

## 유산균의 혼합배양에 의한 무주스의 가공

김정희 · 김종일\*  
서울여자대학교 식품미생물공학과

### Processing of Radish Juice by Mixed Culture with Lactic Acid Bacteria

Jung-Hee Kim and Jong-Il Kim  
Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University

#### Abstract

The starters, 0.3% of *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus fermentum*, were added in radish juice to process the radish juice by single and mixed cultures. The radish juice was fermented for 7 days at 25°C, 20 days at 15°C, and 36 days at 5°C. When fermented at 25°C, the number of lactic acid bacteria in the juice made with mixed culture was higher than that of the single culture. But, juice fermented at low temperatures (15~5°C), the addition of starters was not effective, although there were some differences by inoculation strains. Although there was a little differences by inoculation strains, the content of nonvolatile organic acid and L-ascorbic acid were found more in the juice inoculated with lactic acid bacteria than the juice not inoculated. When the single and mixed cultures at the optimal maturity were tested, the significant difference was found at 5% level except the yeasty and moldy smell and the unripe taste. According to the preference test, the mixed-cultured radish juice incubated at 25°C with *Lactobacillus brevis* and *Leuconostoc mesenteroides* were evaluated superior to commercial Dongchimi. As a result, taste and quality of radish juice was improved by addition of starters.

**Key words** : radish juice, starter, fermentation, quality

#### 서론

유산발효식품으로서 김치류의 하나인 동치미는 우리 나라 고유의 전통식품으로 다량의 물이 첨가되어 있을 뿐만 아니라 육류나 지방질 소비가 증가되고 있는 오늘날 이들을 효과적으로 분해할 수 있는 효소를 조절하는 무기질과 비타민을 섭취할 수 있어 향후 건강음료 및 이온음료 식품으로서 개발전망이 밝은 기호식품의 하나가 될 수 있다. 정(1)은 동치미의 경우 가장 맛이 좋다고 알려진 pH는 3.7~4.3이고 산도는 0.1~0.5%로서 적숙 시기는 발효온도나 식염

농도에 따라 달라진다고 하였다. 발효기간 단축을 위하여 효소와 김치액 (pH 5.4, pH 4.4)을 무 담금액을 기준으로 5~15% 첨가하는 방법이 연구되기도 하였으며(2,3), 동치미를 이용한 이온음료 개발에 관한 연구에서 고 등(4,5)은 1.0~1.5kg 통무에 소금물을 1:1.5(w/v) 넣어 0°C에서 24~29일, 5°C에서 9~12일, 15°C에서 16~22일 동안 숙성시킨 동치미를 이온음료 제조를 위한 최적 담금 조건으로 설정하였다. 이외에도 첨가물에 의한 동치미 주스의 맛성분에 대한 연구 및 동치미나 김치에서 유산균을 분리 동정한 보고는 많으나 동치미와 유사한 맛을 가지는 주스를 제조하는 starter로 이용한 연구는 거의 없으며, 지금까지의 연구결과로는 일관성있는 품질효과를 기대하기도 힘든 실정이다.

Corresponding author : Jong-Il Kim, Department of Food and Microbial Technology, Seoul University, Nowon-Gu, Seoul 139-774, Korea

이에 본 연구는 동치미가 숙성온도 및 염도에 따라 맛이 달라지는(4,5,6) 문제점을 보완하고 음료로서의 경쟁력을 갖출 수 있도록 하기 위하여, 적절한 균주에 의한 선택적 발효를 유도하여 발효기간이 단축되고, 동치미의 기능적 특성이 부여된 무주스를 제조하기 위하여 동치미에서 분리한 유산균을 무주스에 접종하여 단독 및 혼합배양에 의한 품질특성을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 무주스의 제조

무 15 kg을 잔털과 무청을 제거하고 깨끗이 씻은 후 물기를 제거하고 착즙기(엔젤녹즙기)로 마쇄, 착즙하였다. 착즙된 마쇄액 12 l을 무균처리한 표준망체(No. 50, 0.297 mm)로 걸러 걸름시료로 사용하였으며, starter로써 본 대학 실험실에서 동치미에서 분리 동정하여 선정된 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum* 3균주를 121°C에서 15분간 멸균한 MRS broth 5 ml에 각각 0.1 ml씩 접종하여 25°C에서 24시간 배양한 배양액을 무주스에 단독, 또는 혼합(1:1)하여 시료 무게당 0.3%씩 접종하였다. Starter를 단독 또는 혼합접종한 무주스를 100 ml씩 멸균된 유리병에 담아 뚜껑을 밀봉하여 5°C에서 36일간, 15°C에서 20일간, 25°C에서 7일간 발효시키면서 유산균 생육속도, pH 및 산도의 변화, 유기산 등을 비교 분석하였다.

