

## 젖산균과 온도가 김치 발효에 미치는 영향(II)

조 영\* · 이 혜 수\*\*

\*한국방송통신대학 가정학과 · \*\*서울대학교 가정대학 식품영양학과

### Effect of Lactic Acid Bacteria and Temperature on Kimchi Fermentation (II)

Young Cho and Hei Soo Rhee

\*Dept. of Home Economics, Korea Air and Correspondence University

\*\*Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University

#### Abstract

The effects of lactic acid bacteria on the chemical and microbial changes of fermented kimchi at various temperatures were studied. Kimchi was homogenized and was sterilized by ultra violet (UV), then *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus brevis* and the mixture of these bacteria inoculated on sterilized kimchi, respectively.

The measurement of alcohol by gas chromatography, and changes of sugar content and total viable count were investigated and palatability test was carried while inoculated kimchi was fermented at 30°C, 21°C and 7°C.

Ethyl alcohol was detected by GC in sample I (original kimchi homogenate), III (inoculated *Leu. mesenteroides*), V (inoculated with *Lac. brevis*), then especially, more content were detected at 14°C. Sugar content reduced in accordance with fermentation proceeding. Total viable count increased at early fermentation stage, but thereafter decreased slowly. In the result of palatability test, sample I was the highest at all temperatures, sample III and IV (inoculated with mixed lactic acid bacteria) was the following in that kimchi odor and taste and the temperature of the highest odor and taste was 14°C.

## I. 서론

前報<sup>1)</sup>에서 살펴본 바와 같이, 무균상태의 김치에 *Lac. plantarum*, *Leu. mesenteroides*, *Ped. acidilactici*, *Lac. brevis*를 각각 접종하였을때 발효온도에 따라 pH 및 산도, 휘발성산과 비휘발성산 등의 함량 변화에 상당한 차이가 있었다.

이번에는 이들 젖산균들이 발효온도에 따라 알코올, 유리당의 함량에 어떤 영향을 주며 또한 총균수의 변화를 관찰하고 관능검사를 하여 냄새와 맛에 어떤 영향을 주는지 알아보려고 하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험 재료 및 시료준비

실험재료 및 시료준비는 Table 1과 같이 전보<sup>2)</sup>에서 사용한 것과 동일하였다.

### 2. 알코올의 분석

柳 등<sup>2)</sup>의 방법에 따라 시료 100 g을 1시간 정도 감압 증류하여 ice bath 상에서 수집한 증류액 중 3  $\mu$ l를 취하여 porapak Q 80/100 mesh로 충전된 GC (Hewlett packard 5890 A gas chromatograph, 3390 A integrator)로 분석하였는데, 표준 알코올로는 0.05% ethyl alcohol을 사용하였다.

### 3. 유리당의 측정

유리당은 Miller의 방법<sup>3)</sup>을 수정하여 정량하였으며 표준물질로는 sucrose를 사용하였다. 즉, 500  $\mu$ g/ml, 400  $\mu$ g/ml, 300  $\mu$ g/ml, 200  $\mu$ g/ml, 100  $\mu$ g/ml의

sucrose 용액 1 ml를 시험관에 취하고 5N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25  $\mu$ l를 기히야 100°C water bath 상에서 30분간 끓인 다음 냉각하였다. 여기에 10 N NaOH 12.5  $\mu$ l를 가하고 dinitrosalicylic acid (DNS) reagent 1.0 ml를 가해 2분간 끓인 다음 냉각하였다. 이것을 증류수로 희석하여 spectrophotometer (Japan Spectrometer Co. UNID-EC-610)로 파장 550 nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선을 잡았다. 다음 시료 중 1 ml를 취하여 증류수를 가해 50배 희석한 후 上記한 방법으로 행하여 표준곡선에 의해 환산하였다.

### 4. 총 생균수 측정

총 생균수의 측정은 시료 1 ml를 취하여 10진법에 따라 살균 생리식염수로 희석하여 그 중 0.1 ml를 MRS 배지에 도말하고 30°C에서 48시간 배양한 후 나타난 colony 수를 세어 측정하였다

### 5. 관능 검사

한국방송통신대학 가정학과 근무자 중 본 실험에 흥미를 갖고 있는 4명에게 본 실험의 목적을 설명하고 본 실험 중에 실시되는 관능검사 방법에 익숙해지도록 의견 교환을 통해 훈련을 시킨 후 맛과 냄새의 특성치에 대해서 5점 평점법으로 평가하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 알코올

