

동치미 최적발효 및 저장을 위한 김치냉장고의 자동숙성 시스템 개발

노정숙 · 김종현¹ · 이명주² · 김명희² · 송영옥*

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소, ¹식품과학부 마산대학, ²삼성전자 시스템가전사업부 냉기개발팀

Development of Auto-aging System for the Kimchi Refrigerator for Optimal Fermentation and Storage of *Dongchimi*

Jeong-Sook Noh, Jong-Hyun Kim¹, Myung-Ju Lee², Myung-Hee Kim², and Yeong-Ok Song*

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

¹Department of Food Science, Masan College

²Refrigerator R&D Team, System Appliances Division, Samsung Electronics

Abstract This study was investigated to determine the conditions for an auto-aging system placed within a kimchi refrigerator for optimal fermentation, as well as the optimal conditions for the prolongation of *dongchimi* storage time. Various fermentation characteristics of *dongchimi* stored at different temperatures (5-23°C) were compared. The pH and acidity of *dongchimi* associated with the highest levels of overall acceptability were 3.9±0.1 and 0.25±0.05%, respectively. In order to establish the time point for the conversion of fermentation to storage, *dongchimi* was fermented at 10°C or 15°C until the acidity reached the designated points (0.1, 0.2, and 0.3%), and was then stored at -1°C for 1 week. According to the sensory evaluation, the *dongchimi* acidity of 0.2% fermented at 10°C evidenced the highest levels of overall acceptability after 1 week of storage among the samples. In conclusion, we suggest conditions of 10°C and -2.5±0.5°C for the fermentation and storage temperature, respectively, and a *dongchimi* acidity of 0.2% as an index for the time point for the conversion of fermentation to storage in the kimchi refrigerator.

Key words: kimchi refrigerator, *dongchimi*, fermentation, auto-aging system, storage

서 론

김치는 사용하는 재료와 제조 방법 등에 따라 그 종류가 매우 다양한데 김치 무리는 크게 일반 김치류, 깍두기류, 동치미류, 절임류 및 식혜류 등 다섯 가지로 구분한다(1). 국물과 함께 먹는 김치에는 여름철의 열무김치와 겨울철의 동치미가 잘 알려져 있다. 그러나 최근에는 외식문화의 발달 및 김치냉장고의 보급으로 계절에 상관없이 다양한 김치가 보급되고 있으며 동치미 역시 겨울철 김치가 아니고 연중 동치미를 먹을 수 있게 되었다(2).

동치미는 무를 주원료로 하는 김치로 다른 김치류와는 달리 고춧가루 등의 부재료를 거의 쓰지 않으며 국물의 양이 주재료의 양보다 많아 발효 시 생성된 젖산, 유기산 및 이산화탄소 등이 국물에 함유되어 있어, 국물이 주는 독특한 신선미와 상쾌한 탄산미가 특징으로 음료의 역할도 있는 김치이다(3). 뿐만 아니라 무의 아삭아삭함과 국물에 살얼음이 곁들여 지면 김치의 청량감이 더욱 상승되고 이러한 동치미는 배추김치와는 다른 맛을 주어 한국인에게 인기가 있다. 동치미는 발효와 숙성이 진행됨에

따라 풍미의 변화가 일어나는데 과숙되면 이러한 풍미와 조직감이 급격히 저하되어 동치미로서의 특성을 잃게 된다. 특히 장기 저장 시 동치미에서 나타나는 신맛, 군덕맛 그리고 무 조직의 연화는 동치미의 품질을 저하시키는 주요한 요인으로 지적되고 있다(4). 이에 동치미의 저장성을 증대시키기 위한 다양한 연구들이 이루어져 왔으며 그 연구들에는 첨가물에 관한 연구(2,5-6), 저온저장(7), 열처리(8-9), 동결처리(4), 방사선 처리(10), 향신료 및 천연부재료 첨가효과(11-14), 그리고 효소의 불활성화 연구(15) 등이 있으며, 다양한 연구들 중 김치의 품질을 유지하면서 가식기간을 연장시킬 수 있는 가장 효과적인 방법은 저온저장이라고 보고하였다(16).

최근 소득수준의 향상과 도시 인구 및 아파트 생활자의 확대에 의해 기존의 전통적인 방법으로 김치를 저장하기가 쉽지 않아 김치냉장고를 이용하는 사람이 늘고 있다. 기존의 냉장고는 식품의 신선도를 연장하는 것이 주된 기능인 반면, 김치냉장고는 김치의 발효, 숙성 및 저장을 조절하는 다양한 기능을 지니고 있는 것이 특징이다. 우리나라의 김치냉장고 보급률은 약 80% 정도여서(17) 김치를 맛있게 먹을 수 있는 특수한 기능을 지닌 냉장고로 인식되고 있다. 그러나 김치 냉장고의 보급률에 비해 김치 냉장고의 최적 기능에 대한 연구가 미흡할 뿐만 아니라 더욱이 김치 종류별에 따른 최적 발효숙성 및 저장 조건에 대한 연구는 미흡한 실정이라서 주부들은 김치냉장고를 단순히 김치를 조금 더 오래 저장할 수 있는 냉장고로만 생각하고 있어 가격 대비 그 효능이 잘 알려져 있지 않다. 본 연구팀은 김치냉장고에서 배추김치의 최적발효 및 장기저장을 위한 최적 자동숙성 시스템

*Corresponding author: Yeong-Ok Song, Department of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Tel: 82-51-510-2847

Fax: 82-51-583-3648

E-mail: yosong@pusan.ac.kr

Received August 7, 2008; revised October 27, 2008;

accepted October 28, 2008

에 관한 보고를 한 바 있으며(18), 이러한 연구를 바탕으로 김치 냉장고에서 동치미를 최적으로 숙성 저장시킬 수 있는 조건을 연구하기 위하여 온도별 동치미의 발효 양상 및 가식기간에 대한 연구를 하였다.

재료 및 방법

실험재료

동치미의 재료인 무는 경남 밀양산을 사용하였고 소금은 간수를 뺀 천일염을 사용하였다. 기타 부재료인 마늘(경남 남해산), 생강(충청 부여산), 파 및 배 등은 김치 제조 당일 인근 재래시장에서 구입하여 사용하였다.

동치미 제조

무는 다듬은 후 양쪽 끝을 4 cm 잘라내고 2×2×6 cm 크기의 직육면체로 절단하여 1%의 소금을 뿌려 건염법으로 한 시간 절인 후 부재료와 혼합하였다. 부재료인 마늘과 생강은 잘게 마쇄하였고, 배는 채를 썰어 넣었으며, 파는 4 cm 길이로 썰어 사용하였다. 동치미 담금 레시피는 무 100 g에 마늘 1 g, 생강 0.5 g, 배 8.9 g, 물 150 g을 넣었으며, 최종 염농도를 2.3±0.1%로 맞추었다.

