



Effect of a kimchi-derived combined starter on the fermentation process of kimchi

Jin ju Lee*

Department of Food Service and Culinary Management, Kyonggi University, Seoul 03746, Korea

김치 유래 복합 종균 적용이 김치의 발효과정에 미치는 영향

이진주*

경기대학교 외식조리관리학

Abstract

In this study, we compared the changes in the quality of kimchi fermented with a complex starter and a single starter. Lactic acid bacteria strains isolated from kimchi were used as starters, and fermentation was performed at 10°C for 26 days. The rate of reduction in lactic acid bacteria was low, the initial pH was maintained at a constant level, and the dominance rate of the starter was high at 83% on the 15th day of fermentation with the complex starter, compared to fermentation with the control and single starters. Regarding the CO₂ and free sugar content, which are factors affecting product quality and are influenced by lactic acid bacteria fermentation, 1.4 and 1.5 times higher CO₂ and mannitol production, respectively, were observed during fermentation of free sugars with the complex starter than in fermentation with the single starter. These results show that the use of a complex starter can improve the distribution quality of kimchi as it results in an extended shelf life and enhanced sensory quality.

Key words : kimchi, fermentation characteristics, mixed starter, lactic acid bacteria

서 론

김치는 한국 대표 전통 발효 식품으로 배추, 무, 고춧가루, 젓갈 등 다양한 재료로 양념하여 발효한 식품으로 항산화, 면역 증가, 항비만 등 여러 기능이 검증되었다(Choi와 Park, 1999; Islam과 Choi, 2009; Park 등, 2011). 김치의 기능성은 김치 발효 중에 젖산균이 생성하는 대사산물에 의한 것으로 *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Weissella* 속 등의 젖산균이 발효에 주요 미생물로 관여한다(Bae 등, 2005; Chang과 Chang, 2010; Cheigh 등, 2002; Kim 등, 2000; Kim과 Chun, 2005; Lee 등, 2011). 김치 발효 중 미생물군의 군집 양상과 발달 정도가 김치 품질을 결정하는 중요 요인이며

(So와 Kim, 1995; Kang 등, 1995; Lee 등, 1992), 김치의 발효단계별 젖산균의 차이가 있고, 발효 초기에서 중기는 *Leuconostoc* sp.와 같은 hetero-type 젖산균 생육으로 발효가 진행되며, 관능평가 선호도가 가장 좋은 발효 중기에서 후기에는 hetero-type 젖산균의 수가 최고치로 김치 관능 품질에 hetero-type 젖산균의 영향성이 있는 것으로 판단된다(Chang과 Chang, 2010). 발효 후기 pH는 4.0 이하로 낮아지면서 내산성이 강한 homo-type 젖산균인 *Lactobacillus* sp.이 우점하며, 이 때문에 다량의 acid 생성으로 산패를 일으키며 조직의 연화 등 여러 품질 저하가 발생한다(Lee 등, 2011). 이러한 김치의 품질 변화는 제조와 유통환경에 따라 편차가 크게 발생하므로 대량 생산되는 상용 김치는 품질 편차 최소화를 위

*Corresponding author. E-mail : jkittyj@naver.com, Phone : +82-2-390-5244, Fax : +82-2-6499-0128

Received 16 November 2020; Revised 05 December 2020; Accepted 21 December 2020.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

한 김치 제조기술 표준화가 필요하다(Mheen과 Kwon, 1984; So 등, 1996).

이러한 품질적 변화와 편차를 최소화하기 위해 미생물 조성을 조절할 수 있는 종균 개발과 적용이 대기업 중심으로 진행되었으며, 품질적 차별성을 확보하고자 적합한 김치발효 젖산균을 자체 분리하고, 종균화하여 김치 차별화 및 안정성을 확보하는 방안을 연구하였다(Chang과 Chang, 2011; Lee와 Lee, 2010). *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc citreum*, *Lactobacillus plantarum* 등 김치에서 분리한 여러 젖산균을 스타터 균주로 적용 시 김치 품질 변화에 대한 검증 연구(Cho 등, 2009), *Saccharomyces* sp.를 스타터로 사용 시 김치 품질 특성 연구(Kim 등, 1997), *Leuconostoc mesenteroides* 변이주의 스타터 적용성 연구(Kim 등, 2005), bacteriocin을 생산하는 *Enterococcus* sp.의 스타터 활용화 방안(Moon 등, 2004) 등의 연구를 바탕으로 김치에서 분리한 젖산균을 활용한 김치의 미생물 조성 차이, 관능 품질 및 저장성에 미치는 영향성 연구와 스타터 적용 상용화가 진행되고 있다. 그러나 대부분의 스타터 사용 김치 제조업체는 단독 균주를 스타터로 사용하고 있어, 복합 균주를 스타터로 사용한 김치 품질 특성 및 저장 기간에 발효 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 김치로부터 분리한 다양한 젖산균을 스타터로 사용하여 김치를 제조하였으며, 제조된 김치의 품질 특성 및 발효특성을 연구하여 복합 균주를 스타터로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 제조

