

## Halophilic *Lactobacillus* sp. HL-48 균주와 젖산을 이용한 김치의 제조 방법

최경숙 · 성창근<sup>1</sup> · 김명희 · 오태광\*  
생명공학연구소 미생물효소 RU, <sup>1</sup>충남대학교 식품공학과

**Fermentation Method of Kimchi Using Halophilic *Lactobacillus* sp. HL-48 and Lactic Acid.** Choi, Kyoung Sook, Chang Sung<sup>1</sup>, Myung Hee Kim, and Tae Kwang Oh\*. Microbial Enzyme Research Unit, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Taejeon 305-333, Korea, <sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea - To extend the storage period and to inhibit contamination of Kimchi by *Escherichia coli*, conditions of Kimchi brining and effects of the fermentation starter, halophilic *Lactobacillus* HL-48 were investigated. Optimum brining condition for Kimchi was accomplished in 15% NaCl and at pH 2.5-3.0 adjusted by lactic acid. Starter-treated Kimchi showed pH 4.2 after 18 hr fermentation, while the pH of starter-untreated Kimchi resulted in 3.3. After 36 hr fermentation, the number of *E. coli* in starter-treated Kimchi was found clearly to decrease and not detected macroscopically, but contamination of *E. coli* ( $5.3 \times 10^3$  CFU/ml) was observed in starter-untreated sample. Organic acids in Kimchi made by this fermentation method were analyzed by HPLC. Kimchi contained organic acids such as oxalic acid, citric acid, malic acid and lactic acid. Among them, lactic acid content was remarkably high in the early fermentation stages. However, from 24 hr fermentation, lactic acid content of starter-untreated Kimchi was higher than that of starter-treated Kimchi.

**Key words:** Kimchi starter, halophilic *Lactobacillus* HL-48, lactic acid, Kimchi fermentation

김치는 재료로 사용되는 배추, 파, 마늘, 생강, 고춧가루, 젓갈 등의 성분과 각종 재료에 부착되어 있는 다양한 미생물들이 그대로 혼입 되어져서 진행되는 복잡한 발효과정에서 의해 생성된 성분들이 어우러져 독특한 맛과 향을 내는 발효식품이다[13]. 김치의 미생물 중에는 김치의 맛을 좋게 하고 발효를 주도하는 유산균 뿐만 아니라[6, 15] 인체 유해 병원성 세균의 지표가 되는 대장균과 같은 잡균이 다수 포함되어 있다[7]. 이렇게 여러 미생물들에 의해 발효가 진행되어지는 김치는 최근 공장 단위로 대량 생산되어 외국으로 수출되고 있으며, 그 인기를 날로 더해가고 있는 실정이나 김치의 수송 및 유통과정 중 발생하는 산패가 문제시되고 있다[7]. 또한 수출용 김치의 경우 병원성 미생물인 대장균의 오염에 의한 식품으로서의 안전성 문제가 대두되고 있다.

최근 이러한 문제를 해결하기 위한 많은 연구결과가 보고되고 있고[9, 10], 특히, 인공 식품보존제의 유해성에 민감한 소비자들의 성향을 고려하여 인체에 무해한 천연첨가물에 의한 김치의 산패 지연 및 그에 따른 김치의 저장기간 연장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다[2-4].

본 연구에서는 김치의 절입시와 발효진행에 따른 위생적인 편을 개선하여 김치의 저장기간을 연장시키기 위한

방안으로 배추 절입시 젖산 처리와 김치 발효시 starter 처리에 따른 효과로서 김치의 숙성상태의 판단 지표인 pH 변화와 대장균 및 유산균 등의 변화 양상을 살펴보았다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 실험에 사용한 김치 재료는 대전시내의 시장에서 구입하였다. 시판용 결구배추의 중량은 약 2.0-2.5 kg이었고, 절입용 소금은 천일염을 사용하였다. 젖산은 미국산의 순도 95%인 PURAC<sup>®</sup> HS 90을 사용하였고, 김치의 starter용 균주는 본 연구실에서 확보한 *Lactobacillus* sp. HL-48을 사용하였다. Starter용 균주인 유산균 및 김치 발효 중 검출되는 대장균의 증식 및 보존은 유산균의 경우 Difco사의 MRS(Difco Lab. U.S.A.) 배지를 사용하였고, 대장균은 DHL(장내세균 분리용 DHL 한천배지, Japan) 배지를, 총 균수는 TS(Total Screen-ing Medium, Difco Lab. U.S.A.) 배지를 사용하였다.

