

유산균 농도가 돌산갓김치의 항산화효과 및 ACE 저해활성에 미치는 효과

최명락 · 유은정 · 임현수*

여수대학교 생명공학과

Effect of Lactic Acid Bacterium on Antioxidative and ACE inhibitory activity in Dolsan Leaf Mustard Kimchi

Myeong-Rak Choi, Eun-Jeong Yoo and Hyun-Soo Lim*

Dept. of Biotechnology, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea

Abstract

The bacterial strain was isolated from the 4th day's fermented Dolsan Leaf Mustard Kimchi(DLMK) at 20°C. It was used as Kimchi starter, and then its physiological activity was investigated for 50 days at 4°C and 10°C. The physiological activity of DLMK was examined for both antioxidative and Angiotensine Converting Enzyme(ACE) inhibitory activity. In the starter-inoculated DLMK(1×10^{10} CFU/mL) at 4 and 10°C, the optimal ripening period was more shortend than that of control(without starter) up to about 5.6 and 5 times, respectively. The maximal antioxidative activity in the starter-inoculated DLMK(1×10^{10} CFU/mL) at 4 and 10°C were 67% and 75%, respectively. The yield of cell concentration per day($\ln X_{max}/t_{max}$) and the yield of antioxidative activity per day(P_{max}/t_{max}) had a linear relationship. Also, the yield of antioxidative activity per day was increased with increasing the concentration of inoculated bacterium. By adding 1×10^{10} CFU/mL at 4 and 10°C, the ACE inhibitory activity of DLMK was maximal. The rates of inhibiting activities were 52% and 76%, respectively. Consequently, physiological activities were significantly affected by the inoculation concentrations of starter, but bacterium itself was not appeared the physiological activity. We assume that the bacterium metabolizes certain materials in DLMK and released compounds such as glucosinolates or its metabolized forms from DLMK show the antioxidative and ACE inhibitory activity.

Key words – DLMK, starter, ACE, physiological activity

서 론

갓김치의 주재료인 갓(Leaf Mustard : *Brassica juncea*)은 십자화과에 속하는 경엽채소류로 줄기와 잎은 엽장 발효시켜 김치로 식용되고 씨(Mustard seed)는 신미성 향신료로

서 사용된다. 이러한 십자화과 채소는 예로부터 기본식량으로 식용되었으며, 최근에는 암을 예방하는 대표적인 식품으로 여겨지고 있다[10]. 십자화과 채소에는 식물성 2차 대사산물인 glucosinolate, flavonoid, phenol, 함황화합물 등이 풍부하며[3] 이러한 물질들은 생리활성 물질로서 체내에서 약리작용을 나타내는데, 특히 면역계를 강화시킴으로써 건강유지에 기여한다. 이러한 십자화과 채소인 돌산갓을 이용한 김치는 비타민과 무기질이 풍부하며 유산균

*To whom all correspondence should be addressed
Tel : 82-61-659-3306, Fax : 82-61-659-3306
E-mail : bplab@yosu.ac.kr

발효로 인한 항생물질의 생산[2] 및 식물성 2차 대사산물 등의 생성으로 건강상의 유익한 잇점을 준다. 근년에 들어 많은 호기성 세균, 혐기성 세균, 효모, 곰팡이 등이 김치에서 분리 보고 되었지만 돌산 갓김치의 미생물 군에 대한 보고는 거의 없는 실정이다. 그러나 일찍부터 Metschnikoff는 유산균의 유용성에 대해 강조하였는데, 즉, 유산균이 장내용물의 부패를 막음으로서 노화를 예방할 수 있다고 주장하였다[11]. 특히, 숙성된 김치 중에는 유산균의 수가 매우 많이 있어서 정장작용을 하며, 이들 유산균이 생산하는 기능성 물질들은 성인병 예방효과가 있을 것으로 예상된다[14]. 이밖에도 갓김치 중에는 비타민C, 식이 섬유소, β -carotene, chlorophylls, phenolic compound 등이 함유되어 있다[6]. 김치는 고온보다는 저온 발효식품이므로 최근에 저온 유산균에 대한 분리동정 및 배양특성이 발표되었다[17,18]. 그러나 김치를 5~10℃의 저온에서 발효시키면 제품의 품질은 좋아지지만 적숙기에 도달하는데 15~30일의 장기간이 소요되며[13] 발효초기에 유산균이 신속히 증식하여 주지 않으면 발효에 유해한 다른 저온성 미생물이 증식하여 김치의 이상 발효를 초래할 우려가 있다. 따라서 김치 유래의 유산균을 김치 제조용 starter로 사용하면 이러한 문제점을 보완할 수 있는데, 저온에서 분리한 유산균 starter의 첨가로 김치의 발효시간을 단축시킬 수 있었으며, *Leuconostoc*속은 *Lactobacillus*속의 starter 보다 양호하다는 보고[19]도 있고, 김치로부터 분리한 효모를 동정하고 이들 효모를 starter로 첨가하여, 이들이 생산하는 휘발성 화합물이 김치의 풍미에 미치는 효과를 검토하여 starter로서의 기능성을 확인한 연구[7,8]도 있다.

