

## 저온성 젖산균 스타터가 김치발효에 미치는 영향

소명환 · 신미이 · 김영배\*

부천전문대학 식품영양과, \*고려대학교 식품공학과

### Effects of Psychrotrophic Lactic Acid Bacterial Starter on Kimchi Fermentation

Myung-Hwan So, Mi-Yee Shin and Young-Bae Kim\*

Department of Food and Nutrition, Bucheon Junior College

\*Department of Food Technology, Korea University

#### Abstract

Five strains of psychrotrophic lactic acid bacteria which had been isolated from *kimchi* were inoculated as *kimchi* starters, and then their effects were investigated during fermentation at 8°C. The initial numbers of Gram negatives and coliforms in no-starter-inoculated *kimchi* were  $4.0 \times 10^6$  CFU/ml and  $3.2 \times 10^4$  CFU/ml, respectively, while those of lactic acid bacteria were only  $1.6 \times 10^7$  CFU/ml. Starter-inoculated *kimchi* showed sharp decreases in Gram negatives and coliforms from initial stage, but no-starter-inoculated *kimchi* showed slow increases in those bacteria in the early stage, and sharp decreases after 10 days. It took 10 days in no-starter-inoculated *kimchi*, 4~6 days in *Leuconostoc*-inoculated *kimchi* and 2 days in *Lactobacillus*-inoculated *kimchi* for lactic acid bacteria to reach stationary phase of growth. No-starter-inoculated *kimchi* required 10 days to reach optimum ripened state, while all starter-inoculated *kimchi* samples required 4 days. The inoculations of all these starters did not cause over acidifications. Remarkable softening occurred in *Leu. dextranicum*-inoculated *kimchi* in 6 days, but did not in the rest. Except the *Leu. paramesenteroides*-inoculated *kimchi*, the qualities of *Leuconostoc*-inoculated *kimchi* were as good as those of no-starter-inoculated *kimchi*, but those of *Lactobacillus*-inoculated *kimchi* were not so good.

Key words: *kimchi*, starter, lactic acid bacteria, psychrotrophs

#### 서 론

김치 발효에서 가장 중요한 미생물은 젖산균이다. 이들은 유기산<sup>(1,4)</sup>과 bacteriocin<sup>(5,8)</sup> 등의 항균성 물질을 생산하여 김치발효에 유해한 세균들의 증식을 억제하고, 각종 향미성분들을 생산하여<sup>(2,4,9)</sup> 김치에 독특한 향미를 부여하지만 지나치게 시어지게 하는<sup>(10)</sup> 문제점도 야기시킨다.

김치가 외국의 pickle이나 sauerkraut처럼 공장에서 안정적으로 대량생산이 되기 위해서는 결국 미생물의 인위적인 조절을 통한 품질관리기술이 확립되어야 한다. 이에 대한 연구의 일환으로 김치제조시에 젖산균 스타터(starter)의 접종이 시도된 바 있다<sup>(11,15)</sup>. 그런데 지금까지의 연구에서는 중온에서 잘 증식하는 젖산균

을 스타터로 사용하고, 20~30°C의 중온에서 발효하여 발효소요시간을 8~20시간 단축시키는 효과가 있는 것으로 보고하였다. 그러나 이 온도에서는 스타터를 접종하지 않아도 야생의 젖산균에 의하여 1~1.5일만에 김치 숙성이 완료되며<sup>(10,16)</sup>, 이러한 젖산균의 접종은 김치 가식기간의 연장에는 부정적인 요소로 작용할 수도 있어 실제적인 적용을 위해서는 더 많은 연구가 필요한 실정이다.

한편, 김치발효에는 저온발효가 좋은 것으로 평가되고 있는데, 이 사실을 뒷받침해 주는 관능검사 결과<sup>(10,17-19)</sup>와, 풍미성분들의 분석결과<sup>(1,3,10,18-20)</sup>도 많다. 최근에는 저온발효 김치와 중온발효 김치간에는 관여하는 젖산균의 주균종이 서로 다르다는 사실이 알려지고 있으므로<sup>(10,21,24)</sup>, 저온발효 김치의 좋은 풍미는 저온발효에 관여한 젖산균의 특성이 제품에 반영된 결과로 볼 수도 있다.

저온성균(psychrotrophs)은 최적 증식온도로는 중온

Corresponding author: Myung-Hwan So, Department of Food and Nutrition, Bucheon Junior College, Simgok-dong, Wonmi-gu, Bucheon-si, Kyunggi-do 421-735, Korea

균에 속하나, 10°C 이하의 냉장온도에서 증식하는 미생물들을 말하는데<sup>(25)</sup>, 저온 발효된 김치에서 분리한 젖산균들이 모두 저온성균에 해당됨을 저자들<sup>(23,24)</sup>이 이미 보고한 바 있다. 김치를 5~10°C의 저온에서 발효시키면 제품의 품질은 좋아지지만 적숙기에 도달하는데 15~30일의 장기간이 소요되며<sup>(10,16)</sup>, 발효초기에 젖산균이 신속히 증식하여 주지 않으면 발효에 유해한 다른 저온성 미생물들이 증식하여<sup>(13,26)</sup> 김치의 이상발효를 초래할 우려도 있다.

저자 등<sup>(25)</sup>은 저온성 젖산균들을 김치 제조용 스타터로 이용할 것을 염두에 두고 김치로부터 저온성 젖산균들을 다수 분리·동정하고, 이들의 배양특성을 조사한 바 있다<sup>(24)</sup>. 또 이들 젖산균들은 모두 10°C의 무균 배추즙에서 신속히 증식하여 발효 4일만에 김치 적숙기의 산도에 도달하고, 산생산 한계치가 젖산으로 0.7% 내외임을 보고한 바 있다<sup>(27)</sup>.

