

종균이 첨가된 저염김치의 발효온도 및 소금 농도에 따른 발효 특성

문성원 · 박선현* · 강병선** · †이명기*

영동대학교 호텔외식조리학과, *한국식품연구원 발효식품연구센터, **천안연암대학 친환경예과

Fermentation Characteristics of Low-Salt *Kimchi* with Starters on Fermentation Temperature and Salt Concentration

Sung-Won Moon, Sun-hyun Park*, Byung-Sun Kang** and †Myung-Ki Lee*

Dept. of Hotel & Foodservice Culinary Arts, Youngdong University, Yeongdong 370-701, Korea

*Fermentation Food Research Center, Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

**Dept. of Eco-Friendly Horticulture, Cheonan Yonam College, Cheonan 331-709, Korea

Abstract

This study was conducted to develop low-salinity *Kimchi* with acetic acid, starters and fruits added for health and taste. The quality characteristics of the developed *Kimchi* by storage period and salt concentrations were investigated herein. The effects of salinity and fermentation temperature (0°C, 5°C) on the quality characteristics of low-salinity *Kimchi* were investigated through physicochemical and microbiological analysis. The sensory characteristics are shown in the results below. The pH and acidity were quickly changed by higher temperature over longer storage periods, with gradual decrease in the pH accompanied with an increase in acidity. The microbiological analysis revealed increase in the total cell number regardless of the concentration and strain added during the storage period. Finally, test of the overall acceptability with regard to sensory characteristics according to the different strain sets in low-salinity *Kimchi* showed the average score for smell, salty taste and overall acceptability were highest in the hetero-fermentation strain group.

Key words: starter, low-salinity, temperature, fermentation

서 론

1980년대 이후 국민들의 소득이 증가하면서 우리나라의 식품 소비는 양적인 성장단계에서 질적인 성장단계로 접어들었지만, 불규칙적인 식생활, 아침 결식, 패스트푸드와 인스턴트식품의 소비 증가, 수입식품 확대와 전통식품 소비 위축 등은 비만과 생활습관병의 증가를 가져오는 등 영양불균형을 초래하고, 건강을 위협하고 있다.

김치는 한국의 가장 대표적인 발효식품으로, 주 원료인 배추는 한국인의 주 식이섬유 공급원의 역할과 각종 비타민의 공급원으로 이용되며, 부재료인 마늘, 양파, 부추, 생강, 젓갈 등은 각종 항암 효과와 유산균 공급의 역할을 한다(Park KY

1995).

김치는 소금에 절인 배추나 무 및 그 밖의 채소류에 파, 마늘, 생강 고춧가루, 신선한 젓갈 등을 첨가하여 발효, 숙성시킨 우리나라 고유의 발효식품으로, 독특한 맛과 영양상의 우수성 입증 등으로 세계적인 식품으로 위치를 굳혀가고 있다(Hawer 등 1988; Kang 등 1995).

일반적으로 김치의 최종 소금 농도는 2~3% 사이에서 전반적 기호도가 높은 것으로 보고되어 있으며, 한국인 1일 소금 섭취량의 30% 정도를 차지하고 있다(Kang 등 1995). 정상인 1일 식염섭취량은 미국의 경우 6 g, 일본이 12 g, 한국은 약 15 g으로 우리나라 식염섭취량은 다른 나라들에 비해 높은 편이며, 이러한 소금의 과잉 섭취로 인한 여러 가지 순환기

† Corresponding author: Myung-Ki Lee, Fermentation Food Research Center, Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea. Tel: +82-31-780-9047, Fax: +82-31-709-9876, E-mail: lmk123@kfri.re.kr

질병이 문제시 되고 있다(Cho & Rhee 1979; Lee 등 1994; Lee 등 2009; Lee 등 2011).

최근 들어 소금의 섭취를 줄이기 위한 방안으로 대체소금을 이용한 제품 개발에 대한 연구가 이루어져 있다. 염화칼륨, 염화칼슘, 황산마그네슘, 황산칼륨 등은 짠맛을 가지고 있을 뿐 아니라, 혈압을 낮춰 주는 칼륨, 마그네슘, 칼슘 등이 있어 소금을 대체할 수 있는 대체소금으로 이용성이 큰 것으로 알려져 있다(Hahn 등 2002; Hahn 등 2002a; Yu & Hwang 2011). 하지만 이런 대체소금의 사용은 김치의 맛과 식감을 떨어뜨려 대체적으로 김치에 대한 적용은 미비하다. 따라서 대체소금을 사용하지 않는 저염김치의 개발과 저장성을 증진시킬 수 있는 기술이 필요하다.

따라서 시중의 김치보다 소금 함량이 적은 김치의 개발 및 발육이 필요하며, 고혈압과 당뇨 환자들을 위하여 소금의 사용을 최소화하면서 식욕을 증진시킬 수 있고, 외국인의 입맛에 맞는 김치의 개발로 세계화를 위한 김치의 저염화 연구가 필요하다.

하지만 김치의 산업화를 위한 기초연구의 일환으로 김치의 제조에 starter 개념을 도입하여 제품의 균일한 속성 발효 김치를 제조하고, 그 특성을 보고한 바 있으나, 이런 김치를 산업화 하는 데에는 환경적인 요인 등 여러 변수로 인해 어려움이 있다. 특히, 김치 발효 특성에 의한 균일한 품질과 저장성 증진이 중요하다. 김치의 산업화를 위한 장기저장에 관한 선행 연구로는 pH 조절 및 효소 파괴에 의한 김치의 장기저장(Kim 등 2004; Kim SD 1985), 식품보존료의 영향(Ahn SJ 1988) 및 방사선 조사에 의한 저장 효과 검토(Kang 등 1988; Kim 등 2006), 포장과 저장법에 관한 연구(Lee & Yang 1970) 및 포장재질에 따른 저장성(Kang 등 1997; Kang 등 1997a) 등 여러 연구가 보고되어 있다.

김치의 발효특성에 관한 연구로서 발효온도에서는 4°C에서는 30일의 유통기간을 갖는 반면, 28°C에서는 약 3일 정도 밖에는 유통할 수 없다는 보고가 있으며(Lee & Chun 1981), 17°C에서 4일 저장된 김치의 품질특성과 4°C에서 48일 저장된 김치품질과 비슷하다는 결과가 있다(Choi 등 1998). 소금 절임 방법과 소금 농도에 따른 발효특성으로서 소금절임 탱크의 상단부의 김치염도가 하단부에 비하여 낮다는 결과(Han & Noh 1996)와 25°C의 저장온도에서 2일 저장하였을 때 1%의 소금 농도를 가진 배추는 산도가 0.32%인 반면, 5%의 소금 농도인 배추는 0.20%를 나타내었다는 보고가 있다(Park & Kim 1991).

본 연구에서는 저염김치의 싱거운 맛으로 인하여 일반김치에 비해 기호도가 낮은 경향이 있기 때문에, 소금의 함량을 줄이기 위해 유기산 및 젖산 그리고 중균을 첨가한 김치를 개발하였다. 본 연구에 개발된 김치는 저염도 환경에서 유기

산이 풍부한 과일, 채소 및 발효유기산 소재를 선별하여 레시피를 개발하였고, 일반인을 위한 저염김치와 환자를 위한 저염김치의 염도를 각각 다르게 하여 저염김치의 레시피를 설정하였으며, 저염김치의 발효온도와 발효기간에 따른 물리적, 이화학적 그리고 미생물학적 발효특성을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 배추는 2011년 김장배추로 수확한 것을 구매하여 하루 동안 냉장실에 보관하여 품온을 5°C 내외로 조절한 후 사용하였으며, 배추절임에 사용된 소금은 천일염(NaCl 80%, Shin-an, Korea)을 사용하였다. 낮은 염도로 인한 느린 절임속도의 조절 및 위해미생물 생육 억제를 위하여 젓산(Junsei, Japan)과 초산(Jensei, Japan)을 절임에 사용하였으며, 기타 분석을 위한 실험재료는 분석용 1급 시약을 사용하였다.

