

저장용기에 따른 김치 저장 중의 화학적, 미생물학적 특성

김신규¹ · 한민희¹ · 황중현² · 문기성^{1,*}
한국교통대학교 ¹생명공학전공, ²식품영양학전공

Storage container-dependent chemical and microbiological characteristics during kimchi storage

Seon-Gyu Kim¹, Min-Hui Han¹, Jong-Hyun Hwang², and Gi-Seong Moon^{1,*}

¹Major of Biotechnology and ²Major of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation

Abstract Different types of storage containers, such as polypropylene (PP), stainless steel (STS), and ceramic were used for kimchi storage at 0°C in a refrigerator, and the characteristics were compared for 32 days. The pH of kimchi samples in PP and STS containers reached 4.59 and 4.53, respectively at day 16, while a pH of 4.92 could be observed in ceramic containers. This trend persisted until day 32. Titratable acidities of the PP and STS container contents reached 0.83 and 0.82%, respectively, on day 16, while it reached 0.73% in the case of the ceramic container contents. The viable cell counts of lactic acid bacteria in kimchi samples in PP, STS, and ceramic containers fluctuated and finally reached 4.87, 5.44, and 5.35 Log CFU/g, respectively. *Weissella koreensis* occupied a large portion of the kimchi sample of the ceramic container on day 20 based on the metagenomic analysis. Taken together, ceramic container might be desirable for the storage of kimchi in low temperature refrigerators.

Keywords: kimchi, storage container, ceramic, kimchi refrigerator, *Weissella koreensis*

서 론

김치는 한국의 전통발효식품으로 한국인이 가장 좋아하는 음식 중의 하나이다. 특히, 김치는 다양한 종의 유산균을 함유하고 있어 건강식품으로도 인식되고 있으며 김치에서 분리한 많은 유산균들을 활용하여 인체의 다양한 생리활성을 검증하였다(Kwak 등, 2014; Park 등, 2014). Park과 Hong(2019)의 연구에서 김치의 건강기능성이 총체적으로 설명되었는데 요약하면 1) 프로바이오틱스로 사용되는 다양한 유산균 함유 2) 장 건강 증진 3) 항암 활성 4) 대사증후군 억제 5) 면역력 증강 등을 들 수 있다. 또한 유산균 스타터(starter)를 이용하여 김치를 제조하였을 때 관능적 만족도가 향상되었으며 항산화 및 항암활성도 증가하였다(Bong 등, 2013). 김치 유래의 *Lactobacillus sakei* 균주는 동물실험에서 조절 T 세포(regulatory T cell)와 장내 미생물 균총의 변화를 통하여 아토피 유사 증상을 완화하였고(Kwon 등, 2018) *Lactobacillus curvatus* 균주는 동물실험에서 수지상 세포의 사이토카인(IL-10) 생산을 유도하여 DSS (dextran sodium sulfate)에 의해 발생하는 대장염 증상을 완화하였다(Jo 등, 2016).

김치는 적당히 발효되었을 때(적숙기) 기호도가 가장 좋으며 발효가 너무 진행되어 산도가 높아지면 기호도가 떨어진다. 따라

서 김치의 발효 및 저장조건은 품질과 기호도에 영향을 미치기 때문에 중요하게 고려되어야 한다(Moon 등, 2018). 발효식품은 미생물의 대사활동에 의해 완성되는 식품이며 발효식품의 종류와 조제 방법에 따라 저장 중 품질의 차이가 나타날 수 있다. Kim 등(2013)은 항균물질을 첨가하여 제조된 저염식 된장의 저장성에 관한 시험연구를 하였는데 염의 농도를 줄이는(10%→6%) 대신 알코올(4%), 겨자(1%), 마늘(4%)을 단독 혹은 혼합으로 첨가하여 20°C, 8주간 숙성 후 30°C에서 16주간 저장하면서 품질특성을 비교한 결과 항균물질(알코올, 겨자) 첨가군에서 미생물의 이상발효에 의한 가스 발생이 억제되었고 전체적인 기호도는 알코올이나 마늘을 첨가한 저염식 된장이 양호하였다. 고추장은 유통 중에 미생물에 의한 과 발효로 품질의 저하가 초래되는데 숙성 고추장을 열(80°C, 30분) 또는 초고압(73°C, 680 MPa, 30분)으로 처리하였을 때 생균수의 감소가 관찰되었고 무처리 고추장이 열 또는 초고압을 처리한 고추장보다 변색 정도가 심하였다(Lim 등, 2001).

