기발효 시간 및 저장온도를 찾기 위하여 김치를 산도별로 저장하면서 발효 양상을 살펴 보았다.

재료 및 방법

실험재료

배추(경남 김해산)와 무(경남 밀양산), 천일염, 고춧가루(충북 제천 봉양농협), 까나리 액젓(정정원), 마늘(경남 남해산), 생강(충청 부여산)은 생산지를 확인하여 구입하였고 실파, 새우젓, 찹쌀가루 등은 김치 제조 당일에 부근의 재래시장에서 구입하여 사용하였다.

김치의 담금

무게 2.5 kg 내외의 배추를 다듬은 후 두 쪽으로 나누고, 가운데 칼집을 낸 후, 10% 소금물에서 배추의 염도가 $1.7 \pm 0.1\%$ 에 도달하도록 절인 다음 2회 세척과 2시간 동안 물 빼기를 한 후 김치를 제조하였다. 절인 배추는 미리 혼합한 양념에 버무린 뒤 김치의 최종 염도를 $2.2 \pm 0.1\%$ 정도로 맞춘 후 각 온도별로 설정된 김치냉장고(HNR2013Q, S Electronics, Korea)에 김치 통 당 10 kg씩 넣어 발효·저장시켰다. 배추김치 담금 레시피는 절인 배추 1 kg에 고춧가루 30 g, 마늘 30 g, 생강 6 g, 젓갈 50.4 g, 찹쌀풀 43.2 g, 실파 33.6 g, 그리고 설탕 6 g을 사용하였다.

발효 및 저장

각 온도별(5, 10, 15, 20°C)로 발효시킨 김치의 이화학적·미생물학적·관능적 특성을 S사 김치냉장고에서 자동속성 모드로 사용하고 있는 온도인 23°C(23°C에서 25시간 후 -1°C로 자동전환)를 대조군(Control)로 하여 비교 분석하였다. 김치의 품질수명을 예측하기 위하여 산도가 0.4 ± 0.05 , 0.6 ± 0.05 그리고 $0.8 \pm 0.05\%$ 에 도달하였을 때 저장온도인 -1°C로 전환하여 김치냉장고에서 적절한 발효 후 가식기간을 최대한으로 유지시킬 수 있는 초기 발효시간을 설정하였다. 김치냉장고내 온도는 온도센서를 김치통

상·중·하에 부착시켜 자동으로 자동기록계(DR 230, Yokogawa, Japan)에 기록되도록 하였다.

pH 및 산도

배추김치 시료 100 g을 녹즙기로 마쇄하여 여액을 취해서 pH와 산도를 측정하였다. pH는 여과액 20 mL를 취하여 실온에서 pH meter(Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 사용하여 측정하였고 총산도는 김치액 10 mL을 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.1까지 중화시키는 데 소비된 0.1 N NaOH의 소비 mL를 lactic acid(% w/w) 함량으로 환산하여 적정산도(% w/v)로 표시하였다(17).

젖산균

젖산균 수의 측정은 평판계수법(plate count technique)을 이용하였다. Leuconostoc 선별용으로는 phenyl ethyl alcohol sucrose agar(PES) 배지로 20°C에서 5일간, Lactobacillus 선별용으로는 Pediococcus의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified-Lactobacillus selection(m-LBS) 배지로 30°C에서 3일간 평판 배양하여 나타난 colony의 수를 계수하였다(18).

관능검사

Replicated randomized complete block design(19)에 따라서 김치의 관능검사에 대하여 잘 훈련된 8명의 대학원생(여성)이 1회 3가지 시료를 평가하게 하고 이를 3회 반복 실시하였다. 평가항목은 외관(appearance), 풋내(fresh cabbage-like smell), 신내(acidic smell), 군덕내(moldy smell), 덜 익은 맛(fresh cabbage-like taste), 신맛(acidic taste), 군덕맛(moldy taste), 새콤한 맛(sweetly sour taste), 아삭아삭함(crispness), 종합적인 평가(overall acceptability)로 1점에서 9점까지 분류한 등급을 사용하여 평가하였으며, 1점은 아주 약함이나 아주 나쁨, 5점은 보통, 9점은 아주 강함이나 아주 좋음으로 나타내었다.