본 실험에 사용한 김치 유래 젖산균은 시판 김치(대상 중가집, CJ 비비고, 풀무원, 동원 양반김치, 아워홈 등 5개 제조사 생산 배추김치를 이마트 월계점에서 구매 후 pH 4.2-4.4 까지 숙성함)에서 분리하였으며, 분리한 균주를 단독 또는 복합 적용하여 김치 발효에 따른 품질 특성을 확인하였다. 본 연구 재료로 사용한 김치의 배합비는 배추 80%, 무 10%, 파 1%, 마늘 3%, 생강 0.8%, 멸치액젓 2.2%, 설탕 1%, 고춧가루 2%로 최종염도는 1.8±0.2% 기준으로 제조하였다. 제조 과정은 배추는 3×3 cm 크기로 썰어 10% 소금물에서 2-3시간 절여 3회 세척 후 자연 탈수하고 양념 원료는 세척, 절단 등 전처리하여 배합 기준으로 정량을 쥐 후 혼합하여 김치를 제조하였다. 김치에 사용한 균주는 Chang과 Chang(2011)의 방법에 따라 bacteriocin 생성능을 강화시켜 24시간 배양된 젖산균을 사용하였다. 균체 배양액은 원심분리 후 멸균 수로 2회 세척해 얻은 균체를 김치 양념에 혼합하였으며, 균주 접종량은 약 7 log CFU/g이 되도록 첨가하였다. 제조 후 500 g씩 포장하여 저장 온도 10℃에서 저장 기간별로 pH, 유리당

함량 변화, CO₂ 생성량을 이화학 특성으로 분석하였고, 저장 기간별 발효 품질 변화를 확인하기 위하여 스타터 균주 우점률을 분석하였다. 김치의 균주 적용은 김치에서 분리한 젖산균을 단일 균주, 복합 균주, 균주 무첨가로 설계하였으며, 조건은 Table 1과 같다.

pH 측정

pH 측정은 각 시료의 착즙액을 pH meter(Orion 3 Star, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

유리당 함량 측정

유리당은 fructose, glucose, mannitol로 분석하였다. 김치 시료를 blender로 파쇄하고 착즙하여 0.45 µm filter로 여과한 다음 HPLC(Waters 484, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하여 분석하였다. 칼럼은 carbohydrate analysis column (3.9×300 mm, Waters)를 사용하였고, solvent는 acetonitrile과 water의 비율(v/v)을 87:13으로 사용하였다. Flow rate는 1.2 mL/min 설정하였고, RI detector(Refractive index Detectors RI-500 series, SHODEX, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 유리당 분석을 위한 표준 용액은 glucose, fructose, mannitol로 하였고, 시험용액 및 표준용액의 injection volume은 각각 20 µL 주입하였다. 시료 내 유리당은 표준용액과 비교하여 확인 후 표준 검량곡선을 작성하여 함량을 산출하였다.

CO₂ 생성량 측정

CO₂ 생성량은 포장 후 내부의 기체(CO₂) 농도를 측정하였고, 분석방법은 필름 표면에 septum을 부착한 뒤 헤드 스페이스 부분에 가스분석기(Checkmate 9900, PBI Dansensor Co., Skanderborg, Denmark)를 사용하여 측정하였다.