오늘날 한국인의 가정에는 대부분 김치냉장고를 가지고 있으며 이는 김치 저장온도를 저온으로 최적화하여 김치를 오랫동안 맛있게 먹기 위함이다(Park 등, 2019). 이러한 김치냉장고용의 김치 저장용기는 대부분 플라스틱(폴리에틸렌, 폴리프로필렌)이나 스테인리스 스틸 재질로 되어있으며 다양한 제품들이 출시되어 있다. 그러나 김치의 맛과 품질은 원재료, 저장온도, 저장기간뿐만 아니라 저장용기에 따라 달라질 수 있기 때문에 과학적인 분석이 필요하다(Lim 등, 2004). 또한 저장용기는 밀폐성, 위생성 및 공간 활용성이 종합적으로 고려되어야 하므로 보다 정교한 디자인이 요구된다(Hwang, 2015). 따라서 본 연구에서는 김치의 저장성에 초점을 맞추어 저장용기의 재질을 달리하여 김치 저장 중 화학적, 미생물학적 특성의 변화를 비교하였다.

*Corresponding author: Gi-Seong Moon, Major of Biotechnology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong, Chungbuk 27909, Korea
Tel: +82-43-820-5251
Fax: +82-43-820-5272
Received April 8, 2020; revised May 18, 2020;
accepted May 20, 2020

실험 재료 및 방법

재료

김치는 충북 증평지역 중소기업에서 구매하여 사용하였으며 갖 담은 김치를 구입하여 약 3-4 cm로 잘라서 2.3 kg이 되도록 각각의 용기에 담았다. 김치 저장용기는 세 가지 재질로 된 용기(폴리프로필렌-PP, 스테인리스 스틸-STS, 세라믹)를 사용하였으며 크기는 3.5 L 용량으로 일치시켰다(Fig. 1). 김치가 담긴 용기는 0°C에 보관하면서 4일에 한 번 각각의 시료 50 g을 취하여 잘게 다진 뒤, 멸균된 거즈를 이용해 즙을 내어 원액 혹은 희석액을 사용하여 pH, 산도, 환원당, 유산균 및 진균수를 측정하였으며 주요 시점에 대한 미생물 균총 분석을 수행하였다.

pH 및 산도 측정

김치의 pH는 pH meter (Milwaukee, Brookfield, MA, USA)를 이용하여 측정하였으며 산도(acidity)는 시료 10 mL을 pH 8.3이 되도록 0.1 N NaOH로 적정하여 젯산(%) 환산법으로 계산하였다.

$$\text{Acidity (\%)} = \frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{factor} \times \text{dilution rate} \times 0.009}{\text{Weight of sample (g)}} \times 100$$

환원당 측정

김치 시료속의 환원당은 DNS (dinitrosalicylic acid)법(Miller, 1959)을 이용하여 측정하였다. DNS용액(300 mL 기준)은 2 M NaOH 50 mL, Rochelle 염(potassium sodium tartrate tetrahydrate) 75 g 및 3,5-dinitrosalicylic acid 0.25 g으로 구성되었다. 환원당 측정을 위해 시료 100 µL에 DNS용액 1 mL을 첨가한 후 회전식 탕기(Seoulin Bioscience Co., Seongnam, Korea)를 이용하여 100°C, 10분간 반응하였다. 이를 -20°C에서 10분간 냉각하여 microplate reader (Bio-Rad, Contra Costa County, CA, USA)로 595 nm에서 흡광도를 측정한 후 표준곡선을 이용하여 정량하였다.

미생물 분석

상기의 방법으로 확보된 김치 즙을 펩톤수(0.1%, w/v)로 10진 희석하여 유산균 및 진균의 생균수를 측정하였다. 유산균의 수는 MRS (de Man, Rogosa, Sharpe) 고체 배지(BD, Sparks, MD, USA)를 활용하여 시료 도말 후 밀봉하여 37°C, 24시간 배양 후 나타난 콜로니를 계수하였고 진균(효모 및 곰팡이)수는 3M Petrifilm™ YM (Yeast and Mold) 배지를 활용하여 제조사 안내에 따라 시료(1 mL) 점적 후 5일 간 배양한 후 미색에서 청록색까지 다양한 색의 작고, 뚜렷한 콜로니를 계수하였다.

균총 분석

0, 12, 20, 32일차 김치 시료(상기의 방법으로 조제)에 대해서는 종합적인 균총 분석을 위해 16S rRNA 유전자를 대상으로 차세대 염기서열 분석(NGS; next-generation sequencing)을 수행하였다. NGS 분석은 국내 생명공학기업(Macrogen Co., Seoul, Korea)에 의뢰하여 수행하였다.

통계처리

3반복 실험의 결과 값은 평균과 표준편차로 나타냈으며 유의성 검증은 SPSS ver. 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였다. 일원분산분석(one-way ANOVA)으로 유의성을 검증하고 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후 검증하였다.

