

## 김치에서 분리한 저온성 젖산균의 배추즙에서의 배양

소명환 · 오현진 · 박서영 · 김수화

부천전문대학 식품영양과

### Cultivation of Psychrotrophic Lactic Acid Bacteria Isolated from Kimchi in Korean Cabbage-Juice

Myung-Hwan So, Hyun-Jin Oh, Seo-Young Park, Su-Hwa Kim

Dept. of Food and Nutrition, Bucheon Junior College, Bucheon 421-735, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to predict the actions and roles of 10 strains of representative psychrotrophic lactic acid bacteria, in kimchi fermentation, which were isolated from kimchi and identified as *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, *Leu. lactis*, *Leu. paramesenteroides*, *Lac. bavaricus* and *Lac. homohiochii*. For this, 0.01% of lactic starters were inoculated in germ free Korean cabbage-juice containing 2.5% NaCl, and then cultivated for 14 days at 10°C. All strains grew actively, and reached their stationary phase in 4 days. In death phase, the slopes of curves were much different each other by strains. The acidity increased rapidly between 2 and 4 days, and the pH decreased rapidly between 2 and 3 days. The total acidity was 0.52~0.75%, the volatile acidity 0.04~0.18% and the pH 3.55~3.85, in final cultures. The cultures of *Leuconostocs* were better than those of *Lactobacilli* on flavor test. It was thought that the ripening periods of kimchi would be much reduced, and that the over ripening would be also somewhat avoided, when these strains were used as starter bacteria for kimchi and the kimchi was fermented at low temperature.

Key words : kimchi, lactic acid bacteria, psychrotrophs, cultivation.

#### 서 론

김치는 채소 발효식품이며 주발효 미생물은 젖산균이다. 그러므로 김치발효를 잘 이해하고 품질개선을 이루기 위해서는 무엇보다도 먼저 김치 젖산균들의 특성과 김치 발효계 내에서의 역할에 대하여 잘 알고 있어야 한다.

여러 연구결과들<sup>1~12)</sup>에 의하여 지금까지 김치로부터 분리. 동정된 젖산균들은 *Leu. mesenteroides*<sup>1~11)</sup>, *Leu. dextranicum*<sup>6, 10, 11)</sup>, *Leu. paramesenteroides*<sup>6, 8, 11)</sup>, *Leu. lactis*<sup>10, 11)</sup>, *Lac. plantarum*<sup>1~11)</sup>, *Lac. brevis*<sup>1~5, 7, 9)</sup>, *Lac. sake*<sup>6~9)</sup>, *Lac. homohiochii*<sup>6, 8, 10, 11)</sup>, *Lac. maltaromicus*<sup>6)</sup>, *Lac. bavaricus*<sup>11)</sup>, *St. faecalis*<sup>1, 3, 4, 9)</sup>,

*St. raffinolactis*<sup>6, 8)</sup>, *St. lactis*<sup>8, 10)</sup>, *Ped. pentosaceus*<sup>3, 4, 7~9, 12)</sup> 등 매우 다양하며, 아직 그 실체를 정확히 파악하고 있지 못하고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 젖산균 각 species의 김치 발효계 내에서의 역할과 미생물들 간의 공생 또는 길항에 대해서도 충분히 알지 못하고 있다.

최근에 여러 연구자들이 starter의 접종에 의한 김치제조를 시도한 바 있으나<sup>13~16)</sup> 연구가 단편적이고, 젖산균 자체에 대한 기초연구도 부족하여 실용화 되지 못하고 있다. 또 최근에 김치의 산패방지와 보존성 증진을 위한 연구도 많이 이루어졌으나<sup>17~28)</sup> 아직까지 효과적인 해결책을 찾지 못하고 있으며, 미생물에 대한 기초연구가 부족하여 이 문제의 해결에 더욱 어려움을 겪고 있다. 김치가 상품으로서의 균일성을 유지하고, 대량생산되기 위해서는 우수한 starter의 개발과 이의

Corresponding author : Myung-Hwan So

과 이의 적용을 통한 제품의 품질관리가 가능해져야 한다.

