

Effect of Solar Salt on the Fermentation Characteristics of Kimchi

Ji Yoon Chang¹, In Cheol Kim² and Hae Choon Chang^{1*}

¹Department of Food and Nutrition, Kimchi Research Center, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

²Department of Food Engineering, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

천일염이 김치발효에 미치는 영향

장지윤¹ · 김인철² · 장해춘^{1*}

¹조선대학교 식품영양학과·김치연구센터

²목포대학교 식품공학과

Abstract

To investigate the effect of a solar salt on Kimchi fermentation, Chinese cabbages were brined with four-years aged solar salt (FS), one-year aged solar salt (OS), and purified salt (PS). The Kimchi was fermented at 7°C for 33 days. The changes in pH and acidity of the Kimchi brined with PS was slower than those of Kimchis brined with FS and OS. In the Kimchis with FS and OS, lactic acid bacteria (LAB) counts increased from 7.10~7.22 log CFU/mL at 0 day to 9.26~9.42 log CFU/mL at 12 days, after which counts slightly decreased to 8.04~8.75 log CFU/mL by 33 days of fermentation. The LAB counts of the kimchi with PS slowly increased from 7.24 log CFU/mL at 0 day to 8.99 log CFU/mL at 27 days, after then which counts sharply decreased to 7.92 log CFU/mL by 33 days of fermentation. Yellowness (b) color values of the kimchi with PS (59.10) was higher than the Kimchi with FS (53.68) and the Kimchi with OS (53.77). Hardness of the Kimchi with FS was more firm than the other Kimchis after 33 days storage. Sensory evaluation of the Kimchi with FS showed higher score than that of the other Kimchis.

Key words : solar salt, kimchi, fermentation, aging period of salt

서 론

김치는 우리나라 고유의 염장발효식품으로 비타민, 무기질이 풍부한 영양학적 우수성뿐만 아니라 항암효과, 항산화효과, 면역증강효과, 변비예방 효과 등을 가진 식품으로 알려지고 있다(1-3). 김치발효가 진행됨에 따른 미생물 군총 변화는 발효초기에 호기성 세균인 *Achromobacter* 속과 *Bacillus* 속 등이 우점종으로 나타난다(4). 이어서 이종젖산발효균(heterofermentative lactic acid bacteria)속이 우세하게 증식하여 lactic acid, acetic acid 및 탄산가스의 생산으로 김치를 산성화시키며 이후 발효가 계속 진행됨에 따라 보다 더 산에 내구성이 큰 동종젖산발효균(homofermentative lactic acid bacteria)이 증식한다(5,6). 이 시기부터는 과도한 산 생성으로 발효발기의 산패를 유도하며 산막효모가 번식

하여 연부현상이 나타나 김치의 맛과 품질을 저하시킨다(6).

일반적으로 김치의 발효를 주도하는 김치유산균의 경우 소금농도 3.0~4.0% 이하에서 산 생성과 생육이 우세한 것으로 알려져 있는데, 김치에서 소금의 역할은 삼투작용에 의한 보존성의 증가로 김치의 유해미생물 생육을 억제할 뿐만 아니라, 내염성의 발효유산균이 선택적으로 성장할 수 있도록 조절해 주는 역할을 하고 있다(7). 현재 국내에서 유통되고 있는 식탁용 소금은 KS 규격에 따라 크게 천일염과 정제염으로 나누어지고, 정제염은 기계염과 가공염으로 분류되고 있다(8). 천일염은 염전에 해수를 유입하여 결정 석출시킨 소금을 말하며, 정제염은 해수를 이온교환막에 전기투석시켜 정제한 것이며, 재제염은 원료소금(100%)을 정제수, 해수 또는 해수농축액 등으로 용해, 여과, 침전, 재결정, 탈수, 염도조정 등의 과정을 거쳐 제조한 소금을 말한다(9). NaCl의 함량이 95.0% 이상인 정제염(9)과 달리 천일염은 NaCl을 주성분으로 Ca, Mg, K 등의 많은 무기질

*Corresponding author. E-mail : hcchang@chosun.ac.kr
Phone : 82-62-230-7345, Fax : 82-62-222-8086

이 함유되어 있어 소금을 첨가한 김치, 장류, 젓갈 등의 발효미생물 생육과 발효과정에서 무기물의 공급원이기도 한다(10-12). 또한 배추를 천일염에 절이게 되면 소금성분 중 Mg이나 Ca가 배추의 펙틴과 결합하여 아삭아삭한 맛을 더해지게 된다(13,14). 따라서 김치에서 배추의 조직감 및 유산균에 대한 소금의 영향은 각기 다르며 소금의 종류나 농도에 따라서 그 영향이 달라질 수 있다(15,16).

현재 국내에서 제조되고 있는 김치는 천일염과 정제염, 수입산염 등이 이용되고 있으며, 소금종류에 따른 김치의 품질특성에 대한 연구가 몇몇 보고(10,12,17)된 바 있으며, Kim 등(12)의 연구에서는 천일염을 이용하여 제조한 김치의 경우 산도의 변화 및 총균수에 대한 생육양상이 정제염(기계염)보다 김치발효에 효과적인 것으로 보고하였다. 그러나 김치는 비살균 발효식품으로서 원·부재료, 소금의 농도, 발효미생물, 발효온도 및 기간 등의 발효조건에 따라 배변 김치발효가 다르게 일어남으로 천일염이 김치에 미치는 직접적인 영향에 대한 연구로는 미미한 실정이다. 종래 광물로 분류되어 식품산업에서는 사용할 수 없었던 천일염이 2008년 3월 ‘염관리법’ 개정에 의해 식품으로 인정되어 식품산업에서 천일염의 사용이 전면 허용되었다(18). 그러나 민간에서는 전통적으로 오랜 세월동안 전통발효식품에 천일염을 사용하여 왔으며 이에 천일염이 전통발효식품의 특성에 미치는 영향을 보다 객관적으로 규명하는 연구가 절실히 요구되고 있다.

김치는 자연발효식품이므로 원·부재료내의 토착미생물에 의하여 발효가 이루어지고 발효조건(원·부재료, 소금 농도 및 발효온도)을 동일하게 적용하여도 김치의 발효미생물의 생육양상은 배변 김치 담금시마다 달라지고 이에 따라 김치 맛이 조금씩 달리 나타나게 된다. 따라서 천일염이 김치의 품질에 미치는 영향을 보다 명확히 규명하기 위해서는 우선 소금을 제외한 다른 발효조건들을 일정한 조건으로 동일하게 적용시켜주어야 한다. 이에 본 연구팀은 전보에서 감수성균주 *Lactobacillus plantarum*을 이용하여 박테리오신 생성능이 강화된 *Leuconostoc citreum* GJ7이 김치발효특성을 일정하게 유지시켜 줄 수 있는 김치종균으로 적용 가능함을 보고한바 있다(19,20). 이에 본 연구에서는 전보(19,20)의 김치발효의 종균 적용기술을 도입하여 김치의 발효조건(김치 원·부재료, 발효미생물, 발효온도 및 기간 등)을 동일하게 하여주고, 이때 사용된 소금(천일염, 정제염)만을 달리하여 천일염 및 정제염에 따른 차이가 김치의 발효속성 중 김치품질특성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