발효 및 저장

동치미는 각 온도별, 5, 10, 15 및 20°C로 설정된 김치냉장고(HNR2013Q, Samsung Electronics, Gwangju, Korea)에서 발효시켰다. 김치 냉장고의 온도를 정확히 유지하기 위하여 온도감지 센서(DR 230, Yokogawa, Japan)를 각 김치통의 상, 중, 하에 부착시켜 자동으로 기록하였다. 각 온도별 동치미의 발효 특성을 비교하기 위하여 대조군 동치미를 김치냉장고의 자동속성모드로 설정된 23°C에서 25시간 저장 후 -1°C로 자동 전환되는 온도에서 숙성 저장하였다. 동치미의 pH, 산도 및 젖산균 수를 측정하고, 관능검사를 통해 동치미 맛을 검사하였다.

김치냉장고에서 최적 숙성조건에 대한 연구를 위하여 동치미를 10°C와 15°C에서 산도가 각각 0.1, 0.2, 0.3%에 도달하였을 때 -1°C에 1주일간 저장하면서 산도변화와 관능검사를 실시하여 김치 냉장고에서 동치미를 자동 숙성 시키는 조건을 찾고자 하였다.

pH 및 산도

동치미의 무와 국물의 비율을 1:1.5로 취하여 녹즙기로 마쇄하여 시료액을 만든 후 여과하였다. pH는 실온에서 pH meter(Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 사용하여 측정하였고, 총 산도는 김치액 10 mL를 중화시키는 데 소요된 0.1 N NaOH 용액을 lactic acid(% w/w) 함량으로 환산하여 표시하였다(20).

환원당

환원당은 Schoorl법(21)으로 측정하였다. 시료액에 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 과 Rochell염 용액을 넣고 2-3분 가열한 후 급히 냉각하고 30% KI와 25% H_2SO_4 을 넣은 후 잘 혼합해서 0.1 N Na_2SO_4 로 적정하였다. 적정색깔이 옅은 황색이 되면 녹말지시약 3-4방울을 넣고 남보라색이 없어지고 황색으로 변하지 않을 때를 종말점으로 하였다.

젖산균

젖산균 수의 측정은 평판계수법(plate count technique)을 이용하였다. *Leuconostoc* 선별용으로는 phenyl ethyl alcohol sucrose

agar(PES) 배지로 20°C에서 5일간, *Lactobacillus* 선별용으로는 *Pediococcus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified-Lactobacillus selection(m-LBS) 배지로 30°C에서 3일간 평판 배양하여 나타난 colony의 수를 계수하였다(22).

조직감 측정

무의 중간부위를 2 cm 두께로 자른 뒤 표피에서 1 cm 들어온 부분을 rheometer(Sun Scientific Co., CR-100D, Tokyo, Japan)로 측정하였다. Puncture test에 사용한 probe는 끝이 뾰족한 stainless steel 막대로 직경이 0.3 cm이다. Rheometer 조건은 mode 4, max 10 kg, distance 3.5 mm였다. 각 시료들은 5회 반복 측정하여 측정치가 비슷한 3개의 값으로부터 최대침입강도값(Max(g))을 구하였다(23).

관능검사

동치미 맛에 대한 훈련을 마친 8명의 여성이 반복된 랜덤화 완전블록 계획(replicated randomized complete block design)(24)에 따라 1회 3가지 시료를 평가하게 하고 이를 3회 반복 실시하였다. 관능검사는 국물과 건더기(무)로 나누어 측정하였다. 국물은 신맛(acidic taste), 짠맛(salty taste), 탄산미(carbonic acid taste), 그리고 군더맛(moldy taste)을 평가하였고, 건더기는 생무맛(fresh radish taste), 신맛(acidic taste(radish)), 아삭아삭함(crispness)에 대해 평가하였다. 그리고 동치미 전체의 외관(appearance)과 종합적인 평가(overall acceptability)를 실시하였다. 평가는 9점 척도를 사용하였으며, 1점은 아주 약함이나 아주 나쁨, 5점은 보통, 9점은 아주 강함이나 아주 좋음이다.

결과 및 고찰

동치미의 저장 온도별 발효양상

pH 변화: 각 온도별로 저장한 동치미의 pH 변화는 Fig. 1과 같다. 동치미의 pH는 대조군(23°C에서 25시간 저장 후 -1°C로 자동 전환)을 포함한 모든 실험군에서 초기에 급격히 감소하다가 그 후에는 완만하게 감소하는 전형적인 김치 발효양상을 보였으며(18,25,26), 저장온도가 높을수록 pH의 변화가 급격하였다(27). 저장 온도에 의한 동치미의 pH 변화 양상은 동일한 온도에서 저장한 배추김치의 pH 변화에 비해 더 낮았다. 즉, 동치미의 경우 5, 10, 및 20°C에서 30일간 저장하였을 때 최저 pH가 3.83, 3.63 및 3.42 (Fig. 1)로 동일 조건에서 저장한 배추김치의 최저 pH 4.0, 3.85 및 3.66 (18)에 비해 약 0.2 정도 낮았다. 본 연구에서 관찰된 pH 변화는 Kang 등(25)이 보고한 4°C와 15°C에서 저장한 동치미의 pH 변화 양상과 일치한다. 김치 냉장고의 자동속성 모드로 저장한 동치미는 저장 2일째 pH가 급락하였으나 -1°C로 전환된 이후에는 pH 변화가 서서히 일어나 저장 30일의 pH가 4.05로 5°C에서 30일간 저장한 동치미 pH 보다 높았다. 동치미의 관능 결과(Table 1)를 바탕으로 적숙기 pH를 살펴보았을 때 pH 3.9±0.1로 나타나 다른 연구결과와 일치하였다(28,29). 동치미의 최적 pH에 도달하는 시간은 첨가되는 당의 종류(30), 무의 품종(31), 동치미 담금에 이용되는 물(32) 등에 따라 영향을 받는다. 무동치미나 순무김치는 배추김치와 달리 발효에 시간이 소요되어, 순무김치는 적정산도인 0.6%에 도달되기까지 40일이 걸린다고 보고하였다(26,33).