결과 및 고찰

배추김치의 저장 온도별 발효 양상

pH 및 산도변화: 배추김치의 발효 온도에 따른 pH의 변화는 Fig. 1에서와 같이 온도가 높을수록 pH는 급격하게 떨어졌다. pH

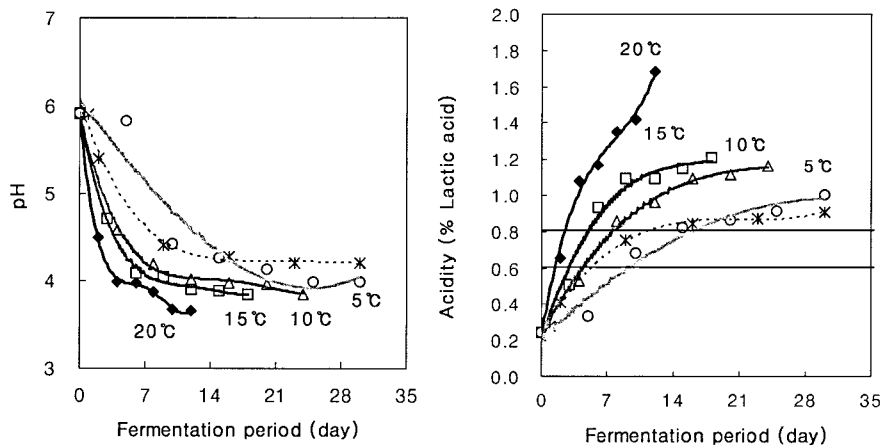


Fig. 1. Changes in pH and acidity of Korean cabbage kimchi fermented at different temperature. Control (*): Kimchi was fermented in the kimchi refrigerator(Model HNR2013Q, S Electronics, Korea), of which fermentation course was set at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) are the temperatures used for the fermentation of kimchi.

Table 1. The duration continued for acidity 0.6-0.8% of Korean cabbage kimchi fermented at different temperature

Fermentation temperature (°C)	Duration for optimum acidity ¹⁾ (days)	Highest score for overall acceptability ²⁾
5	7 (day 9-16)	7.0 (day 15)
10	4 (day 4-8)	6.2 (day 8)
15	3 (day 3-6)	6.0 (day 6)
20	1 (day 1-2)	5.9 (day 1)
Control ³⁾	8 (day 5-13)	5.9 (day 1)

¹⁾The range for acidity represents the most desirable kimchi quality is defined as 0.6-0.8% for the present study based on citations (20, 21, 24).

²⁾Overall acceptability of kimchi was evaluated with the nine score scale tests by trained panelists. Score 1 means poor quality and score 9 refers the best quality.

³⁾Kimchi was fermented in the kimchi refrigerator (Model HNR2013Q, S Electronics, Korea), of which temperature was pre-set as 23°C for 25 hr for the fermentation course and -1°C for the storage course.

의 감소 정도에 대한 온도의 영향을 살펴보면 20°C 발효군에서는 pH 3.65까지 저하하였으나 나머지 실험군에서는 pH 3.9-4.0 정도를 유지하였다. 이는 발효 온도에 따른 김치 미생물 종류 및 작용의 차이와 김치에 함유되어 있는 단백질, 아미노산 등의 완충작용에 의해 김치가 과숙되어도 pH는 지속적으로 저하하지 않기 때문이다(2). 김치냉장고의 자동숙성 모드(23°C에서 25시간 발효한 뒤 -1°C 저장으로 전환)로 발효시킨 대조군 김치의 pH는 초기의 높은 발효 온도 영향으로 약 7일까지 급격히 떨어진 뒤 이후 완만하게 감소하여 저장 9일부터 30일까지 pH 4.2 정도를 유지하여 김치를 조기 숙성 후 -1°C에서 60일간 저장하였을 때 pH가 4.5 이하로 떨어지지 않은 결과(16,20,21)와 유사하였다. 대조군 김치의 pH 변화양상을 살펴보았을 때 초기의 높은 발효 온도는 저온 저장을 하더라도 일정시간 동안 영향을 미치는 것으로 나타났다.

김치의 산도 변화는 담금 직후 0.24%에서 지속적으로 상승하였고 그 변화 양상은 온도 의존적이었다(Fig. 1)(21-23). 김치의 가식기간을 예측하기 위해 이전의 연구결과(21,22,24)를 바탕으로 김치의 최적 산도 범위를 0.6-0.8%로 설정하여 그 산도가 유지되는 발효일수를 살펴보았을 때 낮은 온도에서 발효할수록 김치의 최적 산도 기간이 길어졌다(Table 1). 대조군 김치의 발효 양상을

다른 온도에서 발효시킨 김치와 비교해 보았을 때, 산도 0.6%에 도달하는 시간은 10°C 발효군 김치와 비슷하였고, 최적 산도 유지기간은 5°C에서 발효군 김치와 유사하였다. 이는 초기 높은 온도에서 젖산균의 발육을 촉진시킨 후 즉시 저온으로 저장하였을 때, 김치의 가장 좋은 발효 온도로 알려진 5°C 발효 김치와 발효 양상이 유사함을 알 수 있었다.