저자<sup>11)</sup>는 김치의 starter 개발을 염두에 두고 저온 발효된 김치에서 저온성 젖산균을 다수 분리하여 이들의 세균학적인 특성을 광범위하게 조사한 바 있다.

본 연구는 이들 젖산균 중에서 대표적인 몇 균주에 대해서 김치 발효계에서의 역할과 starter로서의 이용 가능성을 예측하기 위하여 시도되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 젖산균

본 실험에 사용된 젖산균은 10균주이었으며, 모두 저온발효된 김치에서 분리된 저온성 젖산균으로 전보<sup>11)</sup>의 연구에서 Table 1과 같이 동정된 후 본 대학의 미생물 연구실에 보관하고 있는 것이었다.

**Table 1. The list of lactic acid bacteria used in this study**

Species	Source*
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> A02	Kimchi
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> A12	Kimchi
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> A15	Kimchi
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> A18	Kimchi
<i>Leu. lactis</i> B25	Kimchi
<i>Leu. paramesenteroides</i> B30	Kimchi
<i>Lac. bavaricus</i> A30	Kimchi
<i>Lac. bavaricus</i> B01	Kimchi
<i>Lac. bavaricus</i> B05	Kimchi
<i>Lac. homiochii</i> B21	Kimchi

\* Kimchi was described in previous study<sup>11)</sup>.

### 2. 소금이 함유된 무균 배추즙 제조

배추는 1994년 1월 26일에 시중에서 구입하여 겉잎을 제거하고 녹즙기로 착즙하였다. 즙액은 무명천으로 여과한 후 원심분리기로 3000×g에서 20분간 원심분리하였다. 원심분리한 배추즙은 소금함량이 2.5%되게 소금을 첨가하고 membrane filter(0.45 $\mu$ m)로 여

과하였다. 본 배추즙의 당함량은 5.6%이었다.

### 3. 젖산균 starter의 준비

Tomato juice broth 3 ml를 screw cap tube에 분주하고 멸균한 후 실험용 젖산균을 1 loop 접종하고 30℃에서 배양하되, *Leu. paramesenteroides* B30은 44시간, 이 외의 균은 모두 20시간 배양하였다.

### 4. Starter의 접종 및 배양

소금 2.5%가 함유된 무균 배추즙을 250 ml 삼각플라스크에 150 ml 씩 분주하고 젖산균 starter 0.01%를 접종한 후 알루미늄 foil로 밀전하여 10℃의 incubator에서 14일간 정치배양하였다.

### 5. 젖산균의 생균수 측정

Tomato juice agar를 사용하여 평판배양법<sup>29)</sup>으로 젖산균 생균수를 측정하였다.

### 6. 산도 및 pH 측정

배양액의 산도는 0.1N NaOH로 중화적정하여 젖산의 %로 나타내었고, pH는 pH meter로 측정하였다.

### 7. 휘발성 산도 및 OD의 측정

휘발성 산도는 배양액을 수증기로 증류한 후 증류액의 산도를 0.1 N NaOH로 중화적정하여 acetic acid의 %로 나타내었고, OD는 spectrophotometer로서 600nm에서의 OD 값을 측정하였다.