미생물 균총 확인

시료를 20 g 취한 후 멸균된 0.85% saline 용액으로 균질화 및 희석하여 각 배지에 접종하였다. 젖산균은 MRS(Lactobacilli MRS Agar, Difco Co., Franklin Lakes, NJ, USA) 배

Table 1. *Lactobacillus* combination formula

Samples	Testing microorganisms
Con	No starter application
LC A	<i>L. citreum</i> A
LM B	<i>L. mesenteroides</i> B
LC A+LM B	<i>L. citreum</i> A+ <i>L. mesenteroides</i> B
LC A+LM D	<i>L. citreum</i> A+ <i>L. mesenteroides</i> D

지에 bromocresol purple(BCP) 지시약 25 ppm을 넣어 제조한 BCP 배지를 사용하여 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양 후 노란색을 띠는 colony를 계수하였다.

스타터 균주로 첨가한 젖산균의 우점을 확인은 1차적으로 집락의 특이적 형태를 관찰하고 광학현미경(Olympus BX41TF, Olympus Co., Tokyo, Japan)으로 세포의 형태를 관찰한 후, 2차적으로 16S rRNA 및 18S rRNA 염기서열 분석을 통하여 스타터의 rRNA 염기서열과 동일함을 확인하였다.

통계처리

모든 실험은 3 반복 실험의 결과 값을 SPSS version 21.0 software(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 각 실험 구간 평균치와 표준편차를 계산하였다.

결과 및 고찰

발효 기간별 pH 변화

스타터 균주별로 적용한 김치를 저장 온도 10℃에서 26일간 발효하며 측정된 pH 변화는 Fig. 1과 같다. 김치 제조 직후 pH는 5.29-5.37 정도였고, 스타터 균주별 pH 변화를 살펴보면 단일 균주 첨가구는 제조 직후부터 발효가 시작되어 발효 8일 차의 pH가 4.3-4.4로 급격히 감소하였다. 대조구와 복합 균주 첨가구는 발효 4일차까지 pH가 5.25-5.27로 일정하게 유지되다가 발효 4일 후부터 pH 5.34-4.5까지 급격히 감소하였다. 발효 8일 후부터는 스타터 균주 첨가구 및 대조구 모두 pH가 유사하게 감소하였다. 스타터 균주별로는 단일 균주 첨가구의 초기 pH가 복합 균주 첨가구에 비해 낮게 나타났다. 이는 스타터 첨가 시 pH가 초기 유지되었다가 3일 이후 급감하고, 스타터 비접종시 pH가 상승 후 7일 후부터 급감한다(So와 Kim, 1996)는 선행연구와 약간 차이는 있으나, 이는 사용 스타터 균주 종류 및 복합 여부에 따른 차이로 사료된다.

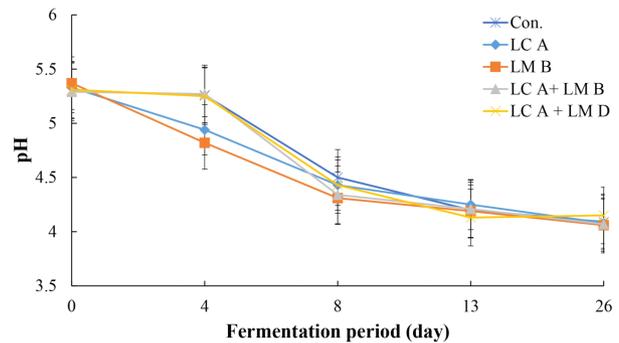


Fig. 1. Changes in pH of kimchi with various conditions during fermentation at 10℃.

Con, no starter application; LC A, *L. citreum* A; LM B, *L. mesenteroides* B; LC A+LM B, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* B; LC A+LM D, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* D.

발효 기간별 유리당 함량 변화

스타터 균주별로 첨가한 김치의 발효기간별 유리당 함량 변화는 Table 2와 같다. 유리당 함량 변화는 발효 초기 평균 fructose 1.5 g/100 g, glucose 1.75 g/100 g이었으나 발효기간이 점차 경과하면서 감소하는 경향을 보였고, mannitol은 제조 직후에는 없었으나 발효기간이 지남에 따라 생성되어 발효 후기에 1.2 g/100 g으로 나타났다. 스타터 균주 첨가구 대비 대조구의 유리당 함량은 유의적 차가 없었으며, 유리당의 감소 경향도 유사하였다. 단일 균주 첨가 대비 복합 균주 첨가의 fructose, glucose 감소율이 높았으나 유의적 차는 없었고, 젖산균의 발효 산물인 mannitol은 단일 균주 첨가 대비 복합 균주 첨가 시 mannitol 생성량이 약 1.5배 높았고, 대조구의 mannitol 생성량이 가장 적었다. 유리당 함량 감소는 김치 발효과정 중 당류가 젖산의 기질로 쓰이기 때문에 감소한다는 Ha와 Cha(1994)의 보고와 유사한 결과를 나타내었으며, Park 등(2011)의 유리당 함량이 급격히 감소한 시기와