2. 배추 절임

배추를 절이기 위하여 배추 1 kg 및 절임수 1 L를 기준으로 천일염을 10%로 희석하여 정제수에 용해하였으며, 젓산과 초산을 1 : 1로 혼합한 용액을 1.0%로 희석하여 절임수에 첨가한 후 습식절임을 실시하였다. 절임의 표준화를 위하여 배추는 겉껍질을 벗겨내고 배추의 가장자리부분과 끝부분을 잘라(3×3 cm의 크기로 절단) 절임에 이용하였다. 이 때 작업장의 온도는 15°C였으며, 배추의 품온은 5°C, 절임수는 5~10°C 내외로 조절하여 사용하였다. 절임은 12시간 동안 하였고, 완료 후 흐르는 물에 3회 세척하고, 3분간 탈수시켰다.

3. 저염김치 제조

김치의 속재료는 김치 젖산균의 생육을 오염균에 비하여 우세하게 하고, 위해세균 사멸효과가 우수하면서 김치의 싱거운 맛을 보완할 수 있으며, 고혈압 및 당뇨병 환자에게도 유익한 과실류(견자두), 견과류(땅콩), 그리고 갑각류(새우)를 첨가하였다.

김치의 염도는 Mohr의 방법을 사용하여 일반인용 저염김치는 2% 내외, 환자용 저염김치는 1% 내외가 되도록 레시피를 작성하였다. 또한 일반인용 김치속 제조 시, 환자용과는 달리 염을 첨가하여 제조하였다. 일반인용 저염김치의 배합비율은 절임배추의 중량 100% 기준으로 하여 대파(1.5%), 고춧가루(2.0%), 마늘(1.0%), 생강(0.5%), 배즙(1.0%), 무(2.0%), 양파(1.0%), 자두(0.4%), 땅콩(0.5%), 새우(2.0%), 소금(0.5%)을 넣고 김치를 제조하였다. 환자용 저염김치의 배합비율은 절임배추의 중량 100% 기준으로 대파(1.5%), 고춧가루(2.0%),

마늘(1.0%), 생강(0.5%), 배즙(0.5%), 무(2.0%), 양파(1.0%), 바나나(0.1%), 석류(1.0%), 미나리(3.0%)를 넣고 김치를 제조하였다.

4. 발효 종균 선정 및 사용

본 연구를 위해 한국식품연구원 발효기능연구단에서 농림수산식품부 2012년 농림수산식품부 연구보고서(11-1541000-001332-01)에 제 1세부 과제인 저염김치 종균 set 개발 결과로 종균은 pH 5.5 이하에서 생육하는 젖산균 종균을 혼합하여 사용하였는데, 동형발효 혼합 종균의 경우 *Lactobacillus collinoides*, *Lactobacillus delbruekii*, *Lactobacillus hilgardii* 및 *Pediococcus cerevisiae*로 구성되었으며, 이형발효 혼합 종균은 *Leuconostoc citreum*, *Leuconostoc lactis*, *Leuconostoc pseudomesenteroides* 및 *Weissella paramesenteroides*로 구성되었다. 선발된 각각의 종균 set는 종균 각각을 MRS broth를 사용하여 37°C에서 24시간 배양한 후 4,000×g에서 원심분리하여 균체를 회수한 후 종균에 의해 빨리 발효될 수도 있기 때문에 초발균수 10⁴ CFU/g가 되도록 접종하여 이 종균 set를 김치에 접종 시 최종농도 10⁵⁻⁶ CFU/g이 되도록 김치에 숙성시켰다. 종균이 첨가된 저염김치를 저장온도 0°C와 5°C에서 7주간 숙성시켜 종균의 첨가가 저염김치의 숙성에 미치는 효과를 알아보고, 저염김치의 적숙기를 파악하였다.

5. 저염김치의 영양소 분석

일반인과 환자용으로 나누어 조합한 저염김치를 식품영양가표(CAN-pro ver. 3.0)로 분석하여 그 영양성분을 조사하였다.

6. pH 및 산도 측정

김치를 Blender(HR 2860, Philips, China)로 갈아 10 g을 취한 후 상온에서 pH(pH meter, 420A, Thermo Orion, U.S.A)를 측정하였다. 산도는 분쇄한 김치를 10배 희석하여 분석시료로 사용하였고, 0.1 N NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 소비된 NaOH량을 젖산산도로 계산하였다.

7. 염도 측정

Mohr법(AOAC 1990)을 이용하여 염도를 측정하였다. 분쇄한 김치 1 g을 100배로 희석한 후 10 mL를 취하여 2% potassium chromate(K₂CrO₄) 1 mL를 넣어 0.02 N AgNO₃로 적정하여 염도를 측정하였다.

$$\text{염도}(\%) = \frac{\text{소비된 AgNO}_3 \times 0.00117 \times \text{AgNO}_3 \text{ Factor} \times 10 \times \text{희석부피}(\text{mL})}{\text{시료채취량}(\text{g 또는 mL})}$$

8. 환원당 측정

DNS 방법(Miller GL 1959)을 이용하여 환원당 함량을 측정하였다. 시료 1 g을 50 mL 증류수로 희석하여 여과한 여과액(Watman No. 1) 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어 vortexing한 후 끓는 물에 5분간 증탕하고, 실온에서 방냉 후 증류수 16 mL로 희석하여 550 nm에서 흡광도 측정하였다. 환원당 함량은 glucose 표준 검량 수식에 대입하여 계산하였다.

9. 조직강도 측정

조직강도를 측정하기 위하여 texture analyzer(TAXT-2, Stable Micro Systems, Ltd, England)를 사용하였다. 조직강도는 penetration (rupture) test를 행하여 고형분의 강도를 측정하였다. 측정조건은 probe 2 mm, pre-test speed 5.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, rupture test speed 2.0 mm/s, distance 15 mm로 하였다. 분석은 강도를 나타내는 최대 peak(force (g))를 측정하였다. 또한 probe가 김치의 겉조직에 닿아 풀릴 때까지의 시간을 측정하였다.

10. 미생물 계수 측정

본 연구에서는 김치의 발효기간 동안 미생물의 경시적 변화를 탐색하기 위하여 염도를 달리한(1, 2%)의 김치를 0, 5°C에서 각각 저장하며 발효일수에 따른 미생물의 변화를 측정하였다. 김치의 젖산균수는 pH를 5.5로 조정된 MRS agar (Merck, Germany)를 사용하였다. TSA를 이용하여 총균수를 확인하였고, 젖산균의 종류와 그 수를 확인하기 위하여 *Lactobacillus* 선택배지로 m-LBS agar를, *Leuconostoc* 속선별에 PES agar, *Pediococcus*와 *Enterococcus* 속선별에 KF-Enterococcus agar (Merck, Germany)를 각각 사용하였다. 실험은 무균상태에서 김치 시료 25 g을 멸균한 saline에 순차적으로 희석한 후 100 μL를 plate에 분주하여 골고루 bending한 후 30°C에서 24시간 배양하였다.