#### 균수의 측정

시간별로 시료를 10배 희석하는 방법으로 단계별 희석하여 각각의 선택 배지에 도말한 후 30 °C에서 24-48시간 동안 배양하여 균체 집락의 특성을 관찰하고, counter를 이용하여 유산균 수와 대장균 수를 측정하였다.

\*Corresponding author

Tel. 82-42-860-4370; FAX. 82-42-860-4595  
E-mail: otk@kribb4680.kribb.re.kr

김치의 일반 분석

김치 시료의 pH 측정은 pH meter(Fisher Scientific; Accumment pH meter 915)를 사용하였다. NaCl 농도 측정은 염도계(Sekisui 鹽分計 SS-31, Japan)를 사용하였다. 또한 총산도는 시료 1 ml을 10배 희석하여 pH meter 전극을 김치 시료에 담근 후 pH가 7.0이 될 때까지 소요된 0.1 N NaOH의 양을 젖산의 양으로 환산하는 방법으로 측정하였다.

최적 절임 염 농도 및 pH의 검토

최적 절임 염 농도를 검토하기 위해서 배추는 잎 부분, 줄기 부분, 잎과 줄기부분을 각각 동일한 양으로 나누어서 5, 10, 15 그리고 20% 염 농도 침지액에 절여 실험구에 대한 대조구로 사용하였다. 실험구는 위에서 언급한 소금 농도의 침지액에 젖산을 첨가하여 pH를 2.5로 조절한 후 배추를 절인 것으로 하였다. 또한, 최적 절임 pH를 검토하기 위해서 선정된 최적 염 농도의 침지액에 젖산을 첨가하여 pH를 각각 2.5, 3.0, 3.5, 4.0으로 조절하여 배추를 절이면서 각각의 분석을 수행하였다. 분석을 위한 시료는 6시간마다 100 g 씩의 배추를 채취하여 증류수로 세척하고 김와이프스®(유한김벌리)로 물기를 제거한 뒤 Waring blender(U.S.A.)로 처리하고 두 겹의 거즈로 거른 배추즙액을 이용하였다. 절임 0시간의 시료는 각 조건의 절임액에 배추를 담근 후 바로 건진 것으로 하였다. 전처리된 배추즙액은 pH와 염 농도 측정 및 재료에서 언급한 각각의 배지에 시료를 도말하여 30 °C에서 배양하면서 균체 집락의 특성과 대장균, 유산균, 총 균수 등을 분석하여 최적 절임 염농도 및 pH를 선정하였다.

김치의 제조

절임 위에서 언급한 최적 절임 조건의 검토 결과로부터 얻은 염농도와 pH로 조절한 절임액에서 배추내 염농도가 2.5-3.0%로 될 때까지 절인 배추를 실험구로 사용하였다. 이 때 대조구는 젖산을 첨가하지 않은 절임액에서 배추내 염농도가 2.5-3.0%로 될 때까지 절인 배추를 대조구로 하였다.

Starter 첨가 배추내 염농도가 2.5-3.0%로 될 때까지 절인 배추에 양념을 Table 1의 비율로 혼합한 후, HL-48 균주를 배양하여 멸균 증류수로 세척을 한 뒤 O.D. 600 nm에서 3.0의 흡광도를 나타내도록 0.85% 생리 식수로 희석

Table 1. Ingredient ratio of *Kimchi*

Ingredient	Ratio
Raw Chinese cabbage	100
Leek	4
Garlic	2
Ginger	1
Red pepper	2
Sugar	1

Table 2. Conditions of liquid chromatography for organic acid analysis

Instrument	Waters 501 HPLC Pump
	Waters 486 HPLC Detector
Column	SUPELCO™ C-610 column
	30 cm × 7.8 mm/ID
Mobile phase	0.1% phosphoric acid
Flow rate	0.5 ml/min
Detection	Ultraviolet : 210 nm
Injection volume	20 µl

한 균액을 3.0% (w/w)가 되도록 접종하였다.