결과 및 고찰

pH 및 산도 측정

저장용기에 따른 김치 저장 중 pH 및 산도의 변화는 Table 1과 Table 2와 같다. pH의 경우 김치 저장 16일째부터 저장용기에 따른 차이가 관찰되기 시작하였다. 즉, 저장 16일째 PP 용기에서는 pH가 4.59에 도달하였고 STS 용기는 pH가 4.53에 도달하였다. 반면 세라믹 용기에 저장된 김치의 pH는 4.92에 도달하여 발효가 상대적으로 느리게 진행됨을 확인할 수 있었다. 이러한 추세는 32일차까지 이어져 STS와 PP 용기에 저장된 김치는 pH가 각각 4.24와 4.25에 도달한 반면 세라믹 용기에 저장된 김치의 pH는 4.38에 도달하였다(Table 1). 산도의 경우 4, 8, 12, 20 일째 저장용기에 따른 통계적 유의성이 확인되었으며 20일째 STS와 PP 용기에 저장된 김치는 산도가 각각 0.98, 0.99%를 나타낸 반면 세라믹 용기는 0.89%를 나타내어 약 0.1%의 차이가 확인되었다. 이후 32일차까지 저장용기에 따른 김치 시료의 통계적 유의성이 나타나지 않았지만 세라믹 용기에 보관된 김치 시료의 산도가 다른 두 용기에 저장된 김치 시료에 비해 낮게 나타났다(Table 2).

김치 발효 및 저장 과정에서 pH가 낮아짐에 따라 산도가 높아지는 경향을 보이는 것은 당연한 결과이며 이는 김치의 제조 조건이나 발효 조건 등에 따라 차이가 나타날 수 있다. Chang 등(2014)의 보고에 의하면 김치 제조 시 천일염을 사용할 때가 정제염을 사용할 때보다 적숙기(산도 0.5-0.6%)에 도달하는 시간은 빠르고 낮은 온도(-1°C)에서 저장 시 더 느리게 시어지는 것으로 나타났다. Moon 등(2014)은 스타터 균주가 첨가된 저염 김치를 0°C와 5°C에 저장하며 7주간 pH와 산도를 분석하였는데 초기 pH는 6.0-6.2, 그리고 7주 후 pH는 4.0-4.4로 감소하였다. 산도는 5°C



Fig. 1. Kimchi storage containers. A: polypropylene (PP) container; B: stainless steel (STS) container; C: ceramic container.

Table 1. Change of pH during kimchi fermentation at 0°C according to storage containers

Storage container	Fermentation time (day)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Ceramic	6.14±0.07 ^a	6.18±0.03 ^a	6.24±0.02 ^b	6.10±0.06 ^a	4.92±0.10 ^b	4.67±0.11 ^a	4.40±0.03 ^b	4.38±0.01 ^b	4.38±0.02 ^b
PP	6.14±0.07 ^a	6.2±0.02 ^a	6.15±0.02 ^a	5.69±0.36 ^a	4.59±0.18 ^a	4.48±0.08 ^a	4.24±0.09 ^a	4.27±0.08 ^a	4.25±0.05 ^a
STS	6.14±0.07 ^a	6.2±0.04 ^a	6.19±0.03 ^{ab}	5.62±0.18 ^a	4.53±0.07 ^a	4.50±0.08 ^a	4.22±0.08 ^a	4.24±0.05 ^a	4.24±0.04 ^a

Values are represented as mean±SD from triplicate experiments and different uppercase letters in the row mean significantly different ($p<0.05$). PP: polypropylene; STS: stainless steel

Table 2. Change of titratable acidity during kimchi fermentation at 0°C according to storage containers (units: % of lactic acid)

Storage container	Fermentation time (day)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Ceramic	0.17±0.06 ^a	0.19±0.05 ^a	0.22±0.00 ^a	0.33±0.03 ^a	0.73±0.04 ^a	0.89±0.04 ^a	0.85±0.01 ^a	0.97±0.01 ^a	0.90±0.02 ^a
PP	0.17±0.06 ^a	0.20±0.00 ^a	0.24±0.00 ^b	0.48±0.09 ^b	0.83±0.07 ^a	0.99±0.05 ^b	0.93±0.03 ^a	0.99±0.03 ^a	0.93±0.04 ^a
STS	0.17±0.06 ^a	0.21±0.02 ^b	0.25±0.07 ^b	0.48±0.07 ^{ab}	0.82±0.03 ^a	0.98±0.02 ^b	0.93±0.09 ^a	0.98±0.07 ^a	0.93±0.06 ^a

Values are represented as mean±SD from triplicate experiments and different uppercase letters in the row mean significantly different ($p<0.05$). Dunnett T3 multiple comparison test was applied for 4-day values. PP: polypropylene; STS: stainless steel

Table 3. Change of reducing sugar content during kimchi fermentation at 0°C according to storage containers (units: mg/mL)