### 미생물 검사

유산균수는 멸균 petri dish에 0.02% sodium azide를 첨가한 lactobacilli MRS agar (Difco)를 분주하여 냉각 응고하고, 시료 0.5 ml를 0.85% NaCl 4.5 ml에 현탁하여 이를 10배 단위로 희석한 것을 배지에 도말하여 spreader로 분산시키고 25°C에서 2일간 배양하여 형성된 집락을 Quebec colony counter를 이용하여 계수하였다. 대장균군(coliform bacteria)수는 Maconkey agar (Difco)를 사용하여 유산균수와 동일한 방법으로 도말한 후 25°C에서 1~2일간 배양하여 분홍과 붉은 빛을 띄는 colony를 계수하였다.

### pH 및 총산도 측정

pH는 시료를 일정량 취하여 pH meter (Sentex. model SP-5A, Japan)로 측정하였다. 총산도는 발효액 10ml를 1% phenolphthalein용액을 지시약으로하여 0.1

N-NaOH용액으로 적정하고, 그 소비량을 젯산 함량으로 환산하여 총산함량(%)으로 표시하였다.

### 비휘발성 유기산 측정

시료를 12,000 rpm에서 25분간 원심분리하고 syringe filter (0.45 μm, Whatman)로 여과시켜서 HPLC로 분석하였다. 유기산의 컬럼은 Aminex HPX-87H (300x7.8 mm, Biorad, Serial No. 404437, U.S.A.)를 사용하여 Shimadzu LC-10AD 기기로 210nm에서 측정하였다. 이때 컬럼온도는 35°C였으며 유속은 분당 0.6 ml로 시료를 20 μl주입하였고, 이동상의 용매는 0.008 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 사용하였다.

### 아스코르브산 측정

L-아스코르브산은 α, α'-dipyridyl method(7)로 분석하였다. 시료는 Whatman No 2. filter paper (0.45 μm)로 여과한 후 여과한 액에 10% TCA (trichloroacetic acid)를 넣고 12,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액 2 ml를 취하였다. 상층액에 42.5%의 phosphoric acid 0.3 ml와 0.8%의 α, α'-dipyridyl 1.5 ml, 3%의 FeCl<sub>3</sub> 0.15 ml를 섞은 다음 25°C에서 30분간 반응시켰다. 이 액을 분광광도계 (Hewlett Packard 8452A, U.S.A)로 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 검량곡선은 표준 아스코르브산(Sigma) 용액(0.1~2 mg%)을 만들어 구하였다.

### 관능검사

유산균의 배양에 의한 무주스의 관능적 특성은 10명의 패널에 의하여 맛과 향 및 기호도 등의 각각의 분석항목에 대하여 9점 평점법으로 차이식별검사(discriminative tests)(8)를 실시하였다. 이때 관능평점은 감지 불가능하다 0~1점, 약하게 감지할 수 있다 2~3점, 보통정도로 감지할 수 있다 4~5점, 강하게 감지할 수 있다 6~7점, 극도로 강하게 감지할 수 있다 8~9점으로 평가하였다. 관능결과는 ANOVA test로 처리하였으며, Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range)으로 시료간의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 유산균 생육속도

유산균을 단독, 또는 혼합하여 발효한 결과 유산균의 생육속도는 Table 1~3에 나타나 있다. 발효 개시전의 유산균의 접종량은 105~106 cfu/ml이었으며

