

국내산 천일염, 수입염, 세척탈수염, 기계염 및 가공염으로 제조한 김치의 발효특성

김선재 · 김학렬 · 함경식[†]

목포대학교 식품공학과, 식품산업기술연구센터(RRC) 및 천일염생명과학연구소

Characterization of *Kimchi* Fermentation Prepared with Various Salts

Seon-Jae Kim, Hag-Lyeol Kim and Kyung-Sik Ham[†]

Department of Food Engineering, Food Industrial Technology Research Center(RRC) and Solar Salt Biotechnology Research Center, Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the changes in the fermentation characteristics of *Kimchi* prepared with various salts (Korean solar salt, Chinese solar salt, washed and dehydrated salt, purified salt and a processed salt). Acidity appeared to increase most rapidly in *Kimchi* prepared with Korean solar salt and reached higher level. Total microbial count slowly increased at the beginning of fermentation and reached maximum on 6 days, then decreased slowly. The number of lactic acid bacteria was rapidly increased up to 4~6 days, and thereafter decreased slowly. In conclusion, any significant differences in fermentation characteristics analyzed was not observed in *Kimchi* prepared with various salts except acidity.

Key words : *Kimchi*, solar salt, acidity, total viable cell, fermentation

서 론

한국인의 식생활에 있어서 매우 중요한 위치를 차지하는 김치는 채소에 젓갈류, 양념 및 향신료 등이 가미된 복합 발효식품으로서 영양학적 특성뿐만 아니라 항암효과, 항산화효과, 면역증강 효과, 변비에방 효과 등을 가진 기능성 식품으로 알려지고 있다(1). 김치 숙성은 원료자체와 제조 환경으로부터 혼합된 다양한 미생물에 의해 이루어지며, 재료 중의 탄수화물, 아미노산 등으로부터 산미, 지미, 방향을 내는 저분자 물질들이 생성됨으로써 김치의 독특한 맛과 향이 생성된다(2). 김치 발효에 관여하는 미생물로는 발효 초기에 호기성 세균인 *Achromobacter* 속과 *Bacillus*속 등이 우점종으로 나타나고(3), 이어서 *Leuconostoc mesenteroides* 와 *Lactobacillus plantarum* 등과 같은 젓산균이 증식하여 김치 발효에 관여하게 되지만 과도한 산 생성으로 발효 말기에는 산패를 유도하며(4), 산막효모가 번식하여 연부

현상이 나타나 김치의 맛과 품질을 저하시킨다(5). 그러므로 김치가 적절한 발효를 일으키면서 가식 기간을 늘리기 위해서는 발효과정 중의 미생물 생육을 억제시켜야 하는데 소금의 농도와 온도가 가장 큰 영향을 미친다고 알려져 있다(6-8). 특히 배추를 소금에 절이게 되면 소금성분 중 마그네슘이나 칼슘이 배추의 펙틴과 결합하여 아삭아삭한 맛을 더해줄 뿐만 아니라 삼투압 작용으로 유해한 미생물이 사멸하게 되고 젓산균과 같은 비교적 소금에 잘 견디는 내염성 미생물이 생육하게 되어 김치의 맛과 향을 내게 된다(9-10).

현재 국내에서 유통되고 있는 소금은 여러 종류가 있는데 천일염과 정제염이 연간 약 60만톤 생산되고 있고 그 외 재제염과 가공염 등이 생산되고 있다. 천일염은 염전에 해수를 유입하여 수분을 증발시킨 후 소금을 결정 석출시킨 것이고, 정제염은 약 3.5%의 해수를 이온 교환막이 장착된 전기 투석조를 거쳐 16~18%의 염수를 만들고 이를 증발 농축시켜 대량생산되고 있다 재제염은 백염(白鹽) 혹은 꽃소금이라 일컫는 것으로 천일염을 녹여서 여과한 깨끗한 소금을 재결정시킨 소금으로 부피가 크고 용해속도가 매우

[†]Corresponding author. E-mail : ksham@mokpo.ac.kr,
Phone : 82-61-450-2425, Fax : 82-61-454-1521

빠른 특징을 갖고 있으며, 세척탈수염은 소금에 포함되어 있는 불순물을 제거하기 위해서 천일염을 세척하고 80℃로 열을 가하여 탈수시킨 소금이며, 죽염은 천일염이 들어 있는 가마솥에 대나무를 넣고 1,000~1,300℃로 가열 제조되고 있다(11-12). 그리고 최근에 천일염을 800℃ 또는 그 이상 온도에서 구워 산화환원전위(Oxidation-Reduction Potential, ORP)가 -100 ~ -300 mv 이하가 되도록 제조하여, 환원력이 증가된 기능성 가공소금 등이 시판되고 있기도 하다.