Contents	Fermentation time (day)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Ceramic	36.96±0.46 ^a	44.19±4.72 ^a	43.51±1.00 ^a	46.77±4.37 ^a	51.57±3.90 ^b	45.52±4.19 ^a	35.45±3.67 ^b	37.63±4.49 ^a	33.10±2.05 ^a
PP	36.96±0.46 ^a	42.37±2.90 ^a	42.11±3.16 ^a	47.00±3.45 ^a	42.44±3.27 ^a	42.36±0.56 ^a	29.66±3.22 ^{ab}	30.91±3.06 ^a	29.71±2.16 ^a
STS	36.96±0.46 ^a	44.47±4.89 ^a	43.51±0.27 ^a	46.19±2.63 ^a	38.42±1.98 ^a	43.02±3.45 ^a	26.26±2.55 ^a	33.26±3.93 ^a	30.40±2.46 ^a

Values are represented as mean±SD from triplicate experiments and different uppercase letters in the row mean significantly different ($p<0.05$). PP: polypropylene; STS: stainless steel

의 경우 2주차에 0.5%로 크게 증가한 반면 0°C에서는 0.3-0.4%로 서서히 증가하였다. 저장온도는 미생물의 생장과 직결되기 때문에 온도에 따른 화학적, 미생물학적 변화는 쉽게 예측 가능하며 선행연구에서 17°C에서 4일간 저장된 김치와 4°C에서 48일간 저장된 김치의 품질이 비슷하다는 결과를 보고한 바 있다(Choi 등, 1998). 김치의 품질 수명을 산도 기준 0.75까지로 보면(Lee, 1991) STS와 PP 용기에 저장된 김치는 12-16일째 도달한 반면 세라믹 용기에 저장된 김치는 16-20일째 도달하여 그 기간이 연장됨을 확인하였다(Table 2).

환원당

저장용기에 따른 저장 중 김치 환원당의 변화는 Table 3과 같다. 저장 12일째까지는 저장용기에 따른 환원당 함량의 차이가 크게 나타나지 않았으나 16일째부터는 차이가 나타나기 시작하였다. 즉, 저장 16일째 STS 용기에 저장된 김치 시료의 경우 38.42 mg/mL의 환원당 함량을 보였으며 PP 용기에 저장된 시료의 경우 42.44 mg/mL의 환원당 함량을 보인 반면 세라믹 용기에 저장된 시료는 51.57 mg/mL의 환원당 함량을 보였다. 이후 32일 차까지의 결과에서도 통계적 유의성은 없었으나 세라믹 용기에 저장된 김치 시료의 환원당 함량이 STS 및 PP 용기에 저장된 김치 시료 보다 높게 유지되었다. 김치 중에 환원당 함량이 상대적으로 높게 유지된다는 것은 유산균에 의한 유기산으로의 전환이 느리게 진행된다는 의미이며 이는 pH나 산도의 변화와 연동된다(Moon 등, 2014). 또한 김치가 익을 때까지 환원당은 증가되었다가 이후에 감소하는 경향을 보인다는 선행연구(Yook 등, 1985)에 기초하면 STS 및 PP 용기에 저장된 김치는 12일 이후에 환원당

이 감소하면서 시어지기 시작한 반면 세라믹 용기에 저장된 김치는 16일 이후에 환원당 함량이 감소되기 시작하여 상대적으로 느리게 시어짐을 확인할 수 있었다(Table 3).

미생물 분석

저장 중 김치 시료의 유산균 수는 4일째 모든 용기에서 증가하는 양상을 보였고 8일째 감소했다가 이후 서서히 증가 및 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 PP 용기에 저장된 김치의 경우 8일째 감소의 폭이 다른 두 용기에 비해 커 32일째까지 그 차이가 유지되는 경향을 보였다(Table 4). 구체적으로 초기 유산균 수는 4.64 Log CFU/g였고 4일째 STS, PP 및 세라믹 용기에 저장된 김치 각각 5.72, 5.43 및 5.50 Log CFU/g의 유산균 수를 나타냈고 8일째는 각각 5.12, 4.13 및 4.93 Log CFU/g을 나타냈다. 이후 서서히 증가와 감소를 반복하여 32일째 각각 5.44, 4.87 및 5.35 Log CFU/g의 유산균 수를 나타냈다.