발효 및 시료채취 양념과 버무린 김치는 100 g씩 유리로 된 paka-pack(Doosan Glass Co., Ltd) 용기에 나누어 담아서 25 °C에서 발효를 시키면서 6시간마다 10 g씩 채취하였다. 채취한 시료의 분석은 Waring blender로 처리후 두 겹의 거어즈를 통과한 김치즙액을 사용하였다.

HPLC에 의한 유기산 분석

김치의 유기산 분석을 위하여 위에서 언급한 전처리 과정으로 얻은 김치즙액을 12,000 rpm에서 10 분동안 원심 분리하여 0.2 µm pore size의 membrane(Sartorius Mini-sartR steril 600 kpa max.)을 통과시킨 후 시료로 사용하였다. 분석은 Table 2에 나타낸 분석 조건에 의해 김치 발효경과에 따른 김치내 유기산의 정성 정량 분석을 수행하였고, 이때 표준 유기산으로 organic acid kit(Supelco)를 사용하였다.

결과 및 고찰

최적 절임 조건

최적 절임 염 농도 각 염 농도별 절임 시간의 경과에 따른 배추즙액의 염농도변화를 Fig. 1에 나타내었다. 젖산 처리구와 무처리구 모두 일부분의 염농도가 가장 빠른 증

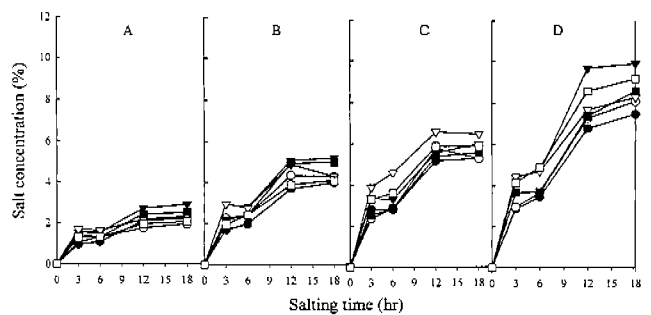
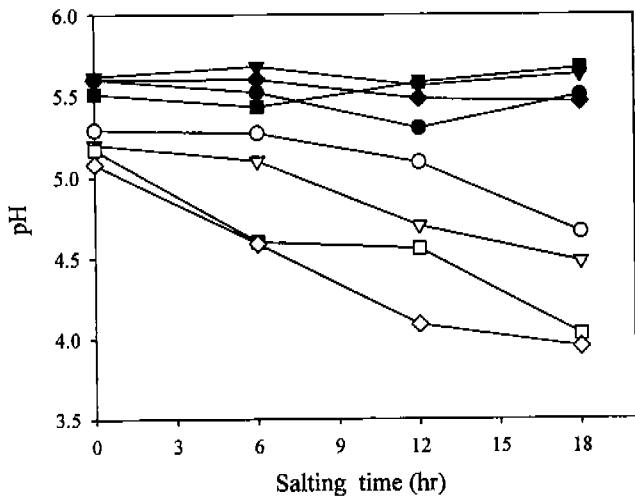


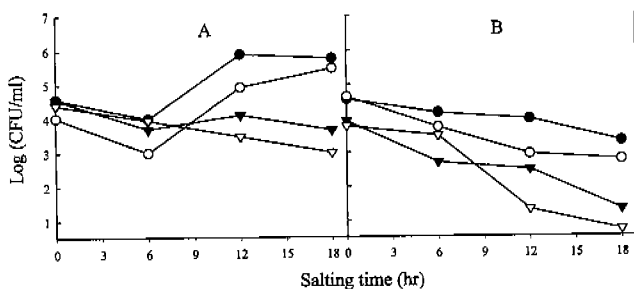
Fig. 1. Changes of salt concentration of Chinese cabbage at various salt concentrations during brining.