본 연구에서는 김치의 발효 숙성 중 소금의 종류별 영향을 살펴보기 위해 국내산 천일염, 중국산 천일염, 세척탈수염, 기계염 그리고 환원염 등 5종의 소금으로 담근 김치의 발효 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

국내산 천일염은 전라남도 신안군 도초산, 중국산 천일염은 T사의 수입염, 세척탈수염은 대한염업조합의 하얀금, 정제염은 H사의 소금 그리고 환원염은 청수식품(전남 무안군)의 제품을 이용하였다. 김치제조에 사용되는 배추 및 기타 양념류는 시장에서 구입하여 사용하였다.

김치의 제조

김치는 먼저 배추를 씻어 2×2 cm 로 세절하여 줄기와 일부분을 골고루 섞어 15% 소금물(국내산 천일염, 중국산 천일염, 세척탈수염, 기계염, 환원염)에 2시간 동안 절인 후 물로 2-3회 행군 다음 10분간 탈수하고 절임배추가 최종적으로 염도 3%가 되도록 조절하였다. 김치는 절임배추 100 g, 파 2 g, 생강 1 g, 고춧가루 2 g 그리고 마늘 2 g의 조성으로 양념을 섞어 제조하였다. 이러한 방법으로 제조된 김치 100 g을 취하여 같은 크기의 유리병에 담고 25℃ incubator에서 숙성시키면서 pH, 산도, 염도 및 색도 측정 그리고 총균, *Lactobacillus*속, *Leuconostoc*속, *Pediococcus*속, *Streptococcus*속 균을 계수하였다.

pH, 산도, 염도 및 색도 측정

pH는 김치를 압착하여 얻어진 김치즙액 10 mL를 경시적으로 취하여 pH meter(Model 730P, Istek, Korea)로 측정하였다. 산도는 김치 즙액 10 mL를 취하여 0.01 N NaOH로 pH 7.0까지 적정하였다. 적정값을 lactic acid로 환산하고 함량 % 농도를 표시하였다. 염도는 Mohr법에 의하여 3회 반복하여 측정하였다. 즉 김치의 즙액 일정량을 100 mL 메스플라스크에 넣어 증류수로 정용하고, 10 mL를 취하여 K₂CrO₄ 용액 10 mL를 지시약으로 가하고 0.1 N AgNO₃로 적정하여 환산하여 계산하였다(13). 김치즙액의 색도 김치

즙액 10 mL를 취하여 Color and color difference meter (Hunter Lab. USA)로 Hunter value L, a 그리고 b 값을 측정하였다.

김치발효 관련 미생물수의 측정

김치발효에 관여하는 미생물의 변화는 Kim 등(14)에 의한 방법으로 총균수, *Lactobacillus* 속 및 *Leuconostoc* 속 그리고 *Pediococcus* 속 및 *Streptococcus* 속으로 분류하여 계수하였다.

총균수는 김치즙액을 0.1% peptone 수에 희석한 후 희석액 0.1 mL를 pouring culture method로 plate count agar (Difco)에 접종, 30℃에서 3일 배양 후 colony counter로 계수하였다.

Lactobacillus 속 및 *Leuconostoc* 속의 계수는 김치즙액에 0.1% bromophenol blue 0.1 mL 첨가한 용액에 대해 0.1% peptone수로 희석한 시료 0.1 mL를 취하여, pouring culture method로 *Lactobacilli* MRS agar 배지(10 mL)에 접종한 후, 30℃에서 2-3일 배양하고 colony를 colony counter로 관찰하여, 전체적으로 담청색을 띠거나 중앙에 암청색의 환이 있고 또는 전체적으로 흰색인 것을 *Lactobacillus* 속으로 계수하였고, 전체적으로 암청색인 것을 *Leuconostoc* 속으로 계수하였다.

Pediococcus 속 및 *Streptococcus* 속의 계수는 김치즙액이 함유된 m-Enterococcus agar(Difco) 배지에 0.1% peptone수로 희석한 시료를 0.1 mL 취하여 pouring culture method로 접종한 후, 37℃에서 4일간 배양하고 colony를 관찰하여, *Pediococcus* 속은 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride를 환원하지 못해 흰색을 나타내므로 전체적으로 흰색인 것을 *Pediococcus* 속으로 계수하였고 *Streptococcus* 속은 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride를 환원하여 붉은색을 나타내므로 전체적으로 붉은색인 것을 *Streptococcus* 속으로 계수하였다.

텍스처 측정

텍스처의 측정을 위한 김치시료는 두께가 약 0.9~1.0 cm인 줄기부분을 선별하였다. 김치는 절임 전과 후 그리고 숙성하는 동안 조직의 텍스처를 rheometer(CR-500DX-L, Sun Sci. Co., Japan)를 이용한 puncture test에 의하여 강도와 경도를 측정하였다. Puncture test를 위한 rheometer의 조건은 최대 압력을 10 kg으로 하였고, 직경 5 mm의 adaptor NO 4를 이용하여 table speed를 60 mm/min로 측정하였다. 모든 시료에 대한 텍스처는 5번 반복 측정하여 평균값을 계산하였다.