11. 관능평가

김치의 품질평가 및 제품화를 위하여 0°C에서 4주 동안 저장한 환자용 저염김치 세 그룹(최종 소금 농도 1%)을 이용하여 관능평가를 실시하였다. 관능평가를 시행한 세 가지 김치는 이화학 검사인 산도, 염도 분석을 실시하여 적숙기라고 판단되는 시점인 저장 4주차 시점에서 평가하였다. 연구에 참여한 관능평가 요원은 충북 옥천군에 위치한 옥천성모병원 입원환자 80명을 선정하였다. 관능평가 시간은 낮 12시로 하여 점심식사와 함께 샘플 관능평가를 하였으며, 관능설문지는 입원 사유, 저염음식의 선호도, 저염김치 섭취 경험 등과 같은 설문조사와 김치의 냄새, 짠맛, 전반적인 기호도의 선호도에 따른 점수를 매기는 방법으로 '좋아한다' 3점, '보통이다' 2점, '싫어한다' 1점으로 점수화하여 관능평가를 실시하였다.

12. 통계처리

관능평가의 통계분석은 SPSS system(statistical Package For Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package (version 12.0)을 이용, $p < 0.05$ 수준으로 Duncan's multiple range test에 의하여 검증하였다(Ku 등 1988).

결과 및 고찰

1. 제조된 저염김치의 영양소 분석

본 연구에 사용된 저염김치의 속재료는 일반인용 저염김치의 경우, 영양적인 면을 높일 수 있도록 타우린 성분이 풍부하여 성인병 예방에 유익할 뿐만 아니라, 콜레스테롤을 감소시켜주는 역할을 하는 새우, bland flavor와 antinutritional flavor 함량이 낮아 식품 첨가제로 사용되는 대두 단백질을 함유한 땅콩을 첨가하였고, 식이섬유가 높은 건자두를 첨가하여 영양뿐만 아니라, 맛도 개선시킬 수 있도록 하였다. 환자용 저

Table 1. Nutrition examination survey of low salt content Kimchi resulted by Nutrition database(CAN-pro 3.0)

Nutritive components	Kimchi types		
	2% of salt concentration	1% of salt concentration	Control ¹⁾
Kimchi intake(g)	100.00	100.00	100.00
Energy(kcal)	27.37	18.20	21.87
Moisture(%)	89.96	91.72	73.50
Protein(g)	1.84	1.69	1.91
Lipid(g)	0.58	0.31	0.47
Carbohydrate(g)	3.72	3.16	3.39
Fiber(g)	0.94	0.93	1.01
Ash(g)	2.74	2.07	3.14
Ca(mg)	76.96	40.17	33.88
P(mg)	69.71	47.50	41.62
Fe(mg)	0.66	0.61	0.81
Na(mg)	91.79	65.92	252.30
K(mg)	273.90	261.20	267.90
Vitamin A(R.E)	67.10	74.57	120.70
Retinol(μ g)	0.00	0.00	0.47
β -Carotin(μ g)	395.80	440.60	680.30
Vitamin B ₁ (mg)	0.03	0.03	0.03
Vitamin B ₂ (mg)	0.04	0.04	0.06
Niacin(mg)	0.99	0.83	0.98
Vitamin C(mg)	25.66	26.11	18.94
Cholesterol(mg)	10.85	0.01	5.07

¹⁾ Control: Commercial Kimchi (Jong-Ga-Zip Kimchi)

염김치는 고혈압 환자에게 나타날 수 있는 칼륨 부족을 채울 수 있으면서 나트륨 흡착을 돕는 재료로 바나나와 미나리 그리고 김치의 새콤한 맛을 증진시킬 수 있는 식류를 첨가하였다.

일반인과 환자용으로 나누어 조합한 저염김치를 식품영양가표(CAN-pro ver. 3.0)로 분석하여 그 영양성분을 조사하였고, 이 때 대조군 김치는 시판 김치 중 하나인 종가집 김치로 선정하여 비교하였다(Table 1). 대조군인 시판 김치와 본 연구에서 개발한 일반 저염김치와 환자식 저염김치를 영양성분표를 비교한 결과, 일반김치에 비하여 일반 저염김치와 환자식 저염김치 모두 영양적으로 차이가 없으며, 나트륨 함량이 현저히 낮고, 무기질과 비타민 함량이 풍부한 것으로 확인되었다.

2. 저염김치의 pH 및 산도

최적화된 조건을 바탕으로 제조된 저염김치는 0°C와 5°C로 나누어 저장하며 7주간 조사하였다. 생산된 저염김치의 초기 pH는 6.0~6.2이었고, 저장 2주차부터 pH가 감소하기 시작하여, 저장이 진행됨에 따라 pH 4.0~4.4까지 pH가 감소하였다(Fig. 1). 산도의 경우, 발효 초기 0.14~0.15%로 낮은 산도를 나타내었다(Fig. 2). 젖산발효는 동형발효와 이형발효로 구분되는데, 김치에서는 두 가지 젖산발효가 다양한 젖산균에 의해 함께 진행된다. 동형발효 젖산균은 glucose를 대사하여 모두 lactic acid를 생성하는 반면, *Leuconostoc* 속으로 대표되는 이형발효 젖산균은 lactic acid와 함께 acetic acid와 CO₂를 주로 생성한다. 따라서, 젖산발효가 진행된 김치에서는 lactic acid와 acetic acid의 비율이 유사하거나 lactic acid의 함량이 상대적으로 높은 조성을 보인다(Cho & Rhee 1991). 5°C에서 저장한 이형발효 종균을 첨가한 저염김치의 경우 2주차에 0.5%로 산도가 크게 증가하였으나, 0°C에서 저장한 이형발효 종균을 첨가한 김치의 산도는 0.3~0.4%를 유지하며 서서히 증가하였다. 일반적으로 김치가 맛이 있다고 느껴질 때의 산도는 0.4~0.8%이다. 특히, 김치의 산도를 기준으로 가식기간을 0.4~0.75%로 하여 품질 수명을 예측한 보고(Lee 등 1991)에 의하면 7°C에서 저장 시 18일 정도로 보았는데, 본 연구에서 나타난 저염김치의 적숙기는 저장 3, 4주차로 판단되었다. pH와 산도는 김치의 주요 품질 지표로서, 발효 과정에서 배추에 함유된 각종 효소들과 미생물의 번식으로 주요 성분이 분해되고, 또한 재합성이 이루어져 각종 유기산들이 만들어지며, 김치 특유의 신선한 맛을 주게 되는데, 이러한 유기산들이 김치의 pH를 낮게 하고, 산도를 점차 높게 하는 원인이 된다(Ku 등 1988).

3. 저염김치의 염도

제조한 저염김치를 각 0, 5°C에서 저장하여 발효기간에 따

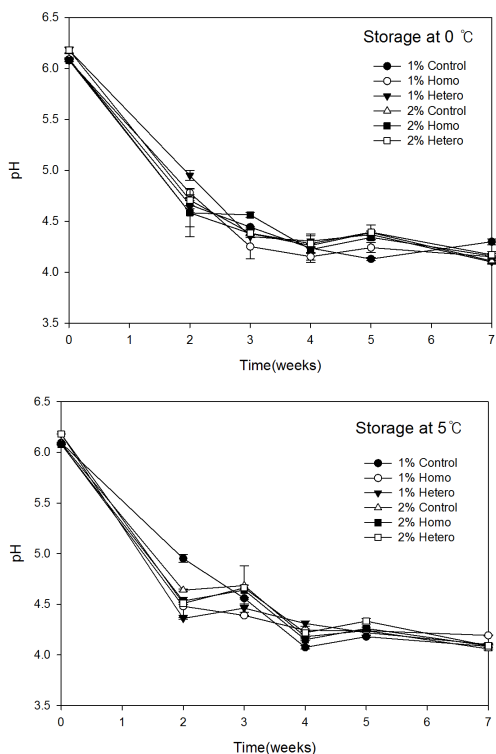


Fig. 1. Changes of pH due to period and temperature of storage.

