Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.
Vol. 22, No. 5, 550-556 (1994)

Enterococcus faecium bacteriocin 생산균주를 starter로 이용한 김치의 제조

하덕모* · 차동수
동국대학교 공과대학 식품공학과

Novel Starter Culture for Kimchi, Using Bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* Strain

Ha, Duk-Mo* and Dong-Soo Cha
Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

Abstract — For an extension of the palatable stage in Kimchi which was limited by further lowering pH as the fermentation proceeds, the starter culture of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* DU 0267 obtained from Kimchi was added at the preparation time, and pH, bacteriocin activity, growth of lactic acid bacterial group and gas production in Kimchi were examined during the fermentation at 10, 20 and 30℃. The pH of Kimchi fell rapidly to 4.0~4.2 in the early fermentation stage, and then, has gone down very slowly throughout further fermentation. The lactic acid bacteria, particularly lactobacilli and leuconostoc, were remarkably slower in its growth than those in the control. Although the patterns of these change during fermentation at different temperatures were similar, these effects by the addition of starter were enhanced at 10 and 20℃. The bacteriocin activity was increased rapidly during log phase of the bacteriocin producer strain in the early fermentation stage of Kimchi and reached their maximum after fermentation at 10℃ for 8 days and at 20 or 30℃ for 2 days. Thereafter, the activity disappeared quickly. The gas production by fermentation was also suppressed considerably, and their volume produced after fermentation at 20℃ for 14 days corresponded to 60% of those of the control.

김치는 배추나 무우를 주원료로 하여 조미료 등의 다양한 부재료를 첨가하여 발효시킨 우리나라 고유의 채소발효식품이며 이들의 원료와 젖산균을 주로한 미생물의 적당한 발효에 유래되는 여러성분이 잘 조화되어 고유의 맛을 지니게 된다. 김치 발효에 관여하는 주요 젖산균은 *Leuconostoc mesenteroides* 및 *Lactobacillus plantarum*으로 알려져 있으며 김치나 sauerkraut 등의 채소발효식품에서 일반적으로 *L. mesenteroides*는 발효초기에 주로 관여하고 *L. plantarum*는 발효후기에 산도를 더욱 높이게 되는 것으로 보고되고 있다(1-3). 이와같이 *L. plantarum*을 비롯한 젖산균의 발효작용에 의해서 김치의 맛이 좋은 적식기는 한정되며 발효온도가 높을 수록 그 기간은 짧아지고 곧 산패되어 그 맛이 저하된다.

그러므로 적식기를 연장시켜 장기간에 걸쳐서 맛있는 상태에 유지시키기 위한 방법으로 저온저장(4, 5), 각종 보존료의 첨가(6-8), 살균(9-12) 등의 방법에 관해서 많은 연구가 이루어져 왔다. 저온저장의 방법은 가장 효과적인 방법으로 유통과정에 있어서의 cold chain system과 가정에서의 냉장고의 보급으로 널리 응용되고 있으나 저온시설이 필요하고 유통과정에 있어서의 저온관리가 어려운 실정이다. 보존료의 사용이나 방사선의 이용은 그 안전성으로 인한 제약 때문에 실제에 뚜렷한 효과를 볼 수 없으며 가열살균의 방법도 조직의 연화현상 때문에 그 응용범위는 한정되어 과거에 통조림으로 일시 이용된데 지나지 않는다. 그러므로 상온에서 뿐만 아니라 저온저장의 경우에 있어서도 더욱 가식기간을 연장하기 위한 방법의 개발이 절실히 요구되고 있으나 아직 저온저장법 이외에 용이하게 실시할 수 있는 효과적인 방법이 보고된 바 없다.

근년에 이르러 젖산균에 의한 bacteriocin의 생산이 보고된(13) 후 bacteriocin은 일상 식생활을 통해서 많이 섭취되고 있는 각종발효식품 중에 흔히 존재하는 젖산균에 의해서 생성되며 단백질분해효소에 의해서

Key words: Kimchi starter, Kimchi fermentation, bacteriocin, *Enterococcus faecium*
***Corresponding author**

쉽게 분해되는 단백질이므로 안정성이 높다는 점에서 식품첨가물로서의 이용에 대해서 주목을 하게 되어 많은 연구가 이루어졌다. 이들 중 *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*가 생산하는 nisin은 이미 미국을 비롯한 여러나라에서 식품첨가물로서의 사용이 허가되어 축산제품에 이용되고 있다(14). 김치젖산균 중의 bacteriocin 생산균으로서는 박 등(15)에 의해서 *Pediococcus cerevisiae* 및 *Leuconostoc* sp.가 처음 보고되었고 최근 저자들(16)은 김치로부터 6균종 19균주를 분리 동정하고 이 균주들이 생산하는 bacteriocin의 일부 특성에 대해서 보고한 바 있다. 저자들은 이들 bacteriocin 생산 젖산균 중 다른 젖산균에 대해서 높은 항균활성과 광범위한 항균 spectrum을 나타내며 산생성능이 낮은 균주를 선택하여 starter로 김치 제조시에 첨가함으로써 젖산균의 지나친 증식이 억제되어 적식기간이 뚜렷하게 연장되며 포장김치에서 문제가 되는 가스 발생에 대한 억제효과도 볼 수 있었으므로 이에 대해서 보고하는 바이다.

재료 및 방법

사용균주

Bacteriocin 생산균으로서는 전보(16)에서 김치로부터 분리 동정한 *Enterococcus faecium* DU 0267을 사용하였으며 김치발효경과 중의 bacteriocin 활성 측정을 위한 indicator strain으로서는 *E. faecium* KCTC 3095를 사용하였다.