본 연구실에서는 돌산갓 김치 내의 미생물 군에 의해 생성되는 생리기능성 물질을 추적하기 위한 일환으로서, 갓김치가 가지고 있는 생리기능성 중 항암, 항산화, 항균, ACE(Angiotensin Converting Enzyme) 억제효과 등에 관해 연구중이며, 그 중에서 ACE 억제효과와 항산화 효과가 뛰어난 예비실험들로부터 확인하였다. 또한 갓김치의 생리기능성 중 항산화와 ACE 억제효과가 최대를 나타내는 시점에서 최대의 균 수가 나타남을 전보[4]에서 확인하였다. 따라서 돌산 갓 김치 발효 과정상 나타나는 생리기능성 중 ACE 억제효과와 항산화 효과는 이들 미생물이 중요한 역할을 한다고 사료되므로, 발효 시 기능성이 최대인 시점의 전 단계의 미생물을 분리하여 starter로서 농도별로

접종한 후, 균 수와 생리기능성과의 관계를 규명하고자 함이 목적이다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 청갓(leaf mustard, *Brassica juncea*)은 전라남도 여수시 돌산면에서 수확한 것을, 마늘, 파, 고추, 생강은 전남 여수 재래 시장에서 갓김치 제조 당일 각각 구입하여 사용하였고 소금은 정제염인 한주소금을 사용하였다.

갓김치 제조

갓을 흐르는 물에 깨끗이 씻은 다음 물기를 완전히 제거한 후 2×3 cm로 세절하여 10% 소금 용액에 3시간 절인 다음, 갓 무게의 1.5배의 증류수로 2회 씻은 후 30분간 물기를 제거하였다. 절임 한 갓에 고춧가루, 파, 마늘 각 1.5%와 생강 0.5% 비율의 양념을 넣고 잘 혼합시켜 갓김치를 제조하였다. 제조한 갓김치는 멸균된 유리병에 담아 발효시켰다.

균주의 분리

갓김치 발효균주의 분리는 위와 같이 제조된 갓김치를 20℃에서 4일간 발효시켜서 pH 4.5, 산도 0.65%인 갓김치를 분쇄기로 분쇄 후 멸균 거즈를 사용해서 걸렀다. 즙액을 MRS 평판 배지에 pour plating한 다음 37℃에서 24시간 배양하였다. 생성된 집락(colony)의 형태, 색깔 등의 기준으로 우점종으로 판단되는 집락을 구별하여 MRS 평판 배지에 계대하여 분리하였으며, MRS broth를 사용하여 37℃에서 24시간 배양한 후 Biolog system(Biolog, INC, CA, USA)을 사용하여 *Lactobacillus* sp.로 동정된 것을 사용하였다.

Starter 갓김치 제조

배양한 균주를 4,000×g에서 원심분리 하여 균체를 회수하고, 0.85% 생리식염수로 3회 세척한 후에, 1×10¹⁰ CFU/mL, 1×10⁹ CFU/mL, 1×10⁸ CFU/mL, 1×10⁷ CFU/mL의 농도가 되도록 생리식염수로 희석하였다. 위와 같은 방법으로 제조된 갓김치에 starter는 갓 무게의 1.5%의 비율로

첨가하여 4℃와 10℃에서 발효시켰다.

pH 및 산도의 측정

갓김치 즙액 20 mL을 취하여 증류수 180 mL로 희석하였다. 시료액의 pH는 pH meter(Orion 520A, Boston, USA)로 측정하였고, 산도는 시료액의 pH가 8.2가 되도록 0.1N NaOH로 적정하였으며 이때 소요된 NaOH용액을 lactic acid(% w/w)로 환산하여 나타내었다.

총균수

총균수는 마쇄한 갓김치를 멸균거즈로 여과하여 1 mL을 취하여 0.85% 생리식염수로 단계적으로 희석한 뒤 희석액 100 μL를 취해 TGY(Tryptone-Glucose-Yeast extract) 고체배지[15]에 도말하여 30℃에서 48시간 배양한 후 standard plate count 방법으로 균 수를 측정하여 CFU/mL로 표시하였다.