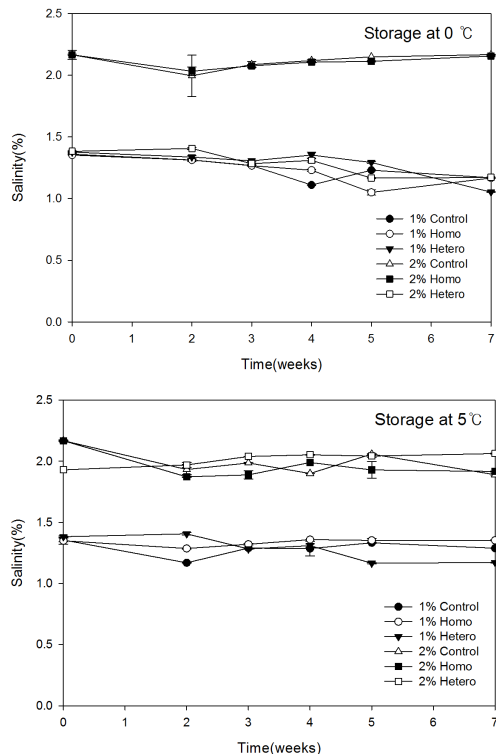


Fig. 3. Changes of salinity due to period and temperature of storage.

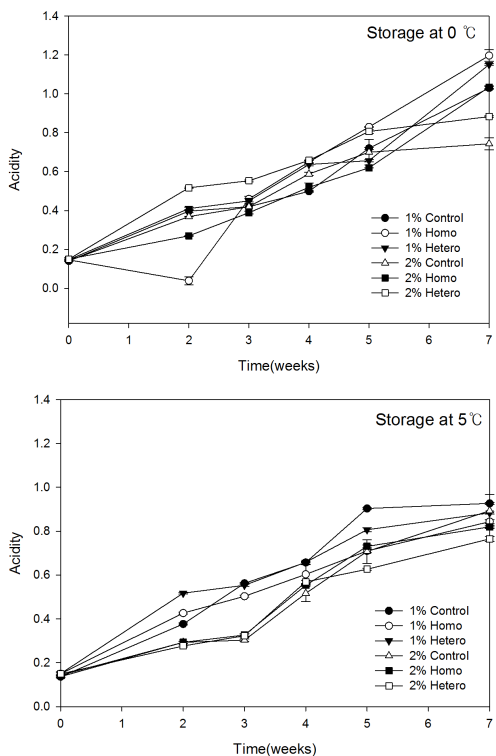


Fig. 2. Changes of acidity due to period and temperature of storage.

른 염도 변화를 측정하였다(Fig. 3). 실험결과 환자용인 1% 저염김치는 발효 초기 1.35~1.38%, 일반인용 2% 저염김치는 1.93~2.17%로 측정되었다. 저염김치의 염도는 발효가 진행됨에 따라 기간별로 미미한 변화를 나타내었으나, 유의성 있는 증감을 나타내지 않았다. 1% 저염김치의 경우 1.05~1.38%의 범위, 2% 저염김치의 경우 2.00~2.17%의 범위를 벗어나지 않는 것으로 확인되었다. 그리고 1% 저염김치의 발효 초기 염농도가 높은 것은 초기 절임배추의 염농도와 부재료의 염농도가 염 평형을 이루는 과정에서 나타난 현상으로 추측되었다.

4. 저염김치의 환원당

제조한 저염김치의 저장기간 동안 환원당의 변화를 확인하였다(Fig. 4). 초기 환원당은 1% 저염김치에 종균무첨가군(control)에서 2.29 mg/mL, 동형발효 종균첨가군(homo-fermentation set) 2.40 mg/mL, 이형발효 종균첨가군(hetero-fermentation set) 2.39 mg/mL를 나타냈고, 2% 저염김치의 종균무첨가군 2.38 mg/mL, 동형발효 종균첨가군 2.40 mg/mL, 이형발효 종균첨가군 2.47 mg/mL를 나타내며, 비슷한 수준의 수치임을 확인했다. 발효가 진행됨에 따라 모든 처리구에서 비슷한 비율로 감소하는 경향을 나타냈으며, 저장 7주차에는 1.77~1.81 mg/mL 까지 환원당의 수치가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이리

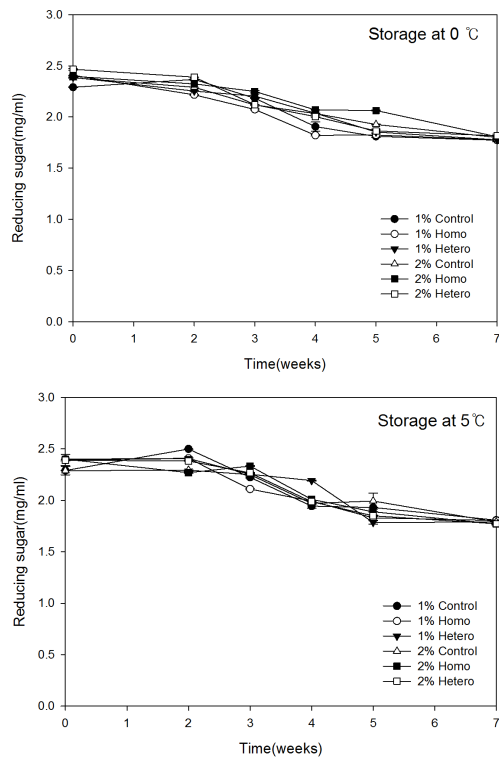


Fig. 4. Changes of reducing sugar due to period and temperature of storage.

한 환원당의 감소는 발효에 진행됨에 따라 환원당을 이용하는 미생물의 증가하는 현상과 관련 있는 것으로, 환원당 함량이 크게 감소한 시기를 보면 산도의 급격한 증가와 환원당의 급격한 감소시기가 거의 일치한 결과(Park 등 2001)와 비슷하였다. 또한 Yook 등(1985)의 무김치 연화 방지 실험에서 김치가 익을 때까지 환원당이 증가되었다가 그 후 감소된다는 보고와 발효 숙성 기간에 산의 증가와 더불어 환원당이 점진적으로 증가하며, 산패 기간에는 당분이 급격히 감소하였다는 Kim 등(1994)의 결과와 비슷하였다. 따라서 저장 7주차에는 미생물의 수가 최대로 증가하고, 그에 반해 환원당은 감소하였다.

