

김치제조시 사용되는 천일염이 김치의 장기저장에 미치는 영향

장지윤 · 김인철¹ · 장해춘*

조선대학교 식품영양학과 · 김치연구센터, ¹목포대학교 식품공학과

Effect of Solar Salt on Kimchi Fermentation during Long-term Storage

Ji Yoon Chang, In Cheol Kim¹, and Hae Choon Chang*

Department of Food and Nutrition · Kimchi Research Center, Chosun University
¹Department of Food Engineering, Mokpo National University

Abstract Kimchi was prepared with three types of salt (4-year-aged solar salt, FS; 1-year-aged solar salt, OS; and purified salt, PS), using *Leuconostoc citreum* GJ7 as the starter culture. The prepared kimchi was fermented (up to 0.5-0.6% of acidity) and stored for 5 months at -1°C. During the storage period, the acidity of FS kimchi increased gradually, whereas that of PS kimchi increased sharply. The yellowness (b) color value of PS kimchi (63.4) was higher than that of other kimchis with solar salts (55.6-60.3). Hardness of FS kimchi (1,912.6 gf) was greater than that of the other kimchis (1,554.4-1,650.2 gf) during the storage period. Moreover, sensory evaluation showed higher scores for FS kimchi than for other kimchis. These results suggest that FS is more suitable salt than PS for long-term storage of kimchi.

Keywords: long-term storage, solar salt, kimchi, fermentation

서 론

김치는 소금을 이용한 우리나라 고유의 염장발효식품으로 주 재료인 채소를 소금으로 절인 후 각종 양념을 첨가하여 숙성시킴으로서, 발효되는 동안 젖산균의 작용으로 생성된 유기산을 비롯한 각종 향미성분이 주재료 및 양념과 조화되어 독특한 맛을 지닌다(1). 김치의 종류는 주재료의 종류와 만드는 방법에 따라 다양하나 대표적인 김치는 배추김치이다(1). 배추김치의 맛과 조직감은 사용된 양념의 종류 및 양뿐만 아니라, 배추의 절임과 숙성 온도에 따라 달라진다. 그 중에서도 배추를 소금에 절이는 단계는 김치의 품질, 특히 맛과 조직감을 좌우하는 매우 중요한 단계로서 배추 절임시 사용되는 소금의 종류와 농도, 절임시간 등이 변수로서 작용될 수 있다(1).

예로부터 우리 선조들은 김치나 장류에 사용되는 소금이 그 품질에 큰 영향을 준다고 믿어왔고, 이에 3년 이상 묵은 천일염을 가장 바람직한 김치·장류 담금용 소금으로 여겨왔다(2). 소금은 제조 방식에 따라 크게 천일염, 암염, 기계염, 제염염 등으로 분류할 수 있다(3). 예로부터 각 가정에서는 김치의 절임에 주로 천일염을 사용해왔으나 공장형 김치 생산에서는 보다 빠른 김치 절입공정을 위하여 삼투작용이 보다 빠른 정제염을 김치 절입에 사용하거나 천일염과 정제염을 혼합하여 김치 절입에 사용하고 있다(4).

그동안 수행되어진 천일염과 김치의 발효특성에 관한 연구들을 살펴보면, Kim 등(5)의 5종류(국내산 천일염, 중국산 천일염, 세척탈수염, 기계염, 환원염)의 소금으로 담근 김치의 25°C에서 10일간 저장 중 특성변화, Chang 등(6)의 6종류(국내산 정제염, 간수제거 국내산 천일염, 국내산 천일염, 중국산 천일염, 중국산 정제염, 호주산 천일염)의 소금으로 담근 김치의 4°C에서 28일간 저장 중 특성변화와 20°C에서 7일간 저장 중 특성변화(7), Kim과 Kim(1)의 3종류(자염, 국내산 천일염, 한주소금)의 소금으로 담근 김치의 20°C에서 9일간 저장 중의 특성변화 등이 보고된 바 있다. 본 연구팀도 3종류의 사용소금(4년 숙성 천일염, 1년 숙성 천일염, 정제염)에 따른 발효김치의 7°C에서 33일간의 특성변화를 보고한 바 있다(2). 기존의 이 연구들은 모두 사용소금을 달리한 후 약 한 달 정도의 단기저장 동안의 김치 특성변화를 조사한 것이었다. 우리는 기존에 수행된 김치와 소금의 상관관계를 규명한 연구들 중 김치의 장기저장 중 사용소금이 김치 발효숙성에 따른 그 품질 특성차이를 비교한 연구는 거의 찾을 수 없었으며, 가장 오랜 기간 김치저장에 따른 품질 특성 연구로는 60일간 저장한 Lee 등(8)의 연구로서 국내산 천일염 5종(5년산, 2년산, 1년산, 미세분말 국내산 천일염, 함초첨가 국내산 천일염)과 1종의 국내산 기계정제염 및 2종의 수입산 천일염(호주 1년산, 멕시코 암염 1년산)을 이용하여 담근 배추김치의 품질특성을 보고한 연구 정도였다.

예로부터 김치는 숙성·저장에 따라 독특한 맛과 풍미와 더불어 우수한 영양학적 가치를 지니는 우리나라 고유의 저장식품이라 알려지고 있으며, 특히 겨울철 김장김치는 통상 3개월 이상 저장하여 왔다(9,10). 오늘날처럼 채소류들은 사계절 내내 먹을 수 없었던 시절에 김치와 같은 발효절임채소류는 단기저장이 아닌 장기저장 식품일 수밖에 없는 상황이었으므로 장기저장식품으로서의 의의가 더 크다고 할 수 있었다. 그러나 이와 같은 장기저장시 우수한 품질의 발효김치 구현에 과연 어떤 소금사용이

*Corresponding author: Hae Choon Chang, Department of Food and Nutrition, Kimchi Research Center, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea
Tel: 82-62-230-7345
Fax: 82-62-222-8086
E-mail: hcchang@chosun.ac.kr
Received March 17, 2014; revised April 22, 2014;
accepted April 25, 2014

가장 바람직하지도 아직까지도 과학적으로 규명된바 없으며, 김치 등의 전통발효식품에서 3년 이상 숙성된 천일염이 좋다는 민간 속설만 전해질 뿐이다.

연구에서는 사용소금이 김치의 장기저장(5개월)시 김치품질 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 사용소금 이외의 김치발효에 미치는 기타 영향을 최소화하기 위하여 본 연구팀이 보유한 중균 김치기술(11,12)을 사용하여 김치 원·부재료로부터 이입될 수 있는 다양한 발효미생물 변수를 최소화하고, 이와 동시에 김치 원·부재료 및 제조방법과 발효조건 등은 동일하게 적용하고 단지 소금만을 달리하였을 때 사용소금의 차이에 따른 장기저장 김치의 특성 차이를 조사하였다.