항산화활성 측정

항산화활성은 각 시료의 α, α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH) radical에 대한 소거효과를 측정하였으며 Blois의 방법[1]을 변형하여 측정하였다. DPPH 16 mg을 100 mL 에탄올에 용해한 후 여기에 증류수 100 mL를 혼합하여 Whatman filter paper No.2로 여과하였다. 이 여과액 5 mL에 갓김치 시료 용액 1 mL를 가하여 혼합한 후 실온에서 30분간 방치하여 528 nm에서 흡광도의 감소치를 측정하였다. 이때 항산화활성은 아래와 같은 식으로 구하였으며 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균한 값으로 나타내었다.

$$\text{항산화활성(\%)} = \left[1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{비첨가구의 흡광도}} \right] \times 100$$

ACE 저해활성 측정

ACE 저해활성의 측정은 Cushman과 Cheung의 방법[5]을 변형하여 측정하였다. ACE(Angiotensin Converting Enzyme, peptidyl dipeptide hydrolase, EC 3.4.15.1) 0.38 mg을 0.1M sodium borate buffer(pH 8.3) 10 mL에 용해시켰으며 기질인 Hippuryl-His-Leu(HHL)은 0.1M sodium borate buffer(pH 8.3)에 용해시켜 25 mM의 HHL 기질용

액을 만들었다. 갓김치 시료 50 μL에 HHL용액 100 μL를 첨가하여 37℃에서 10분간 pre-incubation 시켰다. 반응액에 ACE용액 150 μL 가하고 다시 37℃에서 1시간 반응시켰다. 반응이 끝나면 0.5N HCl 250 μL를 첨가하여 반응을 정지시키고 ethyl acetate 1.5 mL를 가하여 15초간 균질화하여 hippuric acid를 추출한 후 2500 rpm에서 10분간 원심분리 시켜 상정액 0.5 mL를 취하였다. 이 상정액을 140℃에서 10분간 건조 후 1M NaCl 3 mL를 가해 용해시켜 228 nm에서 흡광도를 측정 후 아래의 계산식에 따라 ACE 저해율을 나타내었다.

$$\text{Inhibitory ratio(\%)} = \frac{A - B}{A - C} \times 100$$

(A : Sample 대신 증류수를 넣은 균의 흡광도, B: Sample의 흡광도, C: HCl에 의한 반응 정지 후 효소를 넣은 균의 흡광도)

결과 및 고찰

Starter를 첨가하여 발효시킨 갓김치의 특성

전보[4]에서 높은 농도의 유산균으로 발효된 갓김치에서 항산화활성과 ACE 억제효과가 높았으므로, 갓김치의 발효 중 생성되는 미생물에 의해 항산화활성과 ACE 억제효과와 같은 생리활성이 영향을 받는 것이 확인되었으며, 또한 다양한 온도에서 발효한 갓김치 중 높은 온도에서 발효한 갓김치에서는 짧은 시간에 많은 미생물이 생육하였고 그에 따라 높은 생리활성 효과를 나타내었다. 이로서 낮은 발효 온도에서 높은 발효 온도로 갈수록 생리활성 물질의 생성량과 미생물의 수가 많음을 확인 할 수 있었다[4]. 그러나 높은 온도에서 갓김치를 발효하게 되면 발효가 빨리 진행되어 가식 기간이 짧아지며, 갓김치의 색 또한 급격하게 갈색으로 변화되어 품질이 떨어지는 단점이 있었다. 따라서 짧은 시간에 많은 생리활성 물질을 생산하며 가식기간이 긴 갓김치를 생산하기 위해 갓김치에서 유산균을 분리하여 농축하였다. 이를 김치 제조 과정에 starter로 첨가하고, 4℃와 10℃에서 발효시키면서 그 특성을 조사하였다. 10℃에서 발효시킨 갓김치의 산도와 pH 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 즉, 적숙기는 pH 4.0~4.5, 산도는 0.6~0.8%라고 알려져 있는데[20], Fig. 1에서 pH 4.5에 이르는 시간을

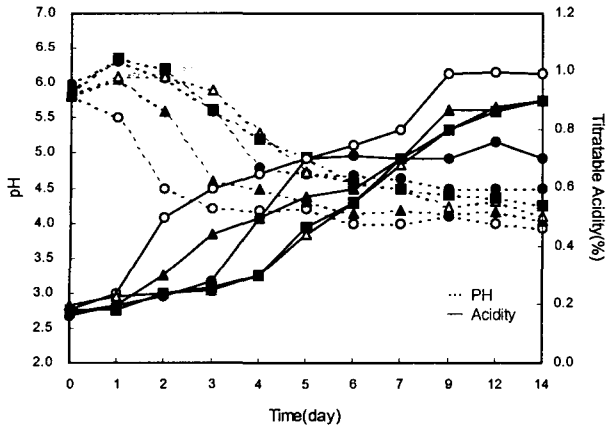


Fig. 1. Changes of pH and acidity(%) in starter-inoculated DLMK during fermentation at 10°C.