배추김치에서 확인된 알코올류로는 ethyl alcohol과 methyl alcohol이 있으며<sup>4)</sup>, 이고들빼기 김치에서는 10종의 알코올류가 GC-MS에 의해 분리, 확인되었으나<sup>5)</sup>, 柳 등<sup>2)</sup>의 연구결과와 마찬가지로 본 실험에서도 ethyl alcohol만이 확인되었다

발효온도 및 시간에 따라 검출한 ethyl alcohol의 함량변화는 Table 2와 같다 Sample I에 있어서 김치제조 직후의 ethyl alcohol의 함량은 4  $\mu$ l/100 g으로 아주 낮으나 14°C에서 발효시키면 최고 72  $\mu$ l/100 g까지 증가하였으며 이와같은 경향은 柳 등<sup>2)</sup>의 연구결과와 유사하다

대체로 sample VI가 sample I 보다 ethyl alcohol의 함량이 더 높게 나타났다. Sample V는 14°C, 7°C에서 발효시킬때 ethyl alcohol의 생성이 거의 없었으며 Sample I 과 III, VI에서의 ethyl alcohol 함량은 14°C

Table 1. Preparation of sample for the experiment

Sample	Condition
I	Raw unsterilized Kimchi juice
II	Sterilized Kimchi juice + <i>Lac. plantarum</i>
III	Sterilized Kimchi juice + <i>Leu. mesenteroides</i>
IV	Sterilized Kimchi juice + <i>Ped. acidilactici</i>
V	Sterilized Kimchi juice + <i>Lac. brevis</i>
VI	Sterilized Kimchi juice + Mixed lactic acid bacteria

Table 2. Content of ethyl alcohol during Kimchi fermentation at various temperatures ( $\mu\text{l}/100\text{g}$  of Kimchi)

Temp.	Sample	I	II	III	IV	V	VI
	Day						
30°C	0	4.00	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
	1	11.20	4.46	4.70	4.36	4.33	7.60
	2	20.00	3.75	14.06	6.79	10.20	18.66
	4	21.80	9.04	17.48	8.91	21.06	29.67
	7	26.67	10.71	17.62	8.34	22.00	36.30
21°C	2	7.40	4.13	6.49	3.90	5.60	12.28
	4	12.62	4.55	9.32	4.97	7.24	24.49
	8	19.84	6.85	12.56	6.75	12.90	45.73
	15	18.00	5.94	13.17	5.52	8.33	38.17
	20	31.97	n.d.	27.87	6.83	26.40	78.61
14°C	8	18.51	4.52	15.20	4.94	2.54	29.16
	15	46.67	4.78	56.00	6.00	5.88	53.76
	20	60.23	8.24	63.31	7.94	8.46	60.67
	25	72.69	9.24	70.20	8.57	8.57	82.50
7°C	30	trace	6.90	9.88	3.20	7.00	23.83
	45	trace	trace	21.87	4.34	9.20	16.22
	60	n.d.*	trace	20.30	n.d.	trace	26.88

\* n.d. : not detectable

에서 발효시킬때 다른 온도에서보다 더 현저하게 높게 나타났다. 이러한 경향은 특히 sample III의 경우 더 뚜렷하게 나타났다.

## 2. 유리당

배추의 품종, 첨가한 부재료의 종류와 양, 김치 제조 방법 등에 의해 김치 중의 당 함량에는 상당한 차이가 있다.

DNS에 의한 비색방법으로 당의 변화를 측정한 결과는 Table 3와 같다. 모든 시료에 있어서 발효가 진행됨에 따라 날김치에 비해 당 함량은 계속적으로 감소하고 있는데 이러한 경향은 李 등<sup>6)</sup>, 曷 등<sup>7)</sup>, 申<sup>8)</sup>의 보고와 일치한다.

30°C에서 발효시킨 경우 Sample I에서 보다 젖산균을 접종한 시료들에서 당의 감소가 더 느리게 진행되었으며, 전보<sup>1)</sup>의 결과와 비교해보면 산도가 높고 pH가 낮을수록 당이 많이 소비됨을 알 수 있는데 이러한 사실은 黃 등<sup>9)</sup>의 연구결과와 잘 부합된다. 21°C에서 발효시킨

경우에도 역시 당의 감소 양상과 pH 및 총산도의 변화 양상이 비슷함을 알 수 있었다. 14°C에서 발효시킨 경우, 전보<sup>1)</sup>에서의 pH 및 총산도 변화가 현저하지 않은 시료들(sample IV, V)에 있어서는 예상되는 바와 같이 당 함량의 감소가 현저하게 나타나지 않았다. 또한 ethyl alcohol의 생성량이 현저하게 많았던 sample III는 다른 젖산균을 접종한 시료에 비해 당의 감소가 뚜렷하였다. 모든 시료에 있어서 7°C에서는 당의 변화가 매우 완만하였으며, 이러한 사실은 전보<sup>1)</sup>의 pH 및 총산도의 변화가 매우 적었던 것과 잘 일치된다.