Stem (●), leaf (▼), and total (■) of Chinese cabbages were brined in 5 (A), 10 (B), 15 (C), and 20% NaCl (D) solution. Also, Stem (○), leaf (▽), and total (□) of Chinese cabbages were brined in 5 (A), 10 (B), 15 (C), and 20% NaCl (D) solution adjusted to pH 2.5 by lactic acid.

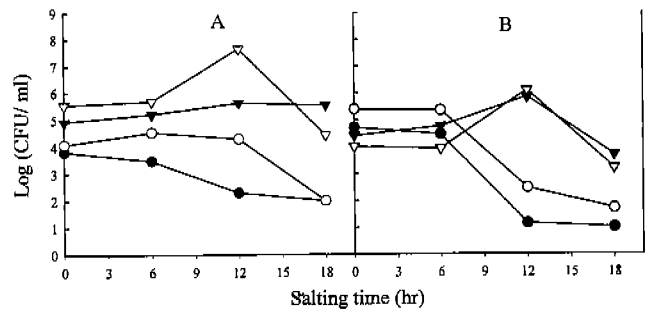


**Fig. 2.** Changes of pH of Chinese cabbage during brining at various salt concentrations. Chinese cabbages were brined in 5 (●), 10 (▼), 15 (■), and 20 % NaCl (◆). Also, Chinese cabbages were brined in 5 (○), 10 (▽), 15 (□), and 20% NaCl (◇) solution adjusted to pH 2.5 by lactic acid.

기를 보였으며, 줄기부분, 잎과 줄기부분의 순으로 빨리 증가하는 양상을 보였고, 초기 절임 염농도가 높을수록 전반적인 배추의 염농도가 증가하였다. 이러한 결과에서 김치의 제조시 고른 염 분포를 기대하려면 일부분과 줄기부분을 각각 따로 절여서 김치를 담는 것이 더욱 효율적임을 확인할 수 있었다. pH 변화는 모두 비슷한 양상을 보였으며, 잎과 줄기부분의 pH 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 다양한 염 농도의 절임액에 젖산을 첨가한 실험구는 배추내로 젖산의 침투 현상이 일어남으로 인해 절임 시간의 경과에 따라 대조구보다 pH가 모두 낮았으며 서서히 감소하는 경향을 보이는 반면 5%를 제외한 대조구의 pH는 거의 변화가 없었다. 여러 염 농도에서 절여진 배추내의 대장균의 변화 양상을 살펴 본 결과는 Fig. 3에서 보여주고 있다. 염 농도가 높아질수록 대장균의 증식이 억제되었으며, 15와 20%



**Fig. 3.** Comparisons of the population of *E. coli* on lactic acid-untreated (A) and treated (B) Chinese cabbage at various salt concentrations. Chinese cabbages were brined in 5 (●), 10 (○), 15 (▼), and 20 % NaCl (▽) solution.



**Fig. 4.** Effect of initial pH of brine on the population of *Lactobacillus* sp. (A) and *E. coli* (B). The pH of brine for Chinese cabbage was adjusted by lactic acid to 2.5 (●), 3.0 (○), 3.5 (▼), and 4.0 (▽).

염 농도에서 대조구의 대장균 수보다 실험구의 대장균 수가 현저하게 감소하는 경향을 보였는데 이는 실험구의 젖산 처리에 의한 pH의 감소와 고농도의 염으로 인한 대장균의 생육 억제 상승효과로 생각된다.

또한 유산균에 있어서 실험구와 대조구 모두 절임 초기부터 서서히 감소하는 경향을 보이는데 이는 절임액의 염이 배추 조직내로 서서히 침투됨에 따른 배추내 염 농도의 증가에 의해서 유산균의 생육이 억제됨에 의한 결과라 추측할 수 있다. 유산균 수는 실험구와 대조구에서 비슷한 수치를 나타냈고, 총 균수는 유산균수의 변화와 마찬가지로 실험구와 대조구 모두 절임 초기부터 서서히 감소하는 경향을 보였다(data not shown). 이러한 결과들로부터 대장균의 증식을 억제하고 김치 숙성 지표 pH인 4 부근으로 빠르게 인접하면서 그 부근의 pH를 장기간 유지하는 절임액의 최적 염 농도는 15%임을 확인하였다.