시료김치의 제조

시료김치는 저자들의' 방법(2)에 따라 제조하였다. 원료배합비는 배추 100 g, 마늘 2.0 g, 대파 2.0 g, 고추 2.0 g, 생강 0.5 g, 젓갈 10 g으로 하였고 담금 후의 식염농도는 2.5~3.0%가 되도록 하였다. Starter 첨가구에 대해서는 담금 직후에 bacteriocin 생산균주를 김치배지를 이용하여 30℃에서 24시간 배양한 다음 배양액의 pH를 담금김치와 같은 pH에 조정하여 starter로서 1%를 첨가하였고 대조구에 대해서는 bacteriocin 생산균을 접종하지 않은 김치배지를 동량 첨가하였다. 김치배지로서는 담금 직후의 시료김치를 마쇄하여 원심분리한 상징액(pH 5.4)을 사용하였으며 starter 중의 bacteriocin 생산균수는 1.4×10^9 cfu/ml였다.

담금김치는 미리 멸균된 pouch(PET 12 μm/Al 9 μm/CPP 70 μm)에 약 250 g 씩 담아서 진공포장기(SB 320H, Turbovac Co.)로 감압(−1000 mbar) 하에서 밀봉하고 일정온도에서 발효시키면서 pH, 산도, bacteriocin 활성, 젖산균수 및 총균수의 경시적인 변화를 측정하기 위한 시료로 사용하였다.

pH 및 산도 측정

김치시료를 마쇄하여 여과한 액을 pH meter(M-8S, Horiba Co.)로 측정하였으며, 산도는 AOAC의 방법(17)에 따라 그 여과액을 0.1% phenolphtalein을 지시약으로 하여 0.1 N NaOH로 적정하고 젖산(%)으로 나타내었다.

젖산균수 및 총균수의 분리계수

시료김치는 마쇄하여 멸균 거즈로 여과하여 균수 측정을 위한 시료로 사용하였다. 시료 김치 중의 젖산균은 宮尾 등의 방법(18)에 따라 속별로 계수하였다. 즉 *Leuconostoc*속은 phenylethyl alcohol sucrose agar medium(PES 배지), *Enterococcus* 및 *Pediococcus*속은 m-Enterococcus agar 배지, *Lactobacillus*속은 m-Lactobacillus selection agar medium(m-LBS 배지)의 각 선택배지로 평판배양하여 형성된 colony 수로부터 시료 1 ml 중의 cfu로 나타내었다. PES 배지를 이용한 배양에 있어서는 호기성 세균의 출현을 억제하기 위하여 혐기성 jar(Difco Lab.)를 이용하였으며 m-Enterococcus 배지를 이용한 계수에 있어서는 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium chloride(TTC)를 환원하여 붉은색을 나타내는 colony를 *Enterococcus*속으로, 환원하지 않아서 흰색을 나타내는 colony를 *Pediococcus*속으로 하였다.

총균수는 plate count agar(Difco Lab.)를 사용하여 30℃에서 3일간 배양하여 형성된 colony 수를 시료 1 ml 중의 cfu로 나타내었다.

Bacteriocin활성의 측정

시료김치 중의 bacteriocin 활성은 전보(16)의 방법에 따라 김치즙을 원심분리(5000×g, 15 min)하여 그 상징액을 3 N NaOH로 pH 7.0에 중화한 것을 시료로 하고 agar well diffusion method(19)로 측정하였다. 즉 대수증식기에 있는 indicator strain을 약 10^7 cfu/ml가 되도록 식균한 MRS soft agar를 미리 준비된 MRS 평판 위에 중층하고 살균된 직경 6 mm의 cork borer로 well을 뚫은 다음 각 well에 0.1 ml의 시료를 주입하고 30℃에서 18~24시간 배양하여 생육저지원의 형성 유무를 관찰하였다. 이때의 시료는 2배씩 여러단계 희석한 각 단계농도의 시료액을 사용하였고 생육저지원을 볼 수 있는 최대희석배수의 역수를 역가(arbitrary unit ; AU)로 나타내었다.

가스발생량의 측정

앞의 시료김치에서 기술한 방법으로 pouch에 밀봉된 시료김치를 20℃에서 발효시키면서 가스발생량을 측정하였다. 즉 담금 직후의 시료 pouch를 배양온도와 같은 온도의 물에 잠기게 한 후 불어난 물의 부피를 측정하여 pouch의 부피로 하고 이후 경시적으로 같은 방법으로 부피를 측정하여 불어난 부피를 가스발생량으로 나타내었다(20). 이 시험에 사용한 pouch는 크기 20×30 cm, 용량 약 2*l*였고 각 pouch 중의 시료김치량은 335 g이었다.

결과 및 고찰

시료김치의 starter 첨가구 및 비첨가구에 있어서의 김치 발효 중의 pH, 산도, 각 젖산균군 균수, 총균수 및 bacteriocin 활성의 변화를 10, 20 및 30℃의 각 발효온도 별로 Fig. 1~3에 나타내었다.