김치의 발효 맛이 나기 시작하는 산도를 0.4%부터라고 보고한 연구(20) 결과를 기준으로 김치의 산도가 0.4%에 도달하는 발효 일수를 온도별로 살펴보았을 때, 20°C에서 발효 1일, 15°C에서 2일, 10°C에서 3일, 5°C에서 5일째에 산도 0.4%에 도달하였다. 자동숙성모드에서 발효한 대조군 김치는 초기 발효시간인 25시간 이전에 산도 0.4%에 도달하는 것으로 나타나 김치 냉장고에서 조기 숙성 및 발효를 위한 조건으로 온도가 높은 것으로 생각되었다. 본 연구팀에서 김치를 담금 즉시 -1°C에 저장하여 산도 변화를 살펴보았을 때 발효된 김치 맛을 느낄 수 있는 초기 산도인 0.4%에 도달하기까지 4주 이상이 소요되어 발효시키지 않고 -1°C 이하의 저온에서 바로 두는 김치는 장기저장을 위한 목적이 아니면 바람직하지 않은 것으로 나타났다(data not shown).

김치의 산도변화는 발효 중 젖산균이 원재료나 양념 중의 당류를 이용하여 생성한 젖산 및 유기산에 의한 것으로 lactic acid의 생성량이 가장 많고, acetic acid와 succinic acid, malic acid 등은 생성량이 적어 김치 산도변화에 젖산균이 가장 크게 작용하는 것으로 알려져 있어(25) 김치의 초기 발효 온도는 김치의 향미를 결정하는 중요한 인자로 생각된다.

젖산균수 변화: 발효 온도에 따른 김장김치의 젖산균 수의 변화는 Fig. 2에서와 같이 온도가 높을수록 최대균수가 많고, 최대 증식기 이후 균수가 급격히 하락하였다. *Leuconostoc* sp.의 경우, 최대 균수는 20°C 발효군에서는 발효 2일째에 8.43 log CFU/mL 이었고, 15°C에서는 8일째에 8.23 log CFU/mL, 10°C에서는 발효 12일째에 8.19 log CFU/mL이었다. 그러나 발효 온도 5°C에서는 발효 20일째에 7.9 log CFU/mL로 최대균수가 10⁸을 넘지 않았다. 김치냉장고 자동모드를 사용한 대조군은 발효 2일째에 최대균수 8.18 log CFU/mL에 도달하였고 -1°C로 전환한 후에도 실험 기간 동안(30일) 젖산균의 수가 10⁷ 이하로 떨어지지 않아 20°C에서 발효시킨 김치와는 다른 양상을 보였다.

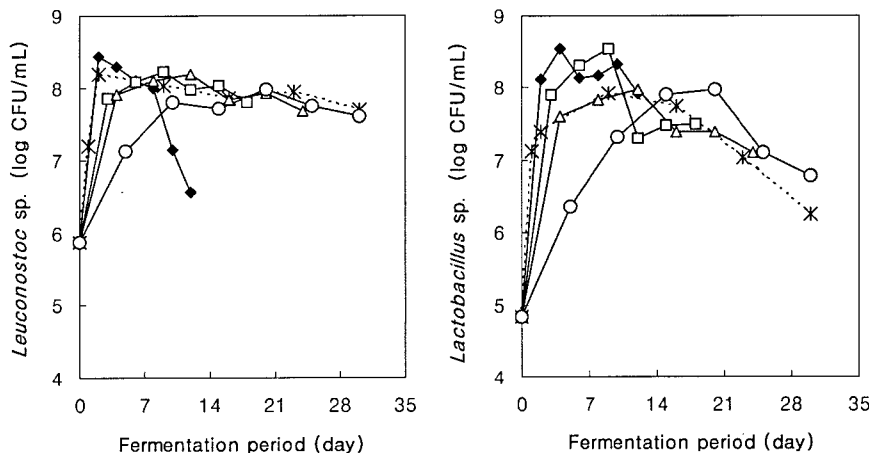


Fig. 2. Changes in *Leuconostoc* sp. and *Lactobacillus* sp. of Korean cabbage kimchi fermented at different temperature. Control (*): Kimchi was fermented in the kimchi refrigerator (Model HNR2013Q, S Electronics, Korea), of which fermentation course was set at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) are the temperatures used for the fermentation of kimchi.