재료 및 방법

배추절임 및 김치제조

김치제조 시 배추절임에 사용된 천일염은 1년 숙성 천일염(one-year-aged solar salt; 2009년산, S사, Muan, Korea)과 4년 숙성 천일염(fore-year-aged solar salt; 2006년산, S사, Muan, Korea)으로 염전의 결정지 바닥소재가 장관인 장관염이었다. 사용 천일염은 생산염전에서 직접 생산년도를 확인 후 직구매하여 사용하였다. 대조구로는 정제염(purified salt; H사, Ulsan, Korea)을 사용하였다. 김치제조방법은 Chang 등(2)이 수행한 방법과 같이 시행하였으며, 천일염과 정제염을 사용하여 각각 16.6%(w/w)와 10%(w/w) 농도로 상온에서 절인 후 흐르는 물에서 수차례 세척하고 12시간 이상 탈수한 후 사용하였다. 재료의 배합비율은 절임배추 83.0%, 액젓 3.36%, 고춧가루 2.32%, 설탕 0.90%, 찹쌀풀 5.08%, 마늘 1.10%, 생강 0.40%, 기타(무, 쪽파, 배 등) 3.84%로 하여 김치를 제조하였다. 제조된 김치의 최종 염도는 2.2-2.4%(w/v)가 되도록 절임에 사용된 각각의 소금을 사용하여 조정하였다. 김치제조에서 평균사용은 Chang 등(11-13)의 방법에 따라 박테리오신 생성능을 강화시켜 24시간 배양된 *Leuconostoc citreum* GJ7을 사용하였다. 균체 배양액은 원심분리(9,950×g, 15 min, 4°C) 후 멸균수로 2회 세척하여 얻은 균체를 김치양념에 혼합하였으며, 종균접종량은 김치 1 g당 약 10^7 CFU가 되도록 첨가하였다. 제조된 김치들은 1 kg씩 pouch pack (polyethylene, 20×28 cm)에 담아 7°C에서 발효시켜 김치의 산도가 0.5-0.6%에 이르면 이를 -1°C (Dimchae DD-1827DFB, Winiamando, Asan, Korea)에서 5개월 동안 보관하면서 시료로 사용하였다. 제조된 김치는 이하 '4년 숙성염김치', '1년 숙성염김치', '정제염김치'라 하였다. 사용 소금별 김치는 각각 30 kg씩 제조하였으며, 이를 3회 반복 수행하였다.

소금의 성분분석

김치제조에 사용된 천일염 2종(4년 숙성염, 1년 숙성염)과 정제염에 존재하는 무기질 및 음이온을 분석하기 위하여, 소금을 증류수에 0.1%(w/v)가 되도록 녹인 다음 0.45 µm syringe filter (Sartorius Stedium Biotech, Goettingen, Germany)로 여과한 후 분석시료로 사용하였다. 무기질 분석은 유도결합 플라즈마 원자방출분광계(inductively coupled plasma mass spectrometer, Agilent 7500 cx Series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하였고, 음이온 분석은 이온크로마토그래피(861 Advance Compact IC, Metrohm, Herisau, AR, Switzerland)를 이용하였다. 소금에 함유된 매크로 이온인 Ca, K, Mg, Na의 분석은 원자 흡광도계(Hitachi Z-2300, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하였다. 소금의 수분은 105°C 상압건조법으로 분석하였으며(14), 염화나트

륨 함량은 식품공전(14)의 염화나트륨 측정방법에 따라 분석하였다.

pH, 산도, 및 색도 측정

김치의 pH, 산도, 색도는 김치여과액을 사용하여 측정하였다. 김치여과액은 hand blender (HHM-800, Hanil, Seoul, Korea)로 마쇄한 김치를 3겹의 멸균거즈를 사용하여 여과하여 실험에 사용하였다. 김치액의 산도는 AOAC법(15)에 의해 김치액 10 mL를 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.3에 도달할 때까지 적정한 0.1 N NaOH의 소비량으로 정의하였으며 lactic acid 함량(% w/w)으로 환산하여 표시하였고, pH meter (Fisher Science Education, Hannover Park, IL, USA)를 사용하여 pH는 실온에서 측정하였다. 색차계(CM-3500d, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정된 김치의 색도는 Hunter's scale L (밝기), a (적색도), b (황색도) 값으로 표시하였다.

미생물 균총 분석

총균수는 PCA (plate count agar: Merck, Dann Stadt, Germany)배지, 효모수는 YPD (yeast peptone dextrose: BD/Difco, Sparks, MD, USA) 고체배지, 젖산균수는 MRS (de Man, Rogosa and Sharpe: BD/Difco) 고체배지와 CaCO₃가 2% 함유된 MRS 고체배지를 사용하였다(11,12). 유산균 중 *Leuconostoc* 속의 선별은 phenylethyl alcohol sucrose 고체배지(PES agar: sucrose 2%, trypticase peptone 0.5%, yeast extract 0.05%, MgSO₄ · 7H₂O 0.05%, KH₂PO₄ 0.1%, (NH₄)₂SO₄ 0.2%, phenyl ethyl alcohol 0.25%, agar 1.5%, pH 6.8)를 사용하였고(16), *Lactobacillus* 속의 선별은 modified LBS 고체배지(yeast extract 0.5%, glucose 2%, trypticase peptone 1%, ammonium citrate 0.2%, sodium acetate 1.5%, MgSO₄ · 7H₂O 0.0575%, MnSO₄ 0.012%, FeSO₄ 0.0034%, sorbitan monoolate 0.1%, KH₂PO₄ 0.6%, acetic acid 0.25%, agar 1.5%, pH 5.5)를 사용하였다(17). 준비된 김치여액은 0.1% peptone water로 연속적으로 희석하여, 각각의 평판배지에 plate 당 50-80 개의 집락이 형성되도록 희석도말한 후 30°C와 37°C에서 2-3일간 배양하였다. 사용된 종균인 *L. citreum* GJ7의 식별은 Chang과 Chang의 방법(11,12)에 따라 시행하였다. MRS 고체배지, 2% CaCO₃-MRS 고체배지, PES 고체배지에 형성된 집락의 특징을 관찰하고 무작위적으로 50개 이상의 집락을 선택하여 미생물을 현미경으로 검경하여 형태를 관찰하였다. 이 중 *L. citreum* GJ7와 같은 구균 형태를 갖는 집락을 1차적으로 선택한 후 API 50 CHL kit (Biomérieux, Marcy-l'Etoile, France)을 이용하여 *L. citreum* GJ7과 같은 당 대사능을 보이는 균주를 2차적으로 판정하였다. *L. citreum* GJ7의 최종판정은 선별균주의 16S rRNA의 염기서열(1,400-1,500 bp)을 읽은 후 GeneBank에 등록된 *L. citreum* GJ7 (GeneBank accession No. EF121354)과 그 염기 서열이 동일한 균주로 하였다.

텍스처 측정

김치의 경도(hardness)는 texture analyzer (TA.XT Plus, Stable Microsystems, Godalming, UK)를 사용하여 조직의 압착에 소요되는 힘(압축강도)으로 측정하였다. 측정부위는 배추하단으로부터 9 cm 부위의 두께가 4-5 mm인 김치를 가로 3 cm, 세로 3 cm 되게 절단하여 사용하였다. 측정조건은 지름 36 mm aluminium probe로 시료 두께의 65%까지 관통하면서 받는 최대 힘으로 표시하였다. 이 때 probe는 SMS-P36R circle probe를 사용하였고, pre-test speed 5.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10 mm/s, trigger force 5 gf 조건으로 측정하였다. 모든 시료에 대한

경도는 5반복 측정하여 측정치가 가장 높거나 가장 낮은 것을 제외한 측정값으로 평균값을 산출하였다.

관능평가

김치의 관능적인 특징과 기호도 평가는 훈련된 대학원생 10명이 3차례에 걸쳐 실시하였다. 김치는 제조 후 7°C에서 발효시켜 김치의 산도가 0.5-0.6%에 도달하면 이를 김치냉장고(Dimcha DD-1827DFB, Winiamando, Asan, Korea) 저장모드(-1°C)에서 보관하면서, 저장 2개월과 5개월 되는 시점에 관능검사를 시행하였다. 평가항목은 맛(탄산미: carbonated mouthfeel, 쓴맛: bitterness, 신맛: sourness), 냄새(균덕내; moldy), 조직감(아삭함: texture), 외관적인 느끼는 색깔(color)과 윤기정도(gloss), 그리고 전반적인 기호도(overall acceptability)로 나누어 5점 척도법(1: 매우 싫다, 3: 보통, 5: 아주 좋다)을 사용하였다.