배추절임 및 김치제조

김치제조 시 배추절임에 사용된 소금은 정제염(purified

salt; H사, Ulsan, Korea)과 천일염으로는 1년 숙성하여 간수를 제거한 1년 숙성 천일염(one-year aged solar salt; S사, Muan, Korea)과 4년 숙성하여 간수를 제거한 4년 숙성 천일염(four-years aged solar salt; C사, Shinan, Korea)을 사용하였다. 김치제조에 사용된 종균으로는 Chang 등(19-21)에 의해 보고된 바와 같이 감수성균주 *Lb. plantarum* KFRI 464의 세포내 분획으로 박테리오신 생성능을 강화시켜 배양된 *Leuc. citreum* GJ7을 사용하였다. 배추는 4등분하여 16.6% (w/v)의 천일염 용액과 10% (w/v) 정제염 용액에 각각 5~6시간 절이고, 흐르는 물에 3회 세척한 후 4°C에서 5시간 탈수하였다. 김치 양념은 고춧가루, 무, 파, 마늘, 생강, 젓갈, 참쌀풀(2.7 g: 1.22 g: 1.33 g: 1.33 g: 0.5 g: 4.06 g: 6.1 g) 등의 부재료를 혼합하여 제조하였으며, 절임배추 100 g 당 21 g의 김치 양념을 혼합하여 김치를 제조하였다. 제조된 김치의 염도는 절임에 사용된 각각의 소금을 사용하여 최종염도 2.2~2.4% (w/v)가 되도록 하였다. 준비된 김치 종균 *Leuc. citreum* GJ7 배양액(19,20)은 원심분리(9,950 × g, 15 min, 4°C) 후 멸균수로 2회 세척하여 김치 양념에 혼합하였으며, 종균점종량은 김치 1 g당 약 10⁷ CFU가 되도록 첨가하였다. 제조된 김치들은 1 kg씩 pouch pack (polyethylene resin)에 담아 7°C에서 33일간 저장하면서 3일 간격으로 사용소금에 따른 김치의 발효특성을 조사하였다. 본 실험에 사용한 김치는 반복실험을 위하여 3번 각기 제조하여 시료로 사용하였다.

소금의 성분분석

소금에 존재하는 무기질을 분석하기 위하여 김치제조에 사용된 천일염 두 종(1년 숙성염, 4년 숙성염)과 정제염을 증류수에 0.1% (w/v) 되도록 녹인 다음 0.45 μm syringe filter (Advantec, Bunkyo, Japan)로 여과한 후 분석시료로 사용하였다. 음이온 분석은 이온크로마토그래피(Compact IC 790, Metrohm, Herisau, Switzerland)를 이용하였고, 무기질 분석은 유도결합 플라즈마 원자방출 분광계(Agilent 7500 Series, Agilent, Palo Alto, USA)로 분석하였다. 이 중 Ca, K, Mg, Na는 원자 흡광광도계(Hitachi Z-2300, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하였다. 소금의 수분은 105°C 상압건조법(22)으로 분석하였다.

pH, 산도, 염도 및 색도 측정

김치는 hand blender (HHM-600, Hanil, Seoul, Korea)로 2분간 마쇄하여, 3겹의 멸균거즈를 사용하여 여과한 김치액을 실험에 사용하였다. 김치액의 pH는 pH meter (Denver, Arvada, USA)를 사용하여 실온에서 측정하였고, 산도는 AOAC법(22)에 의해 김치액 10 mL를 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.3까지 중화시키는데 소비된 0.1 N NaOH의 소비량으로 정의하였으며 lactic acid (% (w/w))로 표시하였다. 김치액의 색도는 색차계(CM-3500d, Konica minolta, Tokyo,

Japan)를 이용하여 측정된 후 Hunter's scale L (lightness), a (redness), b (yellowness) 값으로 표시하였다.

미생물 균총 분석

김치 내 미생물을 분석하기 위해 사용한 배지로 총균수는 PCA (Plate Count Agar, Merck, Dann stadt, Germany) 배지, 젖산균수는 MRS (de Man, Rogosa and Sharpe: Difco, Sparks, USA) 고체배지와 CaCO₃가 2% 함유된 MRS 고체배지, 효모는 YPD (Yeast Peptone Dextrose: Difco) 고체배지, 그리고 곰팡이는 PDA (Potato Dextrose Agar: Difco) 배지를 사용하였다. 김치는 마쇄하여 멸균거즈로 거른 김치여액을 0.1% peptone water로 10배씩 희석하고, 각각의 평판배지에 50~80개의 집락이 형성되도록 도말하여 30°C와 37°C에서 2~3일간 배양하였다. 형성된 집락 중 무작위로 50개 이상의 집락을 선택하여 *Leuc. citreum* GJ7 (19,20)의 점유율을

조사하였다. *Leuc. citreum* GJ7 종균의 식별은 Chang과 Chang (19,20)의 방법에 따라 시행하였다. 우선 배지에 형성된 집락의 특징을 관찰하고, 미생물을 현미경으로 검경하여 형태를 관찰하였다. 이 중 *Leuc. citreum* GJ7와 같은 coccus 형태를 갖는 집락을 1차적으로 선택한 후 API 50CHL kit (Biomérieux, France)을 이용하여 *Leuc. citreum* GJ7과 같은 당 대사능을 보이는 균주를 2차적으로 판정하였다. *Leuc. citreum* GJ7의 최종판정은 선별균주의 16S rRNA의 염기서열(1,409 bp)이 *Leuc. citreum* GJ7과 동일한 균주로 하였다.

경도 측정

김치의 경도는 Texture Analyzer (TA-XT Plus, Stable Microsystems, Godalming, UK)를 사용하였다. 배추하단으로부터 9 cm 부위의 두께가 4~5 mm인 김치를 3×3 cm로