산도변화: 저장기간 중 동치미의 산도변화는 pH 변화와는 달

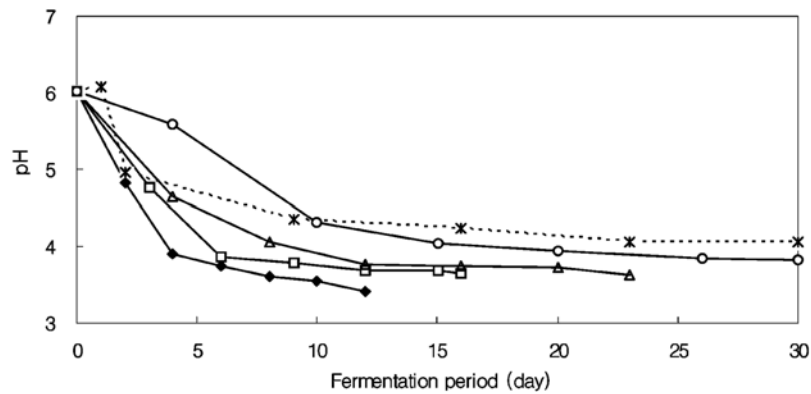


Fig. 1. Changes in pH of *dongchimi* during fermentation at different temperature. Control (*): *Dongchimi* was fermented in the kimchi refrigerator where fermentation course was built as fermentation at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) is the temperature used for the fermentation of *dongchimi*.

Table 1. Changes in overall acceptability of *dongchimi* during fermentation at different temperature

| Fermentation temperature (°C) | Overall acceptability ¹⁾ | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|--|
| | (day 0) ⁴⁾ | (day 1) | (day 2) | (day 9) | (day 16) | (day 23) | (day 30) | |
| Control ²⁾ | 4.8±1.4 ³⁾ | 5.0±0.7 | 4.2±1.3 | 5.4±1.1 | 5.6±0.8 | 6.2±2.0 | 5.6±1.7 | |
| 5 | 4.8±1.4 | 4.2±1.8 | 5.6±1.4 | 5.8±1.8 | 5.6±1.8 | 6.8±1.4 | 6.0±1.6 | |
| 10 | 4.8±1.4 | 5.2±1.6 | 5.6±1.3 | 5.6±1.3 | 6.4±1.5 | 4.0±1.2 | 4.0±1.6 | |
| 15 | 4.8±1.4 | 4.0±1.9 | 5.0±0.9 | 6.2±1.4 | 5.6±1.4 | 4.8±1.9 | 4.6±1.7 | |
| 20 | 4.8±1.4 | 5.0±1.8 | 5.4±2.0 | 5.4±1.3 | 5.0±1.8 | 4.8±1.9 | 3.6±1.5 | |

¹⁾Overall acceptability of kimchi was evaluated with the nine score scale tests by trained panelists. Score 1 or 9 means the poor or best of *dongchimi*, respectively.

²⁾*Dongchimi* was fermented in the kimchi refrigerator where fermentation course was set at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course.

³⁾Mean±SD

⁴⁾Fermentation period

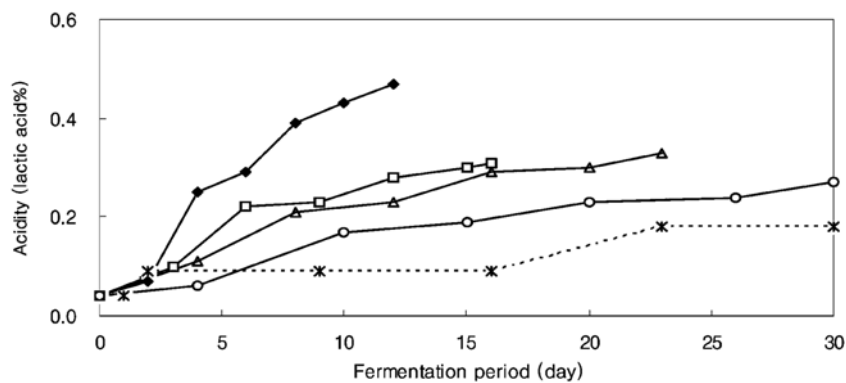


Fig. 2. Changes in acidity of *dongchimi* during fermentation at different temperature. Control (*): *Dongchimi* was fermented in the kimchi refrigerator where fermentation course was built at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) is the temperature used for the fermentation of *dongchimi*.

리 그 변화 양상이 대단히 미미하였다. 동치미의 초기 산도는 0.04% 이었으며, 5, 10, 및 20°C에서 30일간 저장하였을 때 최대 산도는 0.27, 0.33, 그리고 0.47%(Fig. 2)로 동일 조건에서 저장한 배추김치의 산도 변화 (1.00, 1.16, 1.68%)와는 현저한 차이가 있었다(18). 김치 냉장고의 자동숙성모드에 저장한 동치미의 산도는 pH 변화와는 달리 초기 숙성에 의한 산도 변화가 급격하지

않았으며 -1°C로 전환 후 저장 20일까지 거의 변화가 없다가 이후 서서히 증가하기 시작하여 30일째 산도 0.18%에 도달하였다. 본 연구 결과는 4°C와 15°C에서 저장한 동치미의 최대산도는 0.3%를 넘지 않는다는 보고(26)와 일치하는 것으로 동치미의 산도 변화는 pH와 달리 낮았으며 이는 동치미가 국물이 많은 김치류이기 때문으로 생각된다.

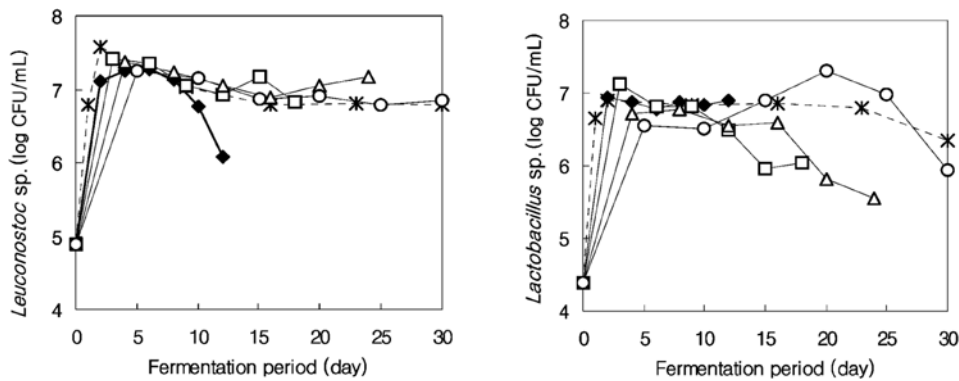


Fig. 3. Changes in *Leuconostoc* sp. and *Lactobacillus* sp. of *dongchimi* during fermentation at different temperature. Control (*): *Dongchimi* was fermented in the kimchi refrigerator where fermentation course was set at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) is the temperature used for the fermentation of *dongchimi*.