pH 및 산도변화에 미치는 영향

발효경과 중의 pH 및 산도 변화의 양상은 starter 첨가구 및 비첨가구에 있어서 큰 차이를 나타내었고 각 발효온도에 따른 변화의 경향은 비슷하였다. 발효 중의 pH는 첨가구에서 비첨가구에 비하여 발효초기에 4.0~4.2까지 빠른 속도로 저하하여 starter 첨가에 의한 발효촉진효과를 나타내었으며 그 이후의 저하속도는 훨씬 완만하여 첨가균의 bacteriocin 생성에 의한 뚜렷한 발효 억제효과를 나타내었다. pH의 저하가 완만해지는 시기는 뒤에서 기술하는 *Enterococcus*속 균의 증식이 대수증식기 말기에 이르고 bacteriocin 활성이 최고치에 도달하는 시기와 거의 일치하였다. 산도에 있어서도 비첨가구에서는 발효초기의 일정기간이 경과한 후 급속히 증가하고 약 0.8% 수준에 도달한 후에는 완만해지는데 대해서 첨가구에서는 bacteriocin 생산균의 영향으로 발효 시작부터 급속히 증가하고 발효시간의 경과에 따라 급속히 둔화되며 약 0.6% 수준에 도달한 후에는 극히 완만한 증가를 나타내었다. 이와같은 starter 첨가의 효과는 30℃에서 보다 10 및 20℃에서 현저하였으며 30℃에서 첨가효과가 저하되는 것은 이 온도에서의 젖산균의 빠른 증식속도와 뒤에서 기술하는 생성 bacteriocin 활성의 차이 때문인 것으로 생각된다.

민 등(1)이 적숙기의 pH로 보고한 4.2에 도달하는 시기는 10℃의 경우 비첨가구에서 7일, 첨가구에서 5일이며 20℃의 경우에는 비첨가구에서 3일, 첨가구에서 2일로 첨가구가 빠르고 30℃의 경우에는 비첨가구와 첨가구에서 모두 1~2일내에 도달하나 첨가구의 pH가 더 빨리 저하되었다. 송 등(8)이 가식기간의 산도로 보고한 0.4~0.75%의 범위에 유지되는 기간은 10℃에 있어서 비첨가구에서는 담금 후 6~10일이었으나 첨가구에서는 4~22일이었고 20℃에 있

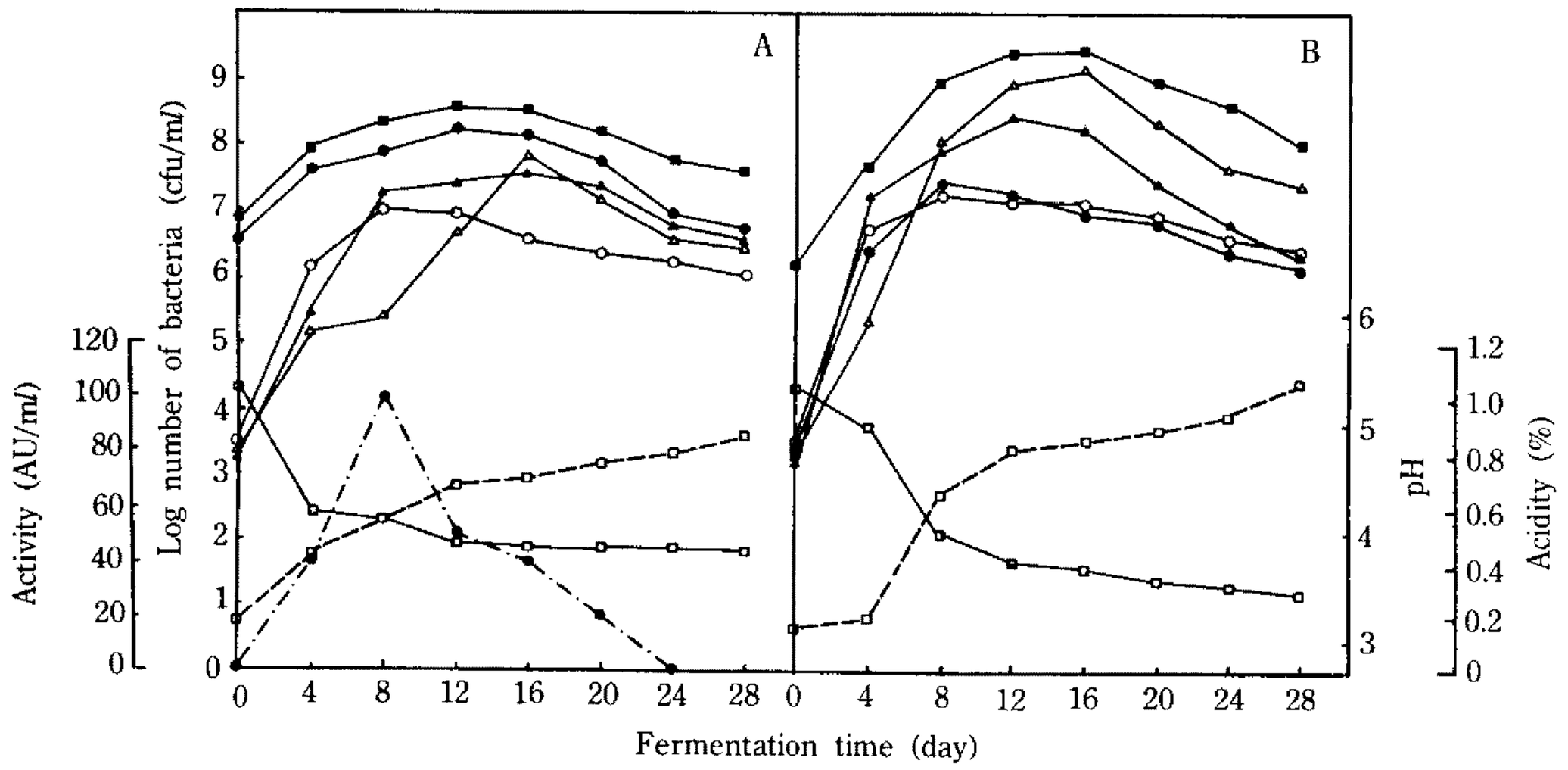

Fig. 1. Time course of pH, acidity, growth of lactic acid bacteria and antimicrobial acitivity in Kimchi with starter using *E. faecium* DU 0267 (A) and without starter (B) during fermentation at 10℃.
Acidity expressed as lactic acid.
□—□, pH; □- -□, acidity; ▲—▲, leuconostoc; ●—●, enterococci; ○—○, pediococci; △—△, lactobacilli; ■—■, total viable bacteria; ●-·-●, antimicrobial activity