통계처리

자료분석은 SPSS statistical package (v.12.01)를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였으며, 각 변수에 대해 One-way

ANOVA를 이용하였다. 사후검증으로 Duncan's multiple range test를 적용 하였으며, 가설검증수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

김치숙성 중 pH 및 산도의 변화

김치의 숙성 중 pH 및 산도의 변화는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 김치의 pH는 숙성 3일까지 급속히 감소하였으나, 소금종류에 따른 유의한 차이는 나타나지 않았다. 김치의 pH는 담근 직후부터 서서히 감소하여 2일 후에 김치 최적가식부위인 pH 4.2가 되었고 그 이후 pH 3.7 수준에서 일정하게 유지되었다. 이러한 결과는 Lee 등(15)이 20°C에서 16일간 그리고 30°C에서 8일간 김치를 숙성시켰을 때 각각 8일, 3일 이후에 pH가 3.5 수준으로 일정하다가 조금씩 감소하는 경향을 나타냈다고 보고하였는데, 본 실험결과와 약간의 차이는 있으나 숙성되면서 조금씩 감소하는 경향은 유사하였다.

산도의 변화는 김치 숙성 1일부터 5일까지 급속히 증가하였고 그 이후로는 완만히 증가하였다. 김치의 맛이 가장

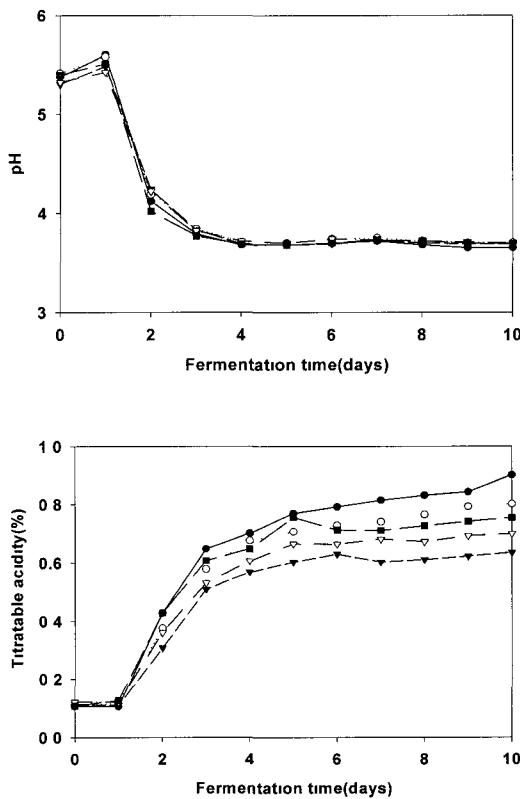


Fig. 1. pH and acidity changes of Kimchi prepared with various salts during fermentation at 25°C.

●, Korean solar salt, ○, Chinese solar salt, ▼, Washed and dehydrated salt, ▽, Purified salt, ■, Processed salt

좋은 적숙기의 산도는 0.6~0.8이라고(4) 하였는데 본 결과와 비교하면 국내산 천일염, 환원염 그리고 중국산 천일염은 3일만에 적숙기에 도달하였고, 기계염은 4일, 세척탈수염은 5일만에 적숙기에 도달한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 천일염, 세척탈수염, 정제염 및 환원염에 함유되어 있는 미량성분의 조성이 서로 차이가 있고, 예비실험의 결과 미량원소 함량이 국내산 천일염이 3.3%, 중국산 천일염이 2.0%, 세척탈수염이 2.6%, 정제염이 1.3% 그리고 환원염이 4.5%로 나타나 이러한 미량원소 함량의 양에 따라 발효식품의 발효속도 및 최종제품의 품질에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단되었다. Kim 등(16)은 소금의 종류에 따라 전통발효식품의 발효속도에 차이가 있으며, 특히 국내산 천일염을 이용하여 제조할 경우 정제염 및 NaCl함량이 높은 소금을 사용할 경우에 비해 관능적 품질이 우수한 것으로 보고한 바 있다.

김치 담금에 있어 배추의 절임농도는 염도 15%, 절임시간은 2시간으로 동일하게 실시하였으나, 중국산 천일염, 세척탈수염 및 기계염은 측정 결과 초기 염도가 4.0% 수준이었고 국내산 천일염과 환원염은 각각 3.25%, 3.75%를 나타냈다(Table 1). 이는 중국산 천일염, 세척탈수염 및 기계염의 NaCl 함량이 높고 다른 불순물도 적은 반면, 국내산 천일염은 NaCl 외 미량원소 등 무기성분의 함량이 높아 절임효율이 다소 떨어진 것(17, 18)으로 생각되며, 환원염 또한 물에 잘 녹지 않아 상대적으로 배추조직에 침투하기 어려웠을 것으로 판단되었다.

