김치 발효 중 소금 농도에 따른 균총의 변화

— 연구노트 —

홍근혜¹ · 이소영¹ · 박의성² · 박건영¹

¹차의과학대학교 식품생명공학과

²연세대학교 식품영양학과

Changes in Microbial Community by Salt Content in Kimchi during Fermentation

Geun-Hye Hong¹, So-Young Lee¹, Eui-Seong Park², and Kun-Young Park¹

¹Department of Food Science and Biotechnology, CHA University

²Department of Food and Nutrition, Yonsei University

ABSTRACT This study examined for changes in the microbial population during kimchi fermentation by different salt content. Kimchi was prepared with varying salt contents, including 1.5% (1.5kimchi), 2.5% (2.5kimchi), and 3.5% (3.5kimchi), and subsequently subjected to fermentation without starters at 5°C for 4 weeks. The pH and acidity of the kimchi were determined during the fermentation. Decreasing salt concentration, resulted in rapid decrease in the pH and associated increase in acidity. The 2.5kimchi showed the best qualities of kimchi. Changes in the microbial community at the phylum, genus, and species levels of lactic acid bacteria (LAB) were determined at the 3rd week of fermentation, by applying the 16s rRNA of NGS (next generation sequencing). High levels of the phylum Firmicutes were obtained in all three kimchi preparations (89.8%, 96.1%, and 75.0% in 1.5, 2.5, and 3.5kimchi, respectively). The highest levels of the heterofermentative LAB *Leuconostoc* and *Weissella* were found in 2.5kimchi, and lowest levels were detected in 3.5kimchi. The dominant species obtained in the 2.5kimchi were *Leu. gelidum* and *Wei. koreensis*, and higher levels of *Lab. sakei* were found in the kimchi samples (46.5%~50.5%). Notably, the 3.5kimchi contained 22% *Aer. funiformesms*, which is not LAB. These results indicate that 2.5% salt content is the optimal salt concentration for kimchi fermentation.

Key words: kimchi, fermentation, salt content, quality, bacterial community

서 론

김치는 유산균이 발효하는 probiotic 식품으로 한국의 대표적인 전통 발효 식품 중 하나이다. 김치의 재료, 특히 소금의 종류 및 농도, 발효 온도와 여러 조건 등이 김치의 맛과 특성 그리고 발효에 영향을 미친다(Park과 Ju, 2018; Park 등, 2014). 김치 재료 중 소금은 김치의 발효에서 가장 중요한 부분인 김치의 품질 유지, 유해균 제거와 유산균 조성에 결정적인 역할을 한다(Kim과 Kim, 2014).

김치의 발효에는 주로 lactic acid bacteria(유산균)가 우세하게 관여하고 유기산, 에탄올, 만니톨 및 CO₂ 생산을 통해 발효 과정 중 생기는 부패성 세균의 성장을 억제하며 특

히 소금의 양은 발효 속도 및 발효균의 종류에 영향을 끼친다(Kim 등, 2004). 김치 발효에 관여하는 유산균에는 주로 *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*와 *Weissella* 속 등이 관여한다(Park 등, 2001; Jung 등, 2011). 발효 초기 단계에서는 이형발효(heterofermentative) 유산균인 *Leuconostoc* 속이 중요한 역할을 하고, 동형발효(homofermentative) 유산균인 *Lactobacillus*는 후기 단계에서 그 역할을 한다(Jung 등, 2012). 적절한 양의 소금은 김치 발효 초기에 호기성균들의 성장을 억제하고, 혐기성균인 유산균의 증식을 도와 김치 특유의 맛과 향을 내는 등 김치 발효에 중요한 역할을 한다(Kim과 Kim, 2014). 김치의 적당한 소금 농도는 약 2.0~3.0%로 알려져 있으며(Cho, 1999; Mheen

Received 3 March 2021; Revised 6 April 2021; Accepted 9 April 2021

Corresponding author: Kun-Young Park, Department of Food Science and Biotechnology, CHA University, 335, Pangyo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi 13488, Korea, E-mail: kunypark@cha.ac.kr

Author information: Geun-Hye Hong (Graduate student), So-Young Lee (Graduate student), Eui-Seong Park (Graduate student), Kun-Young Park (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