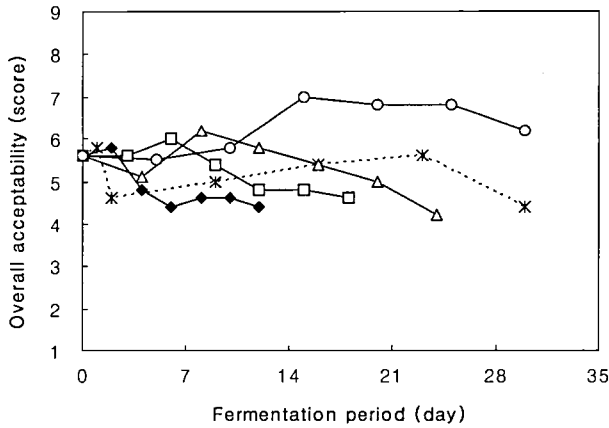


Fig. 3. Changes in overall acceptability of Korean cabbage kimchi fermented at different temperature. Overall acceptability of kimchi was evaluated with 9 score scale tests by trained panelists. Score 1 or 9 means the poor or best of kimchi, respectively. Control (*): Kimchi was fermented in the kimchi refrigerator(Model HNR2013Q, S Electronics, Korea), of which fermentation course was set at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) are the temperatures used for the fermentation of kimchi.

Lactobacillus sp.의 증식 역시 *Leuconostoc* sp.와 유사하게 발효 온도 의존적이었다. *Lactobacillus* sp. 균수가 최고점에 도달하는 시기는 *Leuconostoc* sp.의 최대 증식기 이후로 관찰되었으며 이는 *Leuconostoc mesenteroides*의 최적 생육 pH가 5.4-6.8이고 *Lactobacillus plantarum*의 경우 pH 3.5-4.2인 것으로 설명되어질 수 있다(26). 각 온도별 최대균수와 이에 도달하는 일수는 20°C에서는 8.54 log CFU/mL, 4일, 15°C에서 8.53 log CFU/mL, 9일, 10°C에서는 7.9 log CFU/mL, 12일, 그리고 5°C에서는 7.9 log CFU/mL, 20일이었다. *Leuconostoc* sp.의 증식 역시 10°C와 5°C에서는 최대 균수가 10⁸을 넘지 않아 온도 영향이 있음을 알 수 있었다. 김치냉장고 자동모드에서 발효시킨 대조군 김치의 최대 균수는 10⁸을 넘지 못하였는데, 이는 자동모드 설정이 23°C에서 25시간 발효 이후 -1°C 저장이므로 *Lactobacillus* sp.가 증식할 시기의 온도가 너무 낮았기 때문으로 생각된다. 김치를 담금 후 즉시 -1°C에 저장한 김치의 *Leuconostoc* sp.와 *Lactobacillus* sp.의 최대균수는 10⁸을 넘지 않아(data not shown) 향미가 풍부한 김치를 만들기 위해서는 젖산균이 발효할 수 있는 초기 적절한 발효 온도가 요구됨을 알 수 있었다. 이상의 실험결과를 살펴보았을 때 김치냉장고의 발효 및 숙성을 위한 자동모드 설정은 10-15°C가 젖산균의 생육을 최대로 증식시킬 수 있는 것으로 생각되었다.

관능검사: 김치냉장고에서 자동으로 김치를 발효 숙성시켰을 때 품질이 우수한 저장조건을 확립하기 위하여 발효 온도별 김치 맛의 변화를 관능검사 종합적인 평가로 Fig. 3에 나타내었다. 담금 즉시 김치는 양념의 맛과 채소의 신선함으로 맛있는 느낌을 주나, 발효에 들어가면 1차적으로 짠맛과 풋내 등으로 김치 맛이 떨어진 다음, 이후 젖산균의 발육에 의한 젖산, 유기산 및 탄산가스의 생성에 의해 맛있는 김치로 전환된다. 저장 기간 중 가장 높은 종합 평가 점수를 받은 시기를 살펴보면 5°C 발효 김치가 7.2점(15일째), 10°C는 6.2점(8일째), 15°C는 6.0점(6일째), 20°C는 5.8점(2일째) 그리고 대조군 5.8점(1일째)로 5-15°C 발효 김치군은 적숙기의 김치가 관능평가가 좋았으나 20°C 이상에서