김치의 색도 변화는 Table 2에 나타낸 바와 같이 초기 담금일 0일에 비해 L, a 그리고 b값이 발효 2일엔 급속히 감소하다가 이후엔 거의 일정하였다. L 값은 김치의 밝기를 나타내는 것으로 소금의 종류와 관계없이 발효 2일째에 급격히 감소하였는데 이는 배추김치가 발효되는 동안 L값이 감소한다는 Kim 등(19)의 결과와 유사한 것으로 나타났다. 적색도를 나타내는 a값도 발효 2일째 크게 감소하였는데, No 등(20)은 a 값은 김치액 중에 용출되어 있는 고춧가루의 carotenoids 함량에 의해 주로 좌우되며, 발효가 진행됨에 따라 carotenoids의 함량이 급격히 감소한다고 보고하여, 본 실험결과에서 나타난 a값의 감소가 역시 carotenoids의 감소인 것으로 생각되었다. 김치의 색도는 주로 김치의 부재료로 사용되는 다양한 재료들에 의해 결정되지만 배추중의 엽록소에 의한 푸른빛과 고춧가루의 붉은 색이 주로 작용하는 것으로 알려져 있다(21). 본 연구에서 관찰한 김치의 색도변화 역시 엽록소, 카로티노이드 등의 색소가 김치의 색에 영향을 미친 것으로 생각되며, 이러한 색소가 김치 발효과정 중 생긴 유기산 등 여러 성분들과 반응하여 색소변화를 일으켰기 때문으로 판단되었다.

Table 1. Salinity changes of *Kimchi* during fermentation at 25°C¹⁾

Salts	Fermentation time(days)					
	0	2	4	6	8	10
Korean solar salt	3.25±0.03 ^{a2)}	3.65±0.12 ^{ab}	3.59±0.11 ^{ab}	3.53±0.13 ^a	3.52±0.08 ^a	3.53±0.07 ^a
Chinese solar salt	3.76±0.02 ^{ab}	4.05±0.09 ^b	4.11±0.09 ^b	4.14±0.10 ^b	4.13±0.05 ^b	4.03±0.14 ^{bc}
Washed and dehydrated salt	4.05±0.11 ^{ab}	4.40±0.11 ^b	4.23±0.08 ^b	4.11±0.09 ^b	4.23±0.15 ^c	4.16±0.09 ^c
Purified salt	4.08±0.07 ^d	4.05±0.08 ^a	4.17±0.06 ^b	4.34±0.07 ^{bc}	4.15±0.13 ^{bcd}	4.20±0.12 ^{bcd}
Processed salt	3.42±0.09 ^{bcd}	3.42±0.09 ^a	3.36±0.12 ^c	3.47±0.13 ^c	3.37±0.09 ^d	3.40±0.06 ^d

¹⁾NaCl (%) is analyzed with titration of 0.1N AgNO₃^{2)a-d} Values not sharing a common letter are significantly different at p<0.05Table 2. Hunter value changes of *Kimchi* during fermentation at 25°C

Salts	Hunter ¹⁾ Value	Fermentation time (days)					
		0	2	4	6	8	10
Korean solar salt	L	20.4±0.2 ^{ab2)}	12.9±0.3 ^a	10.9±0.7 ^a	11.5±0.3 ^a	10.8±0.4 ^a	11.12±0.3 ^a
	a	5.3±0.1 ^a	0.2±0.0 ^a	0.1±0.0 ^a	0.1±0.5 ^a	0.5±0.5 ^a	0.55±0.3 ^a
	b	10.4±0.4 ^a	3.9±0.3 ^a	3.2±0.3 ^a	3.4±0.1 ^a	3.8±0.3 ^a	3.63±0.1 ^a
Chinese solar salt	L	21.9±0.3 ^{ab}	10.8±0.6 ^{ab}	11.1±0.3 ^b	10.9±0.1 ^a	10.8±0.3 ^{ab}	11.07±0.4 ^{ab}
	a	6.8±0.5 ^b	-0.3±0.3 ^{abc}	0.5±0.1 ^{ab}	0.4±0.2 ^{ab}	0.4±0.4 ^{ab}	0.41±0.6 ^{ab}
	b	11.6±0.7 ^{ab}	2.1±0.4 ^{abc}	3.6±0.7 ^{abc}	3.6±0.7 ^{abc}	3.7±0.1 ^{abc}	3.37±0.7 ^{ab}
Washed and dehydrated salt	L	22.9±0.3 ^{ab}	11.5±0.3 ^b	10.4±0.3 ^{bc}	9.3±0.6 ^a	10.2±0.4 ^{bc}	10.42±0.8 ^a
	a	8.2±0.7 ^b	-0.3±0.3 ^{ab}	-0.1±0.3 ^{bc}	-0.2±0.0 ^{bc}	0.0±0.3 ^{bc}	-0.11±0.9 ^{bc}
	b	12.6±1.1 ^{abc}	2.8±0.1 ^{abc}	2.6±0.3 ^{abc}	2.1±0.5 ^{abc}	3.0±0.4 ^{abc}	2.59±0.2 ^{abc}
Purified salt	L	21.3±0.5 ^{abc}	10.7±0.4 ^{bc}	10.7±0 ^{abc}	9.9±0.5 ^{bc}	10.2±0.7 ^{abc}	10.46±0.4 ^{bc}
	a	7.7±0.2 ^{ab}	-0.3±0.3 ^{abc}	0.0±0.0 ^{abc}	0.0±0.8 ^{abc}	0.0±0.4 ^{abc}	0.12±0.5 ^{abc}
	b	11.6±0.5 ^{abc}	2.2±0.6 ^{abc}	3.1±0.3 ^{abc}	2.7±0.9 ^{abc}	2.7±0.7 ^{abc}	2.65±0.7 ^{abc}
Processed salt	L	18.4±0.6 ^d	10.9±0.3 ^{abc}	10.0±0.3 ^d	9.3±0.3 ^d	10.5±0.6 ^{abc}	10.22±0.3 ^{ab}
	a	3.2±0.3 ^{ab}	-0.4±0.1 ^{abc}	-0.2±0.0 ^d	0.0±0.5 ^d	-0.2±0.7 ^{abc}	-0.09±0.1 ^{abc}
	b	8.9±0.3 ^d	2.1±0.3 ^d	2.4±0.0 ^d	2.3±0.4 ^d	2.4±0.4 ^{abcd}	2.74±0.4 ^{abcd}