## 3. 총 생균수의 변화

Fig. 1은 김치 시료의 발효기간 중 총생균수의 변화를 나타낸 것이다. 총 생균수는 발효 초기에는 증가하다가 서서히 감소하는 경향을 보였으며 이와 같은 경향은 閔 등<sup>10)</sup>, 萬 등<sup>11)</sup>의 결과와 일치하였다.

30°C, 14°C에서 발효시킬 경우, sample I과 III, IV의 총 생균수 변화 양상이 유사하였다. 특히 14°C에서

Table 3. Changes of sugar during Kimchi fermentation at various temperatures

(mg/ml of Kimchi)

Temp.	Day	Sample					
		I	II	III	IV	V	VI
30°C	0	32.2	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
	1	24.6	27.8	26.0	27.8	27.8	27.1
	2	5.4	25.4	25.8	27.7	27.2	23.0
	4	3.1	21.3	6.1	16.7	15.9	3.1
	7	3.2	3.9	4.9	4.7	2.2	2.6
21°C	2	20.5	26.4	25.9	27.4	28.0	25.4
	4	19.0	19.4	19.4	26.1	20.0	21.8
	8	7.5	18.5	11.1	16.8	15.4	4.6
	15	4.2	13.0	7.9	15.4	15.4	4.4
	20	3.8	8.6	3.9	4.9	3.9	1.3
14°C	8	14.0	25.4	20.2	21.4	21.3	22.5
	15	1.9	19.2	5.0	18.0	14.8	10.5
	20	1.8	14.2	4.1	15.5	16.7	3.0
	25	2.4	10.7	3.1	16.0	14.0	1.8
7°C	30	24.2	25.4	25.4	24.6	26.4	25.7
	45	20.0	21.7	18.7	21.0	20.5	19.0
	60	15.4	20.6	16.6	22.0	21.1	18.2

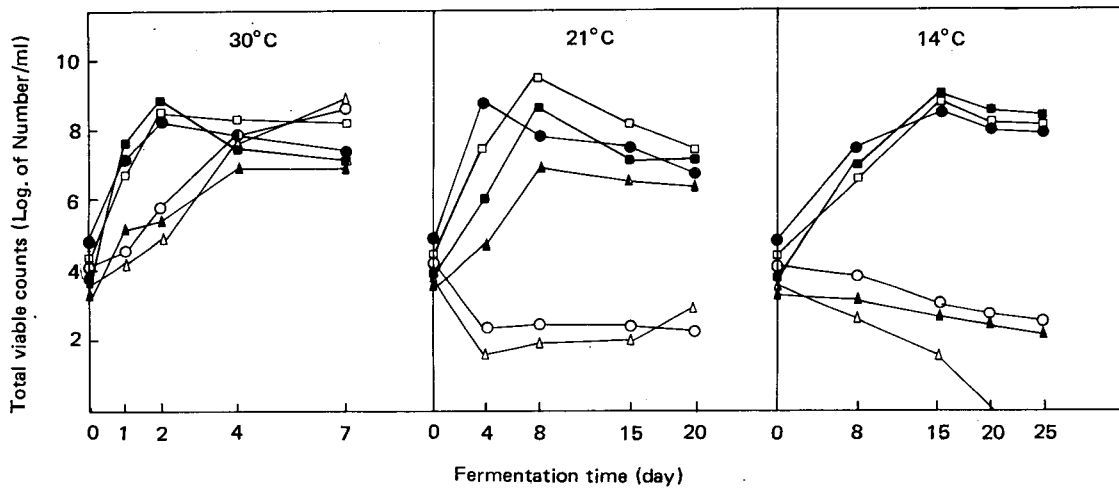


Fig. 1. Changes of total viable counts during kimchi fermentation at various temperatures.

sample III의 생균수가 다른 시효보다 더 높게 나타났는데 이러한 사실은 이때 ethyl alcohol의 생성량이 많았고 당의 감소가 뚜렷했던 사실과 유관하리라고 생각된다.

다.