Table 1. Anion and mineral contents of purified salt and solar salt

Element	Four-years aged solar salt		One-year aged solar salt		Purified salt		
	Content (mg/kg)	Ratio (%)	Content (mg/kg)	Ratio (%)	Content (mg/kg)	Ratio (%)	
Anion	Cl	575,171.00±1,794.63	56.96	469,336.00±1,652.51	56.23	566,720.00±6,561.95	59.32
	Br	421.50±7.78	0.04	472.04±1.51	0.06	145.00±0.00	0.02
	SO ₄	13,814.50±218.50	1.37	21,961.60±203.72	2.63	0.00±0.00	0.00
Cation	Na	413,190.00±16,772.57	40.91	330,235.00±12,042.03	39.56	388,050.00±10,394.47	40.62
	Mg	3,895.55±141.35	0.39	8,247.70±401.50	0.99	17.60±0.15	0.00
	K	1,511.45±91.57	0.15	2,554.2±160.94	0.31	386.50±13.15	0.04
	Ca	1,724.65±240.48	0.17	1,659.60±45.04	0.19	26.47±11.47	0.00
	Li	0.35±0.03	0.00	0.97±0.27	0.00	0.02±0.01	0.00
	Al	0.56±0.02	0.00	18.55±7.62	0.00	0.32±0.16	0.00
	Cr	0.01±0.00	0.00	1.77±0.69	0.00	0.00±0.00	0.00
	Mn	3.67±0.11	0.00	2.99±0.45	0.00	0.18±0.01	0.00
	Fe	0.01±0.00	0.00	54.83±42.79	0.01	0.00±0.00	0.00
	Ni	0.00±0.00	0.00	1.16±0.28	0.00	0.00±0.00	0.00
	Cu	0.87±0.13	0.00	2.32±1.47	0.00	7.19±0.17	0.00
	Zn	0.00±0.00	0.00	50.23±14.32	0.01	5.46±0.46	0.00
	As	0.06±0.04	0.00	0.25±0.14	0.00	0.41±0.01	0.00
	Se	0.00±0.00	0.00	0.00±0.00	0.00	0.36±0.07	0.00
	Sr	56.87±10.98	0.01	70.87±0.13	0.01	0.38±0.00	0.00
	Ag	0.01±0.00	0.00	0.08±0.00	0.00	0.01±0.00	0.00
	Cd	0.01±0.00	0.00	0.03±0.00	0.00	0.01±0.01	0.00
Hg	0.00±0.00	0.00	0.04±0.01	0.00	0.00±0.00	0.00	
Pb	0.07±0.03	0.00	0.58±0.16	0.00	0.04±0.00	0.00	
Total	1,009,791.07±19,278.22		834,670.23±14,575.58	100.00	955,596.01±3,834.42	100.00	
NaCl (%)	85.79±0.25		82.29±0.32		98.6±0.17		
Moisture (%)	10.76±0.36		12.51±0.07		0.01±0.00		

Values are means±SD from duplicate determinations.

절단한 후 측정하였다. 측정조건은 중심부를 지름 5 mm인 stainless probe로 시료 두께의 65%까지 관통하면서 받는 최대 힘으로 표시하였다. 이 때 probe는 P2 5 mm cylinder probe를 사용하였고, test speed는 1.0 mm/sec, travel distance는 65%, load cell은 5 kg 조건으로 측정하였다. 각 실험군 당 5개의 시료를 측정하여 측정치가 가장 높거나 가장 낮은 것을 제외한 3개를 평균 내어 그 값을 나타내었다.

관능평가

절임소금을 달리하여 제조된 김치의 관능적인 특징 및 기호도 평가는 미리 훈련된 조선대 식품영양학과 대학원생 10명이 3차례에 걸쳐 실시하였다. 관능에 사용한 김치는 제조 후 7°C에서 산도 0.5~0.6%에 도달한 김치를 -1°C 김치냉장고(Dimcha DD-1827DFB, Winiamando, Asan, Korea)에서 10일간 후숙성한 것을 사용하였다. 평가항목으로는 맛(청량감, 쓴맛, 신맛), 냄새(균덕내), 조직감(아삭함), 외관으로는 색깔과 윤기, 그리고 전반적인 기호도(overall acceptability)로 나누어 5점 척도법(1:매우 싫다, 2:싫다, 3:보통, 4:좋다, 5:아주 좋다)을 사용하였다.

통계처리

자료분석은 SPSS 17.0 statistics 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였으며, 각 변수에 대해 One-way ANOVA를 이용하였다. 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 적용하였으며, 가설검증 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

소금의 성분분석

105°C 상압건조법으로 실험에 사용된 소금의 수분함량을 분석하였다(Table 1). 1년 숙성 천일염은 $12.51 \pm 0.07\%$, 4년 숙성 천일염의 수분함량은 $10.76 \pm 0.36\%$, 정제염은 $0.01 \pm 0.00\%$ 로 1년 숙성 천일염의 수분함량이 가장 높았으며 정제염은 거의 수분이 존재하지 않았다. 이온크로마토그래피에 의한 소금내 무기질을 분석한 결과 Table 1에 보여지는 바와 같이 소금의 음이온 중 Cl은 정제염에서 가장 높게 검출되었다. 음이온 중 SO_4 는 정제염에서는 검출되지 않았으나 두 종류의 천일염(1년 숙성 천일염, 4년 숙성 천일염)에서는 Cl을 제외한 주요한 음이온으로서 검출되었다. 해수 중의 염은 일반적으로 NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, K_2SO_4 , $CaCO_3$, MgBr 순으로 조성되어 있어 Cl 음이온 다음으로 SO_4 가 대부분을 차지하고 있다고 알려진 바(23)와 동일한 결과로 나타났다. 모든 소금시료에서 양이온으로는 Na의 함량이 가장 높은 비중을 차지하였다. Na 다음으로 정제염의 양이온으로는 K이 386.50 mg/kg , Ca은 26.47

mg/kg , Mg은 17.60 mg/kg 으로 미량 검출되었다. 정제염과는 달리 1년 숙성 천일염과 4년 숙성천일염에서는 Mg은 $8,247.70 \text{ mg/kg}$, $3,895.55 \text{ mg/kg}$, K은 $2,554.20 \text{ mg/kg}$, $1,511.45 \text{ mg/kg}$ 그리고 Ca은 $1,659.60 \text{ mg/kg}$, $1,724.65 \text{ mg/kg}$ 검출되어 Na을 제외한 양이온 중 높은 함량으로 나타났다.

4년 숙성 천일염과 1년 숙성 천일염의 차이는 양이온분석에서 4년 숙성 천일염에서는 Mg, K, Fe, Zn, Li, Al, Cu 이온 함량이 1년 숙성 천일염보다 낮았으며, Na 이온의 함량이 더 높게 나타났으며 Ca 이온도 다소 높게 나타났다. 음이온 분석에서는 Cl 이온이 4년 숙성 천일염이 1년 숙성 천일염보다 함량이 더 높게 나타나고 SO_4 의 함량은 오히려 줄어든 양상을 나타내었다. 이와 같은 현상은 염전에서 채염 후 숙성기간이 경과함에 따라 간수가 점차 빠져나가며 이와 함께 수분과 각종 양이온의 함량이 감소하고 이에 따라 상대적 NaCl의 함량이 증가하는 것으로 보여진다. 무기양이온 중 Mg, K은 쓴맛을 나타내며 Fe이나 Al는 모든 발효식품의 발효에 좋지 못한 향미, 색을 부여함으로 발효식품 제조시 사용 용수나 부재료에 혼입을 꺼리는 물질이다(24). 이와 같은 물질이 천일염의 숙성기간이 경과함에 따라 일정량 이하로 감소하는 현상이 관찰되었다. 음이온의 변화를 살펴보면 Cl 이온은 증가하고 SO_4 이온은 감소하는 것으로 나타났다. Cl 이온은 쓴맛을 mellow palate로 바꾸어 주며 SO_4 는 쓴맛을 부여하는 것으로 알려져(24) 천일염이 숙성기간이 경과함에 따라 이와 같은 무기이온들의 함량변화로 좋지 않은 맛이 순화되는 것으로 생각되어진다.