5. 저염김치의 조직강도

저염김치의 줄기부분을 저장기간 및 온도별로 기계적 조직강도를 탐색하여 Fig. 5에 나타내었다. 환자용 1% 저염김치의 경우, 저장기간이 길어짐에 따라 조직강도가 대체적으로 증가하였다. 배추김치를 만든 직후 초기 조직강도는 종균무첨가군 506.40 g, 동형발효 종균첨가군 605.75 g, 이형발효 종균첨가군 569.44 g을 나타냈다. 균 첨가 종류와 여부에 따른 초기 조직강도를 비교했을 때 동형발효 종균첨가군의 조직강도가 가장 높았고, 이형발효 종균첨가군, 종균무첨가군(control)

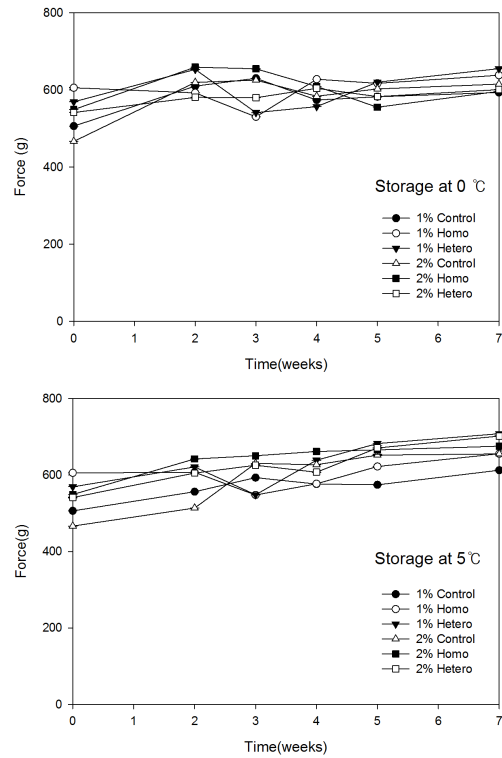


Fig. 5. Changes of force due to period and temperature of storage.

순이었다. 세 가지 군의 저염김치 모두 저장기간에 따라 조직강도가 점차 증가하였고, 대부분 500 g의 강도에서 700 g 미만의 강도를 유지하였다.

또한 같은 소금 농도에서 저장온도에 따른 조직강도 차이는 저장기간이 길어짐에 따라 현저한 차이를 나타냈다. 종균무첨가군의 초기 조직강도는 506.40 g이었으나, 0°C에서 저장할 경우 저장 7주차에 593.51 g이었으나, 5°C 저장의 경우 612.75 g으로 저장온도가 높을수록 저장기간에 따른 조직강도의 증가율이 높은 것을 알 수 있다. 동형발효 종균첨가군은 저장 7주차에 0°C 저장의 경우 638.15 g, 5°C 저장의 경우 655.77 g, 이형발효 종균첨가군의 조직강도는 저장 7주차에 0°C 저장의 경우 655.34 g, 5°C 저장의 경우 708.24 g으로 더 높은 온도에서 저장할 경우 조직강도의 증가가 더 빨라짐을 알 수 있었다.

일반인용 2% 저염김치의 경우, 조직강도 측정 결과, 저장기간이 길어짐에 따라 대체적으로 조직강도가 증가하였다. 종균무첨가군의 초기 조직강도는 466.52 g, 동형발효 종균첨가군은 543.15 g, 이형발효 종균첨가군은 541.62 g이었다. 균 첨가 종류와 여부에 따른 초기 조직강도를 비교했을 때 동형발효 종균첨가군의 김치 조직강도가 가장 높았고, 이형발효, 종균무첨가 순이었으나, 이들의 차이는 크지 않았다. 대부분

450 g의 강도에서 700 g 미만의 강도를 유지하였다.

또한 같은 소금 농도에서 저장온도에 따른 조직감 차이는 저장기간이 길어짐에 따라 현저하게 나타났다. 균이 첨가되지 않은 김치의 초기 조직감은 466.52 g이었으나, 0°C의 경우 저장기간이 7주차가 되었을 때 615.24 g 이었으나, 5°C의 경우 655.35 g으로 저장온도가 높을수록 저장기간에 따른 조직감 증가율이 높은 것을 알 수 있다. 동형발효 종균이 첨가된 김치의 초기 조직감은 549.15 g이었으나, 저장기간이 7주차가 되었을 때 0°C의 경우 596.35 g으로 증가하였고, 5°C의 경우 675.35 g으로 5°C에 저장된 김치가 조직강도 증가율이 높았다. 그리고 이형발효 종균이 첨가된 김치의 초기 조직감은 541.62 g이었으나, 저장기간이 7주차가 되었을 때 0°C의 경우 601.02 g으로 증가하였고, 5°C의 경우 702.08 g으로 5°C에 저장된 김치가 조직강도 증가율이 높았다.

또한 같은 저장온도인 5°C에서 소금 함량에 따른 조직감 차이는 저장기간이 길어짐에 따라 현저하게 나타났다. 소금 함량 1%의 경우, 균이 첨가되지 않은 김치의 초기 조직감은 506.40 g이었으나, 저장기간이 7주차가 되었을 때 612.75 g이었고, 소금 함량 2%의 경우 초기 조직감은 466.52 g에서 저장기간이 7주차가 되었을 때 655.35 g으로 소금 함량이 높을수록 저장기간에 따른 조직감 증가율이 높은 것을 알 수 있다. 동형발효 종균이 첨가된 김치의 초기 조직감은 소금 함량 1%의 경우 605.75 g이었으나, 저장기간이 7주차가 되었을 때 655.77 g으로 증가하였고, 소금 함량 2%의 경우 초기 조직감은 549.15 g에서 675.35 g으로 5°C에 저장된 김치가 조직감

증가율이 높았다. 그리고 이형발효 종균이 첨가된 김치의 초기 조직감은 소금 함량 1%의 경우 초기 조직감은 569.44 g에서 저장기간이 7주차가 되었을 때 708.24 g으로 증가하였고, 소금 함량 2%의 경우 초기 조직감은 541.62 g에서 저장기간이 7주차가 되었을 때 702.80 g으로 5°C에 저장된 김치가 조직감 증가율이 높았다. Lee & Rhee(1986)는 김치 발효 중의 조직감에 변화는 pectin질의 변화와 그와 관련된 효소의 활성화에 따른다고 보고하였으며, 그 외에도 미생물에 의해 생성된 유기산의 함량에 의한 것으로도 고려되어진다고 하였다. 또한 22~24°C에서 숙성시킨 김치의 경도는 6~10°C에서 숙성시킨 김치보다 급격히 감소하여 저온에서 익힌 김치가 조직의 경도를 보다 잘 유지하는 것으로 나타났다. 하지만, 본 실험에서는 0°C보다는 5°C에 저장된 김치의 조직감 증가율이 모두 높게 나타나 다른 결과를 보였다.

6. 저염김치의 미생물 계수 변화

김치에 사용되는 재료에는 자연적으로 존재하는 여러 가지 미생물이 있으나, 발효 초기에는 김치 내의 소금 농도 때문에 내염성 세균 등이 주로 생육하게 되며, 발효가 진행되면서 젖산을 비롯한 각종 유기산이 생성됨에 따라 pH가 떨어지면 그 다음에는 내산성균이 자라게 된다. 이처럼 김치가 발효 숙성되는 동안 미생물상이 계속적으로 변화하게 되어, 결국 이들에 의해 생화학적 변화가 일어나면서 김치에 독특한 맛과 향을 주게 되는 것이다.