발효한 김치는 생김치일 때 관능평가가 가장 좋았다(Table 1). 특히 김치냉장고에서 자동 숙성시킨 김치는 발효 즉시 -1°C로 온도를 낮추었음에도 불구하고 저장기간 동안 최대 5.6점을 넘지 못하였다. 김치를 담금 즉시 -1°C에 저장하여 3개월간 관능검사를 실시하였을 때 종합적인 평가점수가 4점대를 넘지 못하여(data not shown) 김치의 풍미 형성을 위하여 적절한 발효가 필요함을 재확인할 수 있었다.

관능검사 결과를 기준으로 종합적인 평가 항목에서 5점(보통) 이상 받은 기간을 김치를 맛있게 먹을 수 있는 가식기간으로 임의로 본 연구팀에서 설정하여 그 기간을 계산해 보았을 때, 발효·저장 온도가 낮을수록 가식기간이 길어졌다. 20°C는 4일, 15°C는 10일, 10°C는 15일, 5°C의 경우 24일로 나타났으며, 대조군은 저온저장 때문에 가식기간은 다른 온도에서 발효시킨 김치보다 길었으나 상대적으로 맛이 없는 것으로 나타났다.

이상의 관능검사 결과로 김치냉장고의 자동속성모드 설정을 위한 온도조건을 살펴보면 5°C 부근에서 김치를 발효시키는 것이 가장 품질이 좋은 김치를 만들 수 있으나, 적숙기에 도달하는 시간이 오래 걸리기 때문에 김치냉장고 자동모드용 초기 발효 온도로 적합하지 않은 것으로 나타났고, 20°C 이상의 높은 온도에서 발효시킨 김치는 관능검사 시 종합평가가 낮게 나타나 적합하지 않은 것으로 나타났다. 본 연구 결과 김치냉장고의 자동모드 설정을 위한 초기 발효 온도는 상대적으로 짧은 시간에 젖산균의 발효를 유도하여 풍미를 형성할 수 있는 10-15°C가 적합한 것으로 생각되었다.

김치냉장고의 자동속성 모드 설정을 위한 최적 조건 연구

김치냉장고에서 자동속성모드를 이용하여 김치를 저장하였을 때 향미가 우수하고 가식기간이 장기간 연장되는 온도 자동변환 설정을 위하여 초기 숙성조건에 대한 연구를 수행하였다. 김치냉장고의 숙성온도는 온도별 발효양상 실험 결과에 의거하여 10 또는 15°C로 하였고, 저장온도는 기존의 김치냉장고 가장 많이 사용하고 있는 -1°C로 하였다. 본 연구에서는 김치의 품질지표로 보고(27)된 바 있는 산도를 실험의 기준으로 하였다. 김치의 산도가 0.2-0.4% 정도이면 미숙성상태, 0.4-0.8% 정도는 숙성상태, 0.9% 이상은 과숙상태로 나누고 김치의 가식 산도 범위를 0.4-0.8%로 보고한(20) 결과에 의거하여 김치의 산도가 0.4±0.05, 0.6±0.05 그리고 0.8±0.05%에 도달하였을 때 -1°C로 전환하여 1주일간 저장하면서 김치의 발효양상 및 관능검사를 실시하였다.

온도별 특정 산도에 도달하는 시간은 15°C 발효에서 빨랐다(Fig. 4). 산도 0.4%에 도달한 시간은 15°C에서 48시간, 10°C에서 72시간이었다. 그리고 -1°C로 온도를 전환 후 7일 저장시켰을 때의 산도는 10°C 및 15°C 발효 김치 모두 0.56%로 증가하였다. 이러한 현상은 초기 발효 온도에 의한 영향으로 -1°C 전환한 후에도 김치의 품은 때문에 발효가 계속 진행되는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 김치의 산도가 0.43%에 도달하였을 때 김치를 포장한 후 -1±1°C에 저장하였을 때 pH나 산도의 변화가 거의 없었다는 보고(4,20)와 다소 차이가 있었다. 김치의 산도가 0.6%에 도달하는 시간은 15°C에서 72시간, 10°C에서 84시간이었고, -1°C로 전환 후 7일 저장하였을 때, 두 김치 다 산도가 0.7%까지 상승하였다. 산도 0.8%에 도달하는 시간은 15°C에서 84시간, 10°C에서 132시간이 소요되었고, -1°C 전환 7일 후 김치의 산도는 두 김치 모두 약 0.90%까지 증가하였다. 이상의 결과에서 특정 산도에 도달하는 시간은 15°C 발효 김치가 빨랐으나, 온도 전환 후 산도의 변화는 초기 발효 온도가 상대적으로 낮아 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