본 연구에서는 위의 저온성 젖산균들 중 균종이 서로 다른 5균주를 택하여 각각을 김치 제조시에 스타터로 접종하고, 8°C의 저온에서 발효시키면서 발효 일수의 경과에 따른 젖산균수, 총산 함량 및 pH의 변화를 조사하고, 적숙상태에서 관능검사를 실시하여 김치발효계에서 각 스타터가 미치는 영향을 검토하였다. 또한 그램 음성균수 및 대장균군수도 측정하여 이들의 소장에 미치는 영향도 살펴보았다.

## 재료 및 방법

### 젖산균 및 스타터(starter)

본 실험에 사용된 젖산균은 *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18, *Leu. paramesenteroides* B30, *Lactobacillus bavaricus* B01, *Lac. homohiochii* B21이었다. 이들은 모두 저온발효된 김치로부터 분리한 저온성 젖산균이며, 동정 및 배양특성에 대한 실험결과는 전보<sup>(23,24,27)</sup>에서 보고하였다.

스타터의 제조시에는 membrane filter (0.45 µm)로 여과한 배추즙에 위의 젖산균 1 백급이를 접종하고 30°C에서 18~24시간 배양하였다. 제조된 스타터의 젖산균수는  $5\sim 6 \times 10^8$  CFU/ml이었다.

### 김치 재료

배추는 올림픽 품종(서울종묘사)으로 한 포기 무게가 2.0~2.5 kg인 것이고, 무는 팔도 품종(서울종묘사)으로 한 뿌리의 무게가 1.0~1.2 kg인 것이었으며, 1994년 12월 4일 경남 밀양의 농가에서 수확한 것을

현지에서 구입하였다. 이 외에 파, 마늘, 생강 및 건고추는 부천시장에서 구입하였다. 소금은 정제염을 사용하였고, 젓갈은 하선정 종합식품의 멸치액젓을 사용하였다.

### 김치의 제조

김치제조에 사용된 각 재료의 사용비율은 Table 1과 같았으며, 김치의 담금은 왕<sup>(28)</sup>의 한국조리백과의 방법을 약간 개조하여 다음과 같이 하였다.

즉, 배추는 2등분하고 10°C, 15%의 소금물에서 5시간 절인 후 수도물로 3회 세척하고 탈수한 후 5 cm 길이로 잘랐다. 파도 세척 후 5 cm 길이로 자르고, 무, 마늘, 생강 및 건고추는 2 mm 두께 채를 썰었다. 그리고 젓갈은 끓인 후에 충분히 식혔다. 이어서 준비된 재료를 한데 모아 혼합한 후 플라스틱 용기에 2 kg씩 나누어 담고 각 젖산균의 스타터 1%를 접종하였다. 이 때 스타터는 각 균주별로 단독 접종하였다.

담근 김치의 종류는 스타터를 접종하지 않은 것(이하 스타터 비접종 김치라 함) 1종류와, 스타터를 접종한 것은 스타터의 종류에 따라 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02를 접종한 것(이하 *Leu. mesenteroides* 김치라 함), *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18을 접종한 것(이하 *Leu. dextranicum* 김치라 함), *Leu. paramesenteroides* B30을 접종한 것(이하 *Leu. paramesenteroides* 김치라 함), *Lac. bavaricus* B01을 접종한 것(이하 *Lac. bavaricus* 김치라 함) 및 *Lac. homohiochii* B21을 접종한 것(이하 *Lac. homohiochii* 김치라 함)의 5종류이었다.

담금이 끝난 김치는 뚜껑으로 밀폐한 후 8°C의 항온기 내에서 30일간 발효하였다. 모든 김치의 최종 소금농도는 2.5%이었다. 본 실험에서 고추가루를 사용하지 않고 건고추를 가늘게 썰어서 사용한 이유는 김치 시료의 채취를 용이하게 하기 위해서이다.

Table 1. Raw materials of kimchi

Materials	Weight ratio (%)
Chinese cabbage	80
Radish	13
Fermented anchovy soup	2.5
Dried rad pepper	2
Garlic	1
Green onion	1
Ginger	0.5
Starter	1
Salt <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup>Final salt content was 2.5%

### 김치 시료의 채취

pH, 총산 함량 및 균수 측정에 사용할 김치 국물의 채취시에는 채취를 용이하고 균일하게 하기 위하여 김치 용기의 중앙에 공간을 만들고, 이곳에 고인 김치 국물을 상하로 저은 후 멸균된 피펫으로 채취하였다.

품질평가에 사용할 고체 시료의 채취는 김치의 총산 함량이 0.5% 내외에 도달하였을 때 하였으며, 배추 줄기의 폭이 5 cm, 두께가 4 mm 내외인 것을 채취하였다. 채취한 고체 시료는 멸균된 삼각플라스크에 담고 각각의 김치 국물을 채운 후 밀봉하여 동결되지 않게 영하 4°C로 유지하며 품질평가시까지 0~7일간 보존하였다.

### 균수의 측정

젖산균수의 측정은 저자들의 예비실험 결과에 따라 젖산균 plate count agar (peptone 5 g, yeast extract 2.5 g, glucose 1 g, Tween 80 1 g, L-cysteine 0.1 g, brom-cresol purple 0.02 g, agar 15 g, distilled water 1000 ml, pH 6.9)에 sodium azide 0.005%와 membrane filter로 여과한 무균 배추즙 10%를 첨가한 배지를 사용하여, 평판도말법으로 30°C에서 2일간 배양했을 때 나타나는 집락 중 주변이 황색으로 변한 집락을 젖산균 집락으로 계수하였다.