통계처리

SPSS 17.0 statistics 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하여 자료분석을 하였으며, 각 변수에 대해 One-way ANOVA를 이용하였다. Duncan's multiple range test를 적용하여 사후검증을 하였으며, 가설검증 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

소금의 성분분석

Table 1의 소금성분 분석결과에 따르면, 소금의 NaCl 함량은 정제염이 99.25%, 4년 숙성 천일염이 87.44%, 1년 숙성 천일염은 82.20%로 정제염이 가장 높게 측정되었으며, 수분함량은 1년 숙성 천일염이 12.68%, 4년 숙성 천일염은 8.91%, 정제염은 0.05%으로 1년 숙성 천일염의 수분함량이 가장 높았고 정제염에는 수분이 거의 존재하지 않았다. 일반적으로 정제염은 99% 이상이 NaCl로 이루어져 있으며(18,19), 천일염의 NaCl 함량은 약 80-90%로 보고되었는데(20,21), 이처럼 천일염에 존재하는 NaCl 함량은 생산되는 지역이나 자연환경 등에 의한 차이(20) 및 천일염의 저장기간에 따라 달라지며 저장기간이 증가할수록 천일염의 수분함량은 낮아지고 NaCl 함량은 증가하는 것으로 보고(20,22)

된 바 있다. 간수의 주성분인 마그네슘염($MgCl_2$, $MgSO_4$, $MgBr_2$) 들은 쓴맛을 내며 조해성이 높아 천일염을 장기간 보관할 때 물과 함께 녹아 나오면서 수분이 감소하게 되고, 간수가 제거될수록 소금의 조해성은 낮아지므로 흡습성이 감소하여 오래 보관된 소금의 수분함량은 감소한다(22). Seo 등(21)과 Shin 등(22)의 결과와 같이 본 연구에서 사용된 천일염 2종도 1년 저장된 천일염보다는 4년 저장된 천일염이 NaCl 함량은 높고 수분함량은 낮게 측정되었다.

바닷물 중의 염은 일반적으로 $NaCl > MgCl_2 > MgSO_4 > CaSO_4 > K_2SO_4 > CaCO_3 > MgBr$ 순으로 구성되어 있으며, 음이온에서는 Cl 다음으로 SO_4 가 높은 함량으로 검출되므로 소금에도 Cl을 제외한 주된 음이온 성분은 SO_4 로 알려지고 있다(22). 본 연구에서 이온 크로마토그래피에 의한 소금의 양이온 분석결과, 소금의 양이온으로는 Na이 모든 시료에서 가장 높게 검출되었다. Na을 제외한 정제염의 양이온으로는 K이 725 mg/kg, Ca은 75 mg/kg, Mg은 21 mg/kg이었다. 4년 숙성 천일염과 1년 숙성 천일염은 정제염과 달리 Na을 제외한 양이온으로 Mg은 5,315 mg/kg, 10,494 mg/kg이었고, K은 1,536 mg/kg, 3,017 mg/kg, Ca은 972 mg/kg, 1,713 mg/kg이 각각 검출되어 정제염보다 높은 Na 이외의 무기이온을 함유하고 있음을 알 수 있었다. 천일염에서 존재하는 Mg, K, Ca은 저장기간 중 간수와 함께 일부 제거되는데(22), 본 연구에 사용된 천일염도 1년 숙성 천일염에 비해 4년 숙성 천일염에서 그 함량이 감소됨을 알 수 있었다. 소금의 음이온 분석에서 Cl 함량은 정제염이 585,710 mg/kg, 4년 숙성 천일염은 530,084 mg/kg, 1년 숙성 천일염은 481,514 mg/kg이 검출되었으며, 4년 숙성 천일염은 SO_4 함량이 16,005 mg/kg, 1년 숙성 천일염은 26,612 mg/kg을 함유하고 있으나, 정제염에서는 검출되지 않았다. 이는 바닷물의 염조성과 같이 천일염에서는 Cl를 제외한 주된 음이온 성분이 SO_4 라는 기존의 보고(22)와 같은 결과임을 알 수 있었다. 소금의 음이온 중 Cl는 천일염의 쓴맛을 부드러운 맛으로 바꾸어주고, SO_4 는 쓴맛을 부여하는데, Seo(21)와 Shin(22)은 소금의 저장기간이 길어질수록 Cl 함량은 증가하고 SO_4 함량은 감소하는 것으로 보고하였으며, 본 연구에서 사용된 천일염 2종도 Cl는 4년 숙성 천일염이 1년 숙성 천일염보다 함량이 더 높게 나타났고, SO_4 는 4년 숙성 천일염이 1년 숙성 천일염보다 낮은 것으로 나타났다.

Table 1. Anion and cation composition of purified and solar salts

Element	Four-year-aged solar salt		One-year-aged solar salt		Purified salt		
	Content (mg/kg)	Ratio (%)	Content (mg/kg)	Ratio (%)	Content (mg/kg)	Ratio (%)	
Anion	Cl	530,084.09±4,526.34	60.21	481,513.88±21,125.92	58.33	585,709.60±26,855.41	59.78
	SO_4	16,005.55±183.41	1.82	26,612.06±8,056.21	3.22	0.00±0.00	0.00
Cation	Na	326,420.59±2,038.95	37.08	302,158.67±49,389.49	36.6	393,267.96±7,379.31	40.14
	Mg	5,314.45±179.33	0.61	10,493.87±3,900.82	1.27	20.58±4.21	0.00
	K	1,536.33±24.28	0.17	3,016.87±809.40	0.37	724.58±478.11	0.07
	Ca	971.73±11.99	0.11	1,713.20±98.23	0.21	75.22±8.94	0.01
	As	0.04±0.01	0.00	0.10±0.16	0.00	0.21±0.09	0.00
	Cd	0.00±0.00	0.00	0.03±0.03	0.00	0.01±0.00	0.00
	Hg	0.02±0.00	0.00	0.08±0.07	0.00	0.00±0.00	0.00
	Pb	0.10±0.01	0.00	0.27±0.30	0.00	0.02±0.01	0.00
Total	880,382.9±6,964.32	100.00	825,509.03±83,380.63	100.00	979,798.18±34,726.08	100.00	
NaCl (%)	87.44±0.03		82.20±1.16		99.25±0.91		
Moisture (%)	8.91±0.10		12.68±2.01		0.05±0.03		

Values are mean±SD from triplicate determinations.

각각의 소금에 함유되어 있는 중금속함량을 측정한 결과, 식품공전에서 규정한 식품기준 및 규격(Cd, Hg, Pb, AS; 2.0, 0.1, 0.5, 0.5 mg/kg) 이하로 매우 적은 함량이 검출되었으며, 1년 숙성 천일염보다는 4년 숙성천일염에서 그 함량이 더 낮게 나타났다. Shin 등(22)의 연구에서 Hg은 모든 시료에서 검출되지 않았고, Cd은 저장기간에 따른 변화는 보이지 않았으나, As와 Pb은 저장연수가 높은 천일염에서 중금속 성분의 함량이 낮게 검출되었다. 또한 Ha와 Park(19)은 천일염에서 분리한 간수에서 중금속(Pb, Al, Cr 등)이 소량 검출됨으로써 간수를 가능한 제거하는 것이 좋겠다고 한 바 있다. 환경의 오염으로 공장폐수 및 생활하수 등 오염원의 증가와 중국으로부터 오염물질의 유입으로 인한 해수오염이 가속되어 천일염 및 기타 소금제품들의 안전에 위협을 주고 있다. 본 연구에서 사용된 소금의 중금속 오염이 식품규격에 안전한 수준인 것으로 평가되었으나 소금의 품질관리에 있어 환경오염 등에 따른 중금속 함량의 증가에 대한 지속적인 확인이 필요할 것으로 보인다.