이상의 결과에서 보여지는 바와 같이 천일염은 정제염에 비해 Na와 Cl을 제외한 무기이온이 많이 존재하며 이와 같은 무기이온들 중 Mg, K, Ca 등은 혈압을 낮추는 효과가 있다고 알려져 있는데(5), 특히 K은 혈관확장효과, aldosterone, rennin 분비 저해, angiotensin II의 기능 억제작용이 있으며, Ca과 Mg은 혈압의 항상성 유지와 관련 있다고 보고된바 있다(25). 또한 Mg은 P나 Ca와 함께 인체의 기능을 유지시켜주는 무기질로 알려져 있으며(23,26), 소금의 쓴맛에 영향을 미치지만 숙성에 의해 간수를 제거함으로써 감소되어 지며(8), 본 연구에 사용된 소금에서도 1년 숙성 천일염과 4년 숙성 천일염의 함량변화를 관찰할 수 있었다. 이 밖에도 식품공전(9)에 명시된 중금속 가운데 Hg는 4년 숙성 천일염과 정제염에서는 전혀 검출되지 않았으며, 1년 숙성 천일염에서는 0.04 mg/kg 으로 규격(1 mg/kg) 이하로 검출되었다. 또한 As, Cd, Pb의 경우에도 각각의 규격(As, Cd, Pb: 0.5, 0.5, 2.0 mg/kg) 이하로 검출되었다.

pH 및 산도의 변화

정제염, 1년 숙성 천일염, 4년 숙성 천일염 등 총 3종류의 소금을 이용하여 배추를 절임 후 *Leuc. citreum* GJ7을 사용하여 제조한 중간김치를 7°C에서 발효기간에 따른 pH 및

산도의 변화를 측정하였다(Fig. 1). 발효기간이 경과함에 따라 김치의 pH는 모두 감소하고, 산도는 증가하는 경향을 나타내었다. 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치의 pH 변화는 비슷하였으며, 제조직후 pH 5.94, pH 5.95에서 발효기간이 경과함에 따라 서서히 감소하여 발효 12일에 pH 4.82, pH 4.88, 발효 33일에는 pH 3.98, pH 3.95를 나타내었다. 정제염 김치의 제조직후 pH는 5.93에서 발효 18일에 pH 5.26으로 서서히 감소하다가 이후 급격히 감소하여 발효 21일에 pH 4.73, 발효 33일에는 pH 3.89로 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치에 비해 더 저하되었다.

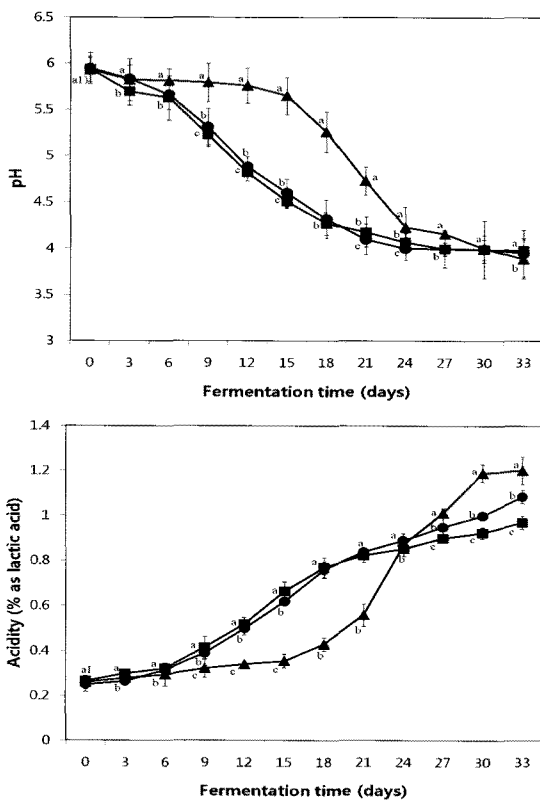


Fig. 1. pH and acidity changes of kimchi during fermentation at 10°C.

■: four-years aged solar salt-kimchi, ●: one-year aged solar salt-kimchi, ▲: purified salt-kimchi. Values are mean±SD from triplicate determinations. Different superscripts indicate significant differences at p<0.05 on the same day by Duncan's multiple range test.

산도측정에서는 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치의 산도 변화는 비슷하였으며, 제조직후 산도 0.26%, 0.25%에서 발효 12일에 산도 0.52%, 0.50%를 발효 33일에는 0.97%, 1.08%로 증가되었다. 정제염 김치의 산도는 제조직후 0.26%에서 서서히 증가하여 발효 21일에 산도 0.56%를 나타내었으며, 이후 급격히 증가하여 발효 33일에 산도 1.20%로 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염

김치에 비해 더 증가되었다. pH 및 산도 측정 결과 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치가 정제염김치보다 발효가 빨리 진행되는 것으로 나타났다. Kim 등(27)은 소금의 종류에 따라 김치를 제조하고 25°C에서 숙성시킨 결과 김치의 맛이 가장 좋은 적숙기의 산도인 0.6~0.8%에 도달하는데 국내산 천일염, 환원염 그리고 중국산 천일염은 3일, 기계염은 4일, 세척탈수염은 5일이 경과한 것으로 보고한 바 있으며, Han 등(28)의 보고에서도 일반 천일염과 제간수 천일염 김치가 정제염 김치와 구운소금 김치보다 발효가 더 빨리 진행되는 것으로 나타났다. 이는 천일염이 정제염에 비해 NaCl 외 Ca와 Mg 등 다른 무기성분의 함량이 높아 발효 효율이 증가된 것으로 사료되고, 소금에 포함된 미량원소 함량에 따라 발효 속도가 영향을 받는 것으로 보인다. 이와 같은 경향은 Kim 등(12)과 Kim 등(27)의 연구에서도 보고된 바 있다.

총균수, 유산균수 및 *Leuc. citreum* GJ7 점유율

소금 종류를 달리하여 제조한 종균김치를 7°C에서 33일간 발효시키면서 김치내 총균수, 유산균수 및 *Leuc. citreum* GJ7 종균의 점유율 변화를 조사하였다(Table 2~4). 김치내 총균수 변화에서는 모든 김치시료에서 김치발효가 진행됨에 따라 증가하였다가 일정 기간 이후로는 감소하는 경향을 나타내었다. 모든 김치시료에서 제조직후 총균수는 7.37~7.61 log CFU/mL를 나타내었다. 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치는 발효 12일에 9.62 log CFU/mL, 9.49 log CFU/mL로 최대 균수에 도달하였으며, 이후 감소하여 발효 33일에 4년 숙성 천일염 김치는 9.11 log CFU/mL로 유지된 반면, 1년 숙성 천일염 김치는 8.52 log CFU/mL로 감소되었다. 정제염 김치는 발효 27일에 9.34 log CFU/mL로 최대균수에 도달하였으며, 이후 급속히 감소하여 발효 33일에 8.47 log CFU/mL를 나타내었다. 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치내 총균수는 7°C에서 발효 12일에 모두 최대치를 나타낸 반면, 정제염 김치는 발효 27일까지 총균수가 천천히 증가하였으며 이후 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치의 유산균수는 초기 7.10 log CFU/mL와 7.22 log CFU/mL에서 발효 12일에 9.42 log CFU/mL, 9.26 log CFU/mL로 최고치에 도달하였으며, 이후 감소하여 발효 33일에 8.75 log CFU/mL, 8.04 log CFU/mL를 나타내었다. 정제염 김치의 유산균수는 초기 7.24 log CFU/mL에서 발효 27일에 8.99 log CFU/mL로 최고치에 도달하였으며, 이후 감소하여 발효 33일에 7.92 log CFU/mL를 나타내었다. 4년 숙성 천일염 김치내 유산균 중 종균(*Leuc. citreum* GJ7)의 점유율은 초기 74.5%에서 발효 12일에 91.2%로 최고치에 도달한 후 감소하여 발효 33일에 80.2%를 유지하였으며, 종균 외 유산균으로는 rod-type의 유산균이 19.8%로 나타났다. 1년 숙성 천일염 김치의 종균점유율은 초기 73.1%에서