Table 2. Changes in free sugar of kimchi with various conditions during fermentation at 10℃

(%)

Free sugar	Fructose		Glucose		Mannitol	
	0	10	0	10	0	10
Con ¹⁾	1.60±0.08 ²⁾	0.03±0.06	1.66±0.07	0.05±0.05	0.01±0.01	0.84±0.08
LC A	1.50±0.09	0.00±0.05	1.60±0.03	0.00±0.00	0.00±0.00	1.08±0.06
LM B	1.58±0.04	0.08±0.02	1.82±0.07	0.06±0.04	0.04±0.04	1.16±0.05
LC A+LM B	1.20±0.03	0.02±0.02	1.90±0.01	0.00±0.01	0.04±0.05	1.58±0.02
LC A+LM D	1.58±0.03	0.04±0.03	1.76±0.02	0.02±0.02	0.01±0.02	1.82±0.02

¹⁾Con, no starter application; LC A, *L. citreum* A; LM B, *L. mesenteroides* B; LC A+LM B, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* B; LC A+LM D, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* D.

²⁾All values are mean±SD.

pH 변화 패턴이 일치한다는 연구결과와 비슷한 유리당 감소 유형을 확인하였다. 또한, 발효 기간에 mannitol 생성 능에 따라 김치의 관능 품질이 달라지는데, 이는 알코올 당인 mannitol에 의해 김치의 시원한 맛에 영향이 미치기 때문이며, mannitol 생성력이 높은 복합 균주 첨가가 김치 품질 향상에 적합할 것으로 사료된다.

발효 기간별 CO₂ 생성량 변화

발효 기간별 스타터 균주별로 발효과정 중 생성되는 CO₂ 함량 변화를 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. CO₂ 함량은 미생물의 발효 산물로 미생물 생육 패턴과 같이 증가하였다가 일정 함량 유지 후 급격히 감소하는 경향을 보였으며, 스타터 균주별로 CO₂ 생성량의 차이가 있었다. 특히 복합 균주 첨가는 단일 균주 첨가 대비 CO₂ 생성량이 높았고, 단일 균주 첨가는 대조구 대비 약간 높은 경향을 보였으나, 유의적 차를 나타내지 않았다. 김치 발효과정 중에 생성된 CO₂ 함량의 변화는 김치 발효과정에 관여하는 hetero-type 젖산균에 의한 것으로 hetero-type 젖산균 중 발효초기에 빠르게 우점하는 *L. mesenteroides*는 김치의 맛과 숙성에 관여하며, 젖산, 초산 등을 생성하여 김치를 산성화하고 탄산가스를 급속히 발생하여 혐기상태로 만드는 것으로 보고되었다(Cheigh 등, 1994; Lee, 1996). 본 연구에서 *L. mesenteroides* 균주첨가 시 CO₂ 생성량이 대조구 및 *L. citreum* 단일 균주 첨가 시보다 높게 나타난 것은 선행 연구에서 확인된 *L. mesenteroides* 특성에 의한 것으로 사료된다.

발효 기간별 젖산균수 변화

스타터 균주별 발효기간에 따른 젖산균 수 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 발효 초기 대조구의 젖산균 수는 10⁵

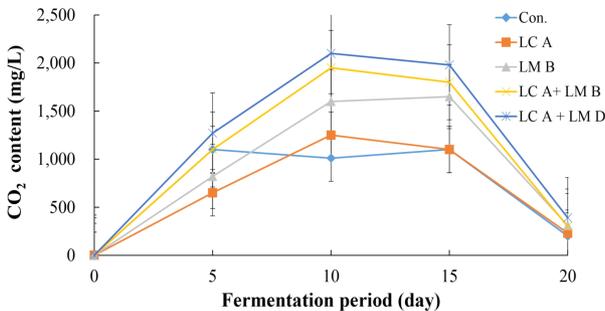


Fig. 2. Changes in amount of CO₂ generated of kimchi with various conditions during fermentation at 10°C.