김치의 pH 및 산도의 변화

정제염과 2종의 천일염(1년 숙성염, 4년 숙성염)을 이용하여 배추를 절인 후 *L. citreum* GJ7을 사용하여 제조한 김치를 7°C에서 발효시켜 산도가 0.5-0.6%에 도달하면 -1°C에서 5개월 동안 김치를 저장하면서 저장기간에 따른 pH 및 산도의 변화를 측정하였다. 김치제조 후 7°C에서 발효시킬 때, 산도 0.5-0.6%에 도달하는데 소요된 기간은 정제염김치는 21일, 2종의 천일염김치는 12-15일 정도로서(data not shown), 정제염김치가 2종의 천일염김치보다 알맞은 발효정도(산도 0.5-0.6%)에 도달하는데 더 오래 걸렸다. 이와 같은 연구 결과는 천일염이 정제염에 비해 NaCl 외 다른 무기성분의 함량이 높아 정제염김치에서 보다 천일염김치에서 발효효율이 더 증가된 결과로 보고된 바 있다(2,5,23). 발효된(산도 0.5-0.6%) 김치를 -1°C에서 5개월 동안 저장하면서 pH와 산도의 변화를 조사하였을 때(Fig. 1), 4년 숙성염김치의 pH는 저장직후 pH 4.82에서 저장 5개월에 pH 4.02로 감소하였으며, 1년 숙성염김치는 저장직후 pH 4.80에서 저장 5개월에 pH 3.95를 나타내었다. 반면 정제염김치는 저장직후 pH 4.77에서 저장 5개월에 pH 3.87로 2종의 천일염김치에 비해 가장 낮은 pH 값을 나타내었다. 또한 산도측정에서도 4년 숙성염김치, 1년 숙성염김치의 산도는 저장 5개월에 각각 0.99%, 1.05%를 나타내었으나, 정제염김치의 산도는 저장 4개월에 1.10%를 저장 5개월에는 1.14%를 나타내어, 다른 2종의 천일염김치에 비해 정제염김치의 산도가 더 빨리 증가하는 경향을 나타내었다.

연구결과에 따르면, 막 담근 김치에서 알맞게 김치가 익는데(산도 0.5-0.6%) 소요되는 시간은 정제염김치가 천일염김치보다 더 오래 걸리지만, 이 김치를 장기저장(5개월)하는 동안의 산도 변화에서는 정제염김치가 가장 빨리 그리고 제일 많이 시어지고, 4년 숙성염김치가 같은 기간내에 가장 덜 시어진다는 것을 알 수 있었다. 즉, 천일염김치가 정제염김치보다 더 빨리 알맞게 익고, 일단 알맞게 익은 김치를 낮은 온도(-1°C)에서 보관시 저장 5개월까지도 더 천천히 시어져 궁극적으로 저장 5개월 시점에 정제염김치보다 4년 숙성염김치가 덜 시어짐을 알 수 있었다.

유산균수(종균 GJ7의 점유율) 및 효모수의 변화

저장기간에 따른 김치내 총균수, 유산균수 및 *L. citreum* GJ7 종균의 점유율 변화를 조사하였다(Table 2). 김치내 총균수는 모든 김치시료에서 저장기간이 길어짐에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 천일염 사용 김치내 유산균 생균수는 저장직후

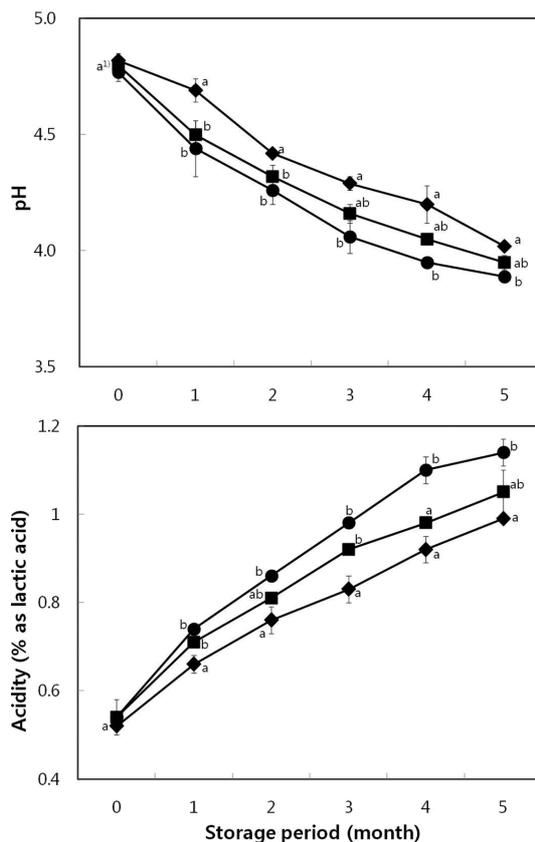


Fig. 1. Changes in pH and acidity of kimchi during 5 months of storage. Values are mean±SD from triplicate determinations. Means with the different letters in the same period (month) are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. Kimchi with four-year-aged solar salt, ◆; one-year-aged solar salt, ■; purified salt, ●

9.4-9.5 log CFU/mL에서 저장기간이 경과됨에 점점 감소하여, 저장 5개월에는 4년 숙성염김치는 7.2 log CFU/mL, 1년 숙성염김치는 6.4 log CFU/mL를 나타내었다. 반면 정제염김치는 저장직후 9.0 log CFU/mL에서 저장 3개월만에 7.3 log CFU/mL로 급격히 감소하였으며, 저장 5개월에 5.4 log CFU/mL로 2종의 천일염김치에 비해 낮은 유산균 생균수를 나타내었다. 천일염 사용 김치내 유산균 중 사용종균의 점유율은 저장직후 90.3-93.0%에서 점점 감소하여 저장 5개월에, 4년 숙성염김치는 71.3%, 1년 숙성염김치는 59.3%를 나타내었다. 이 때 사용종균 외 검출되는 유산균(28.7-40.7%)을 *Lactobacillus* 속과 *Leuconostoc* 속으로 나누어 분석하였을 때 *Lactobacillus* 속과 *Leuconostoc* 속의 검출율은 각각 22.8-34.4%와 5.9-6.3%를 나타내었다. 반면 정제염김치내 종균 점유율은 저장직후 76.4%에서 저장 5개월에 49.8%를 나타내었고, 이 때 사용종균 외 검출되는 유산균(50.2%) 중 *Lactobacillus* 속과 *Leuconostoc* 속의 검출율은 각각 46.9%와 3.3%를 나타내었다. 이상의 결과로부터 4년 숙성염김치의 총유산균수 및 사용종균 점유율이 가장 높으며, 천일염김치(2종)가 정제염김치보다 총유산균과 종균점유율이 더 높음을 알 수 있었다. 또한 5개월 동안의 장기저장시 상대적으로 동종발효유산균(homo-fermentative lactic acid bacteria)인 *Lactobacillus* 속의 점유율이 천일염김치에서 훨씬 낮음을 알 수 있었다. 이와 같은 미생물군총의 변화 패턴은 pH와 산도 변화 실험결과(Fig. 1)와 일치하는 것으로서 김치내 동종발효유산균(*Lactobacillus* 속)의 비율이 높아지는 것은