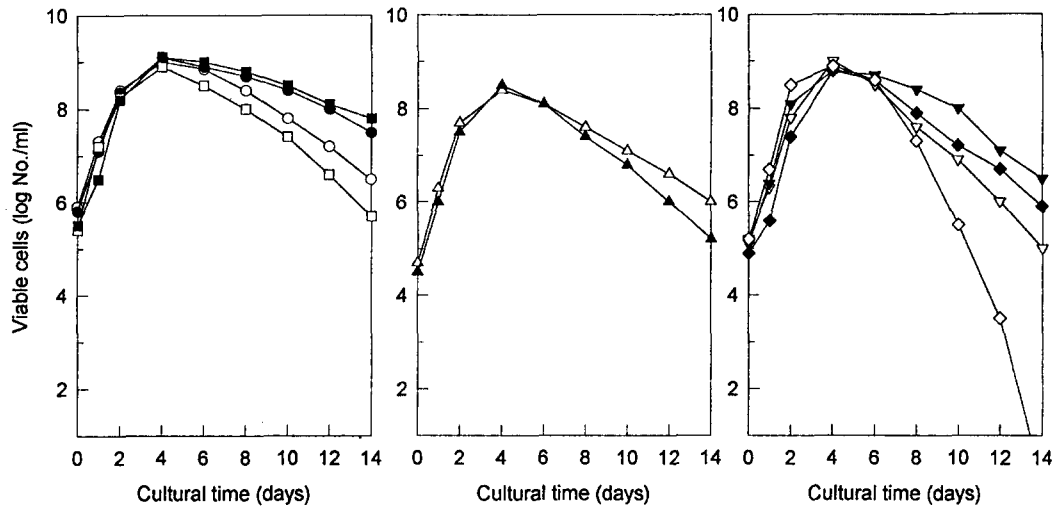
### 8. Flavor의 평가

배양액의 flavor를 6명의 관능검사요원으로 하여금 5단계 평점법<sup>30)</sup>으로 평가하게 하였다. 평가시에 「매우 좋다」는 5점, 「좋다」는 4점, 「보통이다」는 3점, 「나쁘다」는 2점, 「매우 나쁘다」는 1점으로 하였다. 결과는 Duncan의 다중비교법<sup>31)</sup>으로 각 평균치간의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

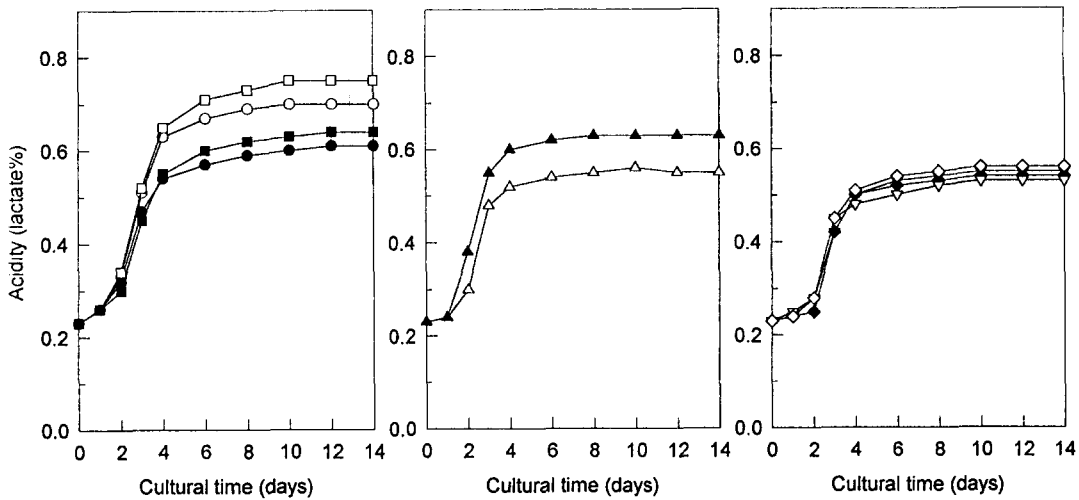
### 1. 배양과정중 젖산균 생균수의 변화

소금 2.5%를 함유하는 무균 배추즙에 여러 젖산균



**Fig. 1. Changes in viable cells during cultivation of psychrotrophic lactic acid bacteria in Korean cabbage-juice at 10°C.**

○-○ : *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02,      ●-● : *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A12,  
 □-□ : *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A15,      ■-■ : *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18,  
 △-△ : *Leu. lactis* B25,      ▲-▲ : *Leu. paramesenteroides* B30,      ▽-▽ : *Lac. bavaricus* A30,  
 ▼-▼ : *Lac. bavaricus* B01,      ◇-◇ : *Lac. bavaricus* B05,      ◆-◆ : *Lac. homohiochii* B21



**Fig. 2. Changes in titrable acidity during cultivation of psychrotrophic lactic acid bacteria in Korean cabbage-juice at 10°C.**