●: Control, ○: 10¹⁰CFU/mL inoculated, ▲: 10⁹ CFU/mL inoculated, △: 10⁸CFU/mL inoculated, ■: 10⁷CFU/mL inoculated.

비교해 보면 starter를 첨가하지 않은 대조군(control)은 10일이었으며 1×10¹⁰ CFU/mL 농도의 starter를 첨가한 갓김치는 발효 2일, 1×10⁹ CFU/mL를 첨가한 갓김치는 발효 4일, 1×10⁸ CFU/mL 및 1×10⁷ CFU/mL 농도의 starter를 첨가한 갓김치는 발효 7일이 걸려서, starter를 첨가함으로써 숙성 기간이 최고 5배 단축되었다. 4°C의 경우(Fig. 2)는 1×10¹⁰ CFU/mL의 starter를 첨가한 갓김치는 발효 9일째부터 pH가 4.5가 되어 발효 50일째까지 적숙기가 이어져서 5.6 배 이상 숙성기간이 단축되었다. 그러나 다른 농도

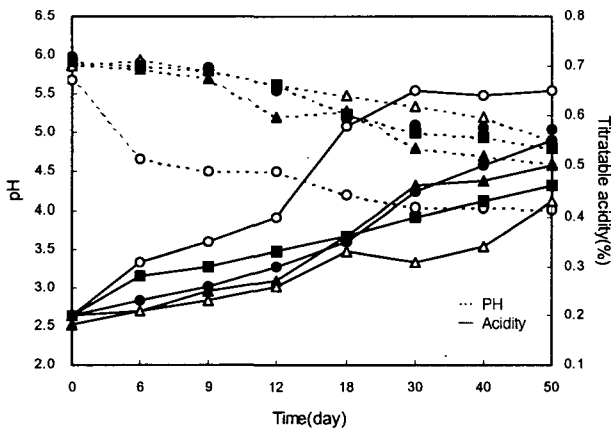


Fig. 2. Changes of pH and acidity(%) in starter-inoculated DLMK during fermentation at 4°C.

●: Control, ○: 10¹⁰CFU/mL inoculated, ▲: 10⁹ CFU/mL inoculated, △: 10⁸CFU/mL inoculated, ■: 10⁷CFU/mL inoculated.

(1×10⁹~1×10⁷ CFU/mL)로 starter를 첨가한 갓김치의 경우는 모두 pH 4.5에 이르는 시간이 50일 이상 걸려서 대조군(control)과 비슷한 발효 양상을 나타내었다(Table 1). Starter 첨가에 따른 총균수(Fig. 3, Fig. 4)는 갓 김치 제조시에 첨가한 균 농도에 따라 발효 초기부터 균수의 차이가 뚜렷했으며 발효 전 기간 내내 비슷한 양상이었다. 갓김치는 발효 초기에 sinigrin이 용출되어 재료에 존재하는 미생물을 저해해서 발효를 지연시킨다[9]. 특히 4°C의 온도에서 적정하게 발효되기 위해서는 약 70일 이상이 소요된다. 이는 저온에서 발효한 김치가 품질은 좋으나 숙성기간이 길

Table 1. The optimum ripening periods at various concentrations of starter

Inoculating Concentration (CFU/mL)	Fermentation Time(day)	
	4°C	5°C
Control	50 ¹⁾	10
10 ⁷	50	7
10 ⁸	50	7
10 ⁹	50	4
10 ¹⁰	9	2

¹⁾Experiments were performed in triplicate.

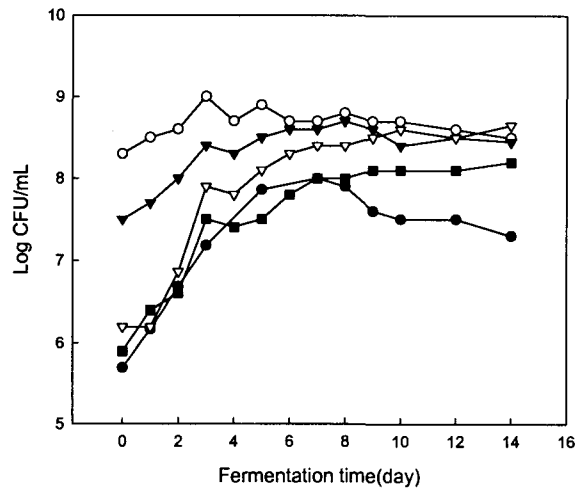


Fig. 3. Changes of total cell number of microbes in starter-inoculated DLMK during fermentation at 10°C.

●: Control, ○: 10¹⁰ CFU/mL inoculated, ▼: 10⁹ CFU/mL inoculated, ▽: 10⁸ CFU/mL inoculated, ■: 10⁷ CFU/mL inoculated.