Sample I에 있어서 30°C에서 2일째, 14°C에서 15일째에 최고의 균수에 도달했으며, 전보<sup>1)</sup>에서의 pH 및 총

산도 변화와 비교해보면 김치가 적당히 익은 시기와 일치함을 알 수 있다. 또한 sample III에서도 30°C에서 2일째 21°C에서 8일째 14°C에서 15일째에 최고의 균수를 보였는데 전보<sup>1)</sup>와 비교해보면 이 시기는 김치의 최적숙기에 해당하는 것으로 이러한 결과는 関 등<sup>10)</sup>의 연구 결과와 일치하고 있다. 이미 전보<sup>1)</sup>에서 논의된 바와 같이 sample III에 있어서 14°C에서 발효시킬 경우 acetic acid의 함량이 높고 또한 ethyl alcohol과 총 생균수의 증가도 14°C에서 가장 크게 나타난 것으로 미루어 *Leu mesenteroides*의 최적온도가 이 온도 근처이리라고 예상되나, 이에 관한 연구가 추후에 더 계속되어야 할 것이다.

14°C에서 Sample II를 21°C에서 sample IV와 V를 발효시킬 경우 시간이 경과함에 따라 총 생균수가 감소하고 있는데 이로 인해서 전보<sup>1)</sup>에서 보고된 바와 같이 pH 및 총산도의 변화가 거의 없었으며 비휘발성산의 생성량은 적었던 것으로 보인다.

#### 4. 관능 검사

각 온도, 각 날짜에서 시료간의 유의차를 알아보기 위해 분산분석과 Duncan의 다중 범위검정을 실시한 결과는 Table 4, 5와 같고, 김치 시료간에 온도 및 날짜에 따라 큰 유의차가 있었다. Table 4에서 보듯이 김치 냄새에 관한 관능검사 결과, sample I, IV, VI의 순으로 좋은 것으로 나타났다. 김치 맛에 관한 관능검사 결과 (Table 5)도 sample I, III, IV의 순으로 좋게 나타났다. 또한 grouping에 의하면 sample I, III, VI는 14°C에서 가장 좋은 김치 냄새를 보였으며 김치 맛에 있어서는 sample III는 14°C에서 가장 좋았고 sample I과 VI는 14°C에서 좋았으나 30°C에서도 비교적 좋은 맛을 보였다. Sample II, IV, V는 김치 냄새와 맛이 모든 온도에서 나쁜 것으로 나타났다. 관능검사 결과 sample I이 가장 김치다운 냄새와 맛을 가지고 있다고 밝혀진 것은 너무도 당연한 일이겠으나 젓산균을 접종한 시료 중

Table 4. Statistical analysis of odor evaluation score of Kimchi between samples at each temperature and each day

Sample	Temp.	Day	Duncan's multiple range test						F-values	Significance
			I	II	III	IV	V	VI		
30°C		1	4.00a	2.00d	3.00c	1.00f	1.50e	3.50b	50.4000	***
		2	3.00a	1.00d	2.75ab	1.00d	2.00c	2.50b	31.2857	***
		4	3.75a	1.25e	2.50c	2.00d	1.00e	3.00b	79.2000	***
		7	2.00b	2.75a	1.00c	2.75a	3.00a	2.00b	79.2000	***
21°C		4	3.50a	2.50c	2.00c	1.00d	2.00c	3.00b	27.6000	***
		8	3.00b	1.50c	3.00b	1.50c	1.50c	3.50a	62.4000	***
		15	2.00a	1.00b	1.50a	1.00b	1.00b	1.50a	6.0000	**
		20	3.00a	1.50d	0.50e	1.50d	2.00c	2.50b	110.4000	***
14°C		8	3.75a	1.00d	3.00b	2.00c	2.00c	3.00b	276.6000	***
		15	2.75b	1.00d	3.75a	1.50c	1.50c	2.75b	44.6571	***
		20	4.00a	2.00c	2.00c	1.00d	1.00d	2.75b	372.6000	***
		25	3.75a	1.00d	2.50b	1.50cd	1.75c	2.75b	25.8000	***
7°C		30	3.00a	1.00d	2.50b	1.50cd	1.75c	2.75b	9.0000	**
		45	2.00a	1.00b	1.50ab	1.50ab	1.00b	1.00b	4.0000	*
		60	3.00a	1.50b	2.00b	1.50b	2.00b	2.00b	10.8000	**

A) Means not followed by the same letter in each row differ significantly from one another ( $p < 0.05$ )

B) \* Significant at  $p < 0.05$

\*\* Significant at  $p < 0.01$

\*\*\* Significant at  $p < 0.001$

Table 5. Statistical analysis of taste evaluation score of Kimchi between samples at each temperature and each day