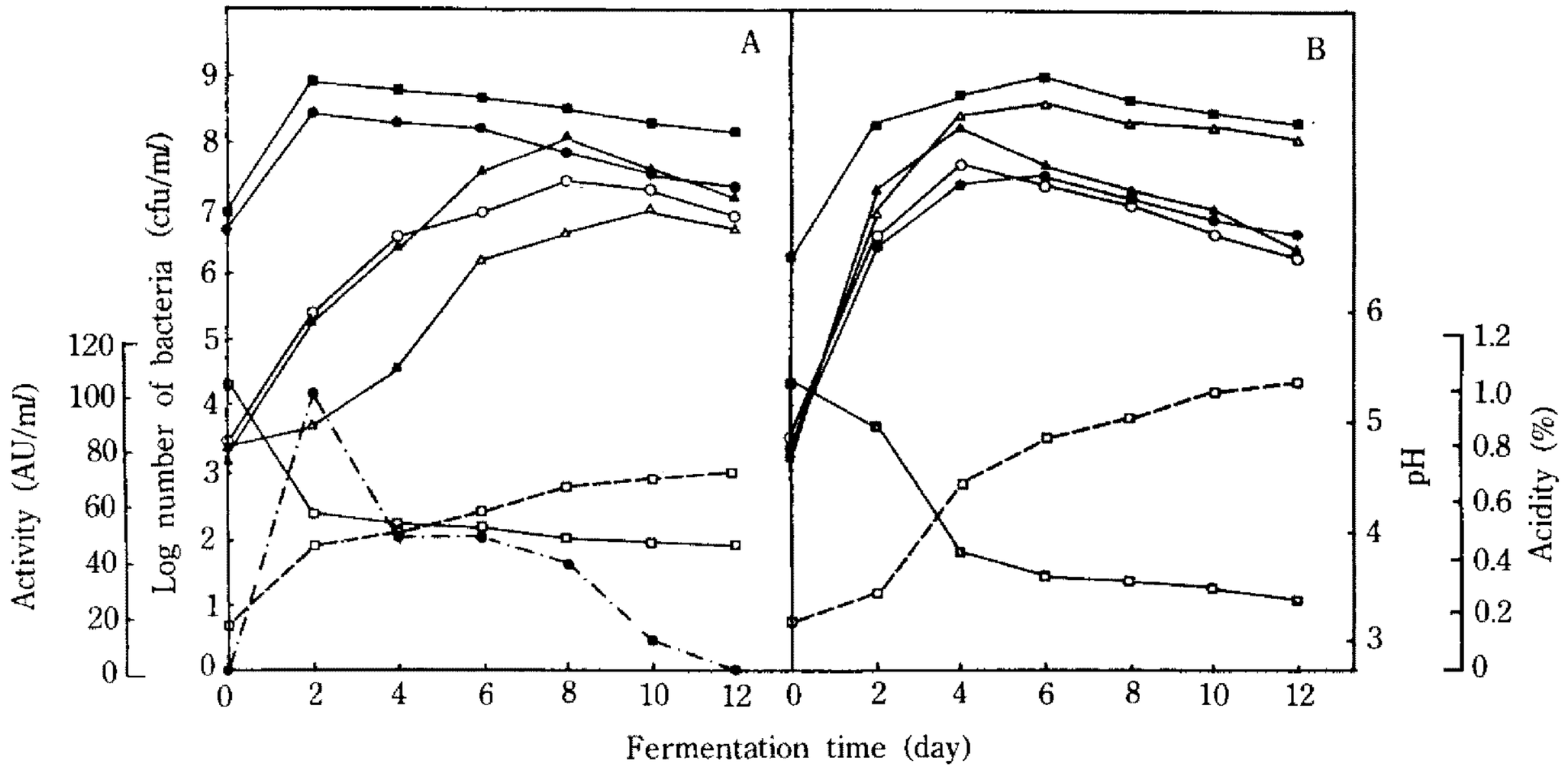

Fig. 2. Time course of pH, acidity, growth of lactic acid bacteria and antimicrobial activity in Kimchi with starter using *E. faecium* DU 0267 (A) and without starter (B) during fermentation at 20℃.
The symbols are the same as Fig. 1.