그램(Gram) 음성균수의 측정은 Olson<sup>(29)</sup>의 방법에 따라 crystal violet 1 ppm을 첨가한 standard methods agar<sup>(30)</sup>에 시료 희석액을 도말하고 30°C에서 2일간 배양했을 때 나타나는 집락을 계수하였다.

대장균균수의 측정은 MacConkey agar<sup>(30)</sup>에 시료 희석액을 도말하고 35°C에서 2일간 배양했을 때 나타나는 적색집락중 brilliant green lactose bile broth<sup>(30)</sup>에서 가스발생이 있는 집락을 대장균균 집락으로 계수하였다.

### pH, 총산 및 휘발성 산함량의 측정

pH는 pH meter로 측정하였다. 총산 함량은 김치 국물을 0.1 N NaOH로 pH 8.2되게 중화조정하여 젖산 함량(%)으로 나타내었고, 휘발성산 함량은 김치 국물을 수증기로 증류한 후 증류액을 0.1 N NaOH로 pH 8.2되게 중화조정하여 초산 함량(%)으로 나타내었다.

### 김치의 견고성 측정

김치의 배추잎 중 외각의 것이고 줄기의 가운데 부위로, 폭이 5 cm이고 두께가 4 mm인 것을 시료로 사용하였다. 측정은 Rheometer (model CR-200D, Sun Scientific Co., Ltd., Japan)로 파열시험(puncture test)에

의하였다. Rheometer의 조작 조건은 최대압력 10 kg, 받침대 속도(table speed) 70 mm/min, 도표지 속도(chart speed) 100 mm/min이었으며, 탐침(probe)은 직경 5 mm이고 끝이 평평한 막대형을 사용하였다. 파열 시험에서 얻어진 전형적인 힘-시간의 곡선에서 최고 응력을 시료의 견고성(firmness)으로 하였으며, 5번 반복하여 얻은 측정치 중 최고값과 최저값을 버리고 남은 3개의 측정치만 사용하였다. 결과는 일원배치 분산 분석하고 Duncan의 다중비교<sup>(32)</sup>에 의하여 각 평균치간의 유의성을 검정하였다.

### 관능검사

부천전문대학 식품영양과에 재학중인 여대생 중 선 발된 15명의 관능검사요원으로 하여금 5단계 평점법<sup>(31)</sup>으로 평가하게 하였다. 김치의 향은 국물을 평가 시료로 하였고, 색, 맛, 조직 및 전체적인 기호도는 배추 줄기를 평가시료로 하였다. 모든 시료는 15°C로 평형화시킨 후에 제공하였고, 색의 평가시에는 고추를 포함하지 않은 배추 줄기의 색을 평가하였다. 평가시에 "매우 좋다"는 5점, "좋다"는 4점, "보통이다"는 3점, "나쁘다"는 2점, "매우 나쁘다"는 1점으로 하였고, 결과는 일원배치 분산분석하고 Duncan의 다중비교<sup>(32)</sup>에 의하여 각 평균치간의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 스타터가 젖산균수 변화에 미치는 영향

시험 김치들을 8°C에서 발효시키며 발효일수 경과에 따른 젖산균수의 변화를 조사한 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

스타터 비접종 김치는 담금 즉시에는 젖산균수가  $1.6 \times 10^3$  CFU/ml로 매우 낮았으며, 발효일수의 경과에 따라 그 수가 빠른 속도로 증가하였으나 정상기에 도달하는데 10일이 소요되었다. 반면, 스타터를 접종한 김치들은 모두 담금 즉시의 젖산균수가  $1.0 \times 10^7$  CFU/ml 내외로 매우 높았으며, 젖산균수가 정상기에 도달하는데 *Lac. bavaricus* 김치 및 *Lac. homohiochii* 김치는 2일이, *Leu. dextranicum* 김치 및 *Leu. paramesenteroides* 김치는 4일이, 그리고 *Leu. mesenteroides* 김치는 6일이 각각 소요되었다. 따라서 본 실험조건에서 스타터의 접종은 김치 젖산균수가 정상기에 도달하는데 소요되는 시간을 스타터에 따라 4~8일 단축시키는 효과가 있는 것으로 판단되었다.

스타터 비접종 김치와 *Leuconostoc*속의 김치들(즉, *Leu. mesenteroides* 김치, *Leu. dextranicum* 김치 및

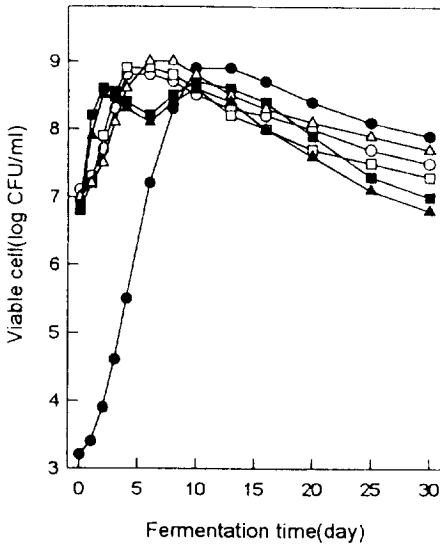


Fig. 1. Effect of starters on changes in lactic acid bacterial count during kimchi fermentation at 8°C Starters: *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* ( $\Delta$ - $\Delta$ ), *Leu. paramesenteroides* ( $\square$ - $\square$ ), *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* ( $\circ$ - $\circ$ ), *Lac. bavaricus* ( $\blacktriangle$ - $\blacktriangle$ ), *Lac. homohiochii* ( $\blacksquare$ - $\blacksquare$ ), without starter ( $\bullet$ - $\bullet$ )

*Leu. paramesenteroides* 김치는 젖산균의 수가 한번 정상기에 도달한 후 제2의 정상기가 없이 비교적 느리게 감소하여 30일까지도 높은 생균수를 유지하였다. 그러나 *Lactobacillus*속의 김치들(즉, *Lac. bavaricus* 김치 및 *Lac. homohiochii* 김치)은 10일경에 제2의 정상기를 보인 후 비교적 신속히 감소하였다.