starter를 첨가하지 않은 I 구는 102 cfu/ml이었다. 온도별 발효기간에 따른 각 균주의 생육특성을 살펴보면 25℃의 경우 2일째 모든 구간에서 108 cfu/ml로 증가하였으며, 혼합배양이 단독배양에 비해 유산균수가 높게 계수되었다. 반면에 낮은 온도 (15~5℃)에서는 접종 균주에 따라 증감의 차이는 있으나 starter의 첨가효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 김치에서 분리한 유산균들간의 혼합 배양시 25℃와 15℃에서 *Leuconostoc*의 성장속도는 단독 및 혼합배양에서 거의 일치하였으나 5℃에서는 단독배양보다 다소 빨라졌고, *Lactobacillus*의 성장속도는 5℃에서 혼합 배양 시 현격하게 촉진되고 15℃에서는 단독 및 혼합 배양에서 성장양상이 비슷하였고 25℃에서는 단독배양에 비해 혼합배양에서의 성장속도가 둔화된다는 박(9)의 보고와 일치하지 않았다. 이는 본 실험에 사용된 무주스는 원액으로 무 원료 자체의 함유물질들이 고농축되어 있고 낮은 온도와의 상승효과로 미생물의 생육이 저해를 받아 생육양상이 다르게 나타나는 것으로 보여진다.

Table 1. The population of lactic acid bacteria and coliform bacteria in radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at 25℃

Fermentation time(day)	Starter					
	I <sup>1)</sup>	II <sup>2)</sup>	III <sup>3)</sup>	IV <sup>4)</sup>	V <sup>5)</sup>	VI <sup>6)</sup>
Lactic acid bacteria						
0	5.6x10 <sup>2</sup>	1.9x10 <sup>6</sup>	8.7x10 <sup>5</sup>	1.7x10 <sup>6</sup>	1.2x10 <sup>6</sup>	4.3x10 <sup>5</sup>
1	6.0x10 <sup>3</sup>	4.6x10 <sup>7</sup>	3.6x10 <sup>7</sup>	3.2x10 <sup>7</sup>	2.9x10 <sup>8</sup>	7.2x10 <sup>6</sup>
2	3.5x10 <sup>3</sup>	3.5x10 <sup>8</sup>	2.1x10 <sup>8</sup>	2.4x10 <sup>8</sup>	4.8x10 <sup>8</sup>	2.7x10 <sup>8</sup>
3	1.7x10 <sup>8</sup>	4.8x10 <sup>8</sup>	5.1x10 <sup>8</sup>	4.8x10 <sup>8</sup>	6.4x10 <sup>8</sup>	4.9x10 <sup>8</sup>
4	5.3x10 <sup>8</sup>	5.5x10 <sup>8</sup>	5.0x10 <sup>8</sup>	4.5x10 <sup>8</sup>	6.0x10 <sup>8</sup>	2.3x10 <sup>8</sup>
5	6.4x10 <sup>8</sup>	5.3x10 <sup>8</sup>	4.3x10 <sup>8</sup>	4.1x10 <sup>8</sup>	6.3x10 <sup>8</sup>	4.9x10 <sup>8</sup>
7	6.1x10 <sup>7</sup>	4.3x10 <sup>7</sup>	5.0x10 <sup>7</sup>	5.0x10 <sup>7</sup>	6.9x10 <sup>7</sup>	3.9x10 <sup>7</sup>
Coliform bacteria						
0	4.7x10 <sup>2</sup>	5.0x10 <sup>2</sup>	4.8x10 <sup>2</sup>	4.1x10 <sup>2</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	4.8x10 <sup>2</sup>
1	2.2x10 <sup>1</sup>	nd	nd	2.1x10 <sup>1</sup>	nd	nd
2	2.3x10 <sup>0</sup>	nd	nd	nd	nd	nd
3	nd <sup>7)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd
4	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	nd	nd	nd	nd	nd	nd

<sup>1)</sup> Control(without starter. C).

<sup>2)</sup> J-9(*Leuconostoc mesenteroides*, M).

<sup>3)</sup> J-12(*Lactobacillus brevis*, B).

<sup>4)</sup> J-7(*Lactobacillus fermentum*, F).

<sup>5)</sup> J-9+J-7(*Leuconostoc mesenteroides*+*Lactobacillus brevis*,

MB).

<sup>6)</sup> J-9+J-12(*Leuconostoc mesenteroides*+*Lactobacillus fermentum*,

MF).

<sup>7)</sup> Not detected.