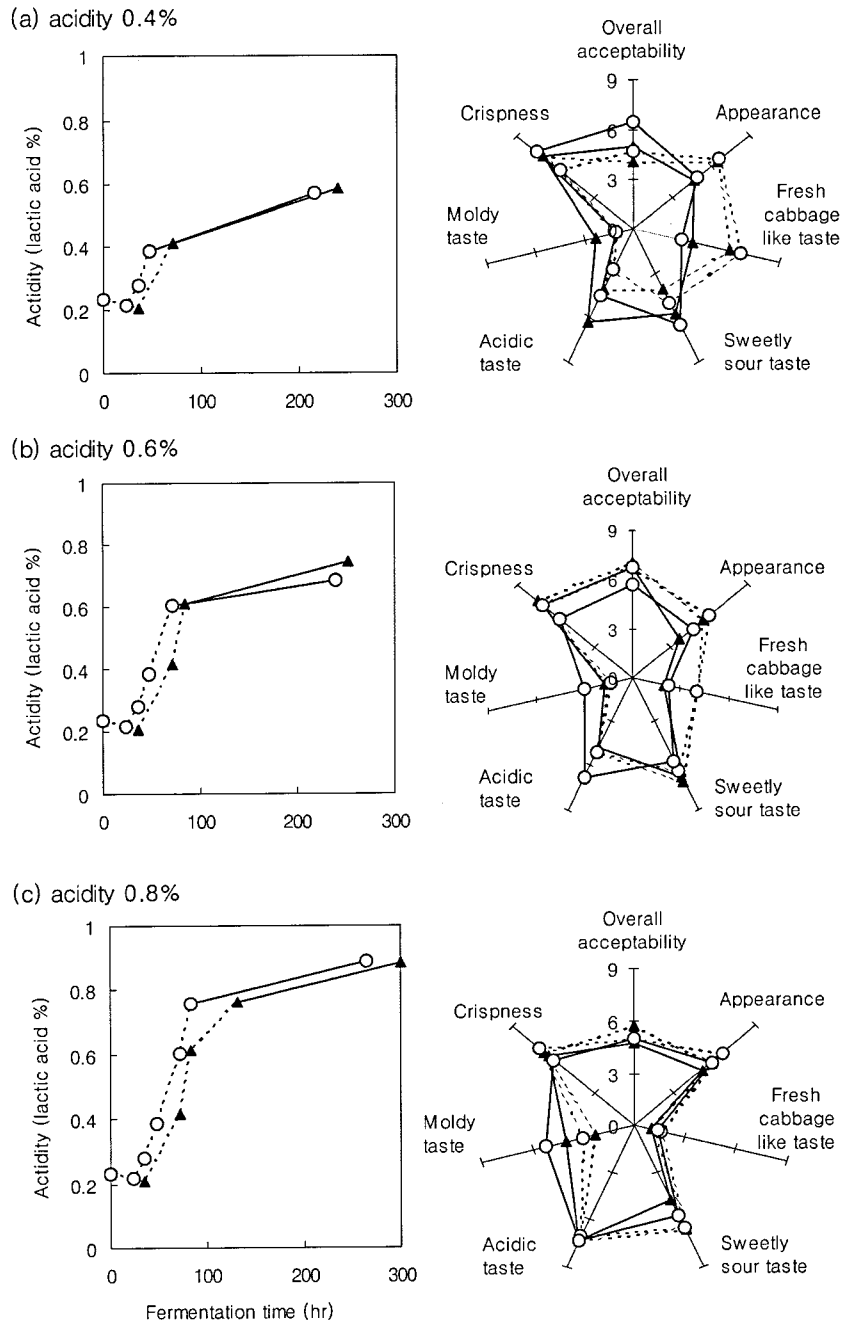


Fig. 4. The effects of kimchi acidity on improvement of quality of kimchi during storage at -1°C . Changes in acidity and sensory evaluation of kimchi during fermentation (broken line) at 10°C (\blacktriangle) or 15°C (\circ), and during storage (solid line) were shown. Sensory evaluation was carried out at two time points. First evaluation was done on the day when the acidity of kimchi reached to the designated point (0.4, 0.6, 0.8%). Second evaluation was carried out one week after storage at -1°C .