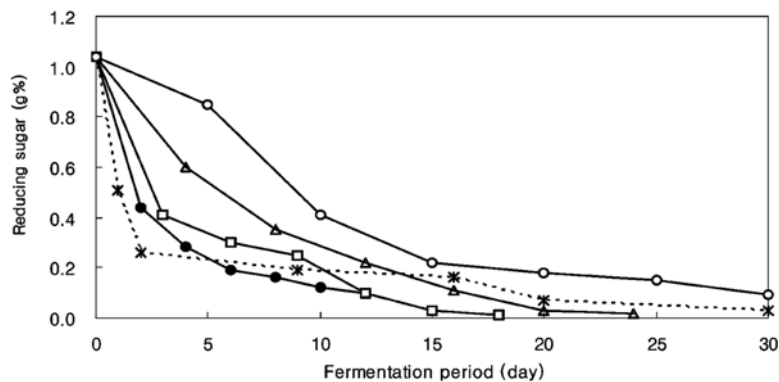


Fig. 4. Changes in reducing sugar content of *dongchimi* during fermentation at different temperature. Control (*): *Dongchimi* was fermented in the kimchi refrigerator where fermentation course was set at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) is the temperature used for the fermentation of *dongchimi*.

본 연구에서 각 저장 온도별로 동치미의 관능이 가장 좋았던 산도의 범위를 살펴보면 0.18-0.29%로 저장온도에 따른 차이가 컸으며, 낮은 온도에서 저장할수록 관능 점수가 높았다(Table 1). 각 온도별 최대 관능점수를 기준으로 동치미의 최적 산도를 살펴보면 0.25±0.05%로 나타났고 이 시기는 동치미가 적숙기인 pH 3.9±0.1에 도달하였을 때 관찰된 산도 범위와 일치하였다. 동치미의 적숙기 산도에 대한 보고는 0.2-0.3%(34), 0.12-0.25%(31), 또는 0.3-0.4%(2)라고 하여 연구 조건에 따라 다소 상이하나 적숙기 산도가 최대 0.4%를 넘지 않았다. 이와 같은 동치미의 적숙기 산도는 배추김치의 적숙기 산도로 보고된 0.8±0.1%(35) 보다 유의적으로 낮았다. 이는 동치미가 주로 물과 무로 제조되므로 고춧가루 등 다양한 부재료를 사용하는 배추김치보다 산미를 쉽게 느낄 수 있고, 국물이 많아 생성된 젖산과 유기산이 희석되었기 때문으로 생각된다(18).

젖산균 수의 변화: 동치미 담금 직후 *Leuconostoc* sp. 수는 4.88 log CFU/mL 이었고 발효가 진행됨에 따라 급격히 증가하여 최대 증식기에는 7.26-7.59 log CFU/mL 까지 증가하였다가 저장 말기에는 6.09-7.17 log CFU/mL 이었다(Fig. 3). 최대 균수에 도달하는 시기는 저장온도에 따라 다소 차이가 있었으며, 높은 온도에서 저장한 동치미일수록 균의 감소시간 및 정도가 빨랐다. 최대 균수에 도달하는 *Leuconostoc* sp.의 증식은 동일 온도대에서 저장한 배추김치의 최대 균수(7.90-8.43 log CFU/mL)에 비해 상대적으로 낮았다(18).

Lactobacillus sp.의 증식은 제조당일 4.40 log CFU/mL 이던 것이 발효가 진행됨에 따라 급격히 증가하여 최대 증식기에는 6.79-7.30 log CFU/mL 까지 증가하였다. 두 젖산균 모두 전형적인 증식 양상을 보였으나 균의 수는 동일 온도대에서 저장한 배추김치(7.90-8.54 log CFU/mL)(18)나 순무김치(약 8.9 log CFU/mL)(36) 보다 낮았다. 이러한 결과는 본 연구에서 관찰된 동치미의 최대 산도가 다른 김치류에 비해 낮은 현상을 설명할 수 있는 다른 이유로 생각된다. 그러나 관능검사 결과를 바탕으로 보면 두 젖산균의 증식 정도는 동치미의 특징적인 맛인 탄산미와 새콤한 맛을 나타내기엔 충분한 것으로 나타났다. *Leuconostoc* sp.는 이질젖산발효에 의해, *Lactobacillus* sp.는 maltic-lactate 발효에 의해 이산화탄소를 생성하며, 저장온도가 낮을수록 김치 국물속의 CO₂ 용존량이 크다고 하였다(37). 젖산균의 증식은 발효온도가 높을수록 빨랐고 *Leuconostoc* sp.가 먼저 증식하고 *Lactobacillus* sp.가 뒤이어 증식하는 전형적인 발효양상을 보였다(38).

환원당의 변화: 동치미의 환원당은 발효됨에 따라 지속적으로 감소하였으며, 발효온도가 높을수록 빠르게 감소하였고, 이 경향은 산도의 변화와 반대되는 양상이었다(Fig. 4). 김치 발효과정 중 환원당은 젖산발효균 등 미생물의 에너지원으로 사용되어 그 부산물로 젖산, 아세트산, 알코올, 이산화탄소 및 기타 여러 물질이 생성된다. 따라서 발효가 진행될수록 환원당의 양은 감소하고 유기산은 증대한다(39). 본 연구에서 발효 후기의 환원당은 모든 동치미균에서 거의 남아 있지 않았다. 이는 동치미의 제조 특성상

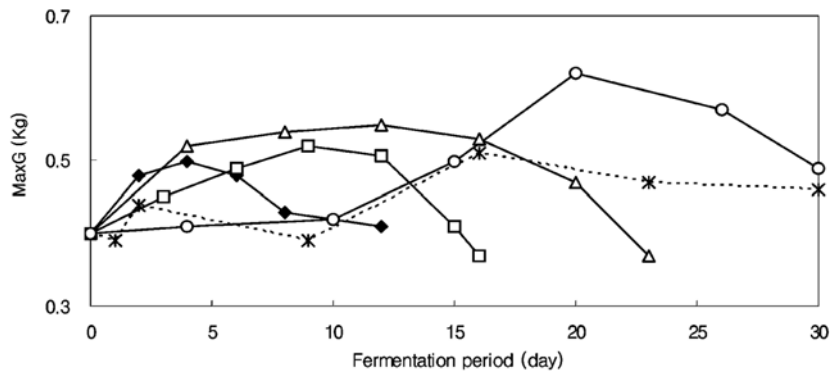


Fig. 5. Changes in hardness of dongchimi during fermentation at different temperature. Control (*): Dongchimi was fermented in the kimchi refrigerator where fermentation course was set at 23°C for 25 hr and -1°C for storage course. 20°C (◆), 15°C (□), 10°C (△) or 5°C (○) is the temperature used for the fermentation of dongchimi.