Table 2. Changes of microbial populations in four-years aged solar salt kimchi during fermentation at 10°C

Microbial population (log CFU/mL)	Fermentation times (days)												
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	
Total viable cells	7.61±0.12	8.19±0.02	8.87±0.04	9.10±0.06	9.62±0.05	9.39±0.04	9.33±0.09	9.31±0.07	9.28±0.06	9.17±0.02	9.14±0.03	9.11±0.01	
Lactic acid bacteria	7.10±0.11	7.79±0.08	8.29±0.07	8.87±0.03	9.42±0.06	9.33±0.04	9.21±0.08	9.12±0.06	9.00±0.06	8.93±0.03	8.87±0.10	8.75±0.13	
Yeasts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dominance (%) ¹⁾	GJ7	74.50	84.60	85.10	87.30	91.20	89.00	87.90	86.30	84.50	83.30	81.50	80.20
	C	13.20	15.40	11.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	R	12.30	-	3.60	12.70	8.80	11.00	12.10	13.70	15.50	16.70	18.50	19.80

Values are means±SD from triplicate determinations.

¹⁾Dominance of GJ7, coccus-type LAB and rod-type LAB were among determined by microscope observation in > 90% of detected colonies from plates; C: coccus-type lactic acid bacteria, R: rod-type lactic acid bacteria.

Table 3. Changes of microbial populations in one-year aged solar salt kimchi during fermentation at 10°C

Microbial population (log CFU/mL)	Fermentation times (days)												
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	
Total viable cells	7.59±0.25	8.28±0.12	8.72±0.20	9.09±0.21	9.49±0.76	9.43±0.05	9.42±0.08	9.19±0.10	9.10±0.05	8.85±0.22	8.73±0.18	8.52±0.19	
Lactic acid bacteria	7.22±0.16	8.17±0.33	8.69±0.21	8.88±0.25	9.26±0.10	9.24±0.07	9.11±0.06	9.02±0.08	8.86±0.10	8.34±0.17	8.11±0.15	8.04±0.20	
Yeasts	-	-	-	-	-	-	-	-	1.32±0.32	1.51±0.40	1.13±1.05	-	
Dominance (%) ¹⁾	GJ7	73.10	85.40	86.60	87.70	90.30	89.70	87.10	81.60	80.50	79.30	76.00	75.80
	C	15.20	11.60	5.40	3.20	-	-	-	-	-	-	3.50	2.60
	R	11.70	3.00	8.00	9.10	9.70	10.30	12.90	18.40	19.50	20.70	20.50	21.60

Values are means±SD from triplicate determinations.

¹⁾Dominance of GJ7, coccus-type LAB and rod-type LAB were among determined by microscope observation in > 90% of detected colonies from plates; C: coccus-type lactic acid bacteria, R: rod-type lactic acid bacteria.

Table 4. Changes of microbial populations in purified salt kimchi during fermentation at 10°C

Microbial population (log CFU/mL)	Fermentation times (days)												
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	
Total viable cells	7.37±0.15	7.48±0.15	7.83±0.10	7.92±0.05	8.01±0.23	8.12±0.21	8.44±0.17	8.73±0.15	9.08±0.15	9.34±0.17	9.21±0.11	8.47±0.26	
Lactic acid bacteria	7.24±0.12	6.73±0.32	6.32±0.12	6.69±0.18	6.83±0.18	7.24±0.21	7.54±0.13	8.33±0.14	8.49±0.17	8.99±0.11	8.69±0.11	7.92±0.14	
Yeasts	-	-	-	-	-	-	-	-	1.91±0.34	2.24±0.26	2.39±0.9	1.94±0.65	
Dominance (%) ¹⁾	GJ7	73.30	80.40	81.20	83.20	79.90	76.80	76.40	74.00	73.30	70.50	67.00	61.30
	C	22.40	19.60	5.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	R	4.30	-	13.20	16.80	20.10	23.20	23.60	26.00	26.70	29.50	33.00	38.70

Values are means±SD from triplicate determinations.

¹⁾Dominance of GJ7, coccus-type LAB and rod-type LAB were among determined by microscope observation in > 90% of detected colonies from plates; C: coccus-type lactic acid bacteria, R: rod-type lactic acid bacteria.

발효 12일에 90.3%로 최고치에 도달한 후 감소하여 발효 33일에 75.8%를 유지하였으며, 종균의 유산균으로는 rod : coccus가 21.6% : 2.6%로 나타났다. 정제염 김치내 종균 점유율은 초기 73.3%에서 발효 9일에 83.20%로 최고치에 도달한 후 감소하여 발효 33일에 61.3%를 유지하였으며, 종균의 유산균으로 rod-type의 유산균이 38.7%를 차지하였다. 김치내 효모는 4년 숙성 천일염 김치의 경우 발효 33일

까지 검출되지 않았으나, 1년 숙성 천일염 김치는 발효 24일부터 30일 사이에 1.13~1.51 log CFU/mL의 효모가 검출되었으며, 정제염 김치는 발효 24일부터 33일까지 1.91~2.39 log CFU/mL의 효모가 검출되었다. 이는 4년 숙성 천일염 김치의 경우 박테리오파지 생성능이 있는 *Leuc. citreum* GJ7의 종균 점유율이 발효 33일까지 80% 이상을 유지함으로써 종균이외의 다른 균의 생육이 저해된 반면, 1년 숙성 천일염

김치와 정제염 김치의 종균점유율은 발효 33일에 75.8%와 61.3%로 4년 숙성 천일염 김치에 비해 낮은 비율로 유지하고 있어 종균 외 rod-type의 유산균(동종발효젖산균)이 21.6%와 38.7%로 김치발효에 관여함으로써 4년 숙성 천일염 김치에 비해 pH 및 산도가 증가되어 산패가 촉진되고 이에 효모가 검출된 것으로 보여진다.

정제염 김치는 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치에 비해 *Leuc. citreum* GJ7을 비롯한 김치발효미생물의 생육증식이 상대적으로 늦게 일어나며, 발효 기간내 총균수 및 유산균수도 낮게 나타났다. 이러한 결과는 정제염에 비해 천일염을 사용한 김치가 총균수 및 유산균수가 높게 나타났다는 다른 보고(10,12,17)와 일치하였다. 이는 천일염이 NaCl 이외에 K, Mg, Ca 등의 미네랄을 함유하여 재제염이나 죽염에 비해 김치유산균의 생육을 증진시킨다는 결과와 일치하였다(12). 유산균의 전용 배지인 MRS의 배지 조성을 살펴보면 LB (*Luria-Bertani*), NB (*nutrient broth*), PDA (*potato dextrose agar*) 등 다른 일반세균 배지성분에서 보다 $MnSO_4$, $MgSO_4$, K_2HPO_4 , $C_6H_{14}N_2O_7$, $NaC_2H_3O_2$ 등 많은 무기질을 구성하고 있음을 알 수 있다. 즉 유산균의 생육에는 이와 같은 무기질이 중요한 인자이며, 소금에 따른 김치의 총균수 및 유산균수의 증식차이와 pH 및 산도 변화의 차이에서 천일염 김치가 보다 우수한 유산균 증식패턴을 보이는 이유는 정제염의 NaCl 이외에 천일염이 구성하고 있는 다양한 무기질 및 그 조성에 기인한 것으로 사료된다.