진균(효모, 곰팡이)수의 경우 저장 용기의 종류에 상관없이 24일까지 급격히 감소했으며 32일째 조금 증가하는 양상을 보였다(Table 5). 구체적으로 저장 초기의 진균수는 1.60 Log CFU/g였고 8일째 0.99-1.12 Log CFU/g을 보였고 24일째 0.07-0.26 Log CFU/g을 나타냈다. 32일째 STS, PP 및 세라믹 용기에 저장된 김치 시료의 진균수는 각각 0.61, 0.71 및 1.08 Log CFU/g으로 확인되었다. 초기의 진균수는 원재료에서 유래된 것으로 보이며 유산균의 증식에 따라 그 수가 감소하다가 pH의 저하로 유산균의 증식이 둔화되는 시점에서 진균수가 서서히 증가하는 양상을 보였다(Kang 등, 2019). Jeong 등(2013)의 연구에서도 비슷한 양상을 보였는데 4°C 김치발효 시 유산균의 경우 19일째 최대 생균

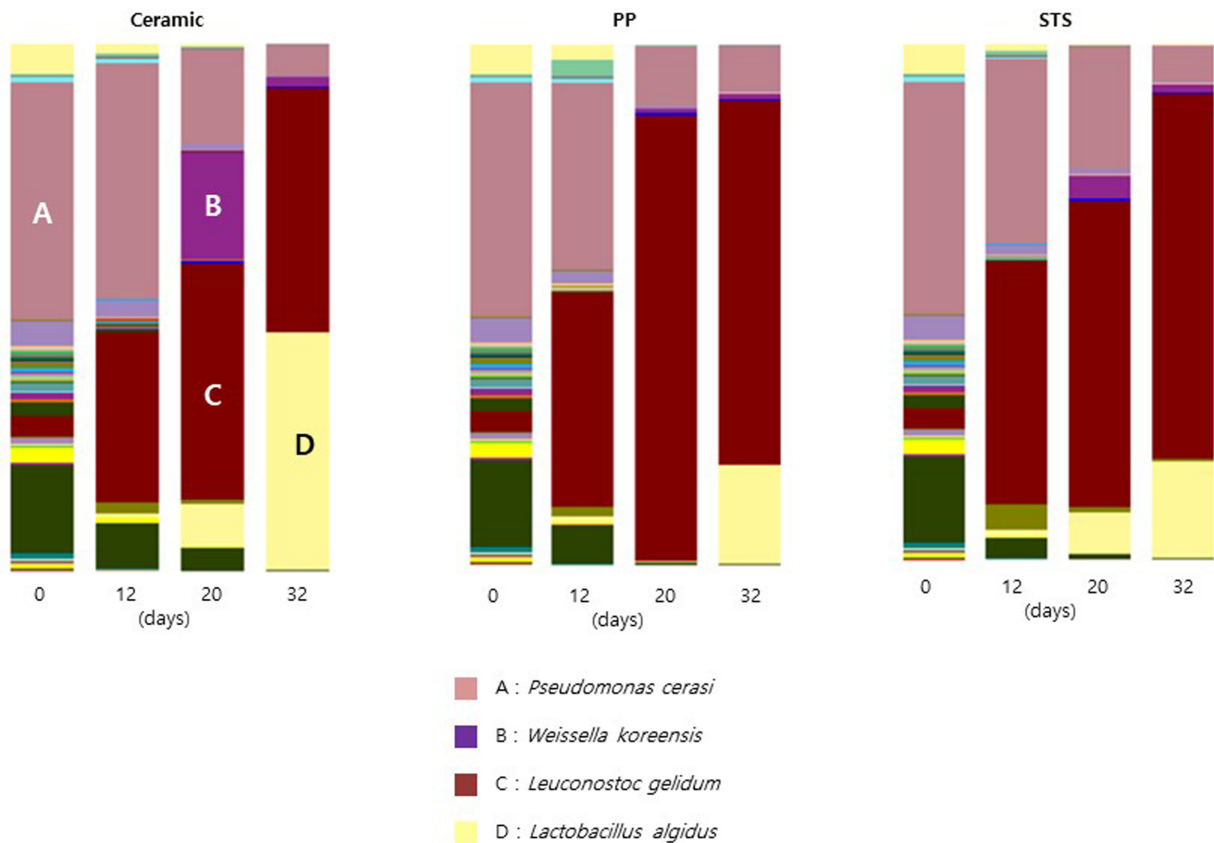


Fig. 2. Change of microbial composition during kimchi fermentation at 0°C according to storage containers. Ceramic, PP (polypropylene) and STS (stainless steel) containers were used.

수(1.4×10^9 CFU/mL)를 나타낸 후 감소하였고 효모(*Saccharomyces* 속)의 경우 19일 이후에 서서히 증가하기 시작하여 45일째 최대치(1×10^7 CFU/mL)에 이르고 이후 감소하였으며 또 다른 효모인 *Candida* 속은 100일 이후에 나타나기 시작하여 분석 마지막 날인 120일까지 증가하는 양상을 보였다.