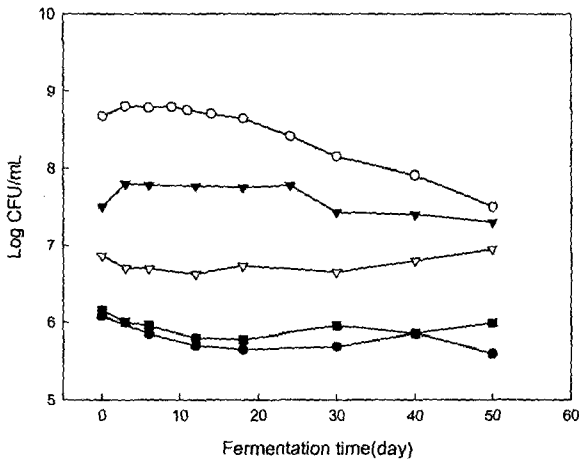


Fig. 4. Changes of total cell number of microbes in starter-inoculated DLMK during fermentation at 4°C.
 ●: Control, ○: 10¹⁰ CFU/mL inoculated, ▼: 10⁹ CFU/mL inoculated, ▽: 10⁸ CFU/mL inoculated, ■: 10⁷ CFU/mL inoculated.

고[12], 발효 초에 유산균이 신속히 증식하지 않아서 다른 저온성 미생물의 증식으로 이상발효를 일으킬 수 있다는 [13] 단점이 있다. 이러한 점을 보완하기 위해 발효 초기에 starter를 첨가하여 낮은 온도에서 발효한 결과, 발효 초기부터 높은 균 수를 유지하였고(Fig. 3, Fig. 4) 또한 적숙기에 도달하는 시간을 단축시키는 효과가 있었다.

항산화활성

Fig. 5에서 담금 직후의 시료 군들의 항산화활성은 50~56%이었다. 1×10¹⁰ CFU/mL의 starter를 첨가하여 10°C에서 발효시킨 갓김치는 발효 초기부터 항산화활성이 증가하여 최대 75%의 활성을 나타내었다. 다른 농도의 starter를 첨가한 갓김치와 대조군은 발효 초기 부분에서는 starter의 농도에 따라 차이가 있었지만 발효 8일 이후부터는 거의 유사한 항산화활성을 나타내었다. 그 이유는 starter의 영향으로 발효의 진행 속도가 달랐고, 그에 따라 항산화 물질이 생성되는 속도에도 차이가 생겼기 때문이라고 생각된다. Starter를 첨가하여 4°C에서 발효시킨 갓김치의 항산화활성은 Fig. 6에 나타내었다. 즉, 1×10¹⁰ CFU/mL의 starter를 첨가한 갓김치는 발효 초기부터 항산화활성이 급격히 증가하여 최고 67%의 활성을 나타내었다. 1×10⁹ CFU/mL의 starter를 첨가한 갓김치는 발효 8일부터 55%의 활성을

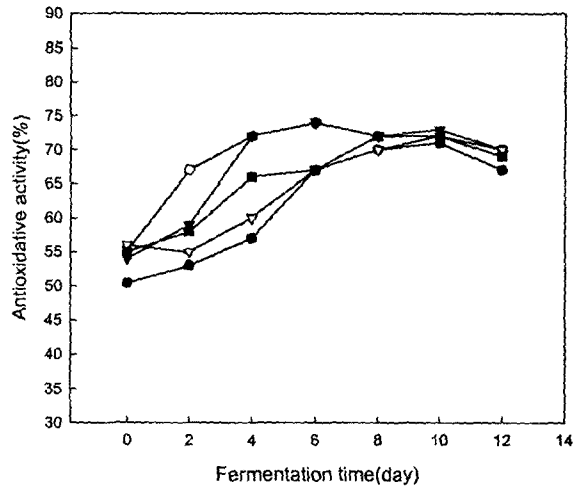


Fig. 5. Changes in the antioxidative activity of starter-inoculated DLMK during fermentation at 10°C.
 ●: Control, ○: 10¹⁰ CFU/mL inoculated, ▼: 10⁹ CFU/mL inoculated, ▽: 10⁸ CFU/mL inoculated, ■: 10⁷ CFU/mL inoculated.