Table 2. The population of lactic acid bacteria and coliform bacteria in radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at 15℃

Fermentation time(day)	Starter <sup>1)</sup>					
	I	II	III	IV	V	VI
Lactic acid bacteria						
0	5.6x10 <sup>2</sup>	1.9x10 <sup>6</sup>	8.7x10 <sup>5</sup>	1.7x10 <sup>6</sup>	1.2x10 <sup>6</sup>	4.3x10 <sup>5</sup>
3	2.2x10 <sup>4</sup>	3.4x10 <sup>6</sup>	4.7x10 <sup>6</sup>	5.4x10 <sup>5</sup>	5.8x10 <sup>6</sup>	4.2x10 <sup>6</sup>
6	2.1x10 <sup>5</sup>	2.7x10 <sup>7</sup>	9.0x10 <sup>6</sup>	3.2x10 <sup>6</sup>	2.0x10 <sup>7</sup>	3.0x10 <sup>7</sup>
9	5.0x10 <sup>5</sup>	2.3x10 <sup>7</sup>	1.2x10 <sup>7</sup>	9.4x10 <sup>6</sup>	3.2x10 <sup>7</sup>	2.9x10 <sup>7</sup>
12	1.8x10 <sup>7</sup>	6.0x10 <sup>7</sup>	4.1x10 <sup>7</sup>	4.9x10 <sup>7</sup>	4.3x10 <sup>7</sup>	6.1x10 <sup>7</sup>
15	2.5x10 <sup>8</sup>	1.7x10 <sup>8</sup>	2.3x10 <sup>8</sup>	2.1x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>8</sup>	1.2x10 <sup>8</sup>
20	3.0x10 <sup>8</sup>	3.0x10 <sup>8</sup>	2.6x10 <sup>8</sup>	1.3x10 <sup>7</sup>	2.9x10 <sup>8</sup>	2.0x10 <sup>8</sup>
Coliform bacteria						
0	4.7x10 <sup>2</sup>	5.0x10 <sup>2</sup>	4.8x10 <sup>2</sup>	4.1x10 <sup>2</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	4.8x10 <sup>2</sup>
3	4.2x10 <sup>1</sup>	3.8x10 <sup>1</sup>	nd	4.3x10 <sup>1</sup>	nd	3.7x10 <sup>0</sup>
6	nd <sup>2)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd
9	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12	nd	nd	nd	nd	nd	nd
15	nd	nd	nd	nd	nd	nd
20	nd	nd	nd	nd	nd	nd

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1.

<sup>2)</sup> Not detected.

Table 3. The population of lactic acid bacteria and coliform bacteria in radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at 5℃

Fermentation time(day)	Starter <sup>1)</sup>					
	I	II	III	IV	V	VI
Lactic acid bacteria						
0	5.6x10 <sup>2</sup>	1.9x10 <sup>6</sup>	8.7x10 <sup>5</sup>	1.7x10 <sup>6</sup>	1.2x10 <sup>6</sup>	4.3x10 <sup>5</sup>
5	1.2x10 <sup>3</sup>	2.8x10 <sup>6</sup>	1.2x10 <sup>6</sup>	4.3x10 <sup>5</sup>	1.7x10 <sup>6</sup>	2.4x10 <sup>6</sup>
10	1.4x10 <sup>4</sup>	4.3x10 <sup>6</sup>	1.1x10 <sup>7</sup>	1.3x10 <sup>6</sup>	4.0x10 <sup>7</sup>	4.1x10 <sup>7</sup>
15	3.2x10 <sup>5</sup>	1.9x10 <sup>7</sup>	2.2x10 <sup>7</sup>	1.2x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>	2.2x10 <sup>7</sup>
22	4.3x10 <sup>5</sup>	2.5x10 <sup>7</sup>	2.3x10 <sup>7</sup>	1.8x10 <sup>7</sup>	2.8x10 <sup>7</sup>	2.1x10 <sup>7</sup>
29	3.5x10 <sup>6</sup>	2.6x10 <sup>7</sup>	2.1x10 <sup>7</sup>	2.0x10 <sup>7</sup>	2.7x10 <sup>7</sup>	2.0x10 <sup>7</sup>
36	3.7x10 <sup>6</sup>	3.3x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>	2.9x10 <sup>7</sup>	3.2x10 <sup>7</sup>	3.1x10 <sup>7</sup>
Coliform bacteria						
0	4.7x10 <sup>2</sup>	5.0x10 <sup>2</sup>	4.8x10 <sup>2</sup>	4.1x10 <sup>2</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	4.8x10 <sup>2</sup>
5	4.5x10 <sup>1</sup>	3.4x10 <sup>1</sup>	3.1x10 <sup>1</sup>	3.7x10 <sup>1</sup>	6.5x10 <sup>0</sup>	2.9x10 <sup>1</sup>
10	nd <sup>2)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd
15	nd	nd	nd	nd	nd	nd
22	nd	nd	nd	nd	nd	nd
29	nd	nd	nd	nd	nd	nd
36	nd	nd	nd	nd	nd	nd

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1.