균총 분석

저장 과정 중 4개 시점(0, 12, 20, 32일)에 대한 시료를 취해 미생물 균총 분석을 진행하였다(Fig. 2). 초기에는 원재료에서 유래된 세균 종의 구성비율에 따라 우점종이 결정되기 때문에 *Pseudomonas cerasi* 종이 가장 높은 구성 비율을 보였으며 12일째는 초기 김치발효를 담당하는 류코노스톡 속 계열의 종(*Leuconostoc gelidum*)이 우세하기 시작하면서 20일째는 우점종이 되었다. 32일째는 발효 중후기로 넘어가면서 락토바실러스 속 계열의 종(*Lactobacillus algidus*)이 우세해지기 시작하였다. 이러한 경

향은 김치 발효에서 전형적으로 나타나는 현상으로 김치 발효 초기에 상대적으로 산에 대한 내성이 약한 유산균(*Leuconostoc citreum*, *Leuconostoc halzapfelii*, *Lactococcus lactis* 등)들이 우세하며 발효 중후기로 넘어가면서 산에 대한 내성이 있는 유산균(*Lactobacillus sakei*, *Weissella koreensis* 등)들이 우세하게 된다 (Jeong 등, 2013). 김치 제조 시 사용하는 원료의 자연 균총의 차이로 인해 종(species) 단위에서는 연구마다 다소의 차이를 보이지만 속(genus) 단위에서는 큰 차이가 없는 것으로 보인다. 본 연구에서 특이한 점은 김치 발효에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 *W. koreensis* 종이 세라믹 용기에 저장된 김치 시료에서 20일째 상대적으로 높은 비율로 나타났다는 것이다(Choi 등, 2012). *W. koreensis*는 식품유래 병원성 세균에 대한 항균활성이 우수한 것으로 확인되었으며 이를 스타터(starter)로 사용하여 제조된 김치는 고지방식으로 유도된 비만 생쥐에 대한 항비만 효과가 있는 것으로 확인되었다(Choi 등, 2018; Park 등, 2012). 분자생물학

Table 4. Change of viable cell count of lactic acid bacteria during kimchi fermentation at 0°C according to storage containers (units: Log CFU/g)

Storage container	Fermentation time (day)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Ceramic	4.64±0.06 ^a	5.50±0.05 ^a	4.93±0.01 ^b	5.18±0.19 ^b	5.51±0.16 ^b	5.77±0.15 ^b	5.56±0.15 ^b	5.53±0.15 ^b	5.35±0.18 ^b
PP	4.64±0.06 ^a	5.43±0.21 ^a	4.13±0.02 ^a	4.70±0.12 ^a	4.93±0.10 ^a	5.02±0.20 ^a	5.07±0.25 ^a	4.75±0.14 ^a	4.87±0.13 ^a
STS	4.64±0.06 ^a	5.72±0.17 ^a	5.12±0.22 ^b	5.42±0.23 ^b	5.49±0.14 ^b	5.67±0.16 ^b	5.26±0.12 ^{ab}	5.51±0.33 ^b	5.44±0.29 ^{ab}

Values are represented as mean±SD from triplicate experiments and different uppercase letters in the row mean significantly different ($p < 0.05$). PP: polypropylene; STS: stainless steel

Table 5. Change of viable cell count of fungi during kimchi fermentation at 0°C according to storage containers (units: Log CFU/g)

Storage container	Fermentation time (day)				
	0	8	16	24	32
Ceramic	1.60±0.13 ^a	1.12±0.07 ^a	0.70±0.22 ^a	0.14±0.22 ^a	1.08±0.78 ^a
PP	1.60±0.13 ^a	0.99±0.11 ^a	0.71±0.15 ^a	0.07±0.25 ^a	0.71±0.01 ^a
STS	1.60±0.13 ^a	1.05±0.11 ^a	0.67±0.02 ^a	0.26±0.12 ^a	0.61±0.05 ^a

Values are represented as mean±SD from triplicate experiments and different uppercase letters in the row mean significantly different ($p < 0.05$). PP: polypropylene; STS: stainless steel

적인 방법인 PCR-DGGE (polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis)를 활용하여 저온(4°C) 발효 중 김치의 미생물 변화를 60일 동안 관찰한 선행연구논문(Park 등, 2003)에서 *W. koreensis*는 발효 전 과정을 통해서, *L. sakei*는 발효 10일째부터, *Leu. gelidum*은 발효 30일째부터 해당 16S rRNA 유전자가 증폭되어 진한 DNA 밴드로 나타나 이들이 김치의 저온 발효에서 우점종이라고 보고하였다. 본 연구에서 12일 이후 우점종으로 나타난 *L. algidus* 종의 경우 Park 등(2008)의 보고에 의하면 PCR-DGGE법으로 분석했을 때 저온(5°C)에서 발효한 동치미의 발효 초중기에 우점종으로 확인되었다. *L. algidus* 종은 호냉성 유산균으로 진공포장된 냉장 소고기에서 처음 분리되었으며 (Kato 등, 2000) “algidus”라는 말은 낮은 온도에서 자랄 수 있는 능력을 가지고 있다는 의미로 본 연구결과와 같이 저온에서 저장한 김치에서 *L. algidus* 종이 우점종으로 확인된 것은 상관성이 있다.