저장 0주차의 총균수는 환자용 1% 저염김치의 경우, 종균

Table 2. Changes of viable cell count due to period and temperature of storage

Temp (°C)	Salt content (%)	Kimchi type	Viable cell count(log CFU/mL)					
			Storage weeks					
			0	2	3	4	5	7
0°C	1%	Control ¹⁾	5.00±0.05	5.55±0.06	5.71±0.03	5.88±0.04	6.51±0.01	6.39±0.07
		Homo ²⁾	5.52±0.06	5.87±0.03	6.01±0.01	6.77±0.03	6.55±0.03	8.16±0.01
		Hetero ³⁾	5.12±0.05	5.96±0.01	6.62±0.13	5.78±0.03	5.63±0.07	6.65±0.40
	2%	Control	5.69±0.02	5.96±0.01	5.88±0.05	5.97±0.02	5.69±0.01	7.43±0.07
		Homo	5.53±0.05	5.90±0.01	5.82±0.01	6.51±0.01	6.49±0.01	7.37±0.12
		Hetero	5.38±0.06	5.69±0.01	5.77±0.06	5.80±0.03	5.74±0.04	7.96±0.05
5°C	1%	Control	5.00±0.05	5.92±0.01	5.97±0.02	6.63±0.03	6.59±0.07	7.04±0.23
		Homo	5.52±0.06	5.98±0.01	5.95±0.07	6.09±0.02	6.75±0.01	6.27±0.13
		Hetero	5.12±0.05	5.81±0.08	6.01±0.63	6.10±0.02	6.55±0.01	6.57±0.27
	2%	Control	5.69±0.02	5.38±0.06	5.87±0.04	6.51±0.01	6.78±0.01	8.57±0.04
		Homo	5.53±0.05	6.45±0.01	6.48±0.04	6.81±0.01	6.86±0.02	6.73±0.18
		Hetero	5.38±0.06	5.62±0.01	6.30±0.01	6.46±0.03	6.81±0.01	8.18±0.03

¹⁾ Control: Low-salt *Kimchi* fermented by natural flora, ²⁾ Homo: Low-salt *Kimchi* fermented by homo-fermenters

³⁾ Hetero: Low-salt *Kimchi* fermented by hetero-fermenters

무첨가군 5.00 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 5.52 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 5.12 log CFU/g이었고, 일반인용 2% 저염김치의 경우 종균무첨가군 5.69 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 5.53 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 5.12 log CFU/g이었다(Table 2). 발효가 진행됨에 따라서 균의 수는 서서히 증가하였고, 저장 7주차에 최고치를 나타냈다. 각 그룹간의 차이는 크게 나타나지 않으며, 서서히 증가하는 것으로 보아, 1~2% 정도의 저염의 경우 그 농도와 균 첨가에 관계없이 총균이 일정기간 증식함을 알 수 있었다.

초기 총 젖산균의 수는 환자용 1% 저염김치의 경우, 종균무첨가군 4.56 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 5.54 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 5.89 log CFU/g이었고, 일반인용 2% 저염김치의 경우 종균무첨가군 4.70 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 4.77 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 4.84 log CFU/g이었다. 발효가 진행됨에 따라서 균수는 서서히 증가하였고, 저장 7주차에 7~8 log CFU/g 등의 최고치를 나타냈다(Table 3).

Lactobacillus 속의 젖산균 또한 저장기간이 증가할수록 서서히 그 수가 증가하였다(Table 4). 초기 *Lactobacillus* 속의 젖산균수는 환자용 1% 저염김치의 경우, 종균무첨가군 4.36 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 5.68 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 5.69 log CFU/g이었고, 일반인용 2% 저염김치의 경우 종균무첨가군 4.51 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 5.79 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 5.75 log CFU/g이었다. 저장 7주차에 가장 많은 균수를 나타내었다.

Leuconostoc 속의 젖산균 또한 저장기간이 길어짐에 따라

증가하였다(Table 5). 초기 *Leuconostoc* 속의 젖산균수는 환자용 1% 저염김치의 경우, 종균무첨가군 4.80 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 4.70 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 4.94 log CFU/g이었고, 일반인용 2% 저염김치의 경우 종균무첨가군 4.78 log CFU/g, 동형발효 종균첨가군 4.21 log CFU/g, 이형발효 종균첨가군 4.77 log CFU/g이었다. 균의 수는 서서히 증가하여 저장 7주차에 최고 7.11 log CFU/g까지 증가하였다.

KF-Streptococcus agar에 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TTC)를 첨가하여 *Pediococcus* 속과 *Enterococcus* 속 젖산균을 확인하였다. TTC 시약에 의하여 환원되지 않은 *Pediococcus* 속 젖산균 콜로니는 흰색을 나타내고, 환원된 *Enterococcus* 속 젖산균은 붉은색 콜로니를 나타내었다.

Pediococcus 속 젖산균은 초기부터 2주차까지 2 log CFU/g 이하의 균수를 나타내었다. 3주차까지도 2~4 log CFU/g의 균수를 나타내었고, 저장 7주차까지 서서히 증가하여 최저 4.78 log CFU/g, 최고 6.50 log CFU/g의 균수를 나타내었다. *Enterococcus* 속 젖산균 또한 저장 초기부터 저장 2~3주차까지 2 log CFU/g 수준의 균수를 나타냈다. 저장기간이 증가함에 따라 균수도 서서히 증가하여 최저 4.43 log CFU/g, 최고 6.28 log CFU/g의 균수를 나타냈다. Mheen & Kwon(1984)에 의하면 *Leconostoc* 속의 젖산균들이 김치를 숙성시켜 풍미를 향상시키고, 적숙기 이후에는 *Lactobacillus* 속의 젖산균이 주로 관여하여 김치의 산패에 관여한다고 알려져 있다. 또한 저온에서 발효시킨 김치에 존재하는 미생물들을 분리한 결과, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*와 *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*

Table 3. Changes of lactic acid bacteria due to period and temperature of storage

Temp (°C)	Salt content (%)	Kimchi type	Total lactic acid bacteria(log CFU/mL)					
			Storage weeks					
			0	2	3	4	5	7
0°C	1%	Control ¹⁾	4.56±0.03	5.91±0.01	6.00±0.01	7.98±0.05	7.07±0.02	7.26±0.04
		Homo ²⁾	5.54±0.02	6.38±0.03	6.89±0.02	7.15±0.01	7.65±0.02	7.26±0.11
		Hetero ³⁾	5.89±0.06	6.25±0.10	6.37±0.02	6.94±0.03	6.96±0.03	7.16±0.12
	2%	Control	4.70±0.05	6.40±0.06	6.27±0.01	6.62±0.01	6.86±0.03	7.93±0.67
		Homo	4.77±0.08	5.76±0.02	6.04±0.02	6.34±0.01	7.02±0.01	8.06±0.03
		Hetero	4.84±0.04	5.13±0.16	6.19±0.06	6.75±0.01	6.88±0.05	7.98±0.03
5°C	1%	Control	4.56±0.03	6.88±0.01	6.92±0.04	7.34±0.03	7.39±0.02	7.91±0.02
		Homo	5.54±0.02	6.11±0.05	6.44±0.04	7.15±0.11	7.35±0.02	7.42±0.02
		Hetero	5.89±0.06	6.26±0.01	6.32±0.04	7.02±0.03	7.07±0.04	7.29±0.07
	2%	Control	4.70±0.05	5.79±0.01	5.69±0.01	6.09±0.08	7.79±0.04	8.34±0.02
		Homo	4.77±0.08	5.63±0.01	6.17±0.08	7.12±0.06	7.81±0.03	7.37±0.01
		Hetero	4.84±0.04	7.03±0.02	7.19±0.03	7.21±0.01	7.71±0.01	8.21±0.05

¹⁾ Control: Low-salt *Kimchi* fermented by natural flora, ²⁾ Homo: Low-salt *Kimchi* fermented by homo-fermenters