김치가 특정 산도(0.4, 0.6, 0.8%)에 도달하였을 때와 이후 7일간 -1°C 에서 저장한 후 김치의 관능검사 결과를 살펴보았을 때 산도 0.4%에서 -1°C 저장한 김치의 경우, 김치의 신맛, 새콤한 맛, 그리고 종합적인 평가의 점수가 올라갔으며, 덜 익은 맛의 강도가 크게 낮아졌다. 그러나 온도 변환 시점의 김치 산도가 0.6%와 0.8%인 경우, 7일 저장 후 종합적인 평가 점수가 낮아졌으며, 군덕맛의 강도는 높아졌다. 이러한 현상은 김치의 산도가 높을수록 현저하게 나타났다. 따라서 본 연구결과 맛있는 김치의 장기 저장을 위해서는 산도 및 젖산균수가 급격히 증가하기 시작하는 산도 0.4%에서 저장온도 전환을 시켜 낮은 온도에서 저장함으로써

써 조기 숙성 시 젖산균의 증식은 증가시키고, 저장 후의 미생물의 증식은 최대한 억제시키는 것이 김치의 품질을 유지시키는 데 좋을 것으로 사료된다.

초기 발효 후 김치를 -1°C 에 7일간 저장하였을 때 저장기간 중 산도가 다소 증가하는 것으로 관찰되었는데(Fig. 4) 이는 초기 발효 온도에 의한 영향도 있지만, -1°C 가 미생물의 생육을 완전히 억제하지 못하기 때문인 것으로 생각된다. 본 연구팀의 저장 온도 실험에 의하면 $-2 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 3개월간 저장한 김치는 얼지 않았으나 그 이하의 온도에서는 김치 국물 또는 배추가 어는 현상을 발견하였다(data not shown). Choi 등(4)도 -5°C 에서 김치를

저장하였을 때 저장기간이 길어질수록 김치의 국물뿐만 아니라 배추조직도 얼어 김치의 품질이 나빠졌다고 보고하였다. 따라서 김치냉장고의 저장온도는 $-2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 수준으로 낮추어도 무방할 것으로 생각된다.

요 약

김치의 최적 숙성 및 장기저장을 위한 김치냉장고에서의 발효, 저장조건을 연구하기 위하여 온도별(5, 10, 15, 20°C)로 김치의 이화학적·관능적 특성 검사를 하여 S사 김치냉장고의 자동숙성 mode(23°C 에서 25시간 후 -1°C 자동전환)에서 발효시킨 김치와 비교하였다. 김치 냉장고 초기 발효 온도 설정에 관한 연구결과 발효 적속기에 도달하는 시간, 적속기 기간 및 김치 맛을 종합적으로 고려하였을 때, 김치냉장고 초기 발효 온도는, $10\text{-}15^\circ\text{C}$ 가 적절한 것으로 나타났다.

김치냉장고의 초기 발효시간을 결정하기 위하여 10°C 와 15°C 에서 김치를 산도 0.4 ± 0.05 , 0.6 ± 0.05 그리고 $0.8 \pm 0.05\%$ 에 도달할 때까지 발효시킨 후 즉시 -1°C 에서 7일간 저장한 후 산도 변화와 김치 맛을 종합적으로 살펴본 결과 특정산도에 도달하는 시간은 15°C 가 산도 0.4%에서 -1°C 로 저장한 김치의 경우 신맛, 새콤한 맛 그리고 종합적인 평가 점수는 올라갔으며, 덜 익은 맛의 강도가 크게 낮아졌다. 그러나 산도가 0.6% 및 0.8%에서 -1°C 로 저장한 김치의 관능평가의 종합 점수는 낮아졌고, 군덕 맛의 강도는 높아졌다.

저장온도에 대한 실험에서 기존 김치냉장고에서 사용하고 있는 -1°C 저장온도는 김치의 미생물의 발육을 완전히 억제하지 못하는 것으로 나타났고 $-2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 저장온도는 김치가 얼지 않는 최저 온도로 사료된다.