L lightness (100, white, 0, black), a redness (-, green, +, red), b yellowness (-, blue, +, yellow)

^{2)a-d} Values not sharing a common letter are significantly different at p<0.05Table 3. Changes in texture of *Kimchi* during fermentation at 25°C

Texture	Salts	Fermentation time (days)					
		0	2	4	6	8	10
Strength (×105dyne/cm ²)	Korean solar salt	1.81±0.24 ^{a1)}	1.04±0.07 ^a	0.71±0.07 ^a	0.87±0.20 ^a	0.76±0.08 ^a	0.64±0.07 ^a
	Chinese solar salt	2.25±0.50 ^b	1.11±0.13 ^b	0.94±0.07 ^b	0.94±0.07 ^b	0.78±0.07 ^b	0.57±0.07 ^b
	Washed and dehydrated salt	1.75±0.16 ^a	1.19±0.07 ^a	0.87±0.12 ^a	0.87±0.14 ^a	0.71±0.07 ^a	0.44±0.08 ^a
	Purified salt	2.04±0.14 ^b	1.06±0.08 ^b	0.92±0.07 ^b	0.92±0.07 ^b	0.65±0.00 ^b	0.53±0.00 ^b
	Processed salt	1.79±0.19 ^a	1.12±0.22 ^a	0.87±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	0.94±0.07 ^a	0.65±0.00 ^a
	Hardness (×10 ⁵ dyne/cm ²)	Korean solar salt	5.81±0.30 ^a	6.14±0.37 ^b	3.71±0.26 ^a	4.82±0.06 ^a	4.23±0.06 ^a
Chinese solar salt		6.40±1.37 ^b	6.01±0.54 ^b	4.95±0.20 ^b	5.36±0.42 ^{bc}	4.87±0.20 ^a	4.11±0.14 ^b
Washed and dehydrated salt		5.30±0.18 ^a	6.28±0.20 ^b	5.20±0.49 ^{bc}	5.14±0.29 ^c	3.87±0.14 ^b	3.23±0.18 ^a
Purified salt		5.33±0.45 ^a	5.31±0.59 ^a	4.61±0.34 ^b	5.01±0.28 ^a	4.87±0.30 ^a	4.25±0.14 ^b
Processed salt		6.63±0.35 ^b	7.68±0.17 ^d	4.86±0.22 ^b	5.58±0.22 ^{bd}	4.87±0.32 ^a	4.72±0.20 ^b

^{1)a-d} Values not sharing a common letter are significantly different at p<0.05

김치발효 중 관련 미생물의 생육양상

김치발효에 관여하는 미생물의 변화에 대한 조사 결과, Fig. 2에 나타난 것처럼 총균수의 변화는 김치숙성 6일째 까지 계속 증가하고 6일째에 최고 균수인 9×10^9 CFU/mL에 도달한 후 감소하는 경향을 나타냈다. 각 소금별로는 기계염이 다른 소금에 비해 성장곡선이 상대적으로 늦게 형성되었음을 알 수 있었다. 김치의 숙성 중 총균의 증식은 여러 복합 균총에 의한 것으로 생각되며, 사용원료와 제조 여건에 따라 다르지만 최고균수는 보통 $10^8 \sim 10^{10}$ CFU/mL 사이(22)로 알려져 본 연구결과에서도 비슷한 생육양상을 나타냈다. 각 소금에 따른 김치의 총균수 증식의 차이는 소금 안에 존재하는 미량성분의 영향으로 판단되며, 이러한 미량성분이 미생물 생육에 중요한 인자라고 판단된다.