과 Kwon, 1984), 남부지역처럼 따듯한 지역에서는 발효를 늦추기 위해 첨가량이 많다(3.0~5.0%). 이와 더불어 김치 저장을 위한 최적의 소금 농도는 3%로 보고되었다(Cha 등, 2003). 이는 소금의 농도가 낮아질수록 김치의 발효가 매우 빠르게 진행되어 산도가 증가하고 무른 김치가 되어 저장성에 영향을 미친다. 잘 익은 김치는 주로 *Leuconostoc*, *Weissella*에 속하는 이형발효 유산균에 의해 생성된 탄산가스에 의해 시원한 맛을 느끼게 되는데, 더 많이 익게 되면 *Lactobacillus* 속에 속하는 동형발효 유산균에 의해 젖산이 과도하게 생성되어 과숙된 김치의 신맛을 느끼게 된다(Cho, 1999).

현재 WHO(세계보건기구)에 따르면 일인당 하루 권장 나트륨 섭취량을 5 g으로 권장하고 있다(World Health Organization, 2008). 또한 KFDA(식품의약품안전처)도 이를 기준으로 저 나트륨 섭취 캠페인을(Kim 등, 2016a) 진행하면서 김치 제조 시 소금의 농도가 점차 낮아져 시중에 판매되는 김치의 소금 농도가 1.2~1.8% 이하까지 떨어졌다(Kim, 2013). 하지만 O'Donnell 등(2011)의 연구에 따르면 소금 섭취량이 5 g/d이면 혈관 질환이 오히려 증가되고, 일인당 하루 7~14 g의 소금을 섭취하였을 때 심혈관 질환 예방 등에 도움이 된다고 하였다(O'Donnell 등, 2014). 김치의 소금 농도가 낮아지면 숙성에 불필요한 각종 미생물이 번식함으로써 김치가 지나치게 빨리 익고 품질 저하의 우려가 있으므로(Yu와 Hwang, 2011) 김치 제조 시 적절한 염도는 매우 중요하다.

따라서 본 연구는 김치 발효 시 최종 염도를 1.5%, 2.5%, 3.5%로 담은 김치의 품질을 pH와 산도를 중심으로 이화학적 특성을 확인하였으며, 16S rRNA V3-V4 영역을 sequencing 하는 NGS(next generation sequencing) 분석을 통해 phylum, genus, species level에서 유산균과 관련된 균총들의 community 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

김치 제조

본 연구에서 사용한 김치는 (주)풍미식품(Suwon, Korea)에서 배추와 부재료를 제공받아 제조하였다. 배추는 씻은 후 반으로 잘라 10%의 소금물에 14~16시간 동안 절였다. 소금물에 절인 배추를 3~4회 세척한 후 30분 동안 물기를 뺀 다음 배추와 부재료를 섞어 김치를 제조하였다(Park 등, 2014). 최종 염도는 정제염(Hanju Co., Ltd., Ulsan, Korea)을 이용하여 소금 1.5% 농도의 김치(1.5% kimchi, 1.5김치), 소금 2.5% 농도의 김치(2.5% kimchi, 2.5김치), 소금 3.5% 농도의 김치(3.5% kimchi, 3.5김치)를 스타터 없이 제조한 후, 실험실 저온 냉장고(5±1°C)에서 0~4주 동안 발효하여 사용하였다. 김치의 소금 농도를 정확하게 하기 위해 염분 농도계(NS-3P, Merbabu trading Co., Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 김치의 염도를 발효 과정 중에 측정하였다.

pH 및 산도 측정

김치의 pH 및 산도를 측정하기 위해 김치를 멸균 비닐팩에 담아 stomacher(HG-400, MAYO, Parma, Italy)로 착즙하여 사용하였다. 실온에서 pH meter(Orion Star A211, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. AOAC 표준 시험법(1990)에 따라서 김치즙을 증류수를 이용하여 20배 희석하여 pH 8.4까지 적정하였으며, 이에 사용된 0.1 N NaOH(mL)의 양으로 계산하였다. 적정 값은 유산(lactic acid)의 함량을 %로 환산하여 계산하였다.