<sup>2)</sup> Not detected.

유산발효가 대장균군의 생육억제에 미치는 영향

유산균이 접종된 무주스의 대장균군에 대한 저해 효과는 Table 1~3과 같이 유산균수의 증가로 발효기간이 경과할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 발효개시 전 102 cfu/ml에서 2일째 0~101 cfu/ml으로 나타났으며, 3일에는 검출되지 않았다. 이것은 유산균에 의해 생성된 CO<sub>2</sub>, 젖산 및 기타 유기산, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 항균물질 등에 의해 대장균군의 생육이 저해를 받은 것이라 볼 수 있다. 주원인이 되는 유산균으로 *Lactobacilli*와 *Streptococci* 등은 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>을 생성하여 생육 저해 작용을 한다고 보고되고 있다(10,11). 이러한 유산발효에 의한 대장균군의 저해효과는 온도가 높을수록 컸으며 25°C의 경우에는 2일, 15°C에서 6일, 5°C에서 10일 이후 모든 구에서 검출이 되지 않았다. 5°C의 발효는 낮은 온도에서 산이 생성되지 않았음에도 대장균군의 저해효과는 무의 조식이 파쇄되면서 배당체인 sinigrin이 myrosinase의 작용으로 가수분해되어 생성되는 항미생물작용물질이며, isothiocyanate (MTB-NCS)의 일종인 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate (MTB-NCS)와 관련이 있는 것으로 판단된다(12,13).

Table 4. Changes in pH of radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at various temperatures

Temp. (°C)	Time (day)	Starter <sup>1)</sup>					
		I	II	III	IV	V	VI
25	0	6.17	6.16	6.15	6.17	6.15	6.17
	1	6.12	4.76	4.31	6.07	4.63	5.06
	2	4.49	3.99	3.75	4.41	3.81	3.99
	3	4.07	3.91	3.68	4.06	3.61	3.93
	4	3.98	3.89	3.55	3.85	3.62	3.88
	5	3.81	3.84	3.52	3.73	3.60	3.78
	7	3.58	3.54	3.53	3.64	3.54	3.64
15	0	6.17	6.16	6.15	6.17	6.15	6.17
	3	6.15	5.79	5.94	6.17	5.74	5.94
	6	6.10	5.52	5.74	6.14	5.62	5.49
	9	6.02	5.31	5.60	5.95	5.57	5.23
	12	4.64	5.01	4.75	4.93	4.98	5.10
	15	4.26	4.71	3.94	4.67	3.89	4.57
	20	3.95	4.11	3.66	4.33	3.64	4.31
5	0	6.17	6.16	6.15	6.17	6.15	6.17
	5	6.14	6.10	6.14	6.13	6.07	6.14
	10	6.13	6.10	6.11	6.12	6.01	6.12
	15	6.06	6.02	6.07	6.01	5.99	6.11
	22	6.03	5.95	5.97	5.82	5.90	5.98
	29	5.93	5.74	5.93	5.76	5.81	5.81
	36	5.84	5.74	5.87	5.67	5.78	5.78

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1.

pH 및 산도

pH의 변화를 보면 Table 4에서와 같이 발효개시 전 pH는 6.15~6.17이었다. 발효온도별 무 주스의 pH의 감소속도는 일반적으로 발효온도가 높을수록 pH의 감소속도가 빠른 경향을 보여주었다. 25°C에서는 혼합배양에 의해 pH의 감소속도가 빠르게 나타났으나 5°C의 경우에는 모든 구에서 36일째에도 pH가 5.78~5.87로 starter 첨가효과가 없었으며 발효가 지연되었다. 이는 무즙원액을 사용할 경우 기존의 동치미와는 달리 물이 첨가되지 않아 상대적으로 발효저해요인인 황화합물질의 함유량이 높고, 낮은 온도와 상승효과로 유산균의 발육이 저해되어 무즙 원액을 사용할 경우 저온에서의 숙성은 바람직하지 않은 것으로 나타났다.