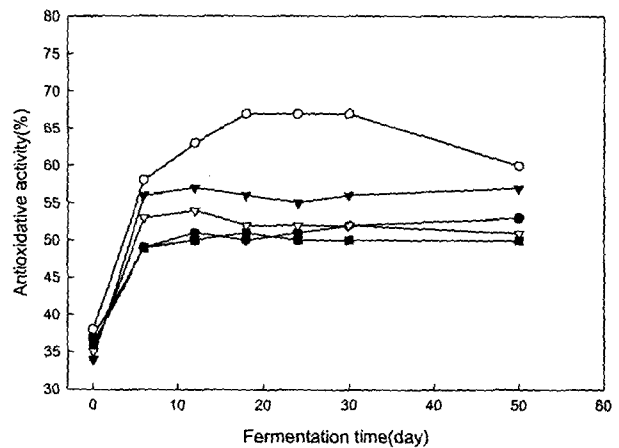


Fig. 6. Changes in the antioxidative activity of starter-inoculated DLMK during fermentation at 4°C.
 ●: Control, ○: 10¹⁰ CFU/mL inoculated, ▼: 10⁹ CFU/mL inoculated, ▽: 10⁸ CFU/mL inoculated, ■: 10⁷ CFU/mL inoculated.

유지했다. 다른 시료군들은 대조군(control)과 20일 이후에는 거의 유사한 항산화활성을 나타내었다. Fig. 7은 총괄적 결론으로서 항산화 효과가 최대(P_{max})에 이를 때 걸리는 시간(t_{max})을 기준으로 그 때의 세포농도(lnX_{max})와 t_{max}에 대한 항산화 효과를 그림으로 도식한 것이다. 즉, 일정시간당 세포의 생성율(lnX_{max}/t_{max})과 항산화활성(P_{max}/t_{max})은 비례 관계를 가지며, 초기 접종농도가 높을수록 단위 시간당 항

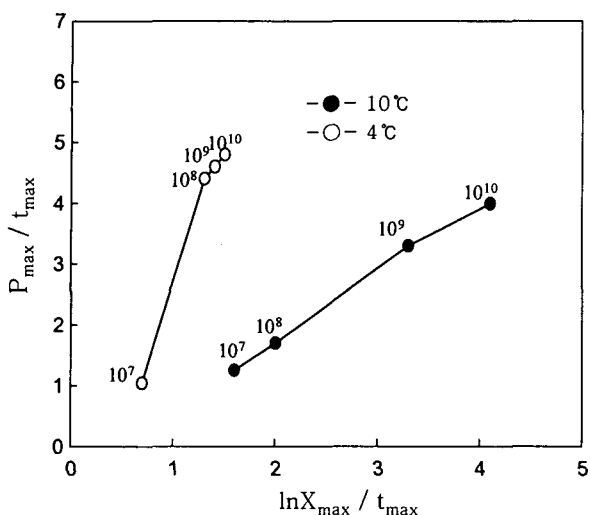


Fig. 7. Effects of antioxidative activity in relation to cell concentration of starter-inoculated DLMK during fermentation. (P_{max} : Maximal antioxidative activity during fermentation, X_{max} : Cell number at maximal antioxidative activity, t_{max} : Time reached at maximal antioxidative activity).

산화활성이 높음을 알 수 있다. 이는 많은 세포수의 존재에 의한 미생물대사가 항산화활성을 나타내는 물질의 생산에 기여함을 간접적으로 표현해 준다. 일반적으로 갖에는 합황물질이 많으며 이들의 분해산물인 isothiocyanate류는

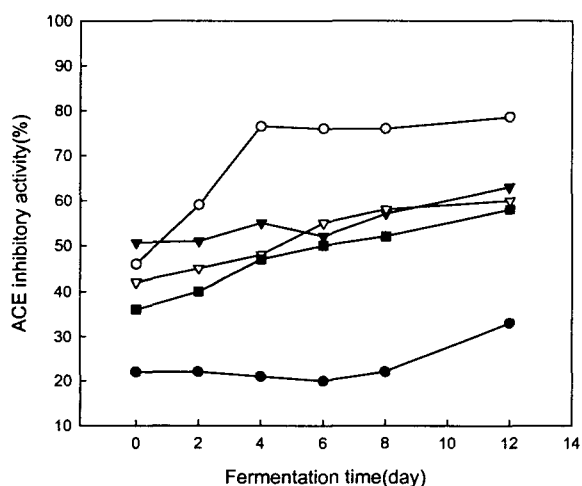


Fig. 8. Changes in the ACE inhibitory activity of starter-inoculated DLMK during fermentation at 10°C. ●: Control, ○: 10^{10} CFU/mL inoculated, ▼: 10^9 CFU/mL inoculated, ▽: 10^8 CFU/mL inoculated, ■: 10^7 CFU/mL inoculated.

삼중결합을 포함하고 있어[16] 이들에 의한 항산화 작용일 것이라고 사료되나 좀 더 깊이 있는 연구가 필요하리라 여겨진다.