Con, no starter application; LC A, *L. citreum* A; LM B, *L. mesenteroides* B; LC A+LM B, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* B; LC A+LM D, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* D.

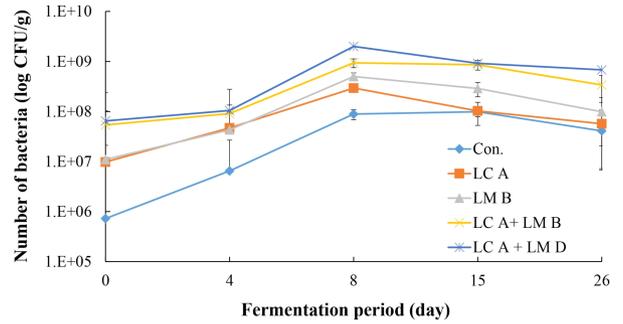


Fig. 3. Changes in lactic acid bacteria count of kimchi with various conditions during fermentation at 10°C.

Con, no starter application; LC A, *L. citreum* A; LM B, *L. mesenteroides* B; LC A+LM B, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* B; LC A+LM D, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* D.

CFU/g이었으며, 스타터 첨가구는 평균 10⁷ CFU/g으로 초기 젖산균 수는 스타터 첨가구가 높게 나타났다. 발효 4일 후부터 대조구와 스타터 첨가구 모두 젖산균 수가 증가하여 발효 8일 차에 평균 10⁸-10⁹ CFU/g으로 나타났으며, 발효 8일에서 15일까지 일정하게 유지하다가 발효 후기에 약간 감소하는 경향을 보였다. 단일 균주 첨가구와 복합 균주 첨가구의 젖산균 증가 양상이 유사하였으며, 최고 발효 시점의 젖산균 수도 단일 균주 첨가구 2종, 복합 균주 첨가구 2종 모두 유의적 차이가 없었다. 대조구와 *Leuconostoc. sp.*를 첨가한 김치는 발효 정상기 이후 비교적 느리게 변화하며, 높은 젖산균 수를 유지하나, *Lactobacillus sp.*를 첨가 김치는 정상기 후 재정상기로 증가한 후 급속히 감소하였다(So 등, 1996)고 보고한 결과와 본 연구에서 정상기(발효 8일차) 이후 *Leuconostoc sp.*의 젖산균 수 감소가 *Lactobacillus sp.*에 비해 느리게 나타난 결과와 유사하였다. 그러나 *Lactobacillus sp.*와 *Lactobacillus sp.*를 복합 첨가한 김치의 젖산균 수 변화는 단일 균주 첨가구와 패턴의 차이가 있고, 복합 균주 첨가구와 스타터 균주 종류에 따라 감소 패턴이 다르게 나타나 균주 종류 차이와 균주 복합 첨가가 젖산균 생육 패턴을 유지하는 효과에 의한 것으로 사료된다.

발효 기간별 우점율

스타터 균주별 젖산균 균의 우점율은 Fig. 4와 같다. 대조구는 발효 15일차에 우점율이 49%로 나타나고, 스타터 균주 첨가구는 우점율이 62-82%까지 높았으며, 발효 26일까지 스타터 균주 첨가 시 우점율은 60% 이상 유지되었다. 사용 균주 별로는 발효 15일 기준 *L. mesenteroides* D의 복합 균주를 첨가한 김치의 우점율이 84%로 가장 높았으며, *L. mesenteroides* B를 복합 균주로 첨가한 김치의 우점율은 81%로 나타났다.

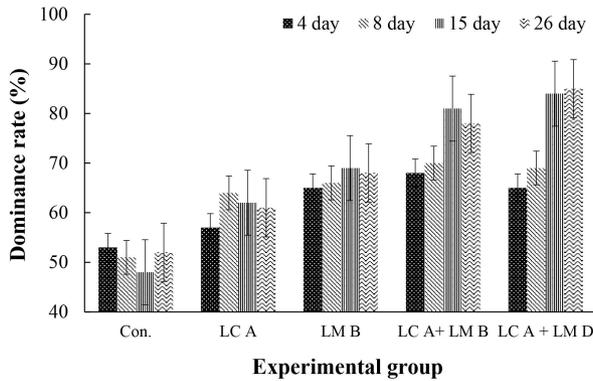


Fig. 4. Changes in dominance rate of kimchi with various conditions during fermentation at 10°C.