무주스의 산도의 변화는 Table 5와 같이 발효개시 전 0.1%로 나타났다. 발효에 따른 산도의 변화는 pH와 반비례적인 관계를 보여주어 pH가 감소할수록, 온도가 높아질수록 산도는 증가하였으며, 25°C의 경우 혼합배양에 의한 V구가 가장 높게 나타났다. 반

Table 5. Changes in total acidity of radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at various temperatures (unit : %)

Temp. (°C)	Time (day)	Starter <sup>1)</sup>					
		I	II	III	IV	V	VI
25	0	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11
	1	0.11	0.34	0.52	0.11	0.42	0.19
	2	0.38	0.70	0.86	0.50	0.86	0.68
	3	0.52	0.75	0.91	0.56	1.04	0.72
	4	0.71	0.77	1.06	0.81	1.04	0.77
	5	0.85	0.82	1.09	0.86	1.06	0.85
	7	1.04	1.09	1.08	1.00	1.08	1.02
15	0	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11
	3	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11
	6	0.12	0.14	0.13	0.12	0.14	0.16
	9	0.12	0.17	0.15	0.12	0.15	0.18
	12	0.27	0.20	0.22	0.22	0.21	0.19
	15	0.45	0.23	0.58	0.24	0.60	0.27
	20	0.59	0.47	0.91	0.37	0.96	0.41
5	0	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11
	5	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	10	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11
	15	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
	22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	29	0.12	0.14	0.12	0.13	0.12	0.13
	36	0.13	0.15	0.13	0.16	0.13	0.14

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1.

면에 15, 5°C의 경우에는 발효기간동안 모든 집종균 군에서 pH와 마찬가지로 산도의 증가속도도 미미하였다. 그러므로 무주스를 이용한 젓산발효는 25°C가 좀더 효과적이라고 보여진다. 이는 미생물이 온도에 따라 발효속도가 현저히 달라지기 때문이며, 속성 발효시 온도는 주요 인자중 하나라고 할 수 있다.

#### 비휘발성 유기산

비휘발성 유기산 함량의 변화를 살펴본 결과는 Table 6~8과 같이 시트르산 (citric acid), 숙신산 (succinic acid), 락트산 (lactic acid)이 검출되었으며, 비휘발성 유기산은 접종 균주에 따라 다소 증감의 차이가 있으나 발효개시 전 락트산을 제외하고는 원료에서 유래되어 이미 상당량이 존재하고 있는 것으로 나타났다. 유산균을 접종하여 발효할 경우 산 생성효과가 있는 것으로 보고되어 있는데, 박(14)은 김치에 *Leu. mesenteroides* 접종시 대조균은 제조 5일에도 락트산이 나타나지 않았으나 접종 실험군은 김치 제조부터 락트산이 생성되었으며 21일째에는 대조균에 비해 함량이 낮게 나타났는데 그 원인은 대조균

Table 6. Changes in citric acid content of radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at various temperatures (unit : mg%)

Temp. (°C)	Time (day)	Starter <sup>1)</sup>					
		I	II	III	IV	V	VI
25	0	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5
	1	41.8	88.1	85.9	41.7	77.6	77.3
	2	67.1	94.4	98.3	71.7	73.1	66.2
	3	52.5	90.0	105.0	78.3	72.5	63.9
	4	64.2	91.4	83.3	89.3	68.6	60.0
	5	66.1	86.8	86.8	87.1	73.2	58.6
	7	67.8	87.7	87.5	75.8	72.5	59.6
15	0	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5
	3	41.2	57.0	44.4	43.0	42.4	41.7
	6	42.2	43.1	34.1	69.9	70.5	67.5
	9	43.5	45.1	47.3	43.6	32.4	71.4
	12	42.0	45.6	41.5	64.0	65.4	64.2
	15	42.8	27.1	69.5	38.0	67.6	74.5
	20	51.0	42.9	90.7	25.4	66.7	85.0
5	0	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5
	5	41.5	40.8	40.9	39.8	41.3	41.8
	10	42.5	36.8	39.5	38.7	37.5	40.3
	15	43.1	34.5	38.4	36.7	35.5	38.1
	22	44.7	34.7	36.9	41.6	23.0	36.5
	29	40.4	35.0	31.0	35.4	30.6	68.7
	36	41.0	38.1	34.5	44.9	43.0	71.3

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1.