최적 절임 pH 절임초기의 최적 pH를 검토하기 위해 젖산에 의해 조절된 각 pH 별 침지액에 배추를 절이면서 pH와 염농도를 살펴본 결과, pH의 변화는 절임액의 pH가 낮을수록 배추내의 pH가 빠르게 감소하였으며 염 농도의 변화는 앞에서 언급된 최적 절임 염농도 실험에서의 결과와 같은 양상을 보였다(data not shown).

또한 균수의 변화에 있어서는, Fig. 4에서 나타나듯이 대장균의 경우 초기 절임액의 젖산 조절 pH가 3.5와 4에서는 12시간까지 증가하는데 반해 pH 3과 2.5에서는 급격히 감소하는 양상을 보였으며(Fig. 4B), 유산균의 경우는 pH 3.5와 4에서는 서서히 증가하는 반면, pH 2.5와 3에서는 완만하게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 4A). 이와 같은 결과에서 유산균은 pH 2.5-3의 범위에서는 산성조건에 의해 생육이 어느 정도 유지되는 반면 대장균은 이와 같은 산성조건에서는 내성이 거의 없어 사멸되는 것으로 사료된다. 따라서 이와 같은 pH 조건으로 배추를 절인 후 김치를 제조한다면 발효 초기부터 대장균과 같은 유해균의 생육을 저지시킬 수 있는 위생적인 김치 생산의 가능성을 시사한다. 이상의 결과로부터 대장균의 생육을 저해할 수

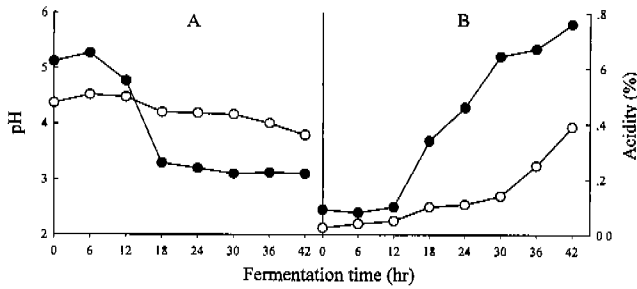


Fig. 5. Changes of pH (A) and acidity (B) during *Kimchi* fermentation.

Chinese cabbages were treated with 15% brine alone (●) and 15% brine containing lactic acid, pH 2.5 (○).

있는 최적 절임 pH는 2.5-3.0임을 확인하였다.

김치 발효

pH와 산도의 변화 배추내의 최종 염농도 2.5-3.0%가 되었을 때 Table 1 조성의 양념과 혼합한 후 starter를 첨가하여 제조한 실험구와 처리하지 않은 대조구의 김치를 25°C에서 발효시키면서 pH 변화와 산도의 변화를 살펴본 결과 일부분, 줄기부분, 그리고 잎과 줄기부분 모두 비슷한 양상으로 나타났다. Fig. 5에서는 잎과 줄기부분의 pH(Fig. 5A)와 산도(Fig. 5B)의 변화를 나타냈다. 대조구에서의 초기 pH는 5부근이었으며, 실험구에서의 초기 pH는 김치제조 단계에서 배추를 젖산 절임액으로 절임으로 인해 4.4로 pH가 김치발효 초기부터 적숙기에 가까움을 보여주고 있다. 발효가 진행됨에 따라 대조구는 18시간 후에 pH가 3.4으로 감소하는 반면 실험구는 36시간 발효 후에도 4부근의 pH를 유지하였다. 이와 같은 결과에서 실험구는 발효 초기의 젖산처리에 의한 pH 저하로 인하여 대조구에 비해 젖산균의 완만한 증식과 더불어 산패를 가속화시키는 대장균의 생육 억제를 유도시킴으로써 대조구 김치와는 다르게 빠른 과숙을 지연시킴을 알 수 있다. 민과 권[11]은 염도 3.0%인 김치를 5-14°C의 저온에서 발효시켜 pH가 4.2에 이르렀을 때를 적당한 신맛 범위라고 보고하였다. 본 실험에서는 25°C에서 HL-48 균주를 starter로 접종한 시료의 초기 pH가 김치의 숙성 지표의 pH와 거의 동일한 결과를 보인 반면 대조구에서는 발효 14시간이 경과한 후 비로소 숙성 pH를 달했는데, 이는 본 연구의 신 발효 방법에 의해 제조된 김치는 숙성기간을 단축시킬 수 있어 김치의 대량 생산과 원활한 공급에 있어 시간적인 면과 경제적인 면의 불필요한 소모를 삭감시켜주는 효과를 기대할 수 있음을 제시한다.