고춧가루나 젓갈 등 부재료를 거의 쓰지 않기 때문에 무에 함유되어 있는 초기 환원당 함량이 적어 발효가 진행됨에 따라 미생물의 이용에 지속적으로 소모되었기 때문인 것으로 사료되어 이러한 결과는 젓산균의 수가 저장 30일까지 일정 수준 유지된 것 (Fig. 3)과 일치하는 결과이다.

본 연구에서 관찰된 지속적인 환원당의 감소는 김치류에 함유된 환원당의 변화와 일치하는 결과이나, 일부 연구에서 보고된 동치미의 환원당 함량이 발효기간 중 산도의 증가와 더불어 점진적으로 증가하였다가 산패가 시작되면 급격히 감소하였다는 보고(11,13,40,41)와 달랐다. 그러나 자일리톨을 첨가한 동치미의 환원당 함량은 담금 2일째 가장 높았다가 이후 감소하였다는 보고(5)와 유사하였다. 동치미의 유리당에는 주로 포도당, 과당 그리고 서당이 있으며, 이들 당은 무에서 유래된 것으로 이 중 포도당 함량이 가장 높다고 보고되었다(42,43). 동치미의 산도는 원료인 무의 당도에 비례하고(31) 첨가되는 부재료, 즉 양파와 같은 당의 함량이 높은 재료의 첨가 시 산도가 높았다고 보고하였다(6). 가을무로 담근 동치미의 총산 함량은 봄 무에 비해 높다고 보고되었는데(30,44), 이는 가을무의 성장기간이 봄 무보다 약 2주일 정도 길어 당의 함량이 높기 때문이라고 하였다.

경도의 변화: 동치미의 경도는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 증가하다 감소하였는데(32,41), 발효 온도가 낮을수록 서서히 증가한 후 감소하였다. 저장 온도별 최고 경도 및 시기를 살펴보면 대조군은 16일(0.51 MaxG), 20°C군은 4일(0.50 MaxG), 15°C군은 0.51 MaxG 및 10°C군은 0.55 MaxG)은 각각 12일, 그리고 5°C군은 20일(0.62 MaxG)로 5°C에서 숙성시킨 동치미의 경도는 서서히 증가하나 경도값은 가장 높았다. 본 연구 결과 동치미는 낮은 온도에서 저장할수록 무 조직의 연화가 지연되고, 경도는 높게 유지되어 오랜 기간 동안 아삭한 질감을 유지함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 자동숙성모드에서 발효시킨 동치미에서도 관찰되었는데 대조군 동치미는 낮은 저장온도 때문에 경도변화가 느리게 진행되어 16일에 최대 경도에 도달한 후 이 경도가 30일 동안 지속되었다. 이러한 결과는 관능검사 결과에서 5°C 저장 동치미와 대조군 동치미의 관능결과가 가장 좋았던 것과 일치하는 것으로 동치미의 관능에는 씹힘맛이 중요한 요인으로 생각된다.

동치미의 조직의 연화는 절임, 탈수 과정 중 일차적인 구조 변화가 일어나고 저장 중 pectinesterase(PE)와 polygalacturonase(PG)의 작용으로 펙틴이 분해됨으로서 일어난다(32,34). 동치미의 장기 저장 시 조직의 연화를 방지하기 위하여 PE를 활성화시키고

PG를 불활성화시키는 방법(15)이나 펙틴 사이에 Ca²⁺ 가교를 형성시켜 조직의 연화를 방지하는 방법 등이 보고되고 있으며, 이러한 원리를 이용하여 동치미 담금 시 광천수를 사용하면 광천수에 함유되어 있는 칼슘, 마그네슘 등 미네랄 성분이 조직감을 향상시킨다고 보고되었다(32).

관능적 특성의 변화: 동치미를 담근 직후 종합적인 점수는 4.8점으로 배추김치의 5.6점(18)보다 낮았는데(Table 1), 이는 동치미는 양념 사용량이 적어 무에서 오는 함향 화합물이 주를 이루고 있어(13) 갖 담근 배추김치의 양념 맛과 신선한 배추 맛과 같은 관능 요소가 적기 때문이다. 저장 기간 중 가장 높은 평가를 받은 시기를 살펴보면 5°C 발효 동치미가 6.8점(26일째), 10°C는 6.4점(16일째), 15°C는 6.2점(9일째), 20°C는 5.4점(4일째)으로 이 시기의 pH는 3.8-4.0, 산도는 0.18-0.29%로 나타나 여러 연구에서 동치미의 적숙기로 보고한 결과와 유사하였다(27-28,30,35). 대조군의 최고 관능평가는 6.2점(23일째)으로 5°C에서 저장된 김치보다 낮았으나 상대적으로 좋은 편이었으며, 저장 20일이 경과 후 맛 좋아지기 시작하였다. 이상의 결과에서 저장 온도가 동치미 맛에 미치는 영향을 살펴보면 동치미의 pH와 산도가 적숙기에 도달하였어도 동치미의 맛은 낮은 온도에서 발효 숙성시킨 동치미가 더 좋은 것으로 나타났다. 이는 젓산균의 생육에 최적 조건을 제공함으로써 이들이 정상적으로 성장하여 동치미의 풍미에 관여하는 물질의 생성이 많았기 때문으로 생각한다.

저장 온도가 동치미 가식기간에 미치는 영향

김치류의 가식기간 예측은 pH의 변화보다는 산도 변화가 더 적합하다고 보고되고 있다(18, 45). 동치미의 최적 산도를 본 연구와 다른 연구 결과를 바탕으로 산도 0.25±0.05%로 설정한 후, 각 저장 온도별로 30일간 저장하였을 때 적숙기 유지기간을 살펴보면 20°C 저장군은 3일, 15°C 저장군은 11일, 10°C 저장군은 11일, 5°C 저장군은 16일간이었으나 저장 말기까지 0.3%를 넘지 않아 저장기간이 길어지면 적숙기 기간이 더 길 것으로 생각된다. 이에 반해 자동숙성모드에 저장한 동치미는 23일 이후 산도 0.18%에 도달해 30일까지 동일 산도를 유지하고 있어 동치미를 김치냉장고에 저장하면 장기적으로 먹을 수 있으나 맛이 들기까지 최저 20일은 기다려야 하는 문제점이 있었다. 따라서 동치미의 적정 발효에 일정한 시간이 소요되는 점을 생각해 볼 때 23°C, 25시간의 초기 숙성 후 -1°C 전환 모드는 동치미 저장에는 적합하지 않은 것으로 나타났다. 본 연구에서 얻어진 동치미의 최적