Acidity (%) =

$$\frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times 0.1 \times \text{dilution rate} \times 0.09^*}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

*0.09: conversion factor

미생물 community 측정: NGS

제조사의 프로토콜에 따라 PowerSoil® DNA 분리 kit(MO BIO Laboratories, Inc., Carlsbad, CA, USA)을 사용하여 DNA를 추출하였다. 각각의 sequencing된 샘플은 Illumina 16S Metagenomic Sequencing Library 프로토콜을 사용하였다. 16S rRNA 유전자를 16S V3-V4 primer를 사용하여 증폭시켰다(forward: 5'-TCG TCG GCA GCG TCA GAT GTG TAT AAG AGA CAG CCT ACG GGN GGC WGC AG-3', reverse: 5'-GTC TCG TGG GCT CGG AGA TGT GTA TAA GAG ACA GGA CTA CHV GGG TAT CTA ATC C-3'). PicoGreen을 사용하여 정규화 및 풀링되었으며 라이브러리의 크기는 LabChip GX HT DNA sensitivity kit(PerkinElmer, Waltham, MA, USA)을 사용하여 확인되었다. 이후 MiSeq™ platform(Illumina, San Diego, CA, USA)을 사용하여 sequencing을 진행하였다. 모든 절차는 Macrogen Inc.(Seoul, Korea)에서 수행하였다.

통계처리

모든 실험의 데이터는 평균±표준편차(standard deviation, SD)로 나타냈다. One-way analysis of variance (ANOVA)를 실시하고 Duncan's multiple range test를 이용하여 각 처리 시료(n=3) 간의 유의성을 검증하였다. $P < 0.05$ 일 때 유의성이 있다고 간주하였다. SPSS v18 statistical software package(SPSS Inc., Westlands, Hong Kong)를 이용하여 모든 실험을 분석하였다.

결과 및 고찰

김치의 이화학적 특성 측정

발효 기간 중에 김치 3종류(1.5김치, 2.5김치, 3.5김치)의 염도는 초기 염도와 큰 변화(1.5김치: 1.50±0.02%, 2.5김치: 2.52±0.04%, 3.5김치: 3.51±0.04%)가 없었다(data not shown). 이런 이유는 소금이 배추로 확산되어 탈수와

Fig. 1. Change of (A) pH and (B) acidity in various kind of kimchi fermented at 5°C. 1.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 1.5% salt content, 2.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 2.5% salt content, 3.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 3.5% salt content. Means with the different letters (a-c) at the same storage period are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range tests.

침투를 반복하면서 김치 국물과 배추 사이에 소금 농도가 평행을 이루기 때문이다(You 등, 2013). 김치가 발효하는 동안 여러 미생물에 의해 생성된 유기산 등은 김치 특유의 신선한 맛을 주게 되며, 이들에 의해 김치의 pH는 감소하고 산도는 증가하여 김치의 숙성 정도를 짐작할 수 있다(Park 등, 2014). 5°C에서 0~4주 동안 김치의 pH와 산도 변화는 Fig. 1과 같다. 1주차일 때 pH는 1.5김치 4.74 ± 0.07 , 2.5김치 5.05 ± 0.11 , 3.5김치 5.30 ± 0.09 이고, 산도는 1.5김치 $0.51 \pm 0.02\%$, 2.5김치 $0.35 \pm 0.01\%$, 3.5김치 $0.32 \pm 0.00\%$ 였다. 1.5김치는 발효 1주 만에 pH가 5.55 ± 0.03 에서 4.74 ± 0.07 로 급격하게 감소하였으며 4주 발효 기간 내내 산도는 계속 증가하였다. 김치 제조 시 소금의 농도가 낮을수록 pH는 급격하게 감소하고 산도는 너무 빠르게 증가하여 김치의 저장성이 감소된다고 보고한 Cho(1999)의 연구와 비슷하게 1.5김치는 다른 김치에 비해 저장성이 떨어지는 것을 알 수 있다. Cheigh와 Park(1994), Park 등(2014)은 5°C에서 김치를 발효하면 3주차일 때 적숙기이며 김치의 pH가 4.2~4.5, 산도가 0.4~0.8%로 맛과 기능성이 가장 우수하다고 보고하였다. 이러한 내용을 토대로 3주차 시료를 미생물 군총 변화를 확인하는 데 사용하였다.