유기산 분석 김치 발효과정 중 검출되는 비휘발성 유기산은 lactic acid, oxalic acid, formic acid, malic acid, citric acid, acetic acid 등이었다. Fig. 6에서 김치의 발효기간에 따른 citric acid, malic acid, lactic acid의 함량 변화를 보여주고 있다. 모든 유기산 중에서 lactic acid가 가장 크

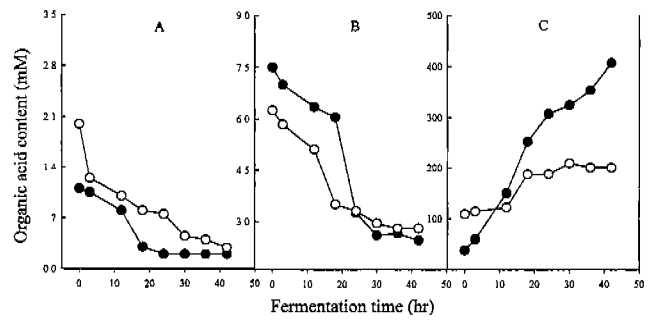
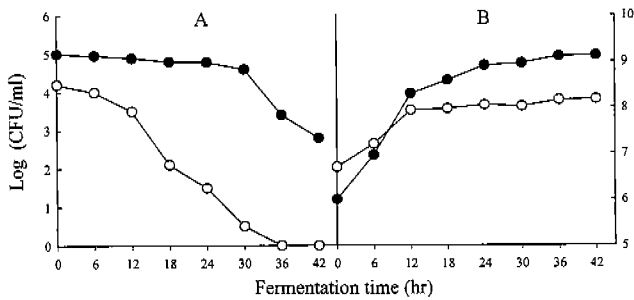


Fig. 6. Analysis of organic acids in *Kimchi* during fermentation.

Chinese cabbages were treated with 15% brine alone (●) and 15% brine containing lactic acid, pH 2.5 (○). Organic acid: citric acid (A), malic acid (B), and lactic acid (C).

게 증가되어 초기에 대조구에서는 38 mM, 실험구에서는 109 mM로 실험구의 젖산 함유량이 약 3배 가량 많았으나 24시간 발효 이후부터는 오히려 대조구의 젖산 함량이 초기 실험구의 젖산 함량보다 더 많아짐을 볼 수 있는데(Fig. 6C), 이는 대조구에서 발효가 빨리 진행되어짐으로 인해서 빨리 김치가 시어짐을 보여주는 것이라 하겠다. Citric acid(Fig. 6A)와 malic acid(Fig. 6B)는 실험구와 대조구 모두 발효가 진행됨에 따라 점차로 감소하는 경향을 보여준다. 그 외에 소량 검출되었던 휘발성 유기산중 formic acid는 발효 경과 30시간부터는 검출되지 않았으며, acetic acid는 발효 초기에는 검출되지 않았으나 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향이었고 실험구에서보다 대조구에서 높은 증가량을 보였다(data not shown). 이러한 acetic acid의 변화는 김치 발효후기 heterofermentative lactic acid bacteria에 의해 검출되는 것으로 생각된다[1]. 천과 이[5]는 gas chromatography에 의한 김치의 휘발성 유기산 분석에서 formic acid와 acetic acid만이 검출되었으며, formic acid는 소량이고 acetic acid가 주를 이루었다고 보고하여 본 연구에서 분석한 김치 내 휘발성 유기산 성분과 동일한 결과를 보였다.