*Lactobacillus*속의 김치들에서 10일 경에 젖산균수의 제2 정상기가 나타난 것은 김치 제조시에 재료를 통하여 혼입된 야생 젖산균의 증식에 의한 것일 가능성이 있다. 또 발효 초기에 *Lactobacillus*속의 김치들이 *Leuconostoc*속의 김치들보다 훨씬 빠른 젖산균수의 증가를 보인 것은 지금까지 일반적으로 알려져 있는 사실과 일치하지 않는 점인데, 이것은 본 실험에 사용된 저온성 젖산균들의 특성<sup>(24)</sup>이 일반적인 젖산균들과 다르기 때문인 것으로 생각한다.

스타터가 그램 음성균수 및 대장균군수 변화에 미치는 영향

김치발효 과정에서 그램 음성균수 및 대장균군수의 변화를 조사한 결과를 각각 Fig. 2 및 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 2에서 보면 그램 음성균의 수는 담금 즉시에는 모든 김치들이  $4.0 \times 10^6$  CFU/ml 내외이었다. 스타터

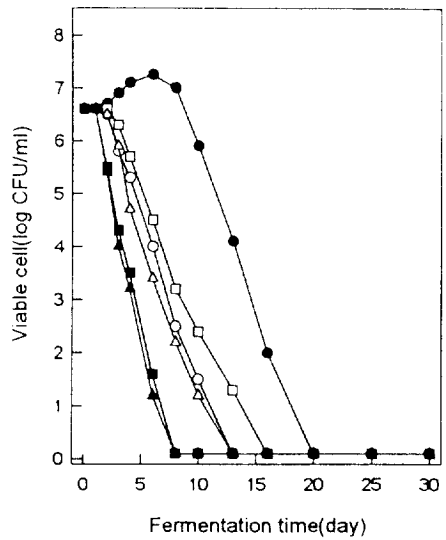
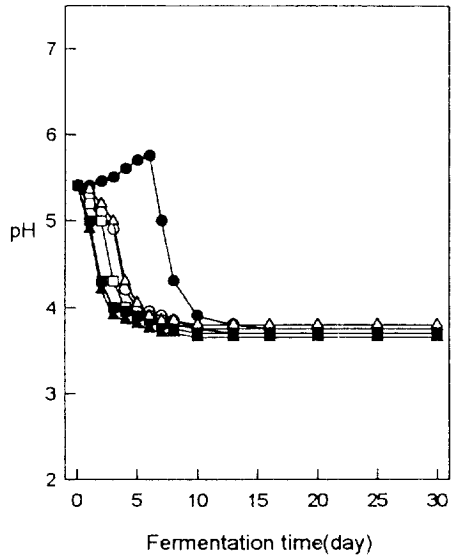
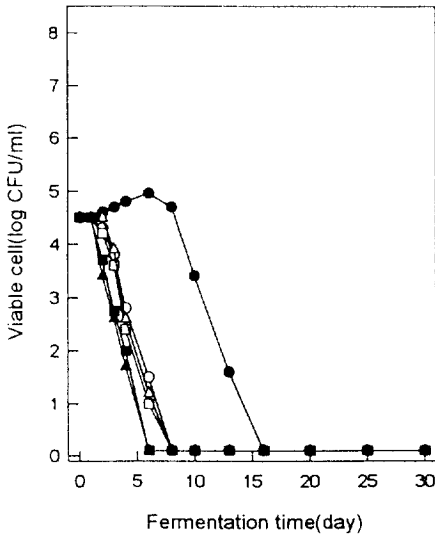


Fig. 2. Effect of starters on changes in Gram negative bacterial count during kimchi fermentation at 8°C Starters: *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* ( $\Delta$ - $\Delta$ ), *Leu. paramesenteroides* ( $\square$ - $\square$ ), *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* ( $\circ$ - $\circ$ ), *Lac. bavaricus* ( $\blacktriangle$ - $\blacktriangle$ ), *Lac. homohiochii* ( $\blacksquare$ - $\blacksquare$ ), without starter ( $\bullet$ - $\bullet$ )

비접종 김치에서 담금 즉시의 그램 음성균수는 젖산균수보다 2500배 많았다. 그리고 발효일수의 경과에 따라 그 수가 서서히 증가하여 6일에는 초기균수의 5배인  $2.0 \times 10^7$  CFU/ml로 정상치에 도달하였으며, 그 이후는 비교적 급격히 감소하여 20일 이후에는 검출되지 않았다.

그러나 스타터를 접종한 모든 김치들에서는 발효 초기에 그램 음성균의 수가 증가하지 않고 초기의 수를 그대로 유지하다가 *Lactobacillus*속의 김치들에서는 2일 이후부터, *Leuconostoc*속의 김치들에서는 3일 이후부터 급격히 감소하였다. 그리고 이의 감소속도는 *Lactobacillus*속의 김치들이 *Leuconostoc*속의 김치들보다 빨라, *Lac. bavaricus* 김치 및 *Lac. homohiochii* 김치에서는 8일 이후부터, *Leu. mesenteroides* 김치 및 *Leu. dextranicum* 김치에서는 13일 이후부터, *Leu. paramesenteroides* 김치에서는 16일 이후부터 그램 음성균이 검출되지 않았다.