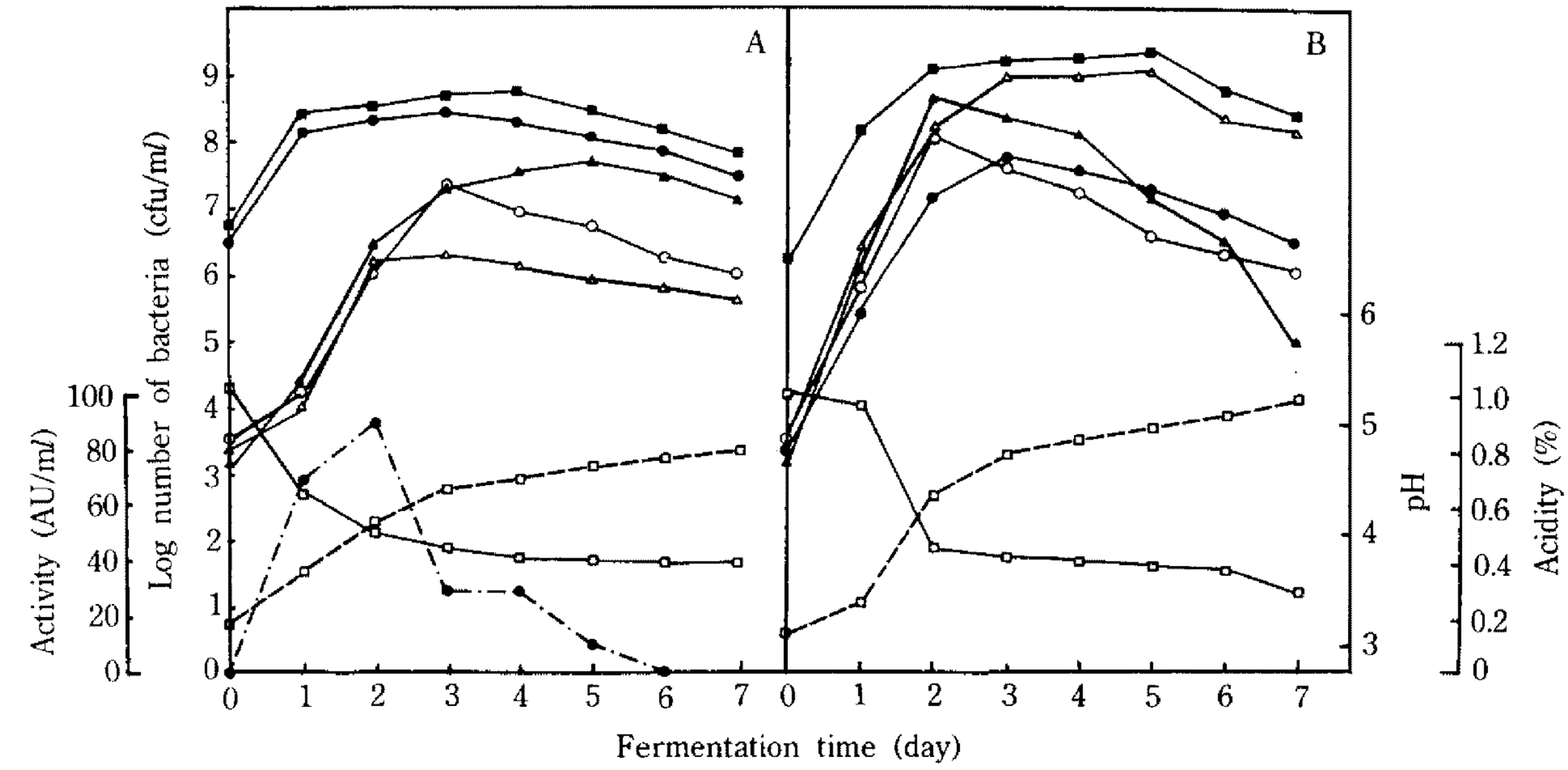

Fig. 3. Time course of pH, acidity, growth of lactic acid bacteria and antimicrobial activity in Kimchi with starter using *E. faecium* DU 0267 (A) and without starter (B) during fermentation at 30℃.
The symbols are the same as Fig. 1.

어서 비첨가구에서는 담금 후 2~5일이었으나 첨가구에 있어서는 2~17일이었으며 30℃에 있어서 비첨가구에서는 담금 후 1~3일이었으나 첨가구에서는 1~6일이었다. 이와같이 bacteriocin 생산 젖산균을 접종함으로써 적숙기에 도달하는 시간은 단축되며 가식기간은 크게 연장되었다.

Bacteriocin 생성과 젖산균의 생육에 미치는 영향

Starter 비첨가구 중의 *Leuconostoc, Enterococcus, Pediococcus* 및 *Lactobacillus*속 젖산균의 경시적인 변화는 대체적으로 저자들이 이미 보고한 결과(2)와 같은 경향이며 *Leuconostoc, Enterococcus* 및 *Pediococcus*속 젖산균은 발효초기에, *Lactobacillus*속 젖산균은 발효의 전기간에 걸쳐서 높은 분포를 나타내었다.

발효온도에 따라 변화의 양상에 차이는 있으나 거의 비슷한 경향이었다. Starter 비첨가구에 있어서는 발효의 전시간을 통해서 indicator strain에 대한 bacteriocin 활성은 전혀 검출되지 않았다.

Starter 첨가구에 있어서 bacteriocin 생산균인 *E. faecium* DU 0267의 접종으로 *Enterococcus*속 젖산균은 10, 20 및 30℃의 각 온도에 있어서 초기부터 높은 균수를 나타내었고 빠른 증식에 비례하여 bacteriocin 활성도 높아져서 이들 균의 대수증식기 말기에 해당되는 시기인 10℃에서는 8일째에, 20 및 30℃에서는 2일째에 각각 최고활성을 나타내었고 이들의 최고치는 30℃에 있어서 10 및 20℃의 것의 약 90%로 낮은 활성을 나타내었다. Bacteriocin 활성은 최고치에 도달한 후 발효의 경과에 따라 급속히 소실되었다. *Enterococcus*속 이외의 젖산균의 증식은 10, 20 및 30℃의 각 온도에 있어서 bacteriocin 활성이 최고치에 도달하는 발효초기에 억제되고 bacteriocin 활성의 소실에 따라 완만한 증식이 지속되나 낮은 pH로 유지되면서 곧 서서히 감소하는 경향을 나타내었다.