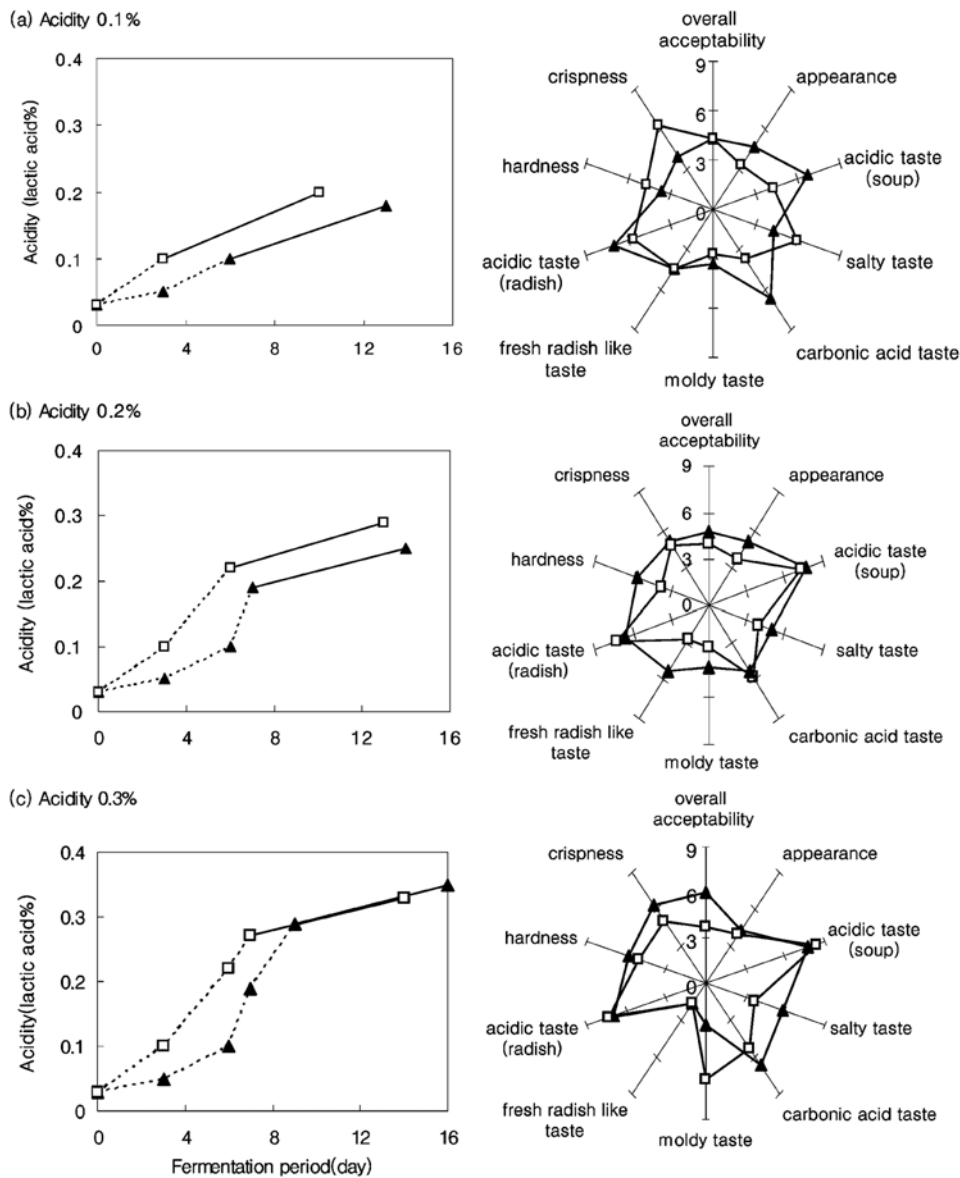


Fig. 6. The effects of different acidities on the improvement of palatability of *dongchimi* during storage at -1°C . Changes in acidity of *dongchimi* during fermentation(broken line) at 10°C (▲) or 15°C (□), and changes during storage (solid line) at -1°C were shown. Sensory evaluation was carried out one week after storage at -1°C .

가식 기간은 동일 온도에서 저장한 배추김치의 최적 가식 기간 (18)보다 긴 것으로 나타났다.

김치냉장고의 자동숙성모드 설정을 위한 최적 조건 연구

초기 발효 온도 선정: 김치냉장고에 동치미를 저장하였을 때 품질이 우수하며, 가식기간이 장기간 지속되는 저장 조건을 살펴 보기 위해 동치미의 적숙기 pH(3.9 ± 0.1)와 산도($0.25\pm 0.05\%$)에 도달하는 시기를 온도별로 살펴보았을 때 20°C 저장 시 4일, 15°C 저장 시 6일, 10°C 저장 시 8일, 5°C 저장 시 15일이 소요되었으며 기존의 자동모드에 숙성한 동치미는 30일 경에 적숙기 부근에 도달하였다. 이때의 동치미 맛을 비교해 보면 5°C 저장 동치미(6.8점)가 가장 좋았으나 20°C 에서 발효 숙성시킨 동치미(5.4점)를 제외하고는 나머지 온도 조건에서 저장한 동치미의 종합평가 점수는 6.2-6.4점으로 좋은 편이었다. 그러나 가장 좋은 맛을 낸 5°C 저장 동치미는 적어도 2주일이 경과해야 동치미의 맛을 즐

길 수 있었으며, 자동숙성모드에서 저장한 동치미는 약 1달이 지나도 최적숙기(산도 $0.25\pm 0.05\%$)에 도달하지 않았다. 이러한 결과를 바탕으로 동치미 자동숙성코스에서의 초기 발효정도를 고려해 보았을 때 초기 발효시간이 다소 길어져야 하는데, 20°C 이상의 온도에서 발효시킨 동치미는 맛이 나빠지는 점을 고려하여 초기 발효 온도대는 $10-15^{\circ}\text{C}$ 가 적합한 것으로 나타났다.