결론적으로 갓 담은 김치를 김치냉장고와 같은 저온에서 저장할 때 세라믹 용기를 사용하게 된다면 발효 속도 지연으로 김치의 품질수명(산도 0.75% 기준)을 향상시킬 수 있고 또한 긍정적인 미생물 균총 변화(예, *W. koreensis* 중 활성화)를 유도하여 김치의 품질과 기능성에도 영향을 미칠 수 있다. 이러한 김치 저장 우수성의 원인을 정확하게 분석하기는 어렵지만 세라믹 재질에서 발생하는 원적외선에 의한 미생물 균총의 변화가 한 원인일 수 있다. 즉, 미생물 종에 따라 원적외선의 민감도에 차이가 있을 수 있기 때문에 김치의 발효나 저장에 긍정적으로 작용할 수 있다(Jung과 Cho, 2003; Kwon 등, 2001). 그럼에도 불구하고 정확한 원인 규명을 위해서는 보다 정교한 실험설계와 균종의 단순화가 필요하다. 또한 본 연구에서 아쉬운 점은 최적온도에서의 김치 발효과정 없이 김치제조 후 바로 0°C에 저장함으로써 김치 발효의 역동성을 확인하는 데는 한계가 있었다. 향후 본 연구의 결과들을 기초로 보다 정밀한 연구가 수행된다면 세라믹 용기의 저장 우수성과 함께 새로운 과학적 사실들을 발견할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

김치는 한국의 전통발효식품으로서 건강식품으로 여겨지고 있다. 일반적으로 한국에서는 김치를 가정에서 제조하여 김치냉장고에 저장한다. 저장기간 동안 물리화학적, 미생물학적 변화가 일어나며 이는 김치의 품질에 영향을 미친다. 본 연구에서는 김치의 품질에 영향을 미칠 수 있는 저장용기(폴리프로필렌-PP, 스테인리스 스틸-STS, 세라믹)를 달리 하여 김치를 담은 후 0°C로 설정된 냉장고에 보관하면서 화학적, 미생물학적 특성을 비교 분석하였다. pH의 경우 PP와 STS 용기에 저장된 김치 시료는 16일째 각각 4.59과 4.53에 도달한 반면 세라믹 용기에 저장된 김치 시료는 4.92에 도달하였으며 그 차이의 경향은 32일까지 유지되

었다. 산도의 경우 PP와 STS 용기에 저장된 김치 시료는 8일째 각각 0.24와 0.25%인 반면 세라믹 용기의 시료는 0.22%로 다소 낮게 나타났으며 그 추세는 20일까지 유지되었다. 유산균 수는 큰 변화없이 유동적이었으며 32일째 PP, STS 및 세라믹 용기에 저장된 김치 시료 각각 4.87, 5.44 및 5.35 Log CFU/g으로 나타났다. 미생물 균총 분석에서는 용기 종류에 상관없이 *Leuconostoc gelidum*과 *Lactobacillus algidus* 종이 김치 저장기간에 따라 우점종으로 확인되었으며 세라믹 용기에 저장된 김치 시료에서만 20일째 호냉성 김치유산균인 *Weissella koreensis* 종이 다른 용기의 시료에 비해 상대적으로 높은 비율로 나타났다. 결론적으로 김치 냉장고와 같이 저온에서 김치를 저장할 경우 저장용기로서 세라믹 재질의 용기를 사용할 경우 김치의 품질 유지 측면에서 장점을 가질 수 있다.

감사의 글

본 연구는 (주)켄한국의 연구비 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

References

- Bong YJ, Jeong JK, Park KY. Fermentation properties and increased health functionality of kimchi by kimchi lactic acid bacteria starters. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1717-1726 (2013)
- Chang JY, Kim IC, Chang HC. Effect of solar salt on kimchi fermentation during long-term storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 456-464 (2014)
- Choi HJ, Kim YW, Hwang IY, Kim JB, Yoon S. Evaluation of *Leuconostoc citreum* HO12 and *Weissella koreensis* HO20 isolated from kimchi as a starter culture for whole wheat sourdough. *Food Chem.* 134: 2208-2216 (2012)
- Choi SY, Lee MK, Choi KS, Koo YJ, Park WS. Change of fermentation characteristics and sensory evaluation of kimchi on different storage temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 644-649 (1998)
- Choi AR, Patra JK, Kim WJ, Kang SS. Antagonistic activities and probiotic potential of lactic acid bacteria derived from a plant-based fermented food. *Front. Microbiol.* 9: 1963 (2018)
- Hwang HS. Quality characteristics and antioxidant activity of kimchi fermented by storage containers in the kimchi refrigerator. MS thesis. Pusan National University, Pusan, Korea (2015)
- Jeong SH, Lee SH, Jung JY, Choi EJ, Jeon CO. Microbial succession and metabolite changes during long-term storage of kimchi. *J. Food Sci.* 78: M763-M769 (2013)
- Jo SG, Noh EJ, Lee JY, Kim G, Choi JH, Lee ME, Song JH, Chang JY, Park JH. *Lactobacillus curvatus* WiKim38 isolated from kimchi induces IL-10 production in dendritic cells and alleviates DSS-induced colitis in mice. *J. Microbiol.* 54: 503-509 (2016)
- Jung JH, Cho SH. Preservative effect of sweet persimmons, mandarin oranges and apples stored in the far-infrared radiated chamber. *Korean J. Food Preserv.* 10: 435-440 (2003)
- Kang SE, Kim MJ, Kim TW. Diversity and role of yeast on kimchi