³⁾ Hetero: Low-salt *Kimchi* fermented by hetero-fermenters

Table 4. Changes of lactic acid bacteria of *Lactobacillus* genus due to period and temperature of storage

Temp. (°C)	Salt content (%)	Kimchi type	Lactic acid bacteria of <i>Lactobacillus</i> genus(log CFU/mL)					
			Storage weeks					
			0	2	3	4	5	7
0°C	1%	Control ¹⁾	4.36±0.05	5.37±0.16	5.47±0.01	6.02±0.06	6.38±0.07	6.50±0.04
		Homo ²⁾	5.68±0.01	6.01±0.03	6.19±0.01	6.03±0.01	6.93±0.03	7.06±0.04
		Hetero ³⁾	5.69±0.02	6.09±0.04	6.15±0.03	6.51±0.01	6.81±0.03	7.16±0.12
	2%	Control	4.51±0.12	5.55±0.01	5.82±0.03	6.02±0.03	6.18±0.06	7.46±0.03
		Homo	5.79±0.05	5.86±0.01	6.01±0.02	6.31±0.03	6.18±0.01	7.11±0.01
		Hetero	5.75±0.01	5.91±0.04	6.20±0.03	6.62±0.10	6.67±0.05	7.13±0.17
5°C	1%	Control	4.36±0.05	6.25±0.01	6.19±0.72	6.57±0.01	6.60±0.04	6.95±0.08
		Homo	5.68±0.01	5.87±0.02	5.86±0.03	5.90±0.07	6.53±0.03	6.77±0.05
		Hetero	5.69±0.02	5.96±0.01	5.79±0.01	6.04±0.05	6.64±0.05	7.07±0.07
	2%	Control	4.51±0.12	5.61±0.02	5.59±0.78	6.71±0.01	6.51±0.05	7.03±0.01
		Homo	5.79±0.05	5.90±0.01	6.20±0.03	6.20±0.04	6.60±0.12	7.19±0.01
		Hetero	5.75±0.01	5.68±0.14	5.87±0.02	5.78±0.05	5.93±0.14	7.34±0.01

¹⁾ Control: Low-salt *Kimchi* fermented by natural flora, ²⁾ Homo: Low-salt *Kimchi* fermented by homo-fermenters

³⁾ Hetero: Low-salt *Kimchi* fermented by hetero-fermenters

Table 5. Changes of lactic acid bacteria of *Leuconostoc* genus due to period and temperature of storage

Temp. (°C)	Salt content (%)	Kimchi type	Lactic acid bacteria of <i>Leuconostoc</i> genus(log CFU/mL)					
			Storage weeks					
			0	2	3	4	5	7
0°C	1%	Control ¹⁾	4.80±0.06	5.60±0.05	5.66±0.01	5.98±0.12	6.57±0.03	6.34±0.11
		Homo ²⁾	4.70±0.08	6.05±0.08	6.23±0.07	6.26±0.01	6.81±0.03	6.98±0.06
		Hetero ³⁾	4.94±0.06	5.65±0.01	5.77±0.01	5.86±0.04	6.10±0.03	6.20±0.01
	2%	Control	4.78±0.06	5.56±0.02	5.79±0.05	5.88±0.07	5.90±0.01	6.65±0.07
		Homo	4.21±0.04	5.45±0.07	5.97±0.02	6.16±0.04	6.45±0.03	6.80±0.01
		Hetero	4.77±0.01	5.30±0.01	5.68±0.03	5.75±0.01	6.41±0.10	6.69±0.15
5°C	1%	Control	4.80±0.06	5.17±0.12	5.91±0.04	6.58±0.12	6.61±0.06	6.97±0.04
		Homo	4.70±0.08	5.92±0.05	6.29±0.01	6.38±0.05	6.75±0.05	7.11±0.07
		Hetero	4.94±0.06	5.47±0.06	5.95±0.14	6.21±0.01	6.42±0.05	6.61±0.08
	2%	Control	4.78±0.06	5.61±0.04	6.56±0.01	6.89±0.01	6.92±0.04	7.05±0.10
		Homo	4.21±0.04	5.56±0.01	5.51±0.04	5.77±0.01	6.63±0.03	6.95±0.10
		Hetero	4.77±0.01	5.88±0.02	5.87±0.04	5.83±0.01	5.63±0.07	6.99±0.02

¹⁾ Control: Low-salt *Kimchi* fermented by natural flora, ²⁾ Homo: Low-salt *Kimchi* fermented by homo-fermenters

³⁾ Hetero: Low-salt *Kimchi* fermented by hetero-fermenters

및 *Lactobacillus bavaricus*가 우점종으로 나타났다고 보고된 바 있다(So & Kim 1995).

7. 저염김치의 관능평가

1) 관능평가 참여자의 일반사항

본 연구에 응한 참여자는 총 80명으로 남자 33명, 여자 47명이었고, 이들의 나이는 평균 40세였다. 그리고 대부분 패널들은 나이가 많은 고혈압, 당뇨 질환을 가진 환자들이었고, 본인의 질환 치료에 관심이 많아 식약법 중 하나인 저염식에 관심이 있었기 때문에 본 연구에 적합한 패널이라고 판단하였다. 그 중 혈압 또는 특정질환으로 저염식을 권유 받은

경험이 있는 환자들이 96.3%였고, 권유 받지 않은 환자들이 3.7%로 저염식을 권유 받지 않은 환자들의 수가 많은 것을 알 수 있었다.

2) 저염김치 선호도

세 가지 저염김치(김치 A: 동형발효 종균첨가군, 김치 B: 종균무첨가군, 김치 C: 이형발효 종균첨가군)의 선호도 조사를 위하여 0°C에서 4주 동안 저장한 환자용 저염김치 세 그룹(최종 소금 농도 1%)을 이용하여 저장 4주차의 적숙기에 냄새, 짠맛, 전반적인 기호도 조사를 하였다(Table 6).

세 가지 김치의 냄새에 따른 평균 점수는 만점 3점을 기준으로 하여 '김치 A'는 2.10±0.30점, '김치 B'는 2.13±0.34점, '김치 C'는 2.75±0.43점으로 이형발효 종균을 첨가한 김치 C의 평균점수가 가장 높았다. 그리고 짠맛에 따른 평균 점수는 '김치 A'는 2.35±0.48점, '김치 B'는 1.97±0.30점, '김치 C'는 2.81±0.39점으로 냄새와 마찬가지로 이형발효 종균을 첨가한 김치 C의 평균점수가 가장 높았다. 마지막으로 전반적인 기호도에 따른 평균 점수는 '김치 A'는 2.55±0.50점, '김치 B'는 1.58±0.49점, '김치 C'는 2.68±0.47점으로 종균무첨가군과 이형발효 종균 첨가군의 결과가 높게 나타났으며, 동형발효 종균첨가군과는 유의적 차이를 보였다. 냄새, 짠맛, 전반적인 기호도 결과에 의해 이형발효 종균을 첨가한 '김치 C'의 관능평가 결과가 우수한 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 김치의 소금 함량을 낮추기 위해 유기산과 젖산 그리고 종균을 첨가하고 과일을 첨가하여 김치의 저염화와 동시에 미각증진 효과를 가져올 수 있는 저염김치를 개발하였다. 그리고 소금 농도와 발효온도를 달리하였을 때 저염김치의 품질특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 저염김치에 대한 이화학분석, 미생물학 분석, 그리고 관능적 특성에 대한 분석을 하였다.