김치의 미생물 변화 측정

김치는 일반적으로 약 2~3%의 소금 농도에서 발효되므로 유산균(lactic acid bacteria, LAB)의 성장에 유리하다(Jung 등, 2014). 김치의 산성화는 낮은 소금 농도(<2%)에서 김치 유산균의 빠른 성장으로 발생하는 반면, 높은 소금 농도(>3%)에서는 김치 발효 및 숙성이 지연되는 것으로 보고되었다(Mheen과 Kwon, 1984).

Phylum level: Cynaobacteria, Firmicutes, Proteobacteria 등이 확인되었다. 3종류의 김치 모두 Firmicutes가 대다수의 비율로 나타났다(Table 1).

Cyanobacteria(남세균)는 *Gleobacteria*, *Phycobacteria*,

Table 1. The composition of microbiota in kimchi fermented 3rd weeks at 5°C at phylum level (%)

Phylum	1.5% kimchi	2.5% kimchi	3.5% kimchi
Bacteroidetes	0.0	0.0	0.0
Cyanobacteria	4.1	2.2	22.0
Firmicutes	89.8	96.1	75.0
Proteobacteria	0.2	0.1	0.0
Other	6.0	1.6	3.0

1.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 1.5% salt content, 2.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 2.5% salt content, 3.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 3.5% salt content.

Aerosakkonema 등을 포함하고 있다. 소금 농도에 따라 큰 차이가 있었는데 3.5김치에서 22.0%로 가장 많이 나타났으며, 그다음에는 1.5김치(4.1%), 2.5김치(2.2%) 순으로 나타났다(Table 1). Cyanobacteria는 인간과 동물에게 위험을 초래할 수 있는 2차 대사산물인 cyanotoxins을 생성한다고 알려져 있다(Drobac 등, 2013).

Firmicutes은 Bacilli, Lactobacillales, Clostridia 등을 포함하고 있으며 김치가 발효할 때 중요한 유산균인 *Leuconostoc*과 *Lactobacillus* 등을 포함하고 있다(Kang 등, 2018). 2.5김치에서 96.1%를 차지하였고 1.5김치는 89.8%, 3.5김치는 75.0%로 나타났다. 2.5김치는 1.5김치보다 6.3%, 3.5김치보다 21.2% 많은 Firmicutes를 함유하였다(Table 1). 유산균이 cyanobacterium의 성장을 억제한다는 연구 결과(Kang 등, 2016)와 같이 유산균이 적은 3.5김치에서 cyanobacteria가 많은 비율을 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 이를 통해 김치 제조 시 적절한 소금의 농도가 중요한 것을 알 수 있었다.

Proteobacteria는 대장균, 살모넬라, 비브리오, 헬리코박터 등 다양한 병원균 및 기타 여러 생물 속들을 포함하고 있다(Madigan과 Martinko, 2006). 소금의 농도가 낮은 1.5김치는 Proteobacteria가 0.2%로 다른 김치에 비해 높았으

Table 2. The composition of microbiota in kimchi fermented 3rd weeks at 5°C at genus level (%)

Genus	1.5% kimchi	2.5% kimchi	3.5% kimchi
<i>Aerosakkonema</i>	4.1	2.2	22.0
<i>Lactobacillus</i>	50.5	46.6	46.5
<i>Leuconostoc</i>	5.1	9.6	1.2
<i>Weissella</i>	34.1	40.0	27.2
Other	6.0	1.6	3.0

1.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 1.5% salt content,
2.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 2.5% salt content,
3.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 3.5% salt content.

며 2.5김치(0.1%), 3.5김치(0.0%)로 낮았다. 이는 적당한 염도에 따라 대장균에 의한 오염을 막을 수 있을 것으로 생각된다(Abdulkarim 등, 2009). 발효 초기에는 Proteobacteria가, 발효 초기 이후에는 Firmicutes가 우점균으로 나타난 연구(Kang 등, 2018)와 동일하게 본 연구에서 발효 3주차에는 Firmicutes가 우점균으로 나타났다.

Genus level: *Weissella*, *Leuconostoc*과 *Lactobacillus*가 주로 확인되었으며 이외에도 *Aerosakkonema*가 나타났다(Table 2). *Lactobacillus*, *Weissella*, *Leuconostoc*은 발효 과정에서 우점균인 LAB라는 것은 많은 연구를 통해 알려져 있다(Kim 등, 2016b).