한편, 대장균군의 수는 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 담금 즉시에는 모든 김치들이  $3.2 \times 10^4$  CFU/ml 내외이었다. 스타터 비접종 김치에서 담금 즉시의 대장균군수는 젖산균수보다 약 20배 많았다. 그리고 발효 초기에 그 수가 서서히 증가하여 6일에는 초기 균수의 3배인  $9.6 \times 10^4$  CFU/ml로 정상치에 도달한 후 그 이후



**Fig. 3.** Effect of starters on changes in coliform bacterial count during kimchi fermentation at 8°C Starters: *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* (△-△), *Leu. paramesenteroides* (□-□), *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* (○-○), *Lac. bavaricus* (▲-▲), *Lac. homiohiochii* (■-■), without starter (●-●)

**Fig. 4.** Effect of starters on changes in pH during kimchi fermentation at 8°C Starters: *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* (△-△), *Leu. paramesenteroides* (□-□), *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* (○-○), *Lac. bavaricus* (▲-▲), *Lac. homiohiochii* (■-■), without starter (●-●)

에는 신속히 감소하였다.

그러나 스타터를 접종한 모든 김치들에서는 발효 초기에 대장균의 수가 증가하지 않았으며, *Lactobacillus*속의 김치들에서는 2일 이후부터, *Leuconostoc*속의 김치들에서는 3일 이후부터 급속히 감소하였다. 그리고 대장균의 수가 감소되는 속도는 *Leuconostoc*속의 김치들에서보다 *Lactobacillus*속의 김치들에서 더욱 빨라, *Lactobacillus*속의 김치들에서는 6일 이후부터, *Leuconostoc*속의 김치들에서는 8일 이후부터 대장균이 검출되지 않았다.

본 실험의 결과로 볼 때 김치의 제조시에 저온성 젖산균의 접종은 발효 초기에 증식할 수 있는 대장균을 포함한 그램 음성균들의 증식을 초기부터 억제하는데 매우 효과적임을 알 수 있다. 이러한 현상은 젖산균이 생산한 유기산<sup>(1-4)</sup>과 항균성물질<sup>(5-8)</sup> 때문인 것으로 생각된다.

스타터가 pH 및 총산 함량 변화에 미치는 영향

김치발효 과정중 pH 및 총산 함량의 변화를 조사한 결과를 각각 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 4에서 보면 pH는 모든 김치들이 담금 즉시에는 5.40이었다. 스타터 비접종 김치는 발효 초기에 pH가 약간 상승하여 6일에는 5.75가 되었다가 7일부터 급

격히 감소하여 10일 이후에는 4.0 이하가 되었다. 그러나 스타터를 접종한 모든 김치들은 발효 초기에 pH 상승이 없이 초기의 pH를 그대로 유지하다가 1~3일 이후에 급격히 감소하여 3~5일 이후에는 4.0 이하가 되었다. 스타터 비접종 김치에서 pH가 초기에 약간 상승한 것은 그램 음성균들의 증식과 관련이 있을 것으로 추측된다.

스타터 접종 김치들간의 pH 감소속도는 *Lactobacillus*속의 김치들이 *Leuconostoc*속의 김치들보다 빨랐고, *Leuconostoc*속의 김치들 중에서는 *Leu. paramesenteroides* 김치가 *Leu. dextranicum* 김치 및 *Leu. mesenteroides* 김치보다 약간 빨랐다.

한편, 총산 함량은 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 모든 김치들이 담금 즉시에는 0.12%이었다. 스타터 비접종 김치는 초기의 값이 그대로 유지되다가 8일 이후에 급격히 증가하였으나, 스타터 접종 김치들은 2~3일 이후에 급격히 증가하였다. 스타터 접종 김치들의 총산 함량 증가 시발점은 앞의 pH에서와 같이 *Lactobacillus*속의 김치들이 *Leuconostoc*속의 김치들보다 빨랐다. 그러나 5일 이후의 총산함량은 *Leuconostoc*속의 김치들이 *Lactobacillus*속의 김치들보다 높았다.

김치의 적숙기 초기로 볼 수 있는<sup>(3,34)</sup> 총산함량 0.4~

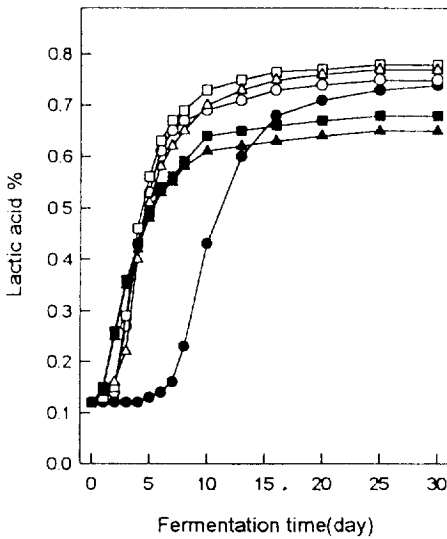


Fig. 5. Effect of starters on changes in total acid content during kimchi fermentation at 8°C Starters: *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* (△—△), *Leu. paramesenteroides* (□—□), *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* (○—○), *Lac. bavaricus* (▲—▲), *Lac. homiohiochii* (■—■), without starter (●—●)

0.5%에 도달하는데 소요되는 시간이 스타터 비접종 김치는 10일이었고, 스타터 접종 김치들은 모두 4일이어서 스타터 접종이 김치의 숙성 소요시간을 6일 정도 단축시키는 것으로 판단되었다.