Table 5. Changes in Hunter value of kimchi during fermentation at 10°C

Hunter's value ¹⁾	Fermentation time(days)	kimchi		
		Four-years aged solar salt	One-year aged solar salt	purified salt
L	0	31.74±0.01 ^{Aa2)}	31.65±0.02 ^{Aa}	31.11±0.01 ^{ABa}
	12	32.41±0.03 ^{Aa}	31.79±0.03 ^{Baa}	29.10±0.03 ^{Ca}
	24	34.92±0.03 ^{Ab}	34.81±0.01 ^{Ab}	33.65±0.02 ^{Bb}
	33	35.66±0.06 ^{Ab}	35.74±0.03 ^{Ab}	33.48±0.01 ^{Bb}
a	0	29.64±0.08 ^{Ba}	30.15±0.05 ^{Aa}	29.50±0.03 ^{Ba}
	12	31.56±0.12 ^{Ba}	31.65±0.13 ^{Ba}	31.92±0.08 ^{Aab}
	24	33.71±0.06 ^{Bb}	34.51±0.05 ^{Ab}	33.12±0.06 ^{Cb}
	33	35.33±0.22 ^{ABb}	35.92±0.32 ^{Ab}	35.27±0.04 ^{BCb}
b	0	45.98±0.26 ^{Aa}	44.65±0.13 ^{Ba}	44.50±0.12 ^{Ba}
	12	48.58±0.43 ^{Bb}	48.21±0.32 ^{Bb}	49.89±0.31 ^{Ab}
	24	52.11±0.22 ^{Bc}	52.15±0.02 ^{Bc}	57.27±0.17 ^{Ac}
	33	53.68±0.71 ^{Cd}	53.77±0.16 ^{BCd}	59.10±0.16 ^{Ad}

Values are means±SD from triplicate determinations.
¹⁾L: lightness (+white ~ -black), a: redness (+red ~ -green), b: yellowness (+yellow ~ -blue).
²⁾Means with the same letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test; A-C: means Duncan's multiple range test for different salts (row), a-c: means Duncan's multiple range test for fermentation days (column).

색도변화

소금의 종류를 달리하여 제조된 종균김치의 발효기간에 따른 색도의 변화를 Hunter's scale에 의한 L, a, b값으로 표시한 결과 Table 5와 같다. L값은 김치의 명도를 a값은 적색도를 나타내는 것으로 발효기간이 경과함에 따른 변화는 미미한 것으로 나타났다. 그러나 황색도를 나타내는 b값을 측정할 결과 발효시간이 경과함에 따라 유의적(p<0.05)으로 수치가 증가하는 경향을 나타내었으며, 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치는 비슷한 증가폭을 나타냈으나, 이에 비해 정제염 김치는 더 큰 증가폭을 보였다. 김치의 황색도(b)는 배추의 엽록소가 pheophytin으로 변화되어 황녹색을 띠게 되어 증가하게 된다(29). Chlorophyll은 산에 불안정한 화합물이기 때문에 산성에서 쉽게 분해되어 Mg이 이탈되어 pheophytin으로 변화되어 녹색삭화 되는데, 김치의 숙성말기에 b값이 증가하는 것은 김치내 생성된 젖산에 의하여 배추의 chlorophyll을 분해하여 pheophytin을 생성하기 때문이다(29). 김치발효가 진행될수록 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치에 비해 정제염 김치의 황색도가 더 증가한 것은 Fig. 1에서 보여진 바와 같이 정제염 김치의 pH가 더 감소되었기 때문으로 사료된다.

경도변화

김치의 물성은 염장에 의하여 배추세포 내부의 공기가 탈기되고 수분이 용출됨에 따라 세포벽이 포개지면서 절단면에 걸리는 섬유소 증가 변화로 측정할 수 있다(28). 7°C에서 33일간 발효하면서 발효기간에 따른 김치의 물성변화를 측정하였다(Table 6). 4년 숙성 천일염 김치의 경도는 제조 직후 2,418.83 g에서 발효 33일에 2,359.41 g으로 미미하게 감소되어 발효에 따른 경도변화가 거의 없음을 알 수 있었다. 그러나 1년 숙성 천일염 김치는 4년 숙성 천일염 김치에 비해 발효기간이 경과함에 따라 경도는 제조직후 2424.26 g에서 발효 33일에 2019.46 g으로 더 감소하였다. 특히 정제염 김치는 발효가 진행될수록 경도의 변화가 급격히 일어나 제조직후 2468.05 g에서 발효 33일에 1804.23 g으로 감소되어, 세개의 사용 소금 중 가장 큰 경도변화를 일으킴을 알 수 있었다. Han 등(28)도 제간수 천일염과 구운소금으로 제조한 김치에서 텍스처의 저하가 적게 일어났으며, 일반 천일염, 정제염순으로 텍스처 저하가 크게 나타났다. 소금은 종류에 따라 주성분인 NaCl의 함량과 Ca⁺⁺ 및 Mg⁺⁺과 같은 다가 양이온 존재여부에 차이가 있고, Ca, Mg 등이 존재함에 따라 채소류의 조직내 펙틴과 복합체를 형성하여 소금 절임시 염장과체의 경도를 증가하게 한다(30). 또한 김치의 연화현상은 소금의 삼투압에 의한 조직액의 용출과 소금의 침투에 의해 손상된 세포벽에서 이탈된 세포벽 다당류 분해효소의 작용, 김치의 발효말기에 나타나는 효모가 분비하는 펙틴분해효소(pectinesterase, polygalacturonase)에 의해 세포벽과 펙틴물질이 분해되어 김치조직의 연화와

Table 6. Changes in texture properties of kimchi during fermentation at 10°C

Items	Fermentation times (days)	Kimchi		
		Four-years aged salt	One-year aged salt	Purified salt
Hardness(g)	0	2418.83±543.33 ^{aA1)}	2424.26±658.26 ^{aA}	2468.05±376.34 ^{aB}
	12	2392.21±235.63 ^{ba}	2376.55±458.16 ^{ba}	2190.76±179.60 ^{bb}
	24	2368.12±352.90 ^{ca}	2022.15±366.33 ^{cb}	1813.61±260.17 ^{cc}
	33	2359.41±479.41 ^{da}	2019.46±663.25 ^{db}	1804.23±126.54 ^{dc}

¹⁾Values are means ± SD from triplicate determinations. Means with the same letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test; A-C: means Duncan's multiple range test for different salts (row), a-c: means Duncan's multiple range test for fermentation days (column).