*Aerosakkonema*는 Cyanobacteria 안에 속하며 저수지와 같은 환경에 분포하는 미생물이다(Thu 등, 2012). Phylum 수준의 결과와 동일하게 3.5김치에서 많은 비율을 차지하였다(Table 2). *Aerosakkonema*는 Mannaa 등(2019)의 연구에서 발효 1주차의 무김치에서 많이 나타났다고 보고되었는데, 본 연구에서도 3.5김치에서 높게 나타난 것으로 보아 2.5김치에 비해 발효가 덜 진행된 것으로 생각된다.

유산균 중 김치의 맛을 향상시키는 이형발효인(Wisselink 등, 2002) *Weissella*와 *Leuconostoc*이 2.5김치에서 각각 40.0%, 9.6%로 1.5김치(34.1%, 5.1%)와 3.5김치(27.2%, 1.2%)보다 더 많이 발효에 참여하고 있었다. 김치 발효에 주로 관여하는 *Leuconostoc*은 소금의 농도가 1%일 때보다 2% 근처에서 더 많이 성장하는 것으로 알려져 있다고 보고하였는데(Park과 Kim, 1991) 본 연구의 결과와도 일치하였다. 또한 김치의 맛을 좋게 하는 이형발효 유산균인 *Leuconostoc* 속 유산균 수는 김치의 소금 농도가 2.5%일 때 가장 높게 나타났다(Cho, 1999). *Lactobacillus*는 1.5김치에서 50.5%, 2.5김치에서 46.6%, 3.5김치에서 46.5%로 비슷하게 나타났다.

본 연구에서는 김치의 발효에 관여하는 주요 유산균인 *Weissella*, *Leuconostoc*과 *Lactobacillus*가 확인되었으며(Kim 등, 2016b) 소금 농도에 따라 차이를 나타냈다. 2.5김치는 김치의 맛을 향상시키는 *Leuconostoc*, *Weissella*가 1.5김치와 3.5김치에 비해 많으며 발효가 덜 된 김치에 나타나는 *Aerosakkonema*가 적어 김치를 제조할 때 2.5%의 소금 농도가 적합하다고 할 수 있다.

Table 3. The composition of microbiota in kimchi fermented 3rd weeks at 5°C at species level (%)

Species	1.5% kimchi	2.5% kimchi	3.5% kimchi
<i>Aerosakkonema funiforme</i>	4.1	2.2	22.0
<i>Lactobacillus fuchuensis</i>	0.2	0.1	0.1
<i>Lactobacillus sakei</i>	50.3	46.4	46.4
<i>Leuconostoc gelidum</i>	4.1	9.3	1.2
<i>Leuconostoc lactis</i>	1.1	0.2	0.0
<i>Weissella koreensis</i>	34.1	40.0	27.2
Other	6.0	1.6	3.0

1.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 1.5% salt content,
2.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 2.5% salt content,
3.5% kimchi: standardized baechu kimchi + 3.5% salt content.

Genus 수준에서 2.5김치는 96.2%가 유산균으로 나타났으며, 1.5김치는 89.7%, 3.5김치는 74.9%의 유산균이 발효에 참여하였다. 김치 발효 시 염도가 다를 때 유산균 조성의 차이가 나타났다. 그중 2.5김치가 가장 높은 비율을 보여 유산균 발효가 가장 잘되는 것으로 확인되었다(Park 등, 2014).

Species level: *Aerosakkonema funiforme*, *Lactobacillus fuchuensis*, *Lactobacillus sakei*, *Leuconostoc gelidum*, *Leuconostoc lactis*, *Weissella koreensis*가 나타났다. *Lac. sakei*와 *Wei. koreensis*가 우점균으로 나타났다(Table 3).

Mannaa 등(2019)에 따르면 *Aer. funiforme*는 발효가 진행됨에 따라 감소한다고 보고하였는데, 본 연구 역시 2.5김치에서 가장 낮게 나타난 것으로 보아 1.5김치와 3.5김치에 비해 김치 발효가 가장 잘된 것으로 보인다. 유산균들(*Lab. sakei*, *Leu. gelidum*, *Wei. koreensis*)은 모두 이형발효 유산균으로 유산뿐만 아니라 초산, 에탄올, 이산화탄소 등을 생산해 전체적인 맛을 향상시켜주는 균들이다(Jung 등, 2011).