발효 30일째의 총산함량은 스타터 비접종 김치는 0.74%, *Leuconostoc*속의 김치들은 0.75~0.78%, *Lactobacillus*속의 김치들은 0.65~0.68%로 모두 적숙 후기의 값<sup>(10,33-35)</sup>에 해당되었다. 따라서 본 스타터들이 김치의 산패현상을 촉진하지는 않는 것으로 판단되었으며, 특히 *Lactobacillus*속의 김치들은 모두 스타터 비접종 김치보다 더 낮은 값을 나타내고 있어서 오히려 김치의 산패를 억제하여 주는 효과가 있는 것으로 판단되었다. 또 총산 함량의 변화곡선으로 판단할 때 본 김치들은 밀폐상태에서 8°C 내외의 저온을 유지해 준다면 모두 30일 이후에도 한동안 적숙상태의 값에서 크게 벗어나지 않을 것으로 추측되었다.

이상의 결과에서 30일에서도 모든 김치들이 산패되지 않은 이유는 본 김치들을 8°C의 저온에서 발효하여서 김치 산패의 주 원인균인 *Lactobacillus plantarum* 및 *Lac. brevis*가 증식하지 못하였을 것이고<sup>(10,21,25)</sup>, 또 스타터로 접종한 본 젖산균들은 산생성 한계치가 김치를 산패시킬 만큼 높지 못하기 때문인<sup>(24,27)</sup> 것으로 생각된다.

### 스타터가 김치 품질에 미치는 영향

본 김치들이 숙성되어 적숙상태로 볼 수 있는<sup>(33-35)</sup> 총산 함량 0.53~0.55%로 되었을 때 각 김치의 이화학적 특성들을 조사한 결과와 이들에 대한 관능검사 결과를 각각 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

Table 2에서 보면 위의 총산 함량에서의 pH 값은 3.82~3.99이었는데, 같은 총산 함량에서의 pH 값은 *Leuconostoc*속의 김치들이 *Lactobacillus*속의 김치들보다 약간 높았다. 휘발성산 함량은 *Leuconostoc*속의 김치들은 모두 높았고, 스타터 비접종 김치도 비교적 높았으나, *Lactobacillus*속의 김치들은 매우 낮았다.

김치의 색은 *Leuconostoc*속의 김치들과 스타터 비접종 김치는 모두 밝고 연한 황색이었으나, *Lactobacillus*속의 김치들은 모두 약간 어둡고 흐린 청색을 띠었다.

김치조직의 견고성은 *Leu. dextranicum* 김치만은 연화되어 매우 낮았다. 또 *Lactobacillus*속 김치들은 스타터 비접종 김치보다 조직의 견고성이 약간 더 높았으나( $p < 0.05$ ), *Leu. mesenteroides* 김치 및 *Leu. dextranicum* 김치는 스타터 비접종 김치와 비슷하였다.

위의 결과들 중에서 같은 총산 함량에서의 pH가 *Leuconostoc*속의 김치들이 *Lactobacillus*속의 김치들보다 높은 것은 유기산들의 조성이 서로 다르기 때문인 것으로 생각되며, 휘발성 산함량이 *Leuconostoc*속의 김치들에서 높게 나타난 것은 이들 균주가 hetero 발효를 하는 균종들이기 때문인 것으로 생각된다. 또 김치에서 배추 줄기의 색이 *Leuconostoc*속의 김치들과 *Lactobacillus*속의 김치들이 서로 다르게 나타난 것은 의외의 결과로 생각된다. 다만, 구 등<sup>(16)</sup>이 배추 김치 국물의 색상조사에서 김치의 숙성이 진행됨에 따라 김치 국물의 색이 연한 청색에서 황색으로 바뀐다고 보고한 바 있으나 이는 본 연구에서의 결과와 경향이 다르다. 본 연구에서 *Lactobacillus*속 김치들의 연한 청색은 발효가 진행됨에 따라 나타난 것이며, 발효가 계속 더 진행되었을 경우에도 청색이 그대로 유지되었다. 따라서 본 김치들의 색상 차이는 단순히 pH나 산도의 차에 의한 것만은 아닌 듯하다.

또 *Leu. dextranicum* 김치가 조직의 연화현상을 나타낸 원인을 알기 위하여 미생물의 분리실험을 해 본 결과 곰팡이와 효모는 0.001 ml에서도 검출되지 않았으며, 그램 음성균이  $1.0 \times 10^4$  CFU/ml, 대장균군이  $3.1 \times 10$  CFU/ml 수준으로 검출되었다. 이와 같은 결과로 볼 때 본 연화현상이 타미생물의 증식에 의한 것으로는 보기 어려우며, 재실험에서도 *Leu. dextranicum* 김치에서만 연화현상이 나타났으므로 스타

**Table 2. Some physicochemical characteristics of optimal ripened kimchi samples fermented with different starters**

Starter	Fermentation time (day)	pH	Total acid (%) <sup>1)</sup>	Volatile acid (%) <sup>2)</sup>	Color <sup>3)</sup>	Firmness <sup>4)</sup> (kg)
<i>Leu. mesenteroides</i>						
subsp. <i>mesenteroides</i>	5	3.99	0.53	0.12	PY	1.97 <sup>bc</sup>
<i>Leu. mesenteroides</i>						
subsp. <i>dextranicum</i>	6	3.97	0.55	0.12	PY	0.43 <sup>a</sup>
<i>Leu. paramesenteroides</i>	5	3.91	0.55	0.12	PY	1.97 <sup>bc</sup>
<i>Lac. bavaricus</i>	6	3.78	0.54	0.03	PB	2.07 <sup>c</sup>
<i>Lac. homohiochii</i>	6	3.82	0.54	0.03	PB	2.05 <sup>c</sup>
Without starter	12	3.82	0.55	0.10	PY	1.70 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Lactic acid %, <sup>2)</sup>Acetic acid %, <sup>3)</sup>PY: pale yellow, PB: pale blue

<sup>4)</sup>Means of 3 replications; Means not followed by the same letter in the same column differ significantly from one another (p<0.05)

터로 집중한 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A 18이 김치를 연화시키는 것으로 추정하였다. 김치의 연화에 관여하는 주 미생물로는 곰팡이, 산막효모 등이 알려져 있으며<sup>(36-38)</sup>, 젖산균들에 관한 보고는 찾지 못하였다. 따라서 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* 등과 같은 젖산균들도 균주에 따라 김치의 연화에 관여하는지를 정확히 밝히기 위한 후속연구가 요망된다.