Table 7. Changes in succinic acid content of radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at various temperatures (unit : mg%)

Temp. (°C)	Time (day)	Starter <sup>1)</sup>					
		I	II	III	IV	V	VI
25	0	338.0	338.0	338.0	338.0	338.0	338.0
	1	333.5	278.8	6.7	333.5	132.6	336.1
	2	228.1	99.4	7.4	237.2	93.2	92.6
	3	126.0	98.6	11.7	235.9	94.4	92.8
	4	96.2	106.2	7.6	95.2	92.2	94.6
	5	96.5	99.9	11.4	99.4	93.6	91.4
	7	98.7	107.1	12.3	101.2	91.6	94.6
15	0	338.0	338.0	338.0	338.0	338.0	338.0
	3	367.3	338.7	298.3	393.3	303.5	325.6
	6	368.6	342.6	83.6	436.2	182.6	349.1
	9	386.8	347.2	7.2	385.5	79.2	316.5
	12	303.5	324.3	27.5	129.6	38.2	293.1
	15	256.7	274.9	22.7	449.2	44.9	300.9
	20	43.7	254.1	23.5	454.4	35.8	238.5
5	0	338.0	338.0	338.0	338.0	338.0	338.0
	5	377.7	371.2	360.8	367.3	381.6	370.2
	10	382.5	281.3	358.1	312.5	252.4	372.6
	15	391.3	287.7	312.4	302.4	289.2	384.7
	22	428.4	351.7	307.4	363.4	242.4	364.7
	29	436.3	364.7	244.3	372.5	289.2	484.3
	36	421.3	312.3	238.5	275.6	245.6	324.5

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1.

에서는 *Lac. plantarum*, *Lac. brevis* 같은 내산성 균들이 활발히 있는 것으로 추정하고 있다. 본 연구 결과에서도 25°C의 경우 *Leu. mesenteroides*를 접종한 경우에는 숙성초기에 대조구 (I 구)에 비해 락트산의 함량이 높게 나타났으나 숙성말기에는 대조구 (I)에 비해 낮게 나타났다. *Lac. brevis*구는 *Leu. mesenteroides* 구보다 락트산의 함량이 높게 나타났다. 이와 같이 락트산의 함량변화는 유산균의 증식속도 및 산도와 변화 양상이 비슷하여 락트산이 산도와 숙성정도에 큰 영향을 미친다는 지(15)와 Park 등(16)의 보고와 일치하였다. 시트르산은 발효가 진행됨에 따라 15°C와 5°C에서 전반적으로 서서히 감소하였다. 숙신산은 발효 개시 전 338.0 mg%였으며 25°C에서는 발효가 진행될수록 감소하는 경향이었으나 15°C와 5°C에서는 균주에 따라 증감의 차이가 있었으나 전반적으로 발효가 진행될수록 서서히 증가하였다가 발효 말기에 약간 감소하였다. 따라서 이(17)는 발효기간이 경과할수록 락트산 함량은 증가하고 관능평가에서 가장 좋다고 판정된 시료에서 다른 시료에 비해 락트산 함량이 많은 것으로 보아 락트산이 맛에 좋은 영

향을 준다는 보고와 비교해볼 때 혼합배양이 맛 생성에 더 효과적이라고 생각된다.

Table 8. Changes in lactic acid content of radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at various temperatures (unit : mg%)

Temp. (°C)	Time (day)	Starter <sup>1)</sup>					
		I	II	III	IV	V	VI
25	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1	nd	352.1	615.0	30.3	520.5	207.5
	2	477.9	785.2	913.1	577.3	891.3	725.1
	3	575.8	814.4	987.7	568.2	1014.1	779.3
	4	880.0	853.3	1054.4	886.0	1023.5	918.5
	5	915.2	897.7	1187.8	905.4	1125.9	917.8
	7	1134.6	1014.6	1189.0	1087.1	1145.6	1123.2
15	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	3	nd	8.4	nd	nd	15.5	12.1
	6	nd	53.7	81.0	nd	94.5	57.0
	9	10.2	38.2	116.3	59.4	166.5	184.5
	12	315.4	313.2	327.5	275.1	316.8	239.4
	15	483.2	342.0	625.0	328.0	691.0	339.3
	20	621.4	497.3	966.4	415.3	970.2	453.7
5	0	nd <sup>2)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd
	5	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	15	nd	nd	nd	nd	13.1	nd
	22	nd	10.2	12.4	25.3	13.9	9.4
	29	12.5	30.4	15.7	30.7	26.7	11.7
	36	25.7	51.6	21.6	50.2	55.3	45.9