저장 시점 및 저장 온도: 동치미의 좋은 맛이 장기간 지속되는 조건을 연구하기 위하여 10°C 및 15°C 에 저장한 동치미를 산도 0.1, 0.2 그리고 0.3%에 도달하였을 때 동치미를 -1°C 김치냉장고에서 1주일간 저장하면서 김치의 발효양상을 살펴보고 관능검사를 실시하였다. 동치미의 산도가 각각 0.1, 0.2 및 0.3%에 도달하는 기간 및 이때의 측정된 산도는 10°C 에서는 6일(0.1%), 7일(0.19%), 9일(0.29%)이 그리고 15°C 에서는 3일(0.1%), 6일(0.22%), 7일(0.27%)이 소요되었다(Fig. 6). 이 후 동치미를 -1°C

에 저장하고 산도의 변화를 살펴보았을 때 10°C 발효균은 1주일 후 산도가 각각 0.18, 0.25, 0.35%로 상승하였고, 15°C 발효균은 0.2, 0.29, 0.33%로 상승하여 저장 기간 중 0.06-0.1% 정도 동치미 산도가 상승한 것으로 나타났다. 이러한 현상은 김치의 품온 때문으로(18) $-1\pm 0.5^\circ\text{C}$ 는 미생물의 생장을 완전히 억제하는 것으로 나타났다. Noh 등(18)은 배추김치를 -2°C 에 저장하는 것이 미생물의 발육을 억제할 수 있는 온도로 제안하였다. 동치미는 배추김치보다 염도가 높기 때문에 동치미의 살얼음맛을 즐기면서 미생물의 발육을 억제할 수 있는 온도로 본 연구에서는 $-2.5\pm 0.5^\circ\text{C}$ 를 저장 온도로 제안한다.

-1°C 로 저장한 동치미의 산도 변화는 초기 발효온도보다는 전환되는 시점의 동치미 산도가 더 중요한 것으로 나타났는데 낮은 산도에서 전환한 동치미의 산도변화가 더 컸다. 즉, 0.1%에 -1°C 로 전환한 동치미는 0.08%(10°C)와 0.1%(15°C) 산도가 상승했으나 산도 0.3%에서 -1°C 로 저장한 동치미는 0.06%(10, 15°C) 상승하여 차이를 보였다. 이러한 현상은 동치미 발효 시 산도 및 pH의 변화가 발효초기에는 급격히 일어나지만 발효 중기와 말기 사이에는 완만하게 변화하는 것과 관련이 있다고 생각된다.

관능결과: 초기 발효온도가 동치미의 맛에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 10°C 및 15°C에서 초기 발효시킨 후 -1°C 에서 7일간 저장한 동치미의 관능검사를 실시한 결과, 산도 0.1%에 도달하였을 때 온도를 전환한 동치미는 10°C 및 15°C 발효균 모두 종합 평가 점수가 4.3점(9점 만점)으로 선호도가 높지 않았다. 산도 0.2% 도달 후 저장한 동치미의 종합평가는 10°C가 4.7, 15°C는 4.0점으로 10°C 발효균의 기호도가 더 높았다. 산도 0.3%에서 전환한 동치미는 10°C 발효균이 15°C 발효균보다 무와 국물의 외관, 탄산미, 경도 및 아삭아삭한 맛이 더 좋은 것으로 나타났으며, 종합 평가 점수에서 10°C는 6.0, 15°C 발효균은 3.7로 10°C에서 발효시킨 동치미가 15°C 발효 동치미보다 저장기간 중 맛이 좋은 것으로 나타났다.

이상의 관능 결과를 종합해 보면 동치미는 10°C에서 산도가 0.3%에 도달하였을 때 숙성 -1°C 로 전환시킨 것이 가장 좋은 것으로 나타났으나 1주일 저장 후 동치미의 산도가 0.35%로 최적 숙기를 벗어나고 있어 장기저장을 위해서는 바람직하지 않은 것으로 생각되었다. 따라서 본 연구에서는 동치미를 10°C에서 저장하여 산도 $0.2\pm 0.02\%$ 에 도달하였을 때 $-2.5\pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 저장하는 것이 바람직한 것으로 생각되었다. 동치미는 주로 겨울철에 살얼음이 살짝 끼어 있을 때 먹는 점을 감안하여 저장 온도가 기존의 -1°C 보다 더 낮아도 좋을 것으로 생각되었다.

요 약

동치미를 김치냉장고에서 발효·숙성시켰을 때 풍미가 우수한 동치미를 장기간 먹을 수 있는 저장 조건을 확립하고자 온도별(5, 10, 15, 20°C)로 동치미의 발효숙성 특성을 살펴보고 이를 삼성사 김치 냉장고의 자동숙성모드(23°C에서 25시간 발효 후 -1°C 자동전환)에서 발효시킨 동치미와 비교하였다. 동치미의 관능이 가장 좋은 시기는 pH는 3.9 ± 0.1 , 그리고 산도는 $0.25\pm 0.05\%$ 로 나타났다. 10°C 및 15°C에서 숙성시킨 동치미가 적숙기에 빨리 도달하면서도 관능평가 점수가 높아 초기 발효 온도대는 10-15°C가 적합하다는 결과를 얻었다. 이에 반해 자동숙성모드에서 저장한 동치미는 30일 경까지 적숙기에 도달하지 못하였다.

김치냉장고 초기 발효 시간을 결정하기 위하여 동치미를 10°C 및 15°C에서 저장하여 산도가 0.1, 0.2 또는 0.3%에 도달하였을

때 -1°C 에 7일간 저장하면서 동치미의 발효 진행 및 관능검사를 실시한 결과 10°C에서 발효시킨 동치미가 15°C 발효균보다 탄산미가 높고 군덕맛의 강도는 낮아 종합평가 점수가 높았다. -1°C 에 저장한 동치미의 산도는 1주일 동안 $0.08\pm 0.02\%$ 증가하여 저장온도 -1°C 에서도 미생물의 발육을 완전히 억제되지 못하는 것으로 나타났다.

본 연구 결과 동치미를 김치냉장고에서 자동으로 발효·저장할 때 동치미의 특성을 최대화할 수 있는 조건으로 10°C에서 산도가 0.2%에 도달하였을 때 까지 발효시킨 후 $-2.5\pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 전환할 것을 제안한다. 이러한 동치미는 계절에 상관없이 탄산미와 살얼음맛을 느낄 수 있고 군덕내의 발생은 장기간 억제할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