○-○ : *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02,      ●-● : *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A12,  
 □-□ : *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A15,      ■-■ : *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18,  
 △-△ : *Leu. lactis* B25,      ▲-▲ : *Leu. paramesenteroides* B30,      ▽-▽ : *Lac. bavaricus* A30,  
 ▼-▼ : *Lac. bavaricus* B01,      ◇-◇ : *Lac. bavaricus* B05,      ◆-◆ : *Lac. homohiochii* B21

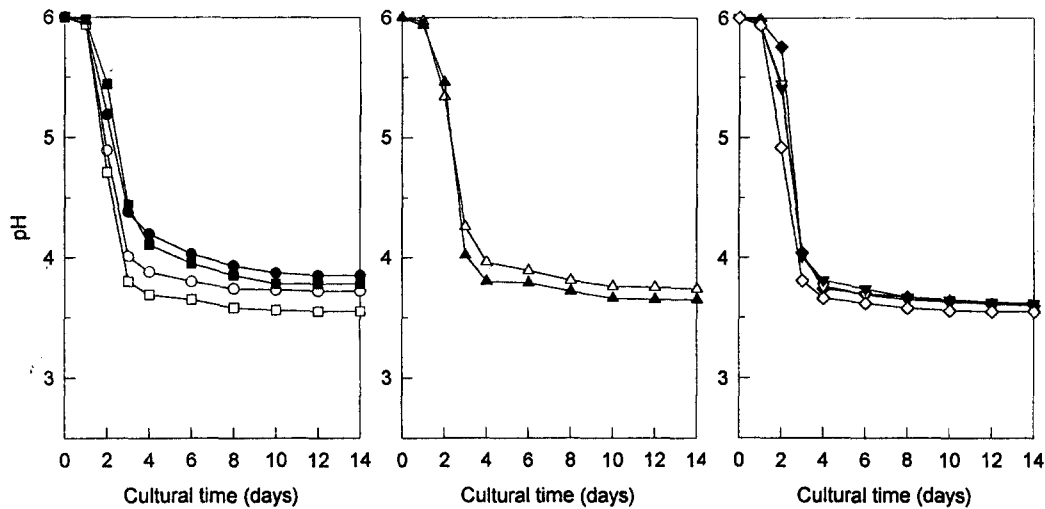


Fig. 3. Changes in pH during cultivation of psychrotrophic lactic acid bacteria in Korean cabbage-juice at 10°C.

○-○ : *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02,      ●-● : *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A12,  
 □-□ : *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A15,      ■-■ : *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18,  
 △-△ : *Leu. lactis* B25,      ▲-▲ : *Leu. paramesenteroides* B30,      ▽-▽ : *Lac. bavaricus* A30,  
 ▼-▼ : *Lac. bavaricus* B01,      ◇-◇ : *Lac. bavaricus* B05,      ◆-◆ : *Lac. homiochii* B21

들을 접종하고 10°C에서 배양하면서 배양일수의 경과에 따른 젖산균 생균수의 변화를 조사해 본 결과는 Fig. 1과 같았다.

모든 젖산균들이 10°C에서 왕성하게 증식하여 배양 4일에 최고균수에 이른 후 차츰 감소하였다. *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A12, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A15, *Leu. lactis* B25 및 *Leu. paramesenteroides* B30은 lag time이 거의 나타나지 않았고, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18, *Lac. bavaricus* A30, *Lac. bavaricus* B01, *Lac. bavaricus* B05 및 *Lac. homiochii* B21은 lag time이 약간 나타났다. 사멸기에서 곡선의 기울기는 균주에 따라 달랐는데, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A12는 기울기가 완만하였고, *Lac. bavaricus* B05는 매우 급격하였으며, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A15, *Leu. lactis* B25, *Leu. paramesenteroides* B30, *Lac. bavaricus* B01, *Lac. bavaricus* A30 및 *Lac. homo-*

*hiochii* B21은 중간 정도이었다. 전반적으로 보아 *Lactobacillus*속의 균주들이 *Leuconostoc*속의 균주들보다 사멸속도가 빨랐다.