한편, 김치의 관능검사 결과는 Table 3에 나타난 바와 같이 색, 향, 맛, 조직 및 기호성에서 *Leu. mesenteroides* 김치, *Leu. paramesenteroides* 김치 및 스타터 비접종 김치는 비슷한 수준으로 비교적 좋은 평가를 받았으나, *Leu. dextranicum* 김치, *Lac. bavaricus* 김치 및 *Lac. homohiochii* 김치는 좋지 못한 평가를 받았다. *Leu. dextranicum* 김치가 좋지 못한 평가를 받은 이유는 조직이 연화되었기 때문이며, *Lactobacillus*속의 김치들이 모두 좋지 못한 평가를 받은 이유는 색상이 어둡고 푸르스름하며, homo 발효를 하는 균종들이기 때문에 에탄올, 초산, 탄산 등 hetero 발효에서 오는 향미 성분들이 부족하였기 때문인 것으로 생각된다.

본 실험에서 스타터로 사용한 젖산균들 중 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02 및 *Leu. paramesenteroides* B30은 김치 조직을 연화시키지 않고, 김치의 색상을 나쁘게 하지 않고, 산생성 속도는 빠르나 산생성 한계치가 높지 않고, 김치 초기의 유해 미생물들을 강력히 억제하고, 또 hetero 발효로 풍미가 좋은 점 등 김치 스타터로 사용함에 좋은 조건들을 갖춘 것으로 볼 수 있다.

한편, *Lac. bavaricus* B01 및 *Lac. homohiochii* B 21은 김치 향미성분들의 생산능력은 좋지 못하나, 저온에서 김치발효 초기에 *Leuconostoc*속의 젖산균들보다 신속히 증식하였고, 초기의 유해 미생물들을 억제하는 능력도 *Leuconostoc*속들보다 높았으며, 또 초기

**Table 3. Sensory evaluation of optimal ripened kimchi samples fermented with different starters**

starter	Color <sup>1)</sup>	Odor <sup>1)</sup>	Taste <sup>1)</sup>	Texture <sup>1)</sup>	Preference <sup>1)</sup>
<i>Leu. mesenteroides</i>					
subsp. <i>mesenteroides</i>	3.5 <sup>a2)</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>
<i>Leu. mesenteroides</i>					
subsp. <i>dextranicum</i>	2.6 <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	1.2 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>
<i>Leu. paramesenteroides</i>	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>
<i>Lac. bavaricus</i>	1.8 <sup>c</sup>	1.6 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	1.7 <sup>b</sup>
<i>Lac. homohiochii</i>	1.7 <sup>c</sup>	1.7 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	1.8 <sup>b</sup>
Without starter	3.2 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Data are means rated by 15 panels based on 5 point scale; like extremely (5), like (4), neither like nor dislike (3), dislike (2), dislike extremely (1)

<sup>2)</sup>Means not followed by the same letter in the same column differ significantly from one another (p < 0.05)

의 산생성 속도는 *Leuconostoc*속들보다 빨랐으나 산생성 한계치가 *Leuconostoc*속들보다 오히려 더 낮은 점 등의 장점을 나타내었으므로 이 균종들을 *Leuconostoc*속의 균종들과 혼합접종하는 추가의 실험들도 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

저온 발효된 김치에서 분리된 저온성 젖산균 5균주를 김치제조시에 스타터로 각각 단독 접종하고 8°C의 저온에서 발효시키면서 본 균주들이 김치발효에 미치는 영향을 조사하였다. 스타터 비접종 김치는 담금 즉시에는 그램 음성균수가  $4.0 \times 10^6$  CFU/ml이었고, 대장균균수가  $3.2 \times 10^4$  CFU/ml이었으나, 젖산균수는  $1.6 \times 10^3$  CFU/ml에 불과하였다. 스타터를 접종한 김치들에서는 발효초기부터 대장균균수 및 그램 음성균수가 급격히 감소하였으나, 스타터 비접종 김치에서는 발효 초기에 이들이 증가하다가 10일 이후에 급격히 감소하였다. 젖산균수가 정상치에 도달하는 데 스타터 비접

종 김치는 10일이, *Leuconostoc*속의 김치들은 4~6일이, *Lactobacillus*속의 김치들은 2일이 각각 소요되었다. 적숙상태의 총산함량에 도달하는데 스타터 비접종 김치는 10일이, 스타터 접종 김치들은 모두 4일이 소요되었다. 그러나 본 젖산균들의 접종이 김치의 산패를 야기시키지는 않았다. *Leu. dextranicum* 김치는 6일 이후에 조직이 현저하게 연화되었으나 나머지 김치들은 그렇지 않았다. *Leu. dextranicum* 김치를 제외하면 김치의 품질은 *Leuconostoc*속 김치들은 모두 스타터 비접종 김치와 비슷하였으나, *Lactobacillus*속의 김치들은 스타터 비접종 김치보다 나빴다.

## 감사의 글

본 연구는 1995년도 부천전문대학 교내연구비로 이루어졌으며, 연구비 지원에 감사드립니다. 김치조직의 견고성 측정시에 도움을 주신 동서식품(주) 기술연구소의 안장우 박사님께도 감사드립니다.