Sample	Duncan's multiple range test							F-values	Significance	
	Temp.	Day	I	II	III	IV	V			VI
30°C		1	3.50a	1.25c	2.50b	1.00c	2.00b	2.50b	22.0909	***
		2	3.00a	1.50c	2.50b	1.00d	1.50c	2.25b	32.2800	***
		4	4.00a	1.50d	3.00c	1.00e	1.00e	3.50b	254.4000	***
		7								
21°C		4	3.00a	1.50b	2.50a	1.00b	1.00b	2.50a	17.8000	***
		8	2.00c	1.25d	3.25a	1.00e	2.00c	3.00b	117.6000	***
		15	1.25b	1.00b	2.00a	1.00b	1.25b	1.00b	21.6000	***
		20	3.00a	0.50c	0.50c	0.75c	1.75b	1.75b	93.0000	***
14°C		8	3.50a	1.00c	2.50b	1.00c	1.50c	2.50b	18.0000	***
		15	3.00a	1.00c	3.50a	1.00c	1.50bc	2.50ab	9.6700	**
		20	4.00a	2.50bc	1.50d	1.00e	2.25c	2.75b	78.6000	***
		25	3.25a	2.00b	2.25b	1.00c	1.75b	2.25b	9.7500	**
7°C		30	3.00a	1.75b	1.50b	1.00c	1.75b	1.75b	17.9143	***
		45	2.00a	1.00d	1.00d	1.50b	1.00d	1.25c	46.2000	**
		60	2.50a	1.50c	2.25b	1.50c	1.50c	1.50c	60.6000	***

A) Means not followed by the same letter in each row differ significantly from one another ( $p < 0.05$ )

B) \*\* Significant at  $p < 0.01$

\*\*\* Significant at  $p < 0.001$

에서 김치다운 냄새와 맛을 나타낸 것은 sample III와 IV라는 것을 본 실험 결과 알 수 있다.

#### IV. 요 약

김치발효 중에 주로 나타나는 *Lac. plantarum*, *Leu. mesenteoides*, *Ped. acidilactici*, *Lac. brevis* 등의 젖산균들이 김치발효에 미치는 영향을 규명하고자, 이 젖산균들을 순수 배양하여 염도 2.31%의 김치즙에 접종한 후 30°C, 21°C, 7°C에서 발효시키면서 알코올 당의 변화 및 생균수의 변화를 관찰하고 관능검사를 하였다.

Ethyl alcohol은 control group과 *Leu. mesenteoides*를 접종한 시료, 4종의 젖산균을 혼합 접종한 시료에서 검출되었으며 특히 14°C에서 더 많은 양이 검출되었다. 당은 발효가 진행됨에 따라 감소하였고, 감소 정도는 pH 및 총산도의 변화와 잘 일치하였다. 총 생균수는 발효초기에는 증가하다가 서서히 감소하는 경향을 보였으며 control group과 *Leu. mesenteroides*에 있어서 김치가 적당히 익은 정도의 pH 및 산도를 보이는

시기와 최고의 균수에 도달하는 시기가 일치하였다. 관능검사 결과 모든 온도에서 control group이 냄새와 맛이 가장 좋았고 그 다음 4종의 젖산균을 혼합접종한 시료, *Leu. mesenteoides*를 접종한 시료의 순으로 나타났다. 온도에 있어서는 14°C에서 맛과 냄새가 좋았다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 조영, 이혜수, 젖산균과 온도가 김치발효에 미치는 영향(I), 한국조리과학회지, 7(1) 15, 1991
- 2) 류재연 외, 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화, 한국식품과학회지, 6(2), 169~174, 1984
- 3) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, *Analytical Chemistry*, 31(3), 426, 1959
- 4) 윤진숙, 이혜수, 김치의 휘발성 향미성분에 관한 연구, 한국식품과학회지, 9(2), 16, 1977
- 5) Vorbeck, M.L. 외, Volatile flavor of Sauerkraut, *J. Food Sci.*, 26, 569, 1961
- 6) 이태녕 외, 김치 숙성과정에 있어서의 vitamin 함량의

- 변화, 과연취보, 5, 43 1960
- 7) 조영, 이혜수, 김치의 맛성분에 관한 연구-유리아미노산 및 유리당에 관하여 한국식품과학회지, 11(1), 26, 1979
- 8) 이미순, 김미경, 이고들빼기와 개기름의 휘발성 풍미성분, 한국식품과학회지, 21(4), 511, 1989
- 9) 신동숙, 김치발효에 있어서 젖산균의 생육 촉진인자에 관한 연구, 숙명여자대학교 대학원 석사논문, 1973
- 10) 민태익, 권태완, 김치발효에 미치는 온도 및 식염 농도의 영향, 한국식품과학회지, 16(4), 443, 1984
- 11) 우경자, 고경희, 절임정도에 따른 배추김치의 질감과 맛에 관한 연구, 한국조리과학회지, 5(1), 31, 1989