산도의 증가와 직결되는 결과임을 알 수 있다. 즉, 4년 숙성염김치가 5개월 숙성동안 가장 천천히 시어지고 5개월 때에 가장 낮은 산도를 나타낸 것은 김치내 종균을 포함한 이종발효유산균(hetero-fermentative lactic acid bacteria)의 생균수와 그 점유율이 가장 높은 결과에 기인함을 알 수 있다. 이와 같은 미생물 균총의 변화를 저장기간별로 나누어 분석해보면 저장 1개월차에 김치 시어짐의 가장 큰 영향을 미치는 *Lactobacillus* sp.의 검출률이 정제염김치(32.5%)>1년 숙성염김치(16.8%)>4년 숙성염김치(12.7%) 순으로 정제염김치에서 가장 높은 빈도로 검출되었다. 이와 같은 현상은 저장기간 경과에 따라 가속화되어 저장 5개월에는 정제염김치(46.9%)에서 4년 숙성염김치(22.8%)보다 2배 높은 *Lactobacillus* sp. 균총 검출이 이루어짐을 알 수 있었다. 즉, 젖산 생성능이 더 강하여 김치의 시어짐을 가속화시키는 동종발효유산균 검출률과 상대적으로 젖산 생성능이 약한 종균을 포함한 이종발효유산균 균총의 검출율의 비율이 김치의 저장기간이 장기화될수록 사용소금간 김치에서 확연히 차이가 벌어짐을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 천일염김치가 정제염김치에 비해 김치내 총유산균수와 사용종균의 점유율이 더 높은 것은 Table 1의 소금성분 분석결과와 같이 정제염에 비해 천일염에는 K, Mg, Ca, SO₄와 같은 무기질이 풍부하게 구성되어 있고, 유산균은 생육원으로 이와 같은 무기이온을 필요로 하기 때문에 여겨진다. 즉, 천일염 사용 김치군에서 유산균 생육에 보다 적합한 환경이 형성되므로, 김치발효에 적합한 접종된 유산균종균과 같은 이종발효유산균이 발효초기에 빨리 우점으로 자리잡게 된 것으로 생각되어진다. 이러한 결과는 천일염을 사용한 김치가 정제염사용 김치보다 총균수 및 유산균수가 높게 나타났다는 타 연구 결과(2,5,24)와도 유사한 결과이다. 또한 천일염이라 하더라도 다른 무기이온이 무조

건 많이 존재하는 것 보다는 소금의 숙성기간에 따라 간수 제거와 함께 여러 무기이온의 함량이 더 이상 줄지 않고 평형에 도달하여 NaCl 이외에 다른 무기이온이 적당량 함유된 4년 숙성천일염이 김치발효에 적합하다고 보고(2)된 바와같이 4년 숙성천일염의 성분조성이 김치의 발효와 장기저장에 가장 적합한 것으로 보여진다.

김치내 효모는 4년 숙성염김치의 경우 저장 4개월까지 효모가 검출되지 않았으며, 저장 5개월에 1.3 log CFU/mL의 효모가 검출되었고, 1년 숙성염김치는 저장 1개월부터 저장 5개월까지 1.1-4.7 log CFU/mL의 효모가 검출되었다. 반면 정제염김치의 경우 저장 1개월에 2.1 log CFU/mL가 검출되었으며 저장기간 동안 점점 증가하여 저장 5개월에 5.1 log CFU/mL의 효모가 검출되었다. 이와 같은 효모 검출율은 1개월 이내의 단기저장에서는 김치에서 사용소금별 그 차이가 미미하였으나, 저장기간이 경과될수록 뚜렷한 차이를 나타내어 4년 숙성염김치에서 가장 낮은 효모 검출율을 나타내었다. 김치내 효모는 발효시 알코올 형성과 함께 독특한 풍미를 주는 경우도 있지만, 김치가 시어지는 발효 말기 단계에서는 김치에 풍미를 주기보다는 이취(군내)를 내면서 김치에 산막을 형성하며 펙틴분해효소(pectinesterase, polygalacturonase)를 생성하여 연부현상을 일으킨다고 알려져 있다(25-27). 즉, 김치가 시어지면서 출현빈도가 높아지는 효모는 펙틴분해효소를 분비하여 연부현상을 나타냄으로 결코 긍정적인 현상이 될 수 없다. 본 연구에서 저장기간에 따라 4년 숙성염김치에서는 효모검출이 가장 낮게 나타났으며, 이에 반해 정제염김치는 2종의 천일염김치에 비해 효모수가 높게 검출되었다. 이와 같은 현상은 김치의 장기저장에서 천일염김치가 보다 낮은 산도를 나타내는 것에 따른 연쇄적 결과로서 산도가 낮을수록 김치의 시어짐 현상이 늦어지고, 이에 따라 산도가 높아지는 김치발효 말기단계에

Table 2. Changes in microbial populations of kimchi prepared with three types of salt

Kimchi	Microbial population (log CFU/mL)	Storage period (month)						
		0	1	2	3	4	5	
Four-year-aged solar salt	Total viable cells	9.4±0.04 ¹⁾	8.7±0.12	8.1±0.21	7.5±0.08	7.3±0.14	7.2±0.07	
	Lactic acid bacteria	9.4±0.04	8.7±0.12	8.1±0.21	7.5±0.08	7.3±0.14	7.2±0.07	
	Yeasts	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	1.3±0.21	
	Dominance ²⁾ (%)	GJ7	91.7	87.3	81.8	77.8	73.4	71.3
		<i>Leu</i>	0.0	0.0	0.0	4.6	7.4	5.9
<i>Lb</i>		9.3	12.7	15.2	15.6	19.2	22.8	
One-year-aged solar salt	Total viable cells	9.5±0.76	8.5±0.54	8.0±0.26	7.4±0.08	7.1±0.15	6.9±0.14	
	Lactic acid bacteria	9.5±0.76	8.5±0.54	8.0±0.26	7.4±0.08	7.1±0.15	6.4±0.14	
	Yeasts	0.0±0.0	1.1±0.24	2.3±0.31	3.4±0.12	4.3±0.19	4.7±0.24	
	Dominance (%)	GJ7	90.3	83.2	74.8	65.0	61.4	59.3
		<i>Leu</i>	0.0	0.0	0.0	4.6	5.2	6.3
<i>Lb</i>		9.7	16.8	25.2	30.4	33.4	34.4	
Purified salt	Total viable cells	9.0±0.33	8.3±0.15	7.5±0.26	7.0±0.05	6.4±0.18	6.0±0.11	
	Lactic acid bacteria	9.0±0.23	8.3±0.15	7.3±0.32	6.7±0.12	6.0±0.22	5.4±0.19	
	Yeasts	0.0±0.0	2.1±0.42	3.9±0.45	4.6±0.17	4.9±0.25	5.1±0.19	
	Dominance (%)	GJ7	76.4	67.5	58.6	52.4	50.6	49.8
		<i>Leu</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	3.3
<i>Lb</i>		25.8	32.5	41.4	47.6	45.2	46.9	

Kimchi was fermented at 7°C for 12-21 days and then stored at -1°C. Thus, the acidity of the stored kimchi was 0.5-0.6% at 0 month of storage.

¹⁾Values are mean±SD from triplicate determinations.

²⁾Dominance of GJ7 were among determined by microscope observation in >90% of detected colonies from plates. *Leu*: *Leuconostoc* sp., *Lb*: *Lactobacillus* sp.

서 보다 생육이 왕성해지는 효모생육(28,29)이 다소간 저지되기 때문으로 사료된다.

도를 나타내기 때문으로 사료된다.