*Lactobacillus*속 균수의 변화는 숙성 기간동안 급속히 증가하다가 숙성 7일째에 최고 균수인 8×10^9 CFU/mL에 도달하고 그 후엔 조금씩 감소하는 경향을 나타냈다. 각 소금 종류별로는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 비슷한 경향의 수준을 나타냈다. *Lactobacillus*속은 발효 초기에는 거의 볼 수가 없고 주로 후기에만 존재하여 김치산패에 관여하는 것으로 보고(4)하고 있으며, 본 실험의 결과에서는 김치 담금 초기부터 생성되어 발효말기라고 생각되는 김치숙성 7일에 젖산균 중 가장 높은 균수를 나타냈다. 일반적으로 *Lactobacillus*속은 채소류 발효에서 산패균으로 알려져 있고(23) 전 기간을 통하여 높은 분포를 나타내지만 pH가 3.8이하로 떨어지면 약간 감소하는 경향을 나타내는 것으로 보고되고 있다.

Leuconostoc 속 균수의 변화는 김치숙성 4일에 최고 균수인 7×10^8 CFU/mL에 도달하였으며, 그 후로는 완만하게 감소하는 경향을 나타냈으며, 국내산 천일염으로 담근 김치가 약간 높았으나 유의한 차이는 없었으며, 모든 소금에서 증식양상은 비슷한 경향을 나타냈다. 민 등(4)의 보고에 의하면 일반적으로 *Leuconostoc mesenteroides*는 발효초기에 급속히 증가하였다가 급격히 쇠퇴한다고 하였는데 본 실험의 결과에서는 최고 균수 이후에 완만한 쇠퇴의 경향을 나타냈다. 주 발효균인 *Leu. mesenteroides*는 CO₂를 생성하여(24) 김치의 맛과 냄새에 좋은 효과를 주고 김치의 적숙기에 그 수가 최대가 되며, *Leu. mesenteroides*의 수가 감소하는 시기에는 김치의 산패를 야기시키는 *Lac. plantarum*이 증식하는 것으로 알려져 있다(25).

발효 중기에 주로 증식하는 *Pediococcus* 속 균수의 변화는 김치숙성 9일째에 최고 균수인 5×10^5 CFU/mL에 도달하였고, 그 이후에는 완만하게 감소하는 경향을 나타냈다. 김치의 *Pediococcus* 속은 발효 중기 이후에 최고 균수를 나타낸다고 하였는데(26) 본 실험 결과에서도 유사한 경향을 나타냈다.

*Streptococcus*속 균수의 변화는 김치 발효 6일에 최고 균수인 7×10^7 CFU/mL에 도달하였으며, 그 이후에 급속히

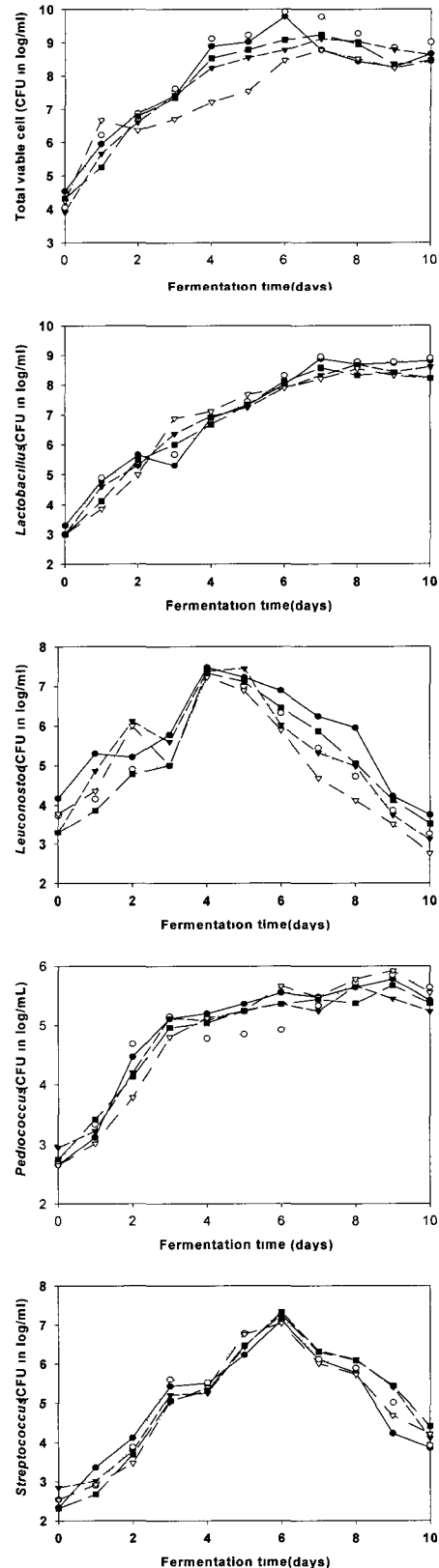


Fig. 2. Total viable cell, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* and *Streptococcus* changes of *Kimchi* during fermentation at 25°C.