첨가구에 있어서의 젖산균의 증식에 대한 억제효과는 *Lactobacillus*속에 대해서 특히 현저하였고 *Leuconostoc*속 젖산균에 대해서도 비교적 강한 억제효과를 나타내었다. *Lactobacillus*속 젖산균은 비첨가구에서는 10℃에서 16일째에, 20℃에서 6일째에, 30℃에서 3일째에 각각 10^8~10^9 cfu/m*l*의 높은 최고치를 나타내었으나 첨가구에 있어서는 그 최고치가 10℃에서 16일째에, 20℃에서 10일째에, 30℃에서 3일째에 각각 10^6~10^7 cfu/m*l*로 현저하게 낮은 균수를 나타내었다. 또 *Leuconostoc*속 젖산균도 비첨가구에서는 10℃에서 12일째에, 20℃에서 4일째에, 30℃에서 2일째에 각각 10^8~10^9 cfu/m*l*의 최고치를 나타내었으나 첨가구에서는 10℃에서 20일째에, 20℃에서 8일째에, 30℃에서 5일째에 각각 10^7~10^8 cfu/m*l*의 최고치로 큰 차이를 나타내었다. 이와같이 비첨가구에 비하여 첨가구에 있어서 이들 젖산균의 균수는 현저하게 감소되고 *Leuconostoc*속 젖산균의 경우 최고치에 도달하는 시기도 상당히 지연되는 경향이었다.

*Enterococcus faecium*의 bacteriocin 생산균주에 의한 bacteriocin 생성의 경시적인 변화에 있어서 그 활성은 대수기 말기에 최고치에 도달하고 이후 급격히 감소하는 것으로 보고되고 있으며(21, 22) *E. faecium* DU 0267에 의한 김치 발효 중에 있어서의 bacteriocin 활성의 변화도 이들 결과와 같은 경향을 나타내었다. 이와같이 그 활성이 급속히 소실되는 현상은 bacteriocin의 안정성이 낮거나 배양 중에 생성되는 단백질 분해효소의 작용 때문인 것으로 추측되고 있다(23, 24).

가스발생에 미치는 영향

김치시료의 20℃에 있어서의 가스발생의 경시적인 변화를 Fig. 4에 나타내었다.

가스발생은 *Leuconostoc* 및 *Lactobacillus*속 젖산균의 증식에 거의 비례하여 증가되었다. 비첨가구에 있어서는 이들 젖산균의 발효초기에 있어서의 급격한 증식에 비례하여 발생하는 가스도 급속도로 증가하고 대수기 이후인 3일째 이후에 있어서는 크게 완만해지는데 대해서 첨가구에 있어서는 이들 젖산균의 증식이 억제된 결과 가스발생도 완만하여 비첨가구에 비하여 뚜렷한 차이를 나타내었고 이들 젖산균이 감소되는 시기인 10일째 이후에 이르러 가스발생량은 크게 둔화되었다. 가스발생이 거의 멈추게 된 발효 14일째의 김치시료에 생성된 가스의 량은 starter 첨가에 의하여 비첨가구의 약 60%로 감소되었다. 이러한 결과로부터 포장김치에 대해서 bacteriocin 생산균주를 접종하므로써 가스발생으로 인한 포장의 파열 등 취급상의 불편을 크게 감소시킬 수 있을 것으로