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

문 헌

- Ahn SC, Lee GJ. Effects of salt-fermented fish and chitosan addition on the pectic substance and the texture changes of kimchi during fermentation. J. Korean Soc. Food Sci. 11: 309-315 (1995)
- Jang MS, Kim NY. Physicochemical and microbiological properties of *dongchimi* added with citron (*Citrus jumos*). J. Korean Soc. Food Sci. 13: 286-292 (1997)
- Kim WJ, Chang SK, Ko SN, Choi HS, Kim JG. Effect of fermentation temperature and salt concentration on the fermentation rate of *dongchimi*. Agr. Chem. Biotechnol. 39: 398-402 (1996)
- Lee DH, Park SJ, Park JY. Effects of freezing and thawing methods on the quality of *dongchimi*. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1596-1603 (1999)
- Moon SW, Jang MS. Effect of xylitol on the taste and fermentation of *dongchimi*. Korean J. Food Cookery Sci. 20: 42-48 (2004)
- Kim MJ, Moon SW, Jang MS. Effect of onion on *dongchimi* fermentation. J. Korean Soc. Food Nutr. 24: 330-335 (1995)
- Lee YH, Yang IW. Studies on the packaging and preservation of kimchi. J. Korean Agric. Chem. Soc. 13: 207-218 (1970)
- Kang KO, Kim JG, Kim WJ. Effect of heat treatment and salt addition on *dongchimi* fermentation. J. Korean Soc. Food Nutr. 20: 565-571 (1991)
- Pyun YR, Shin SK, Kim JB, Cho EK. Studies on the heat penetration and pasteurization conditions of retort pouch kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 15: 414-420 (1983)
- 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)
- Jang MS, Park JE. Effect of wasabi (*Wasabia japonica* Matsum.) on the physicochemical properties of *dongchimi* during fermentation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 392-398 (2004)
- Park JE, Kim HR, Jang MS. Sensory and microbiological properties of *dongchimi* added with gatt (*Brassica juncea*). Korean J. Soc. Food Sci. 16: 57-64 (2000)
- Hwang JH, Jang MS. Physicochemical properties of *dongchimi* added with jasoja (*Perilace semen*). Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 17: 555-564 (2001)
- Son SY, Choi HR, Choi EH. Effect of herbs on the growth-inhibition of lactic acid bacteria and quality characteristics of *dongchimi*. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 241-246 (2005)
- Yook C, Chang K, Park KH, Ahn SY. Pre-heating treatment for prevention of tissue softening of radish root kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 447-453 (1985)
- Jo JS. Analytical survey on the study of traditional fermented food in Korea. Korean J. Diet. Culture 4: 375-382 (1989)
- Segye. How much does kimchi refrigerator develop? Available from: <http://www.segye.com/Articles/News/Society/Article>. Accessed

- Aug. 01, 2008.
18. Noh JS, Seo HJ, Oh JH, Lee MJ, Kim MH, Cheigh HS, Song YO. Development of auto-aging system built in kimchi refrigerator optimal fermentation and storage of Korean cabbage kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 432-437 (2007)
 19. 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)
 20. Whistler RL, Wolform ML. *Methods in carbohydrate chemistry.* Academic Press, New York and London. pp. 383 (1962)
 21. 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).
 23. Lee HS. The measurement methods of the texture characteristics of fermented vegetables. *Korean J. Soc. Food Sci.* 11: 83-91 (1995)
 24. Kim KO, Lee YC. *Sensory evaluation of food.* Hakyoon Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 192-268 (1995)
 25. Kang KO, Sohn HJ, Kim WJ. Changes in chemical and sensory properties of *dongchimi* during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 267-271 (1991)
 26. Lee HJ, Oh SD. Properties changes of Korean turnip *dongchimi* inoculated with *Lenconostoc citreum* IH22 during fermentation. *Korean J. Food Nutr.* 15: 70-76 (2002)
 27. Ku KH, Kang KO, Kim WJ. Some quality changes during fermentation of kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 476-482 (1988)
 28. Lee MR, Rhee HS. A study on the flavor compounds of *dongchimi*. *Korean J. Soc. Food Sci.* 6 : 1-8 (1990)
 29. So MH, Cho MH, Lee JY, Kim MY. Growth inhibition of *coliform* bacteria in model system of naengmyon-broth by using *dongchimi*-juice. *Korean J. Food Nutr.* 9: 29-36 (1996)
 30. Ahn GJ. The changes of hardness and microstructure of *dongchimi* according to different kinds of sugar. *Korean J. Culinary Research* 12: 299-319 (2006)
 31. Huh YJ, Cho YJ, Kim JK, Park KH. Effects of radish root cultivars on the *dongchimi* fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 7-14 (2003)
 32. Shin YH, Ann GJ, Kim JE. The changes of hardness and microstructure of *dongchimi* according to different kinds of water. *Korean J. Food Cookery Sci.* 20: 86-94 (2004)
 33. Kim DH, Chun YH, Kim WJ. Reduction of fermentation time for preparation of *dongchimi* juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 726-732 (1994)
 34. Kim HR, Jang MS. A study on the quality of naengmyon broth-sensory and microbiological properties by fermentation and addition of *dongchimi*. *Korean J. Food Cookery Sci.* 21: 1-11 (2005)
 35. Park IS, Kang SJ, Kim JH, Noh BS. L-lactate oxidase electrode and dissolved oxygen meter for specific determination of L(+)-lactic acid in kimchi during fermentation. *Food Biotechnol.* 2: 39-43 (1993)
 36. Oh SH, Yoon YM, Lee SK, Sung JH, Kim MR. Physiochemical and sensory properties of turnip *dongchimi* during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 167-174 (2003)
 37. Lee DS, Lee YS. CO₂ production in fermentation of *dongchimi* (pickled radish roots, watery radish kimchi). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 1021-1027 (1997)
 38. 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)
 39. Cho Y, Lee HS. Effect of lactic acid bacteria and temperature on kimchi fermentation (1). *Korean J. Soc. Food Sci.* 7: 15-25 (1991)
 40. Jang MS, Moon SW. Effect of licorice root (*Glycyrrhiza uralensis* Fischer) on *dongchimi* fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 24: 744-751 (1995)
 41. Park BH, Cho HS. Effect of glue plant (*Codium fragile*) on physicochemical characteristics of *dongchimi* during fermentation. *Korean J. Food culture* 20: 508-515 (2005)
 42. Ann YG. *Dongchimi* fermentation for nangmyeon-Changes of chemical property during fermentation. *Korean J. Food Nutr.* 14: 145-149 (2001)
 43. Hwang JH, Jang MS. Free sugar, free amino acid, non-volatile organic acid and volatile compounds of *dongchimi* added with jasoja (*Perillae semen*). *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 19: 1-10 (2003)
 44. Kim KJ, Kyung KH, Myung WK, Shim ST, Kim HK. Selection scheme of radish varieties to improve storage stabilities of fermented pickled radish cubes with special reference to sugar content. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 100-108 (1989)
 45. Park WP, Kim JW. The effect of seasonings and salt-fermented fish on kimchi fermentation. *J. Korean Agr. Chem. Soc.* 34: 242-248 (1991)