*Lab. sakei*는 발효 속성과 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며 발효 식품의 신맛과 관련된 김치 발효 후기 단계에서 크게 증가하는 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2008; Jung 등, 2012). 1.5김치의 pH와 산도를 보면 2.5김치와 3.5김치보다 1.5김치의 pH는 낮고 산도는 높은 것을 볼 수 있다(Fig. 1). 이는 1.5김치에 *Lac. sakei*가 많은 부분을 차지하는 것으로 보아 2.5김치와 3.5김치보다 빠르게 발효되고 있음을 알 수 있다.

*Leu. gelidum*은 마늘에서 발견되었으며 김치 발효 과정에서 대표적으로 우세한 *Leuconostoc* 종으로 발효 초기에 나타난다(Kim 등, 2000). 2.5김치가 1.5김치보다 5.3%, 3.5김치보다 8.1% 많은 *Leu. gelidum*을 포함하고 있다. 시중에 판매되고 있는 김치에서 우점균으로 나타나는 유산균은 이형발효 유산균인 *Wei. koreensis*, *Leu. gelidum*으로 김치의 맛을 좋게 한다(Kim 등, 2016b; Park 등, 2014). 2.5김치의 우점균은 *Wei. koreensis*, *Leu. gelidum*으로 이

전 연구와 동일한 결과를 나타냈다.

1.5김치의 경우 발효 중기 및 후기 단계에 나타는 유산균들이 우세한 것으로 보아 발효 후기 단계임을 알 수 있다. 3.5김치는 2.5김치보다 *Wei. koreensis*가 12.8% 낮게 나타나 아직 적숙기에 도달하지 않았음을 알 수 있다. 또한, 이형발효 유산균들이 2.5김치에 96.1%로 1.5김치(89.8%)와 3.5김치(74.3%)보다 많이 나타나 맛이 좋은 김치의 소금 농도는 2.5%라는 것을 알 수 있다. 2.5김치는 1.5김치와 3.5김치보다 발효 초기, 중기 및 후기의 유산균들이 다양하게 분포하고 있어 김치의 유산균 성장에 적합한 소금 농도라고 할 수 있다. Species level에서도 genus level과 동일하게 2.5김치가 김치 제조 시 가장 적합한 소금 농도임을 알 수 있다.

한국인의 한 끼 김치 섭취량은 약 60 g으로 소금의 농도가 2.5%인 김치를 먹는다면 약 1.5 g의 소금밖에 섭취하지 않는다. 또한 소금 자체는 문제가 될 수 있으나 소금으로 제조된 김치는 기능성이 우수해져 소금의 부정적인 효과를 감소시킬 수 있다. Hong(2021)의 연구에서 소금 자체는 비만을 유도하였으나 같은 양의 소금으로 제조된 김치는 항비만 효과를 나타내는 흥미로운 연구가 보고되고 있다. 김치를 통한 소금 섭취는 단순히 소금 섭취를 하는 것과는 다르게 나타난 것을 알 수 있어 김치의 적당한 소금 농도는 건강에 문제가 되지 않으며 오히려 건강 기능성을 높이는 데 관여한다고 생각된다. 저 나트륨 섭취 캠페인으로 인해 김치에 대한 소금의 농도가 너무 낮아졌으나, 이 연구를 통해 김치 발효 시 소금 농도는 2.5%일 때 품질 및 미생물의 균총이 가장 우수한 것으로 확인되었다. 김치 제조 시 소금 농도 및 소금 종류에 대한 품질, 미생물 균총의 변화와 건강 기능성에 대해서는 더 자세한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