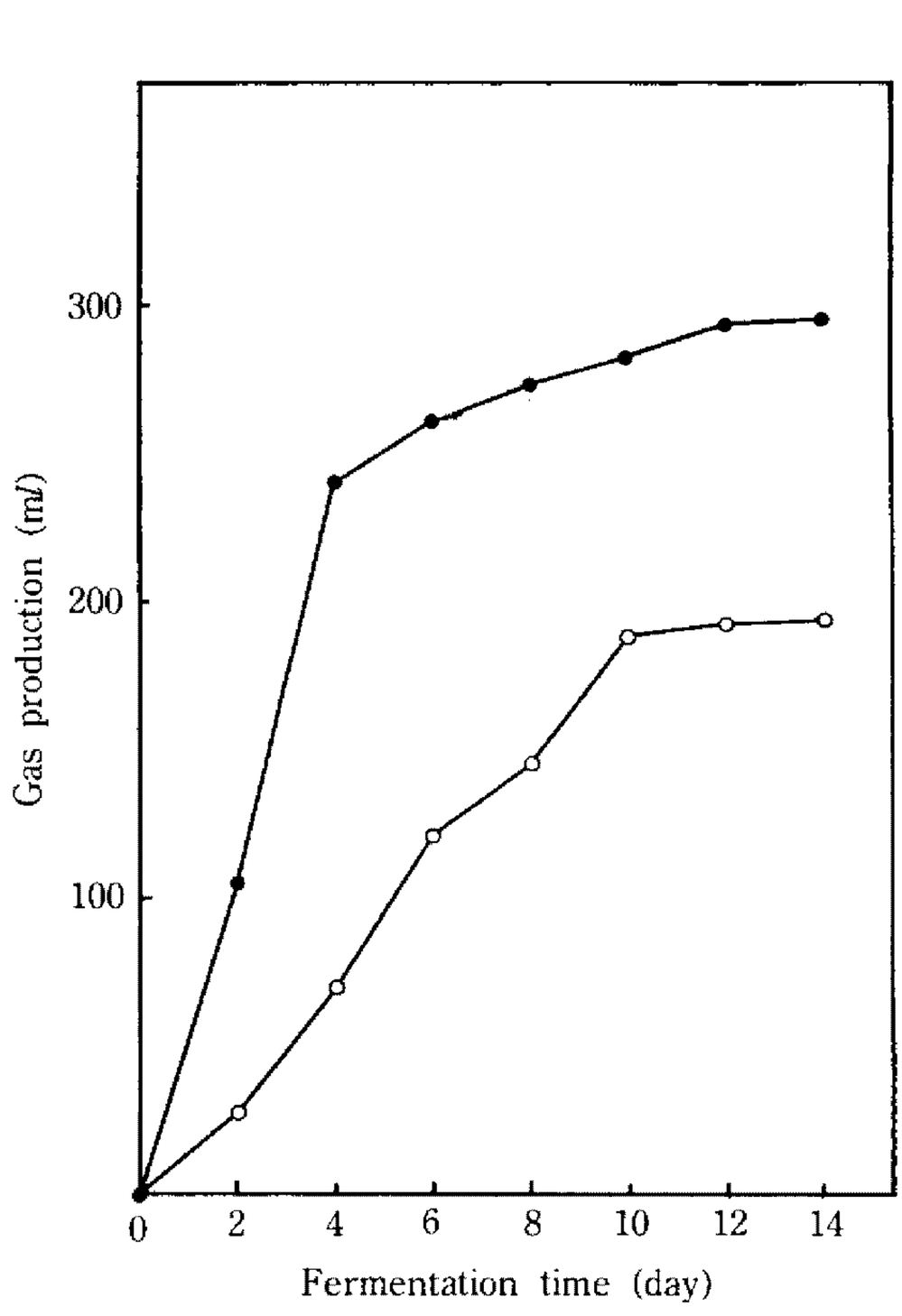

Fig. 4. Time course of gas production in Kimchi with starter using *E. faecium* DU 0267 (○−○) and without starter (●−●) during fermentation at 20℃.
The Kimchi used in this test was 335 g in weight.

추측된다.

이상과 같이 bacteriocin 생산 젖산균의 접종으로 발효초기에는 빨리 pH가 저하되고 적숙기 이후에는 발효가 억제되어 pH의 저하도 크게 완만해지므로서 빨리 맛이 들고 맛있게 먹을 수 있는 기간이 연장되고 가스발생도 억제되는 효과를 얻게 된 것은 전보(17)에서 보고한 바와 같이 starter로 이용한 *Enterococcus faecium* DU 0267 균주가 생산하는 bacteriocin이 광범위한 젖산균에 대해서 강한 생육저해작용을 나타내는 한편 이 균주의 산생성능이 낮기 때문인 것으로 생각된다.

*Enterococcus*속 세균은 일반적으로 김치, 우유제품 등 많은 식품으로부터 분리되고(2, 25-28) 정상적인 장내세균으로서(29) 숙주의 건강에 도움을 주고 있는 것으로 생각되어 왔으며(30) 최근 이 세균이 병원성 세균으로 보고된 바도 있으나(31) 본 시험에 사용한 *E. faecium* DU 0267 균주는 전보(16)에서 보고한 바와 같이 김치에서 분리되었으며 용혈작용도 볼 수 없었으므로 병원성과는 무관한 것으로 생각된다.

앞으로 screening, 변이처리 또는 유전공학적인 기법 등에 의해서 산생성능이 낮으며 bacteriocin 생성능이 우수한 균주를 획득하게 되므로써 이 방법은 더욱 발전될 수 있을 것이며 또 같은 방법으로 bacteriocin 생산 젖산균의 종류에 따라 다른 젖산균에 대한 항균 spectrum에 차이가 있는 점을 이용하여 김치 중의 젖산균을 선택적으로 억제하므로써 김치의 맛에 대해서도 어느 정도 인위적으로 조절할 수 있게 될 것으로 기대된다.

요 약

김치의 적식기를 연장시키기 위한 방법으로 bacteriocin 생산균주인 *Enterococcus faecium* DU 0267를 starter로 김치담금시에 첨가하여 10, 20 및 30℃ 에서 발효시키면서 pH, 각 젖산균군 균수, bacteriocin 활성, 및 가스발생을 비첨가구의 것과 비교하였다. 첨가구의 pH는 bacteriocin 생산균의 접종으로 비첨가구에 비하여 초기에 급속히 pH 4.0~4.2에 도달하고 그 이후에 있어서의 pH의 저하는 훨씬 더 완만하였다. 김치 중의 젖산균은 발효초기에 억제되며 특히 *Lactobacillus*속균이 크게 억제되었고 *Leuconostoc*속균에 대해서도 상당한 억제효과를 나타내었다. 이들의 pH 및 젖산균의 경시적 변화의 양상은 각 온도에 있어서 비슷한 경향이며 이들 효과는 30℃ 에서 보다 10 및 20℃ 에서 현저하였다. 김치발효초기의 bacteriocin 생산균의 대수증식기에 그 활성은 높아지고 10℃ 에서는 8일째에, 20 및 30℃ 에서는 2일째에 각각 최고치에 도달하여 그 이후 급속히 소실되었다. 발효에 의해서 김치에서 발생하는 가스도 크게 감소되고 20℃ 에서 14일간 발효 후의 가스발생량은 비첨가구의 약 60% 였다.