일반적으로 김치발효과정에서 *Leuconostoc*속이 *Lactobacillus*속보다 먼저 우세 미생물이 되고<sup>3, 6-9)</sup>, 또 *Leuconostoc*속이 *Lactobacillus*속보다 신속히 사멸하는 것으로 알려지고 있지만<sup>3, 6-9)</sup> 본 실험의 결과로서는 김치발효에서의 이러한 현상이 잘 설명되어지지 않는다.

## 2. 배양과정중 산도 및 pH의 변화

소금 2.5%를 함유하는 무균 배추즙에 여러 젖산균들을 접종하고 10°C에서 배양할 때 배양일수의 경과에 따른 배양액의 산도 및 pH 변화를 조사해 본 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같았다.

산도 증가는 모든 균주에서 2~3일간에 가장 급격히 이루어졌으며, 4일 이후에는 산도 증가가 매우 완만하였다. 최종 산도는 균주에 따라 달랐다. *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A02 및 *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A15의 최종 산도는 0.70%

**Table 2. Characteristics of Korean cabbage-juice cultivated with different species of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from kimchi**

Strains used	TA*	VA**	pH	OD	Flavor***
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> A02	0.71	0.14	3.72	0.50	3.5
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> A12	0.60	0.16	3.85	0.35	3.7
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> A15	0.75	0.18	3.55	0.70	3.7
<i>Leu. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> A18	0.65	0.16	3.78	0.26	3.5
<i>Leu. lactis</i> B25	0.54	0.12	3.74	0.40	3.3
<i>Leu. paramesenteroides</i> B30	0.63	0.13	3.65	0.20	3.5
<i>Lac. bavaricus</i> A30	0.53	0.04	3.62	0.42	2.7
<i>Lac. bavaricus</i> B01	0.55	0.06	3.61	0.45	2.5
<i>Lac. bavaricus</i> B05	0.55	0.04	3.55	0.61	2.4
<i>Lac. homohiochii</i> B21	0.52	0.06	3.60	0.23	2.6

\* Total acidity as lactic acid %, \*\* Volatile acidity as acetic acid %.

\*\*\* Mean score judged by six assessors based on 5 points score(1; very good, 2; good, 3; moderate, 4; bad, 5; bad extremely). Different superscripts within a row indicate significant difference( $p < 0.05$ ).

~0.75%로 비교적 높았고, *Leu. lactis* B25, *Lac. bavaricus* B05, *Lac. bavaricus* B01, *Lac. bavaricus* A30 및 *Lac. homohiochii* B21은 0.53~0.56%로 비교적 낮았으며, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* A12, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum* A18 및 *Leu. paramesenteroides* B30은 0.61~0.64%로 중간 정도이었다. 전반적으로 보아 *Leuconostoc*속의 산도가 *Lactobacillus*속의 산도보다 높았다. 또 같은 속의 균주들간에는 산도가 높을수록 사멸기의 생균수 감소(Fig. 1)가 더욱 신속히 이루어졌다.

일반적으로 김치발효에서 알맞게 숙성된 김치의 산도를 0.40~0.75%의 범위로 보고 있으며<sup>4, 31)</sup>, 본 실험의 최종 산도가 0.53~0.75%이었으므로 본 실험의 젖산균들은 김치제조 과정에서 적절한 산도를 나타내며, 과숙현상의 원인균으로는 작용하지 않을 것임을 알 수 있다. 또 김치를 10℃에서 발효시킬 때 적숙기에 이르는 데 소요되는 기간이 20~30일<sup>4, 31)</sup> 정도인 것으로 보고되고 있지만, 본 젖산균들을 starter로 접종하였을 경우에는 숙성기간이 매우 단축되어 10℃에서 3~4일에 적숙상태에 도달할 것으로 생각된다.

또 pH도 산도변화에서와 같이 모든 균주들에서 2일

~3일 사이에 급격히 감소한 후 4일 이후에는 pH 변화가 매우 완만하였다. 배양액의 최종 pH는 3.55~3.85이었으며, 이는 김치 적숙기인 산도 0.40~0.75%일 때의 pH 4.0~4.3<sup>4, 32, 33)</sup>에 비하여 다소 낮은 편이다. 전반적으로 보아 *Leuconostoc*속의 배양액은 *Lactobacillus*속의 배양액보다 같은 수준의 산도에서 더 높은 pH를 나타내었다.