요 약

소금 1.5% 농도의 김치(1.5김치), 소금 2.5% 농도의 김치(2.5김치), 소금 3.5% 농도의 김치(3.5김치)를 스타터 없이 소금의 농도를 달리하여 제조한 후, 5°C에서 4주간 발효시키면서 김치의 품질과 미생물 균총 변화를 비교 및 분석하였다. 김치 발효 시 소금의 농도가 낮을수록 김치의 pH와 산도가 급격하게 변화하였으며 pH는 감소하고 산도가 증가하여 2.5김치의 발효 속도가 가장 적당하였다. 김치 발효 시 소금 농도에 따라 김치의 미생물 변화는 phylum 수준에서 3개의 김치 모두 Firmicutes가 대다수를 차지하고 있으며 2.5김치(96.1%), 1.5김치(89.8%), 3.5김치(75.0%) 순으로 차이를 보였다. Genus 수준에서 이형발효 유산균인 *Leuconostoc*과 *Weissella*가 우점균이며 2.5김치(49.6%)에서 가장 높았고 3.5김치(28.4%)에서는 가장 낮았다. *Lactobacillus*는 3개의 김치에서 비슷하게 나타났다. Species 수준에서 2.5김치에서 이형발효 유산균인 *Leu. gelidum*과 *Wei. koreensis*가 다른 소금 농도의 김치에 비해 많이 나타났으며 특히 3.5

김치와는 큰 차이를 나타냈다. *Lab. sake*는 비슷하게 나타났다(46.5~50.5%). 또한, 3.5김치에서 발효가 덜 진행되었을 때에 나타나며 유산균이 아닌 *Aer. funiforme*가 22.0%로 나타나 고농도의 소금은 유산균 외에 다른 균이 참여하는 특성을 보였다. 김치 발효 시 소금 농도를 2.5%로 한다면 김치의 품질을 유지할 수 있으며 유산균의 분포 또한 적절하여 맛과 품질이 좋은 김치가 될 것이라고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 경기도의 경기도 지역협력연구센터 사업[GRRC-CHA2017-B03, 기능성 김치 및 태형청 음료의 건강기능식품 개발]의 일환으로 수행하였으며 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Abdulkarim SM, Fatimah AB, Anderson JG. Effect of salt concentrations on the growth of heat-stressed and unstressed *Escherichia coli*. J Food Agric Environ. 2009. 7:51-54.
- AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemistry, Washington, DC, USA. 1990. p 79.
- Cha YJ, Lee YM, Jung YJ, Jeong EJ, Kim SJ, Park SY, et al. A nationwide survey on the preference characteristics of minor ingredients for winter kimchi. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2003. 32:555-561.
- Cheigh HS, Park KY. Biochemical, microbiological and nutritional aspect of kimchi (Korean fermented vegetable products). Crit Rev Food Sci Nutr. 1994. 34:175-203.
- Cho EJ. Standardization and cancer chemopreventive activities of Chinese cabbage kimchi. Dissertation. Pusan National University, Busan, Korea. 1999.
- Drobac D, Tokodi N, Simeunović J, Baltić V, Stanić D, Svirčev Z. Human exposure to cyanotoxins and their effects on health. Arh Hig Rada Toksikol. 2013. 64:119-130.
- Hong GH. Anti-obesity effect of kimchi with the addition of lactic acid bacteria (LAB) and catechin on C57BL/6 mice. Master's thesis. CHA University, Gyeonggi, Korea. 2021.
- Jung JY, Lee SH, Jeon CO. Kimchi microflora: history, current status, and perspectives for industrial kimchi production. Appl Microbiol Biotechnol. 2014. 98:2385-2393.
- Jung JY, Lee SH, Kim JM, Park MS, Bae JW, Hahn Y, et al. Metagenomic analysis of kimchi, a traditional Korean fermented food. Appl Environ Microbiol. 2011. 77:2264-2274.
- Jung JY, Lee SH, Lee HJ, Seo HY, Park WS, Jeon CO. Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter cultures on microbial communities and metabolites during kimchi fermentation. Int J Food Microbiol. 2012. 153:378-387.
- Kang J, Chung WH, Nam YD, Kim D, Seo SM, Lim SI, et al. Impact of clay minerals on bacterial diversity during the fermentation process of kimchi. Appl Clay Sci. 2018. 154:64-72.
- Kang YH, Kang SK, Park CS, Joo JH, Lee JW, Han MS. Use of lactic acid bacteria as a biological agent against the cyanobacterium *Anabaena flos-aquae*. J Appl Phycol. 2016. 28: 1747-1757.
- Kim BJ, Lee HJ, Park SY, Kim J, Han HU. Identification and characterization of *Leuconostoc gelidum*, isolated from kimchi, a fermented cabbage product. J Microbiol. 2000. 38:132-136.