저염김치의 pH 및 산도 변화는 저장기간이 경과함에 따라

Table 6. Sensory evaluation of low-salt Kimchi fermented by different starters

Mode	A type	B type	C type
Smell	2.10±0.30 ^b	2.13±0.34 ^b	2.75±0.43 ^a
Salty taste	2.35±0.48 ^b	1.97±0.30 ^c	2.81±0.39 ^a
Overall acceptability	2.55±0.50 ^a	1.58±0.49 ^b	2.68±0.47 ^a

A type: Low-salt Kimchi fermented by natural flora

B type: Low-salt Kimchi fermented by homo-fermenters

C type: Low-salt Kimchi fermented by hetero-fermenters

온도가 높을수록 변화가 빠르게 나타났고, pH는 점차 감소하였으며, 산도는 증가하였는데, 특히 소금 농도가 낮을수록 pH가 낮았고, 산도가 가장 높게 나타났다.

저염김치의 염도 변화는 발효가 진행됨에 따라 작은 변화를 나타내었으나, 유의성 있는 증감을 나타내지 않았다. 환원당의 경우, 모든 처리구에서 비슷한 비율로 감소하는 경향을 나타내었다. 조직강도의 경우 저장기간이 길어짐에 따라 종균 첨가 여부 및 종류에 따라서 차이가 났음을 알 수 있었다. 또한 같은 소금 농도에서 저장온도에 따른 조직감 차이는 저장기간이 길어짐에 따라 현저한 차이를 나타내었다. 또한 저염김치의 미생물 결과 총균수의 경우, 저장기간 동안 농도와 균 첨가와 관계없이 총균이 증식함을 알 수 있었다.

저염김치의 관능평가 결과, 냄새, 짠맛과 전반적인 기호도에서 이형발효 종균을 첨가한 김치의 관능결과가 모두 우수한 것으로 나타났다.

종균과 유기산을 첨가하여 소금 함량을 낮춘 저염김치를 개발하였고, 저장온도에 따라 발효하는 동안 이화학, 미생물 그리고 관능적인 변화를 통해 적숙기를 파악하였다. 이 연구는 건강한 일반인, 당뇨와 고혈압 질환이 있는 환자들의 식이요법에 도움이 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국식품연구원 과제(E0143023839)와 농림수산식품기술기획평가원 과제(109132-3)로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis, 14th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. p.844
- Ahn SJ. 1988. The effect of salt and food preservation on the growth of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean J Soc Food Sci* 4:39-50
- Cho Y, Rhee HS. 1979. A study on flavorful taste components in kimchis-on free amino acids. *Korean J Food Sci Technol* 11:26-31
- Cho Y, Rhee HS. 1991. Effect of lactic acid bacteria and temperature on kimchi fermentation(I). *Korean J Soc Food Sci* 7:15-25
- Choi SY, Lee MK, Choi KS, Koo, YJ, Park, WS. 1998. Change of fermentation characteristics and sensory evaluation of kimchi on different storage temperature. *Korean J Food Sci Technol* 30:644-649

- Hahn YS, Oh JY, Kim YJ. 2002. Characteristics of low - salt *kimchi* prepared with salt replacement during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 34:647-651
- Hahn YS, Oh JY, Kim YJ. 2002. Effect of preservations and heat treatment on the storage of low-salt *Kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 34:565-569
- Han KY, Noh BS. 1996. Characterization of Chinese cabbage during soaking in sodium chloride solution. *Korean J Food Sci Technol* 28:707-713
- Hawer WD, Ha, JH, Seog HM, Nam YJ, Shin DW. 1988. Changes in the taste and flavor compounds of *Kimchi* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 20:511-517
- Kang KO, Lee SH, Cha BS. 1995. A study on the material ratio of *kimchi* products of Seoul and Chungcheong area and chemical properties of the fermented *Kimchi*. *Korean J Soc Food Sci* 11:487-493
- Kang MJ, Yoon KY, Lee KH, Youn KS, Kim KS. 1997. Shelf-life of *kimchi* on the different packaging materials I. *J Food Sci and Technol* 9:129-136
- Kang MJ, Youn KS, Shin SR, Kim KS. 1997. Shelf-life of *kimchi* on the different packaging materials II. *J Food Sci and Technol* 9:137-143
- Kang SS, Kim JM, Byun MW. 1988. Preservation of *kimchi* by ionizing radiation. *Kor J Food Hygiene* 3:225-232
- Kim DH, Yook HS, Byun MW. 2004. Gamma irradiation on fermented foods. *Food Industry and Nutrition* 9:18-26
- Kim DK, Kim BG, Kim MH. 1994. Effect of reducing sugar content in Chinese cabbage on *kimchi* fermentation. *J Korean Soc Food Nutr* 23:73-77
- Kim MJ, Park JG, Kim JH, Park JN, Lee HJ, Kim WG, Lee JW, Byun MW. 2006. Combined effect of heat treatment and gamma irradiation on the shelf-stability and quality of packaged *kimchi* during accelerated storage condition. *Korean J Food Preserv* 13:531-537
- Kim SD. 1985. Effect of pH adjuster on the fermentation of *kimchi*. *J Korean Soc Food Nutr* 14:259-264
- Ku KH, Kang KO, Kim WJ. 1988. Some quality changes during fermentation of *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 20:476-482
- Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang KH. 1994. Changes in some characteristics of brined Chinese cabbage off all cultivars during storage. *Korean J Food Sci Technol* 26:239-245
- 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
- Lee MK, Yang HJ, Woo HN, Rhee YK, Moon SW. 2011. Changes in the texture and salt content of Chinese cabbage using different salting methods. *Korean J Food & Nutr* 40:1184-1188
- Lee NJ, Chun JK. 1981. Studies on the *kimchi* pasteurization. Part 1. Method of *kimchi* pasteurization with Chinese cabbage *kimchi* and its effect on the storage. *J Korean Agricultural Chemical Society* 24:213-217
- Lee SW, Cho SR, Han SH, Chul R. 2009. Effects of the low temperature and low salt solution on the quality characteristics of salted Chinese cabbage. *Korean J Food & Nutr* 22:377-386
- Lee YH, Rhee HS. 1986. The changes of pectic substances during the fermentation of *kimchis*. *Korean J Soc Food Sci* 2:54-58
- Lee YH, Yang IW. 1970. Studies on the packaging and preservation of *kimchi*. *J Korean Agricultural Chemical Society* 13:207-218
- Mheen TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on *kimchi* fermentation. *Kor J Food Sci Technol* 16:443-450
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31:426
- Park KY. 1995. The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of *kimchi*. *J Korean Soc Food Nutr* 24:169-182
- Park MJ, Jeon YS, Han JS. 2001. Antioxidative activity of mustard leaf *kimchi* added green tea and pumpkin powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:1053-1059
- Park. WP, Kim ZU. 1991. The effect of salt concentration on *kimchi* fermentation. *J Kor Agri Chem Soc* 34:295-297
- So MH, Kim YB. 1995. Cultural characteristics of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 21:506-515
- Yook C, Chang K, Park KH, Ahn SY. 1985. Pre-heating treatment for prevention of tissue softening of radish root *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 17:447-453
- Yu KW, Hwang JH. 2011. Fermentative characteristics of low-sodium *kimchi* prepared with salt replacement. *Korean J Food & Nutr* 24:753-760

접 수 : 2014년 3월 27일
 최종수정 : 2014년 9월 4일
 채 택 : 2014년 9월 10일