### 3. 배양액의 특성

14일간 배양한 배양액의 특성을 조사해 본 결과는 Table 2와 같았다. 총산도는 균주에 따라 달라 0.52~0.75%이었고 휘발성 산도는 0.04~0.18%이었다. *Leuconostoc*속의 균주들은 모두 휘발성 산도가 높았으나, *Lactobacillus*속의 균주들은 모두 매우 낮았다. 배양액의 pH는 3.55~3.85, OD는 0.20~0.70이었다.

관능검사 결과 *Leuconostoc*속 배양액의 flavor가 *Lactobacillus*속의 flavor보다 훨씬 좋았으며, *Leuconostoc*속에서 균주들 사이에는 유의적인 차이가 없었다. *Leuconostoc*속의 배양액에서는 신맛 외에 동치미 국물이나 백김치 국물 특유의 냄새(발효향)를 느낄 수 있었으나, *Lactobacillus*속의 배양액에서는 이러한 냄새

새를 느낄 수 없었다. 따라서 본 젖산균들을 김치 발효용 starter로 사용할 경우에는 *Leuconostoc*속의 균주를 필히 포함하여야 할 것으로 생각한다.

## 요 약

본 연구는 김치에서 분리되어 *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, *Leu. lactis*, *Leu. paramesenteroides*, *Lac. bavaricus* 및 *Lac. homohiochii*로 동정된 대표적인 저온성 젖산균 10균주에 대하여 발효과정에서의 동태와 역할을 예측하기 위하여 수행되었다. 이를 위하여 소금 2.5%를 함유하는 무균 배추즙에 각 젖산균의 starter를 0.01% 접종하고 10℃에서 14일간 배양하였다. 모든 젖산균들은 왕성하게 증식하여 배양 4일에 정상기에 도달하였다. 사멸기에서 곡선의 기울기는 균주에 따라 크게 달랐다. 산도는 2일에서 4일 사이에 급격히 증가하였고, 5일 이후에는 매우 완만하게 증가하였다. pH는 2일과 3일 사이에 급격히 감소하였고, 4일 이후에는 매우 완만하게 감소하였다. 최종 배양액의 총산도는 0.52~0.75%, 휘발성 산도는 0.04~0.18%이었고, pH는 3.55~3.85이었다. 관능검사 결과 *Leuconostoc*속 균주의 배양액이 *Lactobacillus*속의 배양액보다 flavor가 좋았다. 본 젖산균들을 김치 발효용 starter로 사용하고 저온에서 숙성 시키면 숙성 소요시간을 크게 단축시킬 수 있고, 과숙현상이 억제될 것으로 생각되었다.