Table 7. Sensory evaluation of kimchi

Item	Kimchi		
	Four-years aged solar salt	One-year aged solar salt	Purified salt
Color	3.90±0.57 ^{a1)}	3.50±0.53 ^b	2.30±0.48 ^c
Gloss	3.80±0.42 ^a	3.50±0.35 ^b	2.10±0.32 ^c
Carbonated mouthfeel	3.80±0.42 ^a	3.30±0.48 ^b	2.70±0.67 ^b
Moldy flavor(off flavor)	3.90±0.74 ^a	3.40±0.74 ^b	3.10±0.74 ^c
Texture	4.00±0.82 ^a	3.00±0.67 ^b	2.70±0.82 ^c
Bitterness	3.70±0.48 ^a	2.40±0.52 ^c	3.30±0.95 ^b
Sourness	3.80±0.42 ^a	3.00±0.81 ^b	2.40±0.51 ^c
Overall acceptability	3.80±0.42 ^a	2.80±0.63 ^b	2.40±0.52 ^b

Sensory evaluation of kimchi was carried out 10 days after storage at -1°C when the acidity of kimchi reached to the designated point (0.5~0.6%).

Values are means±SD from triplicate determinations.

^{1)a,b,c}Means with the same letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

부패가 일어난다(30-32). 즉 이가의 양이온이 존재하는 천일염으로 절임한 김치가 일가의 Na^+ 이온만을 지닌 정제염만으로 절임한 김치에 비해 펙틴 복합체 형성이 유리하므로 김치발효가 진행되어도 보다 물성 변화가 적은 것으로 여겨진다. 또한 미생물학적 측면에서도 4년 숙성 천일염 김치(Table 2)와 달리 1년 숙성 천일염 김치(Table 3)와 정제염 김치(Table 4)에서는 발효 말기에 효모가 검출되었으며, 이는 김치의 연부현상을 일으킴으로써 김치의 물성 감소에 큰 요인으로 작용한 것으로 여겨진다. 김치제조시 소금의 NaCl과 더불어 무기질 조성 및 그 농도는 발효속도 뿐만 아니라 발효젖산균의 생육, 물성적 특성에도 영향을 주는 것으로 보여진다. 그 결과 이와 같은 소금의 조성 및 그 농도는 이가의 양이온과 펙틴의 결합에 의한 물리·화학적 측면에서의 물성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 미생물학적 측면에서 생육속도와 생육패턴에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같은 복합적인 작용으로 4년 숙성 천일염 김치가 1년 숙성 천일염 김치보다 좋은 물성을 나타낸 것으로 보여진다.

관능검사

소금종류를 달리하여 제조한 김치를 7°C에 발효하여 산도 0.5%~0.6%(4년 숙성 천일염, 1년 숙성 천일염: 12일, 정제염: 21일)에 도달한 김치를 김치냉장고에 10일간 후숙성한 후 관능검사를 실시하였다(Table 7). 소금의 종류에 따른 종균김치의 전반적인 기호도는 4년 숙성 천일염 김치가 3.8점으로 가장 높은 기호도를 보였으며, 1년 숙성 천일염 김치가 2.8점, 그리고 정제염 김치가 2.4점으로 낮은 기호도를 유의적으로 나타내었다($p < 0.05$). 김치의 외관상 색 및 윤기에 있어 4년 숙성 천일염 김치(3.9점, 3.8점)와 1년 숙성 천일염 김치(3.5점, 3.5점)가 비슷한 점수를 나타낸 반면 정제염 김치(2.3점, 2.1점)는 낮은 점수를 나타내었다. 김치의 청량감, 군덕내, 신맛에서는 4년 숙성 천일염 김치가 3.8점, 3.9점, 3.8점으로 가장 높은 점수를 나타냈으며, 1년 숙성 천일염 김치(3.3점, 3.4점, 3.0점), 정제염 김치(2.7점, 3.1점, 2.4점)순으로 나타났다. 김치내 청량감은 이상발효젖산균이 생산한 이산화탄소가 김치조직에 용존되어 나타나는 것으로, 관능검사에 사용된 4년 숙성 천일염 김치와 1년 숙성 천일염 김치는 이상발효젖산균인 *Leuc. citreum* GJ7의 점유율이 90% 이상(Table 2, 3)을 차지함으로써 김치의 청량감을 부여한 것으로 보인다. 또한 김치의 군덕내는 김치의 발효말기에 산패가 진행되면서 나오는 효모에 의한 것으로, 4년 숙성 천일염 김치에서는 효모가 검출되지 않았으나 1년 숙성 천일염 김치와 정제염 김치에 효모가 검출됨으로써(Table 3, 4) 김치의 군덕내에 영향을 미친 것으로 보인다. 전체적인 관능평가에서 4년 숙성 천일염 김치, 1년 숙성 천일염 김치, 정제염 김치순으로 그 기호도가 평가되었으나, 쓴맛만은 3종류 사용 소금 중 1년 숙성 천일염 김치가 가장 쓰다고 평가되었다. 이는 소금의 성분분석 결과에서(Table 1) Mg, K, SO_4 등이 소금의 쓴맛과 관련이 있으며 이러한 성분이 1년 숙성 천일염에 가장 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 보인다. 그러나 4년 숙성 천일염 김치가 정제염 김치보다는 덜 쓰다고 평가되어 쓴맛에 영향을 주는 이와 같은 무기이온(Mg, K, SO_4)이 어느 함량 이하로 존재 시에는 다른 맛의 여러 무기이온과 공존할 때 맛의 상쇄와 함께 오히려 맛있는 맛으로 느끼는 것으로 사료된다. 조직

감에서 4년 숙성 천일염 김치가 4.0점으로 1년 숙성 천일염 (3.0점), 정제염(2.7점)으로 제조한 김치보다 김치의 품질이 더 좋음을 알 수 있다. 이는 김치제조시 일반 천일염이나 정제염에 비해 간수가 제거된 천일염이나 구운 소금으로 제조한 김치가 관능적 특성이 우수하다는 연구결과(17,28)와도 일치하며 본 실험에서의 물성변화 결과와도 일치하는 결과이다. 이상의 실험결과로부터 김치담금시 정제염보다는 천일염이 발효적성에 더 적합하며 천일염이라 하더라도 NaCl을 제외한 다른 무기이온이 무조건 다량 존재하는 것이 좋은 것이 아니라 염전에서 소금이 만들어진 후 숙성기간이 어느 정도 지나 간수제거와 함께 여러 무기이온의 함량이 더 이상 빠져 나가지 않는 평형에 도달하여 NaCl 이외 다른 무기이온이 적당량 함유된 천일염이 김치발효에 가장 적합한 것으로 보여진다. 실제로 4년 이상 숙성 소금에서는 간수가 거의 발생되지 않으며, 이로 인해 무기이온의 함량변화도 거의 관찰되지 않음을 알 수 있었다(data not shown). 우리나라 민간에서는 전통적으로 김치나 장류 담금시 3년 이상 숙성된 천일염을 사용해야 한다는 속설이 있다. 이는 본 실험결과와 일치하는 결과로서 본 연구결과는 민간의 김치제조 시 소금사용의 중요성을 강조하는 우리 전통민간방식을 과학적으로 규명한 연구결과이다.