본 연구 결과 배추김치를 김치냉장고에서 자동적으로 발효·저장할 때 관능적 특성 및 저장기간을 극대화할 수 있는 최적 자동숙성 시스템은 15°C 에서 김치의 산도가 0.4%에 도달할 때까지 발효시킨 후 $-2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 온도를 전환하여 저장하는 조건으로 설정하는 것이 가장 바람직한 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 삼성전자주식회사 연구지원 사업(2003-2005년) 결과로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Cheigh HS. Critical review on biochemical characteristics of kimchi (Korean fermented vegetable products). *J. East Asian Soc. Diet Life* 5: 89-101 (1995)
2. Cheigh HS, Park KY. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Cric. Rev. Food Sci.* 34: 175-203 (1994)
3. Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang KH. Changes in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 239-245 (1994)
4. Choi SY, Kim YB, Yoo JY, Lee IS, Chung KS, Koo YJ. Effect of temperature and salts concentration of kimchi manufacturing on storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 707-710 (1990)
5. Hahn YS. Effect of salt type and concentration on the growth of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean J. Food Sci.*

- Technol. 35: 743-747 (2003)
6. Park WS, Lee IS, Han YS, Koo YJ. Kimchi preparation with brined Chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 306-310 (1994)
7. Yoo MJ, Kim HR, Chung HJ. Changes in physico-chemical and microbiological properties in low-temperature and long-term fermented kimchi during fermentation. *Korean J. Diet. Culture* 16: 431-441 (2001)
8. Kim HS. The effect of storage method and duration on the physicochemical characteristics and consumer acceptance of kimchi. *Korean J. Food Culture* 17: 638-645 (2002)
9. Hwang JH, Yu KW, Lee KH. Studies on the pasteurization conditions for long-term storage of kimchi. *Food Eng. Prog.* 8: 30-39 (2004)
10. Kim WJ, Kang KO, Kyung KH, Shin JI. Addition of salts and their mixtures for improvement of storage stability of kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 188-191 (1991)
11. Cha BS, Kim WJ, Byun MW, Kwon JH, Cho HO. Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf life of kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 109-119 (1989)
12. Jo JS. Analytical survey on the study of traditional fermented food in Korea. *Korean J. Diet. Culture* 4: 375-382 (1989)
13. Ko YD, Kim HJ, Chun SS, Sung NK. Development of control system for kimchi fermentation and storage using refrigerator. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 199-203 (1994)
14. Electronic Times Internet. Kimchi refrigerator sale, big regional difference. Available from: <http://www.etnews.co.kr/news/detail.html?id=200610120200>. Accessed May. 01, 2007.
15. So MH, Lee YS. Influences of cultural temperature on growth rates of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean J. Food Nutr.* 10: 110-116 (1997)
16. Kang JH, Kang SH, Ahn ES, Yoo MJ, Chung HJ. Effect of the combination of fermentation temperature and time on the properties of *baechukimchi*. *Korean J. Food Culture* 19: 30-42 (2004)
17. Kim MJ, Ha JY, Yun YR, Noh JS, Song YB, Song YO. Extension of shelf life of kimchi by addition of encapsulated mustard oil. *Food Sci. Biotechnol.* 15: 884-888 (2006)
18. Lee MK, Park WS, Kang KH. Selective media for isolation and enumeration of lactic acid bacteria from kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 754-760 (1996)
19. Kim KO, Lee YC. Sensory Evaluation of Food. Hakyoon Publishing Com., Seoul, Korea. pp. 192-268 (1995)
20. Lee YH, Yang IW. Studies on the packaging and preservation of kimchi. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 13: 207-218 (1970)
21. Choi SY, Lee MK, Choi KS, Koo YJ, Park WS. Changes of fermentation characteristics and sensory evaluation of kimchi on different storage temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 644-649 (1998)
22. Mheen TI, Kwan TW. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 443-450 (1984)
23. Ku KH, Kang KO, Kim WJ. Some quality changes during fermentation of kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 476-482 (1988)
24. Kim MH, Chang MJ. Fermentation property of Chinese cabbage kimchi by fermentation temperature and salt concentration. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 43: 7-11 (2000)
25. Ryu JY, Lee HS, Rhe HS. Changes of organic acids and volatile flavor compounds in kimchis fermented with different ingredients. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 169-174 (1984)
26. Gardner NJ, Savard T, Obermeier P, Caldwell G, Champagne CP. Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet, and onion vegetable mixtures. *Int. J. Food Microbiol.* 64: 261-275 (2001)
27. Lee KH, Cho HY, Pyun YR. 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 (1991)