## 참고문헌

1. 김호식, 황규찬 : 김치의 미생물학적 연구(제1보), 혐기적 세균의 분리와 동정, 과학회보, 4, 56(1959)
2. 김호식, 전재근 : 김치의 저장중 세균의 동적변화에 관한 연구, 원자력 논문집, 6, 112(1966)
3. 민태익, 권태완 : 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향, 한국식품과학회지, 16, 443(1984)
4. 안숙자 : 김치에서 분리한 유산균의 생육에 미치는 식염과 보존료의 영향, 한국조리과학회지, 4(2), 39(1988)
5. 현인환 : 김치에서 분리된 젖산균에 관한 연구, 경북전문대학 논문집, 8, 211(1989)
6. 임종락, 박현근, 한홍의 : 김치에 서식하는 Gram 양성세균의 분리 및 동정의 재평가, 한국미생물학회지, 27, 404(1989)
7. 심선택, 경규향, 유양자 : 김치에서 젖산균의 분리 및 이 세균들의 배추즙액 발효, 한국식품과학회지, 22, 373(1990)
8. 박현근, 임종락, 한홍의 : 각 온도에서 김치발효중 미생물의 천이과정, 인하대학교 기초과학연구소 논문집, 11, 161(1990)
9. 이철우, 고창영, 하덕모 : 김치발효중의 젖산균의 경시적 변화 및 분리 젖산균의 동정, 한국산업미생물학회지, 20, 102(1992)
10. 이현중, 백지호, 양문, 한홍의, 고용덕, 김홍재 : 온도강하에 의한 김치발효의 유산균군 군집의 특성, 한국산업미생물학회지, 31, 346(1993)
11. 소명환 : 김치에서 분리한 저온성 젖산균의 특성, 고려대학교 대학원 박사학위논문, (1993)
12. 황규찬 : 김치 젖산균 *Pediococcus pentosaceus*의 분리와 동정, 서울전문대학 논문집, 5, 347(1985)
13. 이신호, 김순동 : Starter 첨가가 김치의 숙성에 미치는 효과, 한국영양식량학회지, 17, 342(1989)
14. 최신양, 이신호, 구영조, 신동화 : Starter를 이용한 숙성발효 김치의 제조, 한국산업미생물학회지, 17, 403(1989)
15. 현인환, 김광수, 정낙현 : 젖산균 첨가가 김치의 비휘발성 유기산 생성에 미치는 영향, 한국식품영양학회지, 3, 141(1990)
16. 현인환 : 젖산균 첨가가 열탕처리한 김치의 숙성에 미치는 영향, 경북전문대학 논문집, 9, 241(1990)
17. 송석훈, 조재선, 김권 : 김치발효에 미치는 방부제의 영향에 관하여, 기술연구보고, 5, 5(1966)
18. 송석훈, 조재선, 박근창 : 과숙김치의 효소작용 억제에 관하여, 기술연구보고, 6, 1(1967)
19. 이춘영, 김호식, 전재근 : 김치 통조림 제조에 관한 연구, 한국농화학회지, 10, 33(1968)
20. 이양희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구, 한국농화학회지, 13, 207(1970)
21. 이남진, 전재근 : 배추김치의 순간살균방법과 살균

- 효과, 한국농화학회지, **24**, 213(1981)
22. 이남진, 전재근 : 배추김치의 순간살균조건이 김치의 저장성에 미치는 영향, 한국농화학회지, **25**, 197(1982)
  23. 변유량, 신승규, 김주봉, 조은경 : Retort pauch 김치의 전열특성과 살균조건, 한국식품과학회지, **15**, 41(1983)
  24. 길광훈, 김공환, 전재근 : 김치 순간살균장치를 이용한 무우 김치의 살균, 한국식품과학회지, **16**, 95(1984)
  25. 윤정원, 김종균, 김우정 : Microwave 열처리 및 혼합염의 첨가가 깍두기의 물리적 성질에 미치는 영향, 한국농화학회지, **34**, 219(1991)
  26. 변명우, 차보숙, 권중호, 조한옥, 김우정 : 김치의 숙성관련 주요 젖산균에 대한 가열처리와 방사선 조사의 병용효과, 한국식품과학회지, **21**, 185(1989)
  27. 윤정원, 김종균, 이정근, 김우정 : 깍두기 발효중 순간 가열과 염첨가가 pH 변화에 미치는 영향, 한국농화학회지, **34**, 213(1991)
  28. 김종균, 윤정원, 이정근, 김우정 : 깍두기 저장성 향상을 위한 순간열처리 및 혼합염 첨가의 병용효과, 한국농화학회지, **34**, 225(1991)
  29. Cappuccino, J. G. and Sherman N. : *Microbiology, a Laboratory Manual*. Tenth ed., The Benjamin Cummings Publishing Company Inc., Menlo Park, p. 75(1987)
  30. Piggott, J. R. : *Sensory Analysis of Foods*, Elsevier Applied Science Publishers, London, p. 141(1984)
  31. 이인석, 손문구, 기우향, 박진석 : 실험통계학, 학문사, p. 151(1981)
  32. 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향, 한국영양식량학회지, **11**(3), 63(1982)
  33. 구경형, 강근옥, 김우정 : 김치의 발효과정중 품질 변화, 한국식품과학회지, **20**, 476(1988)

---

(1994년 12월 13일 수리)