ACE 저해활성

Fig. 8에서 10°C, 1×10^{10} CFU/mL의 starter를 첨가한 것

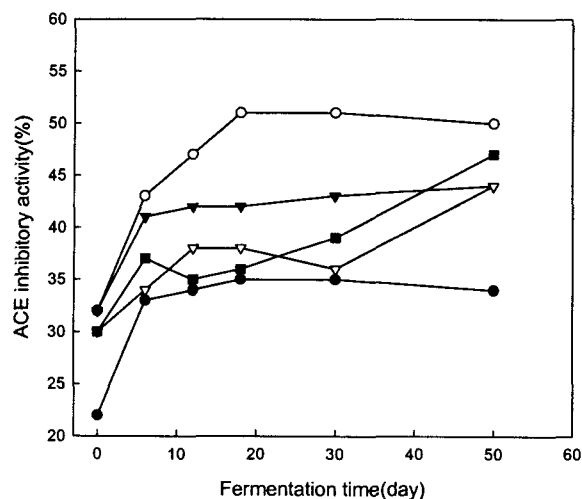


Fig. 9. Changes in the ACE inhibitory activity of starter inoculated DLMK during fermentation at 4°C. ●: Control, ○: 10^{10} CFU/mL inoculated, ▼: 10^9 CFU/mL inoculated, ▽: 10^8 CFU/mL inoculated, ■: 10^7 CFU/mL inoculated.

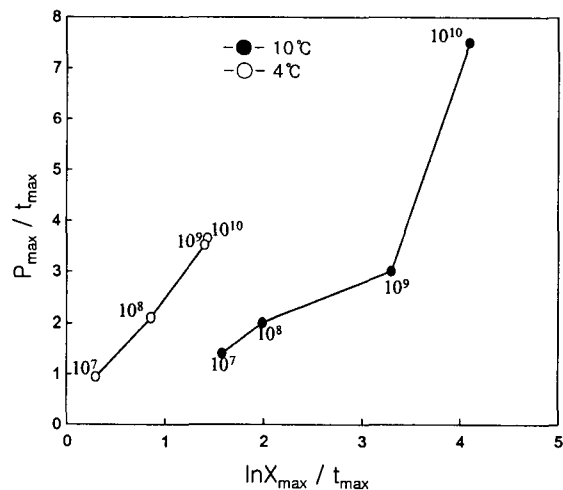


Fig. 10. Effects of ACE inhibitory activity in relation to cell concentration of starter-inoculated DLMK during fermentation. (P_{max} : Maximal ACE inhibitory activity during fermentation, X_{max} : Cell number at maximal ACE inhibitory activity, t_{max} : Time reached at maximal ACE inhibitory activity).

김치에서는 발효 12일째에 ACE 저해활성이 최고 76%의 높은 활성을 나타내었다. 또한 starter를 첨가한 갓김치가 대조군보다 발효 초부터 높은 ACE 저해활성을 나타내었다. 4℃에서도 1×10^{10} CFU/mL의 starter를 첨가한 갓김치는 다른 농도의 starter에 비해서 특히 대조군 보다 높은 ACE 저해활성을 나타내었다(Fig. 9). 이로서 ACE 저해율이 최대(P_{max})에 이를 때 걸리는 시간(t_{max})을 기준으로 그때의 세포농도($\ln X_{max}$)와 t_{max} 에 대한 ACE 저해효과(Fig. 10)를 보면, 일정시간당 세포의 생성율($\ln X_{max}/t_{max}$)이 증가할수록 ACE 저해율(P_{max}/t_{max})도 증가하였으며, 초기 접종농도가 높을수록 단위 시간당 ACE 저해율이 높았다. 따라서 많은 세포수의 존재에 의한 미생물대사가 ACE 저해활성을 나타내는 물질의 생산에 기여함을 간접적으로 표현해주며 갓김치 제조시 접종한 미생물의 영향으로 미생물이 생성한 생리활성의 물질이 발효 전 기간 동안 유지된 것으로 보인다.

요 약

Starter로 사용하기 위하여 20℃에서 4일간 발효된 돌산갓김치에서 미생물을 분리하였다. 이를 starter로 접종하여 4℃와 10℃에서 50일간 발효시키면서 발효특성, 항산화활성, ACE 저해활성을 조사하였다. 1×10^{10} CFU/mL의 접종농도에서 적숙기(pH 4.5)에 도달하는 시간이 4℃에서는 최고 5.6배 이상, 10℃에서는 5배 단축되었다. 총균수는 starter 접종농도가 높을수록 발효초부터 높은 균수를 유지하였다. 항산화활성도 starter 접종농도가 높을수록 전반적으로 높게 나타났고, 1×10^{10} CFU/mL의 접종농도에서 4℃와 10℃ 각각 최대 67%와 75%를 나타내었다. 따라서 단위 시간당 세포의 생성율($\ln X_{max}/t_{max}$)과 항산화활성(P_{max}/t_{max})은 비례관계를 가지며, 초기 접종농도가 높을수록 단위 시간당 항산화활성이 높음을 알 수 있었다. ACE 저해활성도 starter의 농도가 높을수록 ACE 저해활성도 높게 나타났다. 즉, 1×10^{10} CFU/mL의 접종농도에서 4℃에서는 52%, 10℃에서는 최대 76%를 나타내었다. 따라서 일정시간당 세포의 생성율($\ln X_{max}/t_{max}$)이 증가할수록 ACE 저해율(P_{max}/t_{max})도 증가하였으며, 초기 접종농도가 높을수록 단위 시간당 ACE 저해율이 높았다.