색도변화

소금종류에 따른 김치의 저장기간에 따른 색도의 변화를 측정하였다(Table 3). 김치의 명도를 나타내는 L값은 저장기간이 경과함에 따른 변화는 미미한 것으로 나타났다. 김치의 적색도를 나타내는 a값은 모든 김치시료에서 저장기간이 경과함에 따라 유의적($p<0.05$)으로 증가하는 경향을 나타내었으나 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 김치의 황색도를 나타내는 b값은 저장기간이 경과함에 따라 유의적($p<0.05$)으로 수치가 증가하였으며 이와 같은 b값 증가현상은 저장 1개월차에는 미미하였으나, 김치저장기간의 경과에 따라 점점 뚜렷하여 저장 5개월차에는 정제염김치>1년 숙성염김치>4년 숙성염김치 순으로 저장초기에 비교하여 증가폭이 큰 것으로 나타났다. 즉, 4년 숙성염김치가 b값의 변화가 가장 작았으며 정제염김치는 b값 증가폭이 가장 커서 결과적으로 정제염김치가 가장 많이 누렇게 퇴색되어 보이는 현상이 나타났다. 김치의 적색은 고춧가루, 녹색은 배추의 엽록소에 의해 영향을 받고, 숙성과정에서 착색물질의 용출과 분해, pH의 변화에 따른 천연색소의 변화 및 고형분의 분해로 투명도가 증가되어 김치의 색도에 영향을 미친다고 보고된 바 있다(30). 엽록소는 산성에서 쉽게 분해되어 Mg이 이탈되어 pheophytin으로 변화되어 녹색색화 되는데, 김치의 숙성말기에 b값이 증가하는 것은 김치내 생성된 젖산에 의하여 배추의 엽록소를 분해하여 pheophytin을 생성하기 때문으로 알려져 있다(31). 이에 본 실험결과에서 김치의 황색도(b값)가 증가한 것은 저장기간 경과에 따라 김치내 젖산 생산증가와 더불어 배추의 엽록소가 pheophytin으로 변화되어 황녹색을 띠게 되어 증가한 것으로 보여진다. 이와 같은 결과는 Fig. 1에서 보여진 바와 같이 4년 숙성염김치가 가장 낮은 산도를 나타내고 정제염김치가 상대적으로 더 높은 산

경도변화

소금 종류를 달리하여 제조한 김치의 저장기간에 따른 경도변화를 Table 4에 나타내었다. 모든 김치의 경도는 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 저장직후 3종의 김치의 경도는 2,307-2,389 gf으로 비슷한 정도의 경도를 나타내었으며, 저장 1개월에 3종의 김치 모두 경도가 다소 감소하였으나 유의차 없는 범위였다. 그러나 저장 5개월에는 확연한 차이로 경도 감소현상을 나타내어 4년 숙성김치의 경도(1,912.55 gf)가 가장 높고 정제염김치의 경도(1,554.36 gf)가 가장 낮은 것으로 나타났다. 저장초기에서부터 저장 5개월에 이르기까지 경도 차이값을 비교하였을 때 정제염김치와 1년 숙성염김치는 715-753 gf의 차이를 나타낸 반면, 4년 숙성염김치는 477 gf의 차이를 보여, 경도변화에서 4년 숙성염김치가 가장 경도변화가 적은 것으로 나타났다.

배추조직의 경도는 펙틴과 관계가 있으며, 칼슘 및 마그네슘과 같은 다가의 양이온이 존재시 이들 양이온과 펙틴이 결합시 조직의 경도를 증가시키므로 김치의 아삭거림을 증진시킨다고 보고된 바 있다(32-35). 즉 일가의 Na 이온만을 지닌 정제염만으로 절임한 김치보다는 이가의 양이온(Mg, Ca)이 존재하는 천일염으로 절임한 김치가 펙틴 복합체 형성에 보다 더 유리하므로 김치 저장기간이 경과하여도 그 물성변화정도가 낮은 것으로 여겨진다. 또한 김치의 연화현상은 소금의 삼투압에 의한 조직액의 용출과 소금의 침투에 의해 손상된 세포벽에서 이탈된 세포벽 다당류 분해효소의 작용, 김치의 발효말기에 나타나는 효모가 분비하는 펙틴분해효소에 의해 세포벽과 펙틴물질이 분해되어 김치 조직의 연화와 부패가 일어난다고 알려져 있다(35-37). 또한 Table 2의 결과와 같이 미생물학적 측면에서 볼 때 4년 숙성염김치는 사용종류의 우점기간 및 우점율이 높아 저장 4개월까지 효

Table 3. Changes in Hunter's value of kimchi prepared with three types of salt

Hunter's value ¹⁾	Storage period (month)	Kimchi		
		Four-year-aged solar salt	One-year-aged solar salt	Purified salt
L	0	32.24±0.1332 ²⁾	31.95±0.2214	31.01±0.2896
	1	32.17±0.1167	31.77±0.1547	30.98±0.3415
	2	32.33±0.1551	31.87±0.2228	32.44±0.1115
	3	32.41±0.2415	31.99±0.2424	31.45±0.1579
	4	32.51±0.1878	32.00±0.2145	30.21±0.2454
	5	32.63±0.2141	31.98±0.1230	31.78±0.3378
a	0	33.98±0.1325 ^{A3)}	34.51±0.2547 ^A	33.25±0.2525 ^A
	1	34.12±0.2221 ^{Aa}	36.14±0.3145 ^{Ab}	34.98±0.2458 ^{Aa}
	2	37.65±0.1414 ^{AB}	38.47±0.1452 ^B	36.65±0.2227 ^{AB}
	3	38.11±0.1001 ^B	39.45±0.1158 ^B	38.47±0.1589 ^B
	4	38.24±0.1879 ^{Ba}	40.14±0.2008 ^{BCb}	38.27±0.2287 ^{Ba}
	5	38.31±0.2525 ^{Ba}	42.25±0.2698 ^{Cb}	41.36±0.3365 ^{Cb}
b	0	49.32±0.1325 ^{Aa}	48.85±0.1369 ^{Aa}	51.12±0.1245 ^{Ab}
	1	49.68±0.2267 ^{Aa}	49.94±0.1481 ^{Aa}	53.24±0.3652 ^{ABb}
	2	52.14±0.1547 ^{ABa}	53.25±0.3265 ^{Ba}	56.15±0.3326 ^{Bb}
	3	53.60±0.3659 ^{ABa}	56.84±0.2136 ^{BCab}	59.35±0.2178 ^{Cb}
	4	54.84±0.2145 ^{Ba}	58.12±0.2020 ^{Cb}	61.24±0.1781 ^{CDc}
	5	55.63±0.2223 ^{Ba}	60.30±0.1230 ^{Cb}	63.36±0.1659 ^{Dc}

¹⁾L, lightness; a, redness; b, yellowness.

²⁾Values are mean±SD from triplicate determinations.

³⁾Means with different letters in a column (A-D) and a row (a-c) are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 4. Changes in hardness of kimchi prepared with three types of salt

Item	Storage period (month)	Kimchi		
		Four-year-aged solar salt	One-year-aged solar salt	Purified salt
Hardness (gf)	0	2389.35±155.54 ^{1)A2)}	2365.34±328.16 ^A	2307.42±294.58 ^A
	1	2265.41±236.43 ^{Aa}	2142.14±215.43 ^{ABab}	2010.51±322.67 ^{ABb}
	2	2151.27±168.25 ^{ABa}	2022.25±169.34 ^{Bb}	1980.69±124.38 ^{Bc}
	3	2010.39±362.43 ^{ABa}	1997.78±079.28 ^{Bb}	1776.43±074.63 ^{Cc}
	4	1995.49±165.37 ^{Ba}	1877.41±123.65 ^{BCb}	1690.21±111.37 ^{CDc}
	5	1912.55±206.42 ^{Ba}	1650.19±104.74 ^{Cb}	1554.36±127.45 ^{Dc}

¹⁾Values are mean±SD from triplicate determinations.