●, Korean solar salt ; -○-, Chinese solar salt , -▼-, Washed and dehydrated salt , -▽-, Purified salt, -■-, Processed salt

감소하는 경향을 나타내었다. 소금종류별에 따른 유의한 차이는 없었으며, 생육양상이 전체적으로 유사한 경향을 나타냈다. 일반적으로 *Streptococcus* 속은 김치 가식의 최적기에 최고 균수를 나타낸다고 하는데 본 실험의 결과도 유사하게 나타났다.

김치 조직감의 변화

김치의 숙성과정 중 조직감의 변화를 기계적으로 측정된 결과를 Table 3에 나타냈다. 배추잎의 조직감은 배추의 품종, 잎의 부위, 재배시기 등에 따라 크게 달라지므로(27) 일정한 품을 가진 배추 중간잎의 줄기부분을 시료로 사용하였다. 강도의 변화는 절입 초기에 급격히 감소하였다가 절입시간이 증가하면서 유의하지는 않았으나 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 소금의 종류별로 보면 환원염에서 강도의 감소가 다른 김치보다 더 낮아 물러짐 방지에 효과적인 것으로 나타났다. 김치의 조직은 숙성이 진행되면서 감소하다가 다시 증가되는 경향을 나타내었는데, 이는 Ku 등(28)의 온도별 숙성 과정중 pH의 변화를 참고할 때 김치액의 pH가 4 근처에 도달하면서 감소하던 강도가 다시 증가하였고, 반면 Lee 등(27)은 일정 크기로 제조된 김치를 측정할 결과, 강도가 숙성에 따라 계속 감소하는 경향을 보였다고 보고한 것과는 차이가 있었다.

김치 담금 시 여러 가지 소금 중 대체적으로 천일염을 사용하여 제조하는 것이 발효 및 맛 등 품질면에서 우수하다고 일반적으로 알려져 있는데, 본 연구결과에서는 천일염, 세척탈수염, 기계염, 환원염을 사용하여 제조하고 숙성시킨 김치간의 뚜렷한 이화학적, 물리적, 미생물학적 차이가 없었지만, 김치의 숙성 중 산도의 변화 및 총균수의 생육양상에 대한 결과로 볼 때 기계염 보다는 천일염의 경우가 김치발효에 더욱 효과적인 것으로 판단되었다

요 약

여러 종류의 소금으로 절입한 배추로 김치 담금 후 25℃에서 숙성시키면서 품질변화를 조사한 결과, 모든 김치에서 pH는 담금 직후부터 감소하여 2일 후에 최적가식 범위인 pH 4.2에 도달하였고, 산도도 pH의 결과와 동일한 양상을 나타내었다. 염도는 각 소금의 종류에 따라 침투력의 차이를 보여 절입효율이 높은 세척 탈수염과 기계염이 다른 김치 보다 높은 염도를 나타냈다. 김치발효 미생물의 경우 총균수는 기계염에 비해 다른 종류의 소금으로 제조한 김치에서 그 생육양상이 빨리 진행되었고, *Lactobacillus*속의 경우 발효 7일째까지 계속 증가하는 경향을, *Leuconostoc*속의 경우 숙성 4일째까지 증가하다가 감소하였다. *Pediococcus* 속은 숙성 중기부터 증가하여 완만한 증가와 감소를 나타내었으며, *Streptococcus*속은 숙성 6일 후에 급속히 감소하는

경향을 나타냈다. 유산균의 경우 소금종류에 따라 큰 차이는 없는 것으로 판단되었다. 김치 발효과정 중 생성된 유기산 등 여러 성분들과 반응하여 김치숙성이 시작되는 2일째에 색도 변화는 L, a 그리고 b값이 크게 감소하였다. 김치의 텍스처는 절입초기에 급격히 감소하였다가 절입시간이 증가하면서 경향은 뚜렷하지 않으나 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 천일염, 세척탈수염, 기계염, 환원염을 사용하여 제조한 김치는 서로 뚜렷한 이화학적, 물리적, 미생물학적 차이가 없었지만, 김치의 숙성 중 산도의 변화 및 총균수에 대한 생육양상의 결과로 볼 때 기계염 보다는 천일염의 경우가 김치발효에 더욱 효과적인 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 대한염업조합의 지원에 의해 얻어진 결과이며, 연구수행에 많은 도움을 준 산업자원부 지원 목포대학교 식품산업기술연구센터(RRC)에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cho, E.J., Lee, S.M., Rhee, S.H. and Park, K.Y. (1988) Studies on the standardization of Chinese cabbage *Kimchi*. Kor. J. Food Sci. Technol., 30, 324-332
2. Jo, Y.B., Choi, H.J., Baik, H.S. and Jun, H.K. (1997) Evaluation of optimum conditions for the electrofusion between *Lactobacillus* sp. JC 7 isolated from *Kimchi* and *Lactobacillus acidophilus* 88. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 25, 121-128
3. Shin, D.H., Kim, M.S., Han, J.S., Lim, D.K. and Park, W.S. (1996) Changes of chemical composition and microflora in commercial *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol., 28, 137-145
4. Mheen, T.I. and Kwon, T.W. (1984) Effect of temperature and salt concentration on *Kimchi* fermentation. Korean J. Food Sci. Technol., 16, 443-450
5. Shin, D.H. (1994) Physicochemical and microbial properties of market *Kimchi* during fermentation in different containers. The 1st Symposium of Science of *Kimchi*. Korean Soc. Food Sci. Tech., 226-245
6. Ko, Y.D., Kim, H.J., Jun, S.S. and Sung, N.J. (1994) Development of control system for *Kimchi* fermentation and storage using refrigerator. Korean J. Sci Technol., 26, 199-208
7. Cho, Y. and Rhee, H.S. (1991) Effect of lactic acid bacteria