- Kim DM, Kim KH. Growth of lactic acid bacteria and quality characteristics of *Baechu* kimchi prepared with various salts and concentration. Korean J Food Cult. 2014. 29:286-297.
- Kim ES, Yim GS, Choi KS, Jeong GH, Lee MY, Ryu SH, et al. A guideline for sodium reduction of processed foods. Food Sci Ind. 2016a. 49:8-17.
- Kim HY, Bong YJ, Jeong JK, Lee S, Kim BY, Park KY. Heterofermentative lactic acid bacteria dominate in Korean commercial kimchi. Food Sci Biotechnol. 2016b. 25:541-545.
- Kim SM. Quality characteristics of low-salt *Kimchi* with salt replaced by *Salicornia herbacea* L. powder. Korean J Food Cult. 2013. 28:674-683.
- Kim TW, Lee JY, Song HS, Park JH, Ji GE, Kim HY. Isolation and identification of *Weissella kimchii* from green onion by cell protein pattern analysis. J Microbiol Biotechnol. 2004. 14:105-109.
- Lee D, Kim S, Cho J, Kim J. Microbial population dynamics and temperature changes during fermentation of kimjang kimchi. J Microbiol. 2008. 46:590-593.
- Madigan MT, Martinko JM. Brock biology of microorganisms. 11th ed. Prentice Hall, Hoboken, NJ, USA. 2006. p 335-358.
- Mannaa M, Seo YS, Park I. Effect of seafood (gizzard shad) supplementation on the chemical composition and microbial dynamics of radish kimchi during fermentation. Sci Rep. 2019. 9:17693. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54318-4>
- Mheen TI, Kwon TW. Effect of temperature and salt concentration on *kimchi* fermentation. Korean J Food Sci Technol. 1984. 16:443-450.
- O'Donnell M, Mente A, Rangarajan S, McQueen MJ, Wang X, Liu L, et al. Urinary sodium and potassium excretion, mortality, and cardiovascular events. N Engl J Med. 2014. 371:612-623.
- O'Donnell MJ, Yusuf S, Mente A, Gao P, Mann JF, Teo K, et al. Urinary sodium and potassium excretion and risk of cardiovascular events. JAMA. 2011. 306:2229-2238.
- Park HJ, Park YH, Kim YB. Characterization of growth and ethanol formation of *Weissella paramesenteroides* P30. Food Sci Biotechnol. 2001. 10:72-75.
- Park KY, Jeong JK, Daily III JW, Lee YE. Health benefits of kimchi (Korean fermented vegetables) as a probiotic food. J Med Food. 2014. 17:6-20.
- Park KY, Ju JH. Kimchi and its health benefit. In: Park KY, Kwon DY, Lee KW, Park S, editors. Korean Functional Foods – Composition, Processing and Health Benefits. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 2018. p 43-73.
- Park WP, Kim ZU. The effect of salt concentration on *kimchi* fermentation. J Korean Agric Chem Soc. 1991. 34:295-297.
- Thu NK, Tanabe Y, Yoshida M, Matsuura H, Watanabe MM. *Aerosakkonema funiforme* gen. et sp. nov. (Oscillatoriales), a new gas-vacuolated oscillatoroid cyanobacterium isolated from a mesotrophic reservoir. Phycologia. 2012. 51:672-683.
- Wisselink HW, Weusthuis RA, Eggink G, Hugenholtz J, Grob-ben GJ. Mannitol production by lactic acid bacteria: a review. Int Dairy J. 2002. 12:151-161.
- World Health Organization. Salt as a Vehicle for Fortification. Report of a WHO Expert Consultation. 2008.
- You BR, Kim E, Jang JY, Choi HJ, Kim HJ. Quality characteristics of kimchi with *Allium hookeri* root powder added. Korean J Food Preserv. 2013. 20:863-870.
- Yu KW, Hwang JH. Fermentation characteristics of low-sodium *kimchi* prepared with salt replacement. Korean J Food Nutr. 2011. 24:753-760.