²⁾Means with different letters in a column (A-D) and a row (a-c) are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

모가 검출되지 않았으나, 1년 숙성염김치는 저장 1개월부터 효모가 검출되었다. 반면 정제염김치는 5개월의 저장기간 동안 다른 2종의 천일염김치에 비해 사용종류의 점유율은 가장 낮고 효모수는 가장 높게 검출되었다. 김치내 높은 효모검출율은 김치의 연부현상을 보다 촉진시킴으로써 김치의 물성 감소에 큰 요인으로 작용한 것으로 여겨진다(16,38).

이와 같은 복합적인 작용으로 김치를 장기저장하였을 때 4년 숙성염김치가 가장 좋은 물성을 나타낸 것으로 보여진다. 즉 김치제조시 천일염 사용이 정제염 사용보다 김치의 저장시 물성 유지에 효과적이며, 천일염 중 4년 숙성염이 가장 효과적인 것으로 보여지며, 이와 같은 현상은 저장기간이 경과함에 따라 보다 더 뚜렷한 차이로 나타나는 것으로 보여진다.

관능검사

저장 2개월과 5개월 되는 시점에 각각 김치의 관능검사를 실시하였다(Table 5). 소금의 종류에 따른 저장 2개월 된 김치(산도 0.76-0.84%)와 5개월 된 김치(산도 0.99-1.14%) 모두 전반적인 기호도는 4년 숙성염김치>1년 숙성염김치>정제염김치 순으로 유의적인 차이를 나타내었다. 즉, 관능적 차이에 있어서 2개월과 5개월 저장된 김치 모두 4년 숙성염김치가 가장 기호도가 높게 평가되었으며 정제염김치가 가장 낮게 평가되었다. 관능적 평가를 항목에 따라 살펴보면, 김치의 외관상 색 및 윤기는 4년 숙성염김치>1년 숙성염 김치>정제염김치 순으로 유의적 차이를 나타내었으며, 김치의 청량감, 군덕내, 신맛에서도 4년 숙성염김치>1년 숙성염김치>정제염김치 순으로 나타났다. 또한 김치의 아삭거림을 나타내는 조직감에 있어서도 4년 숙성염김치>1년 숙성염김치>정제염김치 순으로 유의적 차이를 나타내었으며 이는 Table 4의 경도 측정 결과와 일치하였다. 저장기간에 따른 관능적 평가결과는 2개월 저장된 김치보다 5개월 저장된 김치에서 전반적인 기호도 점수가 낮게 평가되었다.

이전의 연구들에서 김치제조시 정제염보다 천일염 사용군이 단기저장 동안 관찰하였을 때 관능평가를 포함한 여러 실험항목에서 그 품질 특성이 더 우수하다는 많은 보고가 있었으며(1,2,5,7), 본 연구를 통하여 이와 같은 소금에 따른 김치품질특성 차이는 1개월 이내의 단기저장에서보다 5개월 이상의 장기저장에 따라 점점 더 확연한 차이를 나타냄을 알 수 있다. 김치나 장류를 주요한 부식으로 이용해온 우리나라 식습관에서, 예전에는 현대보다 훨씬 많은 양의 김치나 장류의 담금과 함께 보다 더 오랜 기간의 저장이 각 가정에서 이루어져 왔다. 우리나라 민간에서는 전통적으로 김치나 장류 제조시 3년 이상 숙성된 천일염을 사용해야 한다는 속설이 있다. 본 연구는 민간에서의 이와 같은 경험에 의거한 지식과 그 지식의 대물림 전통방식에 대한 과학적 근거를 제시한 연구결과이다.

요 약

천일염이 김치의 품질에 미치는 직접적인 영향을 규명하기 위해 발효조건(김치 원·부재료, 발효미생물, 발효온도 및 기간 등)을 동일하게 하여주고, *L. citreum* GJ7을 종균으로 사용하여 김치내 미생물 제어를 통한 원·부재료내의 토착미생물의 변수를 최소화한 환경하에서 사용된 소금에 따른 차이가 김치의 저장기간 중 김치품질특성에 미치는 영향을 조사하였다. 사용소금의 성분분석결과 NaCl 함량은 1년 숙성 천일염보다 4년 숙성 천일염에서 더 높았고, 수분과 SO₄ 및 무기양이온(Mg, K, Ca)은 4년 숙성 천일염보다 1년 숙성 천일염이 더 높게 나타나, 소금의 숙성에 따라 간수가 제거됨으로써 이러한 현상이 나타나는 것으로 보였다. 천일염 2종(4년 숙성염, 1년 숙성염) 및 정제염을 사용하여 제조된 김치는 발효하여 산도가 0.5-0.6%에 이르렀을 때 -1°C에 보관하면서 5개월 동안 김치품질 특성을 조사하였다. 막 담근 김치에서 알맞게 김치가 익는데(산도 0.5-0.6%) 소요되는 시간은 정

Table 5. Sensory properties of kimchi prepared with three types of salt

Storage period (month)	Kimchi	Color	Gloss	Carbonated mouthfeel	Bitterness	Sourness	Moldy flavor (off flavor)	Texture	Overall acceptability
2	Four-year-aged solar salt	4.4±0.52 ^{1)ab2)}	4.0±0.47 ^a	4.0±0.47 ^a	4.0±0.47 ^a	4.2±0.43 ^a	4.3±0.48 ^a	4.3±0.48 ^a	4.3±0.48 ^a
	One-year-aged solar salt	3.3±0.68 ^b	3.7±0.48 ^a	3.2±0.63 ^b	3.1±0.74 ^b	3.1±0.62 ^b	3.4±0.84 ^b	3.3±0.68 ^b	2.9±0.74 ^b
	Purified salt	3.1±0.73 ^c	2.0±0.67 ^b	1.9±0.57 ^c	2.4±0.70 ^b	3.0±0.62 ^b	2.2±0.79 ^c	2.1±0.57 ^c	1.8±0.42 ^c
5	Four-year-aged solar salt	3.9±0.74 ^d	3.9±0.57 ^a	3.8±0.42 ^a	3.8±0.63 ^a	3.6±0.52 ^a	4.1±0.32 ^a	4.0±0.82 ^a	4.1±0.32 ^a
	One-year-aged solar salt	3.2±0.637 ^b	3.6±0.52 ^b	3.1±0.57 ^b	2.9±0.74 ^b	2.9±0.88 ^b	3.3±0.82 ^b	3.1±0.74 ^b	2.8±0.63 ^b
	Purified salt	1.5±0.53 ^c	1.5±0.53 ^c	1.7±0.48 ^c	2.3±0.82 ^b	2.3±0.82 ^b	2.4±0.70 ^b	1.9±0.74 ^c	1.6±0.52 ^c

¹⁾Values are mean±SD from triplicate determinations.