균수의 변화 김치나 절임 배추 저장 중 pH와 총산 함량의 변화는 미생물의 활동과 상관관계가 있으며, 맛과 유기산, 염분의 함량 등과도 관련이 있다[12]. 또한 김치의 발효는 수많은 균이 관여된 복합 발효로 초기 호기성 균의 증식으로 산소의 분압이 감소하면 통기성균인 젖산균이 증식하여 산을 생성하므로 다른 균의 증식은 대부분 억제되거나 이때도 생성된 젖산에 의해서 내산성이 있는 균이 늦게까지 증식하여 산패를 유도하게 된다. 발효 후기에는 젖산을 기질로 하는 효모가 증식하여 pH를 상승시키고 균체가 분비하는 pectin 분해 효소에 의해서 김치의 연부 현상이 나타난다 [8]. 김치는 발효 초기에는 *Leuconostoc* 속이 우세하게 증식하여 초기의 산 생성을 주도하고, 뒤이어 *Streptococcus* 속과 *Pediococcus* 속이 약간 증식한 후 발효 후기에 가서 *Lactobacillus* 속이 왕성하게 증식하는 것으로



**Fig. 7. Comparisons of the number of *E. coli* (A) and *Lactobacillus* sp. (B) in *Kimchi* during fermentation.**

Chinese cabbages were treated with 15% brine alone (●) and 15% brine containing lactic acid, pH 2.5 (○).

알려져 있다[14]. 발효후기 젖산균이 생산하는 산은 초기에 높은 수치를 나타내던 대장균 및 잡균의 성장을 억제하여 점차 그 수를 감소시키는 역할을 한다. Fig. 7에서는 김치의 발효 과정에서의 균 수 변화의 결과를 나타냈다. 김치의 숙성 발효 기간 중 유산균의 변화 양상은 실험구와 대조구 모두 12시간까지 빠르게 증가하다 그 이후부터 정체기로 들어가는 경향을 보였으며, 균수에 있어서는 실험구의 젖산균 생육이 다소 저해되어 대조구보다 발효 12시간 이후부터 낮은 수치를 나타내 대조구의 김치에 비해 숙성 상태의 지속 시간이 길어진 결과를 얻을 수 있었다(Fig. 7B).

대장균은 젖산균의 변화 양상과는 달리 실험구는 발효 초기부터 급격히 감소되어 발효시간 경과 36시간째에 대장균의 생육이 관찰되지 않았다. 대조구는 발효 초기 log 5 CFU/ml에서 36시간 이후에 log 3.5 CFU/ml까지 서서히 감소하는 결과를 보였다(Fig. 7A).

이러한 결과들로부터 김치 절임시에 젖산을 처리함으로써 젖산균의 증식을 완전히 해주고, 대장균의 생육을 저해하는 것에 의해 김치의 숙성기간을 연장시켜 줄 수가 있어, 이에 따라 김치의 저장기간을 연장시킬 수 있는 가능성이 있음을 확인 할 수 있었다.

**요 약**

김치의 대장균의 오염 문제를 해결하고, 저장기간을 연장시키기 위한 목적으로, 젖산과 starter를 이용한 김치 제조법을 모색하였으며, 이를 수행하기 위해 염농도의 변화와 균총의 변화, 유기산 함량의 변화, 그리고 pH와 산도의 변화를 검토하였다.