Con, no starter application; LC A, *L. citreum* A; LM B, *L. mesenteroides* B; LC A+LM B, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* B; LC A+LM D, *L. citreum* A+*L. mesenteroides* D.

동일 발효 기간 비교 시 *L. citreum* A의 단일 균주 첨가 김치의 우점율은 62%로 스타터 균주 첨가군 중 가장 낮은 점유율을 보였다. 발효 기간이 지남에 따라 젖산균 군의 우점율은 hetero type는 점차 감소하고, *Lactobacillus* sp.와 같은 homo type가 증가하였다. 김치 내 *Leuconostoc* sp.와 같은 hetero type 젖산균이 우점할 경우 가식 기간이 연장되고 관능 기호도를 높인다(Mheen과 Kwon, 1994; So와 Kim, 1995)는 연구 결과와 같이 hetero type *Leuconostoc* sp. 균주를 스타터로 사용함으로써 *Leuconostoc* sp.가 우점할 경우 가식 기간이 길어짐에 따라 김치 유통기한 연장에 영향을 있을 것으로 사료된다.

요 약

김치로부터 분리한 다양한 젖산균을 스타터로 사용하여 제조한 김치의 품질 특성 및 발효 특성을 알아본 결과는 다음과 같다. pH 변화의 경우, 대조구와 복합 균주 첨가구는 발효 4일 차까지 일정하게 유지하고, 4일 이후 감소하는 경향을 보였고, 단일 균주 첨가구는 발효 초기부터 지속해서 감소하였으며, 발효 8일차 이후는 스타터 첨가 여부 및 종류와 관계없이 유사 패턴으로 감소 도가 낮아지고 일정하게 유지되었다. 유리당 함량 변화는 발효 초기 fructose 1.5 g/100 g, glucose 1.75 g/100 g의 함량이었으나 발효기간이 지나면서 감소하는 경향을 보였고, mannitol은 제조 직후에는 없었으나 발효기간의 경과에 따라 생성되어 발효 후기에 1.2 g/100 g으로 나타났다. 대조구 대비 스타터 균주 첨가구에서 mannitol 생성량이 약 1.6배 높았으며, 단일 균주 첨가 대비 복합 균주 첨가 시 mannitol 생성량이 약 1.5배 높게 나타났다. CO₂ 생성량은 스타터 균주 첨가 시 대조구에 비해 발효 10일차에 약 1.7

배 높았으며, 단일 균주 첨가 대비 복합 균주 첨가 시 CO₂ 생성량이 1.4배 높았다. 젖산균군 수는 스타터 균주 첨가 시 대조구 대비 발효과정 전체적으로 젖산균 군수가 높았고, 단일 균주 첨가 대비 복합 균주 첨가 시 발효기간이 지남에 따라 젖산균 군의 감소 도가 낮고 젖산균군 수도 안정적으로 유지되는 경향을 보였다. 젖산균 구의 우점율은 발효 15일차 스타터 균주 첨가구 평균 우점율이 74.5%로 우점율 48%인 대조구보다 높았으며, 발효 26일차까지 우점율이 73% 이상으로 높게 유지하였다. 특히 스타터 균주 첨가구 중 복합 균주 첨가 시 젖산균 군의 우점율은 83%로 단일 균주 첨가 대비 높았다. 따라서 본 연구 결과, hetero type 젖산균을 복합하여 스타터로 사용 시 발효 기간 중 pH 감소도를 낮추고, CO₂ 생성량과 mannitol 생성량을 높여 김치의 가식 기간을 연장하고, 관능 품질을 높임으로써 유통 품질을 향상할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 풀무원 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Jin Ju Lee <https://orcid.org/0000-0002-1071-3288>

References

- Bae JW, Rhee SK, Park JR, Chung WH, Nam YD, Lee I, Kim H, Park YH. Development and evaluation of genome-probing microarrays for monitoring lactic acid bacteria. *Appl Environ Microbiol*, 71, 8825-8835 (2005)
- Chang JY, Chang HC. Improvements in the quality and shelf life of kimchi by fermentation with the induced bacteriocin-producing strain, *Leuconostoc citreum* GJ7 as a starter. *J Food Sci*, 75, 103-110 (2010)
- Chang JY, Chang HC. Growth inhibition of foodborne pathogens by kimchi prepared with bacteriocin-producing starter culture. *J Food Sci*, 76, 72-78 (2011)
- Cheigh CI, Choi HJ, Park H, Kim SB, Kook MC, Kim TS, Hwang JK, Pyun YR. Influence of growth conditions on the production of a nisin-like bacteriocin by *Lactococcus*