요 약

소금 종류에 따른 김치의 품질특성에 관한 연구는 몇몇 보고된바 있으나, 김치는 원·부재료를 멸균하지 않는 비살균 개방형 발효로서 원·부재료의 토착미생물에 의하여 발효가 이루어지고 소금의 농도 및 온도 등의 발효조건에 영향을 받는다. 이에 천일염이 김치의 품질에 미치는 직접적인 영향을 규명하기 위해 박테리옌 생성능이 강화된 *Leuc. citreum* GJ7을 종균으로 사용하여 김치내 미생물 제어에 의한 발효조건을 동일하게 하여주고, 이에 사용된 천일염(4년 숙성, 1년 숙성) 및 정제염에 따른 차이가 김치의 발효숙성 중 김치품질특성에 미치는 영향을 조사하였다. 산도 변화에서 정제염으로 제조한 김치가 1년 숙성 천일염과 4년 숙성 천일염으로 제조한 김치보다 최적 가식기에 도달하는 시기는 늦었으나 이후 급격히 산도가 증가하는 경향을 나타내었다. 김치내 총균수 및 유산균수는 4년 숙성 천일염 김치가 1년 숙성 천일염 김치와 정제염 김치에 비해 높게 나타났다. 숙성 33일에 *Leuc. citreum* GJ7 점유율은 4년 숙성 천일염 김치가 80.2%로 가장 높은 점유율을 보였으며, 1년 숙성 천일염 김치 75.8%, 정제염 김치 61.3%로 4년 숙성 천일염 김치가 가장 높게 나타났다. 김치의 황색도 (b)는 숙성시간이 경과함에 따라 증가되었으며, 정제염 김치가 증가폭이 가장 크게 나타났다. 또한 4년 숙성 천일염 김치가 경도가 가장 견고하였으며, 관능검사에서도 가장

높은 점수를 나타내어 김치발효에 가장 적합한 소금은 4년 숙성 천일염으로 나타났다. 김치담금시 사용소금에 따른 이와 같은 차이는 소금의 Na와 Cl 및 각종 무기질 조성 및 그 농도에 기인된 것으로 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술 혁신사업에 의한 연구비로 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cho EJ, Lee SM, Lee SH, Park KY (1988) Studies on the standardization of Chinese cabbages kimchi. Korean J Food Sci Technol, 30, 324-332
2. Kim YJ (1999) Physiological properties of kimchi. J Korean Soc Food Sci Nutr, 4, 59-65
3. Park KY (1995) The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of kimchi. J Korean Soc Food Sci Nutr, 24, 169-182
4. Shin DH, Kim MS, Han JS, Lim DK, Park WS (1996) Changes of chemical composition and microflora in commercial kimchi. Korean J Food Sci Technol, 28, 137-145
5. Maurice ES, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ (2005) Nutrition and diet in hypertension. In: Modern nutrition in health and disease, Theodore AK, Kotchen JM eds, 10th ed, Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia, USA, p 1095-1107
6. Shin DH (1994) Physicochemical and microbial properties of marker kimchi during fermentation in different containers. The 1st symposium of science of kimchi. Korean Soc Food Sci Tech, p 226-245
7. Ahn SJ (1988) The effect of salt and food preservatives on the growth of lactic acid bacteria isolated from kimchi. Korean J Soc Food Sci, 4, 39-50
8. Ha JO, Park KY (1998) Comparison of mineral contents and external structure of various salts. J Korean Soc Food Sci Nutr, 27, 413-418
9. KFDA. (2011) Food code. Korean Food & Drug Administration, Seoul, Korea.
10. Hahn YS (2003) Effect of salt type and concentration on the growth of lactic acid bacteria isolated from kimchi. Korean J Food Sci Technol, 35, 743-747
11. Kim SH, Kim SJ, Kim BH, Kang SG, Jung ST (2000)

- Fermented of doenjang prepared with sea salts. Korean J Food Sci Technol, 32, 1365-1370
12. Kim SJ, Kim HL, Ham KS (2005) Characterization of kimchi fermentation prepared with various salts. Korean J Food Preserv, 12, 395-401
 13. Kim JM, Kim IS, Yang CH (1987) Storage of salted Chinese cabbages for kimchi. I. Physicochemical and microbial changes during salting of Chinese cabbages. J Korean Soc Food Nutr, 16, 1075-1084
 14. Lee CH, Hwang IJ, Kim JK (1988) Macro and micro-structure of Chinese cabbages leaves and their texture measurements. Korean J Food Sci Technol, 20, 742-748
 15. Mheen TI, Kwon TW (1984) Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. Korean J Food Sci Technol, 16, 443-450
 16. Oh JY, Hahn YS, Kim YJ (1999) Microbial characteristics of low salt mul-kimchi. Korean J Food Sci Technol, 31, 502-508
 17. Chang MS, Cho SD, Kim GH (2010) Physicochemical and sensory properties of kimchi(Korean pickled cabbage)prepared with various salts. Korean J Food Preserv, 17, 30-35
 18. Jeon HY (2009) New growth engines: Strategy for high value-added food industry. Food Sci Industry, 42, 3-11
 19. Chang JY, Chang HC (2010) 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
 20. Chang JY, Chang HC (2011) Growth inhibition of food-borne pathogen by kimchi prepared with bacteriocin-producing starter culture. J Food Sci, 76, 72-78
 21. Chang JY, Lee HJ, Chang HC (2007) Identification of the agent from *Lactobacillus plantarum* KFRI 464 that enhances bacteriocin production by *Leuconostoc citreum* GJ7. J Appl Microbiol, 126, 159-166
 22. AOAC (1990) Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
 23. Shin TS, Park CK, Lee SH, Han KH (2005) Effects of age on chemical composition in sun-dried salts. Korean J Food Sci Technol, 37, 312-317
 24. Kim CJ, Kim KC, Kim DY, Oh MJ, Lee SK, Lee SO, Jung ST, Jung JH (1996) Fermentation engineering. SunJin Munhoasa, Seoul, Korea, p 146-147.
 25. Itokawa, Y, Tanaka C, Fujiwara M (1974) Changes in body temperature and blood pressure in rats with calcium and magnesium deficiencies. J Appl Physiol, 37, 835-836
 26. Jo EJ, Shin DH (1998) Study on the chemical compositions of sun-dried, refined, and processed salt produced in Chonbuk area. J Food Hyg Safety, 13, 360-364
 27. Kim SD (1997) Salting and fermentation of kimchi. J Food Sci Technol, 9, 187-196
 28. Han GJ, Son AR, Lee SM, Jung JK, Kim SH, Park KY (2009) Improved quality and increased *in vitro* anticancer effect of kimchi by using natural sea salt without bitter and baked(Guwun) salt. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 996-1002
 29. Gnanasekharn V, Shewfert RL, Chinnan MS (1992) Detection of color changes in green vegetables. J Food Sci, 57, 149-154
 30. Park MW, Park YK (1988) Changes of physicochemical and sensory characteristics of Oiji(Korean pickled cucumbers) prepared with different salts. J Korean Soc Food Sci Nutr, 27, 419-424
 31. Chang KS, Kim MJ, Kim SD (1995) Effect of ginseng on the preservability and quality of Chinese cabbage kimchi. J Korean Soc Food Nutr, 24, 313-322
 32. Rhee HS (1995) The measurement methods of the textural characteristics of fermented vegetables. Korean J Soc Food Sci, 11, 83-91

(접수 2010년 11월 12일 수정 2011년 3월 22일 채택 2011년 3월 25일)