- and temperature on Kimchi fermentation (II). Korean J. Soc. Food Sci., 7, 89-95
8. Choi, H.S. (1995) *The Life of Korean, Kimchi*. Mil-al, Seoul, p.181
 9. Kim, J.M., Kim, I.S. and Yang, C.H. (1987) Storage of salted Chinese cabbage for *Kimchi*. I. Physicochemical and microbial changes during salting of Chinese cabbages. J. Korean Soc. Food Nutr., 16, 1075-1084
 10. Lee, C.H., Hwang, I.J. and Kim, J.K. (1988) Macro and micro-structure of Chinese cabbage leaves and their texture measurements. Korean J. Food. Sci. Technol., 20, 742-748
 11. Gill, W.S. (1999) Application and present conditions of salt processing in Korea. J. East Asian Dietary Life. 9, 247-256
 12. Kim, Y.S. (1999) The application method of bamboo salt and health in the pollution period. J. East Asian Dietary Life., 9, 257-260
 13. Shin, D.H., Kim, M.S., Han, J.S., Lim, D.K. and Bak, W.S. (1996) Changes of chemical composition and microflora in commercial *Kimchi*. Kor. J. Food Sci. Technol., 28, 137-145
 14. Kim, S.J. and Park, K.H. (1995) Retardation of *Kimchi* fermentation by the extracts of *Allium tuberosum* and growth inhibition of related microorganism. Korean J. Food Sci. Technol., 27, 813-818
 15. Lee, C.W., Ko, C.Y. and Ha, D.M. (1992) Microfloral changes of the lactic acid bacteria during *Kimchi* fermentation and identification of the isolates. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 20, 102-109
 16. Kim, S.H., Kim, S.J., Kim, B.H., Kang, S.G. and Jung, S.T. (2000) Fermentation of Doenjang prepared with sea salts. Korean J. Food Sci. Technol, 32, 1365-1370
 17. Kim, S.D. (1997) Salting and fermentation of *Kimchi*. J. Food Sci. Technol., 9, 187-196
 18. Kim, M.H. and Chang, M.J. (2000) Fermentation property of chinese cabbage *Kimchi* by fermentation temperature and salt concentration. J. Korean Soc. Agric. Chem Biotechnol., 43, 7-11
 19. Kim, M.H., Kim, S.D. and Kim, K.S. (2000) Effect of salting conditions on the fermentation and quality of dandelion (*Taraxacum platycarpum* D.) *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol., 32, 1142-1148
 20. No, H.K., Lee, M.H., Lee, M.S. and Kim, S.D. (1992) Quality evaluation of Korean cabbage *Kimchi* by instrumentally measured color values of *Kimchi* juice. J. Korean Soc. Food Nutr., 21, 163-170
 21. Kim, J.H. (2003) Effect of rosemary leaf on quality and sensory characteristics of *Kimchi*. Korean J. Food Nutr., 16, 283-288
 22. Park, S.K., Kang, S.G. and Chung, H.J. (1994) Effects of essential oil in astringent persimmon leaves on *Kimchi* fermentation. Kor. J. Appl. Microbiol Biotechnol., 22, 217-221
 23. Yoo, M.J., Kim, H.R. and Chung H.J. (2001) Changes in physicochemical and microbiological properties in low-temperature and long-term fermented *Kimchi* during fermentation. Korean J. Dietary Culture., 16, 431-441
 24. Chyun, J.H. and Rhee, H.S. (1976) Studies on the volatile fatty acids and carbon dioxide produced in different *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol., 8, 90-94
 25. Shin, D.H. (1994) Physicochemical and microbial properties of market *Kimchi* during fermentation in different containers. *Kimchi Science*. 8, 2-136
 26. So, M.H., Lee, Y.S., Kim, H.S., Cho, E.J. and Yea, M.J. (1996) An influence of salt concentrations on growth rates of lactic acid bacteria isolated from *Kimchi*. Korean J. Food & Nutr., 9, 341-347
 27. Lee, Y.H. and Rhee, H.S. (1986) The changes of pectic substances during the fermentation of *Kimchi*. Korean J. Food Cookery Sci., 2, 54-58
 28. Ku, K.H., Kang, K.O. and Kim, W.J. (1988) Some quality changes during fermentation of *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol., 20, 476-482

(접수 2005년 4월 20일, 채택 2005년 7월 29일)