감사의 글

이 연구는 농림기술관리센터에서 시행한 2000년 농림기술개발사업에 의하여 수행된 연구결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Blois, M.S. 1958. Antioxident determinations by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199-1202.
2. Cha, D.S. and D.M. Ha. 1996. Isolation of *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* DU-0608 with antibacterial activity from Kimchi and characterization of its bacteriocin. *J. Microbial Biotechnol.* **6**, 270-277.
3. Cho, Y.S., B.S. Ha, S.K. Park and S.S. Chun. 1993. Contents of carotenoids and chlorophylls in Dolsan leaf mustard(*Brassica Juncea*). *Korean J Dietary culture* **8**, 153-157.
4. Choi, Y.Y., E.J. Yoo, D.S. Kang, N. Nishizawa and M.R. Choi. 2001. The relationship between physiological activity and cell number in Dolsan Leaf Mustard Kimchi(*Brassica juncea*). *J. Food Sci. Nutr.* **6**, 117-121.
5. Chshman D.W and H.S. Cheung. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin converting enzyme of rabbit lung. *Biochemical Pharmacology.* **20**, 1637-1639.
6. Diplock, T.A. 1991. Antioxident nutrients and disease prevention. *Am J Clin Nutr.* **53**, 189-191.
7. Kim, H.J., C.S. Lee, Y.C. Kim and S.M. Kang. 1996. Identification of yeasts isolated from Kimchi for Kimchi starter. *Kor J Appl. Microbiol. Biotechnol.* **24**, 430-438.
8. Kim, H.J., C.B. Yang and S.M. Kang. 1996. Kimchi's flavor and taste affected by Kimchi yeast-producing volatile compounds. *Kor J Appl Microbiol. Biotechnol.* **24**, 512-518.
9. Kyung, K.H. and H.P. Fleming. 1977. Antimicrobial activity of sulfur compounds derived from cabbage. *J. Food Prot.* **60**, 67-71
10. Lee, S.M and S.H. Rhee. 1997. Inhibitory effect of various cruciferous vegetables on the growth of human cancer cells. *Korean J Life Science.* **7**, 234-240.
11. Metschnikoff, E. 1908. The prolongation of life. pp. 31, Optimistic studies, Gp Putnam's sons, the

- knickerbroker press Inc., New York.
12. Mheen, T.I. and T.W. Kwon. 1984. Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. *Korean J Food Sci. Technol.* **16**, 443-450.
 13. Miyao, S. and T. Ogawa. 1988. Selective media for enumerating lactic acid bacteria groups from fermented pickles. *Nippon shokuhin kogyo Kakkaishi.* **35**, 610-612.
 14. Oh, Y.J., I.J. Hwang and C. Leitzmann. 1994. Nutritional evaluation of Kimchi. 1st symposium of science of Kimchi. *Korean Soc. Food Sci. Tech.* **26**, 226-245.
 15. Peterson, C.S. and M.H. Albery. 1969. The sauerkraut fermentation. New York state. Agr. Exp. Station, Cornell Univ, Geneva, Bull. No. 824.
 16. Serkadis, M., C. Getahun and C. Funlung 1999. Conversion of Glucosinolates to Isothiocyanates in humans after ingestion of cooked watercress. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention.* **8**, 447-451.
 17. So, M.H. and Y.B. Kim. 1995. Identification of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *Korean J Food SCI Technol.* **27**, 495-505.
 18. So, M.H. and Y.B. Kim. 1995. Cultural characteristics of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *Korean J Food SCI Technol.* **27**, 506-515.
 19. So, M.H., M.Y. Shin and Y.B. Kim. 1996. Effects of Psychrotrophic Lactic acid bacterial starter on Kimchi fermentation. *Korean J Food SCI Technol.* **28**, 806-813.
 20. Son, T.J. 1992. Antimutagenic activities of lactic acid bacteria isolated from Kimchi. pp 25-26. *MS Thesis.* Pusan National University, Pusan, Korea.

(Received December 9, 2002; Accepted January 24, 2003)