- lactis* subsp. *lactis* A164 isolated from kimchi. J Biotechnol, 95, 225-235 (2002)
- Cheigh HS, Park KY, Lee CY. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). Crit Rev Food Sci Nutr, 34, 175-203 (1994)
- Cho JH, Lee DY, Yang CN, Jeon JI, Kim JH, Han HU. Microbial population dynamics of kimchi, a fermented cabbage product. FEMS microbiol Lett, 257, 262-267 (2006)
- Cho KM, Math RK, Islam SMA, Lim WJ, Hong SY, Kim JM, Yun MG, Cho JJ, Yun HD. Novel multiplex PCR for the detection of lactic acid bacteria during kimchi fermentation. Mol Cell Probes, 23, 90-94 (2009)
- Choi WY, Park KY. Anticancer effects of organic Chinese cabbage kimchi. J Food Sci Ntr, 4, 113-116 (1999)
- Ha DM, Cha DS. Novel starter for kimchi, using bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* strain. Kor J Appl Microbiol Biotechnol, 22, 550-556 (1994)
- Kang SM, Yang WS, Kim YC, Joung EY, Han YG. Strain improvement of *Leuconostoc mesenteroides* for kimchi fermentation and effect of starter. Kor J Appl Microbiol Biotechnol, 23, 461-471 (1995)
- Kim HJ, Kang SM, Yang CB. Effects of yeast addition as starter on fermentation of kimchi. Korean J Food Sci Technol, 29, 790-799 (1997)
- Kim J, Chun J, Han HU. *Leuconostoc kimchii* sp. nov., a new species from kimchi. Int J Syst Evol Microbiol, 50, 1915-1919 (2000)
- Kim JH, Park JY, Jeong SJ, Chun JY, Kim JH. Cold shock response of *Leuconostoc mesenteroides* SY1 isolated from kimchi. J Microbiol Biotechnol, 15, 831-837 (2005)
- Kim MJ, Chun JS. Bacterial community structure in kimchi, a Korean fermented vegetable food, as revealed by 16S rRNA gene analysis. Int J Food Microbiol, 103, 91-96 (2005)
- Lee CW, Ko CY, Ha DM. Microfloral changes of the lactic acid bacteria during kimchi fermentation and identification of the isolates. Kor J Appl Microbiol Biotechnol, 20, 102-109 (1992)
- Lee DS. Gas production and volume expansion in packing vessel of kimchi. Food Industry and Nutrition, 1, 81-87 (1996)
- Lee HJ, Yoon HS, Ji YS, Kim HN, Park HJ, Lee JE, Shin HK, Holzapfel W. Functional properties of *Lactobacillus* strains isolated from kimchi. Int J Food Microbiol, 145, 155-161 (2011)
- Lee KE, Lee YH. Effect of *Lactobacillus plantarum* as a starter on the food quality and microbiota of kimchi. Food Sci Biotechnol, 19, 641-646 (2010)
- Mheen TI, Kwon TW. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. Korean J Food Sci Technol, 16, 443-450 (1984)
- Moon GS, Kang CH, Pyun YR, Kim WJ. Isolation, identification, and characterization of a bacteriocin-producing *Enterococcus* sp. from kimchi and its application of kimchi fermentation. J Microbiol Biotechnol, 14, 924-931 (2004)
- Park JM, Shin JH, Gu JG, Yoon SJ, Song JC, Jeon WM, Suh HJ, Chang UJ, Yang CY, Kim JM. Effect of antioxidant activity in kimchi during a short-term and over-ripening fermentation period. J Biosci Bioeng, 112, 356-359 (2011)
- Park MJ, Jeon YS, Han JS. Antioxidative activity of mustard leaf kimchi added green tea and pumpkin powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 30, 1053-1059 (2001)
- So MH, Kim YB. Identification of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from kimchi. Korean J Food Sci Technol, 27, 495-505 (1995)
- So MH, Shin MY, Kim YB. Effects of psychrotrophic lactic acid bacterial starter on kimchi fermentation. Korean J Food Sci Technol, 28, 806-813 (1996)