- fermentation. *J. Korean Soc. Food Cult.* 34: 201-207 (2019)
- Kato Y, Sakala RM, Hayashidani H, Kiuchi A, Kaneuchi C, Ogawa M. *Lactobacillus algidus* sp. nov., a psychrophilic lactic acid bacterium isolated from vacuum-packaged refrigerated beef. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 50: 1143-1149 (2000)
- Kim JR, Kim YK, Kim DH. Effects of anti-microbial materials on storages of low salted *Doenjang*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1864-1871 (2013)
- Kwak SH, Cho YM, Noh GM, Om AS. Cancer preventive potential of kimchi lactic acid bacteria (*Weissella cibaria*, *Lactobacillus plantarum*). *J. Cancer Prev.* 19: 253-258 (2014)
- Kwon KB, Kim IH, Hong JW, Moon TH, Choi SY, Seok HB. Effects of far infrared radiological materials on immune response and changes of fecal microorganism in pigs. *Korea J. Vet. Res.* (2001)
- Kwon MS, Lim SK, Jang JY, Lee J, Park HK, Kim N, Yun M, Shin MY, Jo HE, Oh YJ, Roh SW, Choi HJ. *Lactobacillus sakei* WIKIM30 ameliorates atopic dermatitis-like lesions by inducing regulatory T cells and altering gut microbiota structure in mice. *Front. Immunol.* 9: 1905 (2018)
- Lee KH, Cho HY, Pyun YR. Kinetic modeling for the prediction of shelf life of kimchi based on total acidity as a quality index. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 306-310 (1991)
- Lim S, Kim BO, Kim SH, Mok C, Park YS. Quality changes during storage of Kochujang treated with heat and high hydrostatic pressure. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 611-616 (2001)
- Lim JW, Moon JS, Kim HD, Na DJ, Son JY. Changes quality characteristics of kimchi by storage containers. *Korean J. Food Nutr.* 17: 80-85 (2004)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
- Moon SH, Kim EJ, Kim EJ, Chang HC. Development of fermentation-storage mode for kimchi refrigerator to maintain the best quality of kimchi during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 50: 44-54 (2018)
- Moon SW, Park SH, Kang BS, Lee MK. Fermentation characteristics of low-salt kimchi with starters on fermentation temperature and salt concentration. *Korean J. Food Nutr.* 27: 785-795 (2014)
- Park SJ, Chang JH, Cha SK, Moon GS. Microbiological analysis of dongchimi, Korean watery radish kimchi, at the early and mid-phase fermentation. *Food Sci. Biotechnol.* 17: 892-894 (2008)
- Park JA, Heo GY, Lee JS, Oh YJ, Kim BY, Mheen TI, Kim CK, Ahn JS. Change of microbial communities in kimchi fermentation at low temperature. *Korean J. Microbiol.* 39: 45-50 (2003)
- Park KY, Hong GH. Kimchi and its functionality. *J. Korean Soc. Food Cult.* 34: 142-158 (2019)
- Park KY, Jeong JK, Lee YE, Daily JW 3rd. Health benefits of kimchi (Korean fermented vegetables) as a probiotic food. *J. Med. Food.* 17: 6-20 (2014)
- Park HR, Oh JE, Cho MS. Comparison of the quality characteristics of kimchi with initial auto-aging condition during storage. *Jour. of KoCon.a* 19: 160-167 (2019)
- Park JA, Tirupathi Pichiah PB, Yu JJ, Oh SH, Daily JW 3rd, Cha YS. Anti-obesity effect of kimchi fermented with *Weissella koreensis* OK1-6 as starter in high-fat diet-induced obese C57BL/6J mice. *J. Appl. Microbiol.* 113: 1507-1516 (2012)
- Yook C, Chang K, Park KH, Ahn SY. Pre-heating treatment for prevention of tissue softening of radish root kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17: 447-453 (1985)