김치 발효를 위한 절임 조건을 검토한 결과, 절임액의 최적 NaCl 농도와 젖산 첨가 pH는 각각 15%와 2.5-3.0으로 나타났다. 최적 절임 조건으로 절인 배추에 starter를 첨가한 김치는 25 °C에서 김치 발효를 수행한 결과 실험구의 pH는 발효 후반까지도 김치의 적숙기 pH인 4.2를 유지하는 반면 대조구의 pH는 발효 18시간 후부터 pH 3.3까지

급격히 감소하였다. 유산균수는 starter를 첨가하지 않은 대조구와 starter를 첨가한 실험구 모두 발효가 진행됨에 따라 비슷하게 서서히 증가하는 경향을 보였고, 대장균수의 변화에 있어서 대조구는 발효 초기 log 5 CFU/ml에서 36시간 이후에 log 3.5 CFU/ml 까지 서서히 감소하는 결과를 보였으며, 실험구는 검출되지 않았다.

또한, HPLC에 의한 젖산 김치내 유기산의 분석결과, oxalic acid, citric acid, malic acid, lactic acid 등이 검출되었고, 이중, 젖산은 발효초기에 대조구보다 약 3배 높은 젖산 함유량을 보였으나, 발효 24시간 이후에는 대조구의 김치가 빨리 과숙되어짐에 따라 실험구에 비해 대조구가 높은 젖산 함유량을 나타냈다. 이와 같은 결과에서 젖산치러에 의한 김치의 제조시 위생성 향상과 저장성 향상을 기대할 수 있음을 확인하였다.

**감사의 글**

본 논문은 농림수산 특정연구 과제비 지원에 의해 연구 되었으며, 이에 감사드립니다.

**REFERENCES**

1. Cho, D. H. 1970. The lactic acid bacteria in connection with the fermentation of vegetables. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **2**: 3-7.
2. Cho, N. C. and D. Y. Jhon. 1988. Effect of garlic concentrations on growth of microorganism during *Kimchi* fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **20**: 231-235.
3. Cho, N. C. 1988. Effects of garlic extracts on the aerobic bacteria isolated from *Kimchi*. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **20**: 357-362.
4. Choi, S. Y. and I. S. Lee. 1990. Inhibitory effect of nisin upon *Kimchi* fermentation. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotech.* **18**: 620-623.
5. Chyun, J. H. and H. S. Rhee. 1976. Studies on the volatile fatty acids and carbon dioxide produced in different *Kimchi*. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **8**: 90-94.
6. Ha, D. M. 1994. Novel starter culture for *Kimchi*, using bacteriocin producing *Enterococcus faecium* strain. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotech.* **22**: 550-556.
7. Ha, D. M. 1994. Characterization of fermentation period and repression of fermentation. *The 1th Symposium Proceedings on Science of Kimchi*, pp. 47-48. Seoul.
8. Ha, S. S. 1960. Studies on the effects of polygalacturonase and film-forming microbes on soft-deterioration of pickled vegetables. *Bulletin of the Scientific Research Institute* **5**: 139-143.
9. Lee, N. J. and J. K. Chun. 1982. Studies on the *Kimchi* pasteurization Part II. Effects of *Kimchi* pasteurization conditions of the shelf-life of *Kimchi*. *J. Kor. Agric. Chem.* **25**: 197-200.

10. Lee, Y. H. and I. W. Yang. 1970. Studies on the packaging and preservation of *Kimchi*. *J. Kor. Agric. Chem.* **26**: 35-40
11. Mheen, T. I. and T. W. Kwon. 1984. Effect of temperature and salt concentration on *Kimchi* fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **16**: 443-450.
12. Park, W. S. and I. S. Lee. 1994. *Kimchi* preparation with brined Chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **26**: 231-238.
13. So, M. H. 1993. Cultural characteristics of psychrotrophic lactic acid bacterial isolated from *Kimchi*, pp. 1-2. *Ph. D. Thesis*. Korea University.
14. So, M. H. 1995. Cultural characteristics of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from *Kimchi*. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**: 506-515.
15. So, M. H. 1996. Effects of psychrotrophic lactic acid bacteria starter on *Kimchi* fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **28**: 806-813.
16. Shin, D. W. 1994. Physicochemical and microbial properties of market *Kimchi* during fermentation in different containers. *The 1th Symposium Proceedings on Science of Kimchi*, pp. 82-137. Seoul.

(Received February 6, 1999)