²⁾Means with different letters in the same column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

제염김치가 천일염김치보다 더 오래 걸리지만, 알맞게 익은 김치를 장기저장시(5개월)에는 정제염김치가 가장 빨리 그리고 제일 많이 시어지고, 4년 숙성염김치가 같은 기간내에 가장 덜 시어진다는 것을 알 수 있었다. 김치내 총균수 및 유산균수는 4년 숙성염김치가 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 1년 숙성염김치 그리고 정제염김치순으로 나타났다. 김치 저장 5개월에 사용 중균을 포함한 이중발효유산균의 점유율은 4년 숙성염김치가 77.2%, 1년 숙성염김치는 65.6%, 정제염김치는 53.1%로 4년 숙성염김치가 가장 높게 나타났으며, 김치연부를 일으키는 효모는 4년 숙성염김치에서 가장 낮게(1.3 log CFU/mL), 정제염김치에서(5.1 log CFU/mL)로 가장 높게 나타났다. 즉, 김치의 품질특성에 바람직한 영향을 미치는 중균을 포함한 이중발효유산균 균총의 검출율과 그렇지 못한 동종발효유산균과 효모의 검출률 비율이 김치의 저장기간이 장기화될수록 사용소금간 김치에서 확연히 차이가 벌어짐을 확인할 수 있었다. 김치의 색도변화에서는 황색도(b값)가 저장기간이 경과함에 가장 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 정제염김치의 증가폭이 가장 크게 나타났다. 저장 기간에 따른 경도변화에 있어서 4년 숙성염김치가 가장 견고하였으며 정제염김치의 경도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 또한 2개월, 5개월 동안 저장한 김치의 관능검사결과 4년 숙성염김치가 가장 높게 평가되었으며 정제염김치가 가장 낮게 평가되었다. 이와 같은 소금에 따른 김치품질특성 차이는 1개월 이내의 단기저장에서보다 5개월 이상의 장기저장에 따라 점점 더 확연한 차이를 나타냄으로서 4년 숙성염이 발효 김치의 장기저장에 가장 적합한 것으로 나타났다.

References

- Kim HR, Kim MR. Effects of traditional salt on the quality characteristics and growth of microorganisms from kimchi. *Korean J. Food Culture* 25: 61-69 (2010)
- Chang JY, Kim IC, Chang HC. Effect of solar salt on the fermentation characteristics of kimchi. *Korean J. Food Preserv.* 18: 256-265 (2011)
- Lee HM, Lee WK, Jin JH, Kim IC. Physicochemical properties and microbial analysis of Korean solar salt and flower of salt. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1115-1124 (2013)
- Kim JH. Minimization of hazard management and process standardization for the safety salted-cabbage production. MS thesis, Pukyong National University, Pusan, Korea (2012)
- Kim SJ, Kim HL, Han KS. Characterization of kimchi fermentation prepared with various salts. *Korean J. Food Preserv.* 12: 395-401 (2005)
- Chang MS, Cho SD, Bae DH, Kim GH. Safety and quality assessment of kimchi made using various salts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 160-164 (2010)
- Chang MS, Cho SD, Kim GH. Physicochemical and sensory properties of kimchi (Korean pickled cabbage) prepared with various salts. *Korean J. Food Preserv.* 17: 30-35 (2010)
- Lee IS, Kim HS, Kim HY. Quality characteristics of *baechu* kimchi prepared with domestic and imported solar salts during storage. *Korean J. Food Cookery Sci.* 28: 363-374 (2012)
- Cha SY. The study of fermentation temperature conversion of winter kimchi for the long-term storage at kimchi refrigerator. MS thesis, Pusan National University, Pusan, Korea. (2011)
- Lee EH, Lee MJ, Song YO. Comparison of fermentation properties of winter kimchi stored for 6 months in a kimchi refrigerator under ripening mode or storage mode. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1619-1625 (2012)
- Chang JY, Chang HC. Improvements in the quality and shelf life of kimchi by fermentation with the induced bacteriocin-producing strain, *Leuconostoc citreum* GJ7 as a starter. *J. Food Sci.* 75: 103-110 (2010)
- Chang JY, Chang HC. Growth inhibition of food-borne pathogen by kimchi prepared with bacteriocin-producing starter culture. *J. Food Sci.* 76: 72-78 (2011)
- Chang JY, Lee HJ, Chang HC. Identification of the agent from *Lactobacillus plantarum* KFRI 464 that enhances bacteriocin production by *Leuconostoc citreum* GJ7. *J. Appl. Microbiol.* 103: 2504-2015 (2007)
- MFDS. Korean Food Standard Code. Korean Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2013)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Method 942.15. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
- Lee CW, Ko CY, Ha DM. Microfloral changes of the lactic acid bacteria during kimchi fermentation and identification of the isolates. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 20: 102-109 (1992)
- 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)
- Kim KM, Kim IC. The physical and chemical properties of salt manufactured by new process with brine produced in Korean salt-farms. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1664-1672 (2013)
- Ha JO, Park KY. Comparison of mineral contents and external structure of various salts. *Korean J. Food Sci. Nutr.* 27: 413-418 (1998)
- Park JW, Kim SJ, Kim SH, Kim BH, Kang SG, Nam SH, Jung ST. Determination of mineral and heavy metal contents of various salts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 1442-1445 (2000)
- Seo JH, Kim HJ, Lee SP. Evaluation of the chemical compositions of sola salts produced in Korea. *Korean J. Food Preserv.* 19: 554-559 (2012)
- Shin TS, Park CK, Lee SH, Han KH. Effects of age on chemical composition in sun-dried salts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 312-317 (2005)
- Han GJ, Son AR, Lee SM, Jung JK, Kim SH, Park KY. Improved quality and increased *in vitro* anticancer effect of kimchi by using natural sea salt without bittern and baked (guwun) salt. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 996-1002 (2009)
- Hahn YS. Effects of salt type and concentration on the growth of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 743-747 (2003)
- Kim SD, Kim KH, Oh YA. Effects of yeast addition during salting and preparation on fermentation of kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 1077-1085 (1998)
- Chang HW, Kim KH, Nam YD, Roh SW, Kim MS, Jeon CO, Oh HM, Bae JW. Analysis of yeast and archaeal population dynamics in kimchi using denaturing gradient gel electrophoresis. *Int. J. Food Microbiol.* 126: 159-166 (2008)
- Dinh HL, Kyung KH. Inhibition of yeast film formation in fermented vegetable by materials derived from garlic using cucumber pickle fermentation as a model system. *Food Sci. Biotechnol.* 15: 469-473 (2006)
- Kim HJ, Kang SM, Yang CB. Effects of yeast addition as starter on fermentation of kimchi. *Korean J. Food Sci.* 29: 790-799 (1997)
- Han YS, Kwon MK, Hyun YH, Song JE, Oh JY. Effects of kinds and concentration of salts on the growth of yeasts isolated from kimchi. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 11: 393-399 (2001)
- Yoo MJ. Quality properties of the low-temperature and long-term fermented kimchi during fermentation. PhD thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea (2002)
- Gnanasekharan V, Shewfert RL, Chinnan MS. Detection of color changes in green vegetables. *J. Food Sci.* 57: 149-154 (1992)
- Buescher RW, Hudson JM, Adams JR. Inhibition of polygalacturonase softening of cucumber pickles by calcium chloride. *J. Food Sci.* 44: 1786-1787 (1979)
- Choi YM, Whang JH, Kim JM, Suh HJ. The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf-life of kimchi. *Food Control* 17: 695-699 (2006)
- Park IK, Kim SH, Kim SD. Effect of initial temperature of salt solution during salting on the fermentation of kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 747-753 (1996)
- Park MW, Park YK. Changes of physicochemical and sensory

- characteristics of *Oiji* (Korean pickled cucumbers) prepared with different salts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 419-424 (1988)
36. Chang KS, Kim MJ, Kim SD. Effect of ginseng on the preservability and quality of Chinese cabbage kimchi. J. Korean Soc. Food Nutr. 24: 313-322 (1995)
37. Rhee HS. The measurement methods of the textural characteristics of fermented vegetables. Korean J. Soc. Food Sci. 11: 83-91 (1995)
38. Hwang IJ, Yoon EJ, Hwang SY, Lee CH. Effect of K-sorbate, salt-fermented fish and CaCl₂ addition on the texture changes of chinese cabbage during kimchi fermentation. Korean J. Food Culture 3: 309-317 (1988)