## 문헌

1. 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 휘발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지, 7, 74 (1975)
2. 유재연, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, 16, 169 (1984)
3. 천중희, 이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지, 8, 90 (1976)
4. 허우덕, 하재호, 석호문, 남영중, 신동화 : 김치의 저장중 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, 20, 511 (1899)
5. 박연희, 권정주, 조도현, 김수일 : 김치에서 분리한 젖산균의 미생물 생육지해. 한국농화학회지, 26, 35 (1983)
6. 박연희, 조도현 : 김치에서 분리한 *Pediococcus*의 미생물 생육지해. 한국농화학회지, 29, 207 (1986)
7. 박연희, 송현주 : 김치에서 분리한 *Lactobacillus plantarum* LP2의 항균작용. 산업미생물학회지, 19, 637 (1991)
8. 송현주, 박연희 : 젖산균이 물김치에서 분리한 효모의 생육에 미치는 영향. 산업미생물학회지, 20, 219 (1992)
9. 윤진숙, 이혜수 : 김치의 휘발성 향미성분에 관한 연구. 한국식품과학회지, 9, 116 (1977)
10. Mheen, T.I. and Kwon, T.W.: Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 16, 443 (1984)
11. 서기봉, 김기성, 신동화 : 기업적 생산을 위한 김치 제조. 농가공 식품연구소 연구보고서, 2, 123 (1974)
12. 윤석인, 박길동, 김영찬, 임영희, 이철, 이철호, 윤선, 임변삼 : 김치의 보존성 연구. 한국식품공업협회 식품연구소, p.194 (1987)
13. 이진호, 김순동 : Starter 첨가가 김치의 숙성에 미치는 효과. 한국영양식량학회지, 17, 342 (1988)
14. Choi, S.Y., Lee, S.H., Koo, Y.J. and Shin, D.H.: Production of rapid-fermented kimchi with starter. *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.*, 14, 403 (1989)

15. 현인환, 김광수, 정낙현 : 젖산균 첨가가 김치의 비휘발성 유기산 생성에 미치는 영향. 한국식품영양학회지, 3, 141 (1990)
16. 구형경, 강근옥, 김우정 : 김치의 발효과정중 품질변화. 한국식품과학회지, 20, 476 (1988)
17. 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향. 한국영양식량학회지, 11, 63 (1982)
18. 조영, 이혜수 : 젖산균과 발효온도가 김치발효에 미치는 영향(II). 한국조리과학회지, 7, 89 (1991)
19. 이진희, 이혜수 : 양파가 김치발효에 미치는 영향(I). 한국조리과학회지, 8, 27 (1992)
20. 조영, 이혜수 : 젖산균과 온도가 김치발효에 미치는 영향(I). 한국조리과학회지, 7, 15 (1991)
21. 임종락, 박현근, 한홍의 : 김치에 서식하는 Gram 양성세균의 분리 및 동정의 재평가. 미생물학회지, 27, 404 (1988)
22. 박현근, 임종락, 한홍의 : 각 온도에서 김치발효중 미생물의 천이과정. 인하대학교 기초 과학연구소논문집, 11, 161 (1990)
23. 소명환, 김영배 : 김치에서 분리한 저온성 젖산균의 동정. 한국식품과학회지, 27, 495 (1995)
24. 소명환, 김영배 : 김치에서 분리한 저온성 젖산균의 배양특성. 한국식품과학회지, 27, 506 (1995)
25. Thomas, S.B.: Methods of assessing the psychrotrophic bacterial count of milk. *J. Appl. Bactriol.*, 32, 269 (1969)
26. Miyao, S. and Ogawa, T.: Selective media for enumerating lactic acid bacteria groups from fermented pickles. *Nippon Shokuhin Kogyo Kakkaishi*, 35, 610 (1988)
27. 소명환, 오현진, 박서영, 김수화 : 김치에서 분리한 저온성 젖산균의 배추즙에서의 배양. 한국식품영양학회지, 7, 392 (1994)
28. 왕준련 : 한국조리백과 III. 범한출판사, 서울, p.24 (1985)
29. Olson, J.C.: Selective media for detecting spoilage organisms in dairy products. *J. Dairy Sci.*, 36, 181 (1961)
30. Atlas, R.M. and Park, L.C.: *Handbook of Microbiological Media*. CRC Press, Boca Raton, p.840 (1993)
31. Piggott, J.R.: *Sensory Analysis of Food*. Elsevier Applied Science Publishers, London, p.157 (1984)
32. 이인석, 손분구, 기우형, 박진석 : 실험통계학. 학문사, 서울, p.151 (1981)
33. 이양희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구. 한국농화학회지, 13, 207 (1970)
34. 서정숙, 민태익 : 깍두기의 성분변화에 관한 연구. 살림갈 (성신여자대학교), 6, 150 (1977)
35. 한홍의, 임종락, 박현근 : 김치발효의 지표로서 미생물 군집의 측정. 한국식품과학회지, 22, 26 (1990)
36. 하순섭 : Pectin 분해효소 및 산막 미생물이 침채류의 연부에 미치는 영향에 관하여. 과연회보, 5, 136 (1960)
37. 한홍의, 임종락, 박현근, 문상식, 박영선, 주홍백 : 김치 부패시 *Brettanomyces custersii*와 *Klebsiella oxytoca*의 편리공생. 인하대학교 기초과학연구소 논문집, 11, 171 (1990)
38. 유태중, 홍재훈, 김영배, 이호, 김영배, 황한준, 소명환, 이효구 : 최신식품미생물학, 문운당, 서울, p.327 (1995)