참고문헌

1. 민태익, 권태완. 1984. Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. 한국식품과학회지 **16**: 443-450.
2. 이철우, 고창영, 하덕모. 1992. 김치발효 중의 젖산균의 경시적 변화 및 분리 젖산균의 동정. 산업미생물학회지 **20**: 102-109.
3. Stamer, J.R., B.O. Stoyla, and B.A. Dunckel. 1971. Growth rates and fermentation patterns of lactic acid bacteria associated with the sauerkraut fermentation. *J. Milk Food Technol.* **34**: 521-525.
4. 최신양, 김영붕, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조. 1990. 김치제조시의 온도 및 염농도에 따른 저장효과. 한국식품과학회지 **22**: 707-710.
5. 李陽熙, 梁益桓. 1970. 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구. 한국농화학회지 **13**: 207-218.
6. 박경자, 우순자. 1988. Na-acetate 및 Na-malate와 K-sorbate가 김치발효중 pH, 산도 및 산미에 미치는 효과. 한국식품과학회지 **20**: 40-44.
7. 최신양, 이인선, 유진영, 정건섭, 구영조. 1990. 김치발효에 대한 nisin의 저해효과. 한국산업미생물학회지 **18**: 620-623.
8. 宋錫勳, 曺哉銑, 金灌. 1966. 김치 保存에 關한 硏究(第1報), 김치 醱酵에 미치는 防腐劑의 影響에 關하여. 技術硏究所報告 **5**: 5-9.
9. 李春寧, 金浩植, 全在根. 1968. 김치 통조림 製造에 關한 硏究. 農化學會誌 **10**: 33-38.
10. 李南辰, 全在根. 1981. 김치의 瞬間殺菌方法, 第1報 배추 김치의 瞬間殺菌方法과 殺菌 效果. 한국농화학회지 **24**: 213-217.
11. 차보숙, 김우정, 변명우, 권중호, 조한옥. 1989. 김치의 저장성 연장을 위한 Gamma선 조사. 한국식품과학회지 **21**: 109-119.
12. 변명우, 차보숙, 권중호, 조한옥, 김우정. 1989. 김치의 숙성관련 주요 젖산균 살균에 대한 가열처리와 방사선 조사의 병용효과. 한국식품과학회지 **21**: 185-191.
13. Tagg, J.R., A.S. Dajani, and W. Wannamaker. 1976. Bacteriocins of Gram-positive bacteria. *Bacteriol. Rev.* **40**: 722-756.
14. Broughton, J. Dalves. 1990. Nisin and its uses as a food preservative. *Food Technol.* 100-112.
15. 朴淵姬, 權正周, 曹道鉉, 金秀一. 1983. 김치에서 분리한 젖산균의 미생물 생육저해. 한국농화학회지 **26**: 35-40.
16. Ha, Duk-Mo, Dong-Soo Cha, and Seung-Guk Han. 1994. Identification of bacteriocin-produ-

cing lactic acid bacteria from Kimchi and partial characterization of their bacteriocin. *J. Microbiol. Biotechnol.* 투고중.
17. AOAC. 1990. *Official Methods of analysis.* 942.15, P. 918. 15th ed. Association of official analytical chemists, Inc., Vol. 2. Virginia.
18. 宮尾茂雄, 小川敏男. 1988. 醱酵漬物中の各種乳酸菌の選擇計數. 日本食品工業學會誌 35: 610-617.
19. Schillinger, U. and F.K. Lucke. 1989. Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Appl. Environ. Microbiol.* **55**: 1901-1906.
20. 권동진, 조진호, 김현구, 박무현. 1990. 생홍고추 페이스트의 장기 저장조건 설정. 한국식품과학회지 **22**: 415-420.
21. Parente, E. and C. Hill. 1992. Characterization of enterocin 1146, a bacteriocin from *Enterococcus faecium* inhibitory to *Listeria monocytogenes*. *J. Food protection* **55**: 497-502.
22. Kato, T., T. Matsuda, Y. Yoneyama, H. Kato, and R. Nakamura. 1993. Isolation of *Enterococcus faecium* with antibacterial activity and characterization of its bacteriocin. *Biosci. Biotech. Biochem.* **57**: 551-556.
23. Barefoot, S.F. and T.R. Klaenhammer. 1984. Purification and characterization of the *Lactobacillus acidophilus* bacteriocin Lactacin B. *Antimicrob. Agents Chemother.* **26**: 328-334.
24. Muriana, P.M. and T.R. Klaenhammer. 1987. Conjugal transfer of plasmid-encoded determinants for bacteriocin production and immunity in *Lactobacillus acidophilus* 88. *Appl. Environ. Microbiol.* **53**: 553-560.
25. 金浩植, 黃圭贊. 1959. 김치의 微生物學的 硏究(第一報), 嫌氣性 細菌의 分離와 同定. 科硏彙報 **4**: 56-63.
26. 안숙자. 1988. 김치에서 分離한 乳酸菌의 生育에 미치는 食鹽과 食品保存料의 영향. 한국조리학회지 **4**: 39-50.
27. Insalata, N.F., J.S. Witzeman, and F.C.A. Sunga. 1969. Fecal streptococci in industrially processed foods. *Food Tech.* **23**: 86-88.
28. Mckay, A.M. 1990. Antimicrobial activity of *Enterococcus faecium* against *Listeria* spp. *Lett. Appl. Microbiol.* **11**: 15-17.
29. Devriese, L.A., A. van de Kerckhove, R. Kilpper-Balz and K.H. Schleifer. 1987. Characterization and identification of *Enterococcus* species isolated from the intestines of animals. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **37**: 257-259.
30. Tannock, G.W. 1992. Genetic manipulation of gut microorganisms. Pp. 181-207. *In* R. Fjuller (ed.), *Probiotics, the Scientific Basis*, Chapman and Hall, London.
31. Moellering, R.G., Jr. 1992. Emergence of *Enterococcus* as a significant pathogen. *Clin. Infect. Dis.* **14**: 1173-1178.

(Received August 10, 1994)