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1. <sup>2)</sup> Not detected.

아스코르브산

L-아스코르브산의 변화는 Table 9에 나타나 있다. 무 주스의 발효개시 전 아스코르브산의 함량은 20.33 mg%였으며 각 온도별 발효말기를 비교해보면 25°C에서 7일째 11.57~14.33 mg%, 15°C에서 20일째 10.81~13.07 mg%, 5°C에서 36일째 11.77~12.49 mg%로 온도에 의한 차이는 미미하였고 대조구에 비해 유산균을 접종한 모든 구에 있어서 아스코르브산의 잔존량이 높게 나타났다. 이 등(18)은 김치는 아스코르브산의 좋은 공급원이 되며, 아스코르브산은 김치에 신선한 맛과 신맛을 내는 데 관여하고, 김치 담금 초기에는 함량이 일시적으로 감소되었다가 다시 증가하여 숙성적기에는 처음양 내지 그 이상으로 되었다가 다시 감소하는 경향을 나타내며 김치 적숙기엔 티아민 (thiamine), 리보플라빈 (riboflavin), 시아노코발

라민 (cyanocobalamin), 나이아신 (niacin) 같은 영양소와 마찬가지로 아스코르브산의 함량이 많아진다는 보고와는 달리 발효가 진행될수록 전반적으로 감소하는 경향을 보여주었다.

Table 9. Changes in ascorbic acid content of radish juice during single and mixed fermentation with lactic acid bacteria at various temperatures (unit : mg%)

Temp. (°C)	Time (day)	Starter <sup>1)</sup>					
		I	II	III	IV	V	VI
25	0	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33
	1	15.08	15.36	15.11	15.78	13.44	12.66
	2	12.91	12.38	15.08	14.20	12.65	13.14
	3	12.82	12.73	14.74	13.01	12.55	12.60
	4	11.35	13.31	14.21	13.09	13.39	12.78
	5	12.68	12.31	14.29	12.92	12.12	13.81
	7	11.57	12.95	14.33	12.90	13.85	13.04
15	0	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33
	3	19.40	16.42	16.40	17.16	15.43	15.88
	6	16.10	14.62	15.58	16.46	13.73	15.56
	9	14.05	13.73	15.05	15.83	12.14	15.30
	12	15.53	12.80	14.12	15.29	17.48	14.33
	15	13.76	15.70	12.80	13.32	12.41	12.54
	20	13.07	12.28	12.30	12.41	11.02	10.81
5	0	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33
	5	17.28	20.18	19.93	20.30	16.97	18.74
	10	16.57	18.18	16.10	18.86	16.37	17.82
	15	14.64	16.90	14.64	18.26	15.13	16.21
	22	14.58	15.05	15.54	17.03	14.78	14.05
	29	14.50	13.76	14.52	14.24	13.79	13.97
	36	12.49	11.70	12.41	11.95	11.77	11.88

<sup>1)</sup> Refer to footnote in Table 1.

관능적 품질

동치미와 같은 맛을 유지하면서도 숙성발효가 가능한 무주스를 제조하기 위하여 starter로 *Leuconostoc mesenteroides*와 *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*을 첨가하여 단독, 또는 혼합 배양한 결과는 유산균의 생육능과 산도의 생성이 저온보다는 상온이, 단독배양보다는 혼합배양이 효과적인 것으로 밝혀졌으나 맛에 의한 품질을 평가하기 위하여 25°C에서 적숙기에 도달한 (pH 3.7~4.3) 시료를 물과 1:1로 혼합하여 품온을 7°C로 맞추어 관능검사를 실시하였다. 이때 starter를 첨가하지 않은 I구의 경우 적숙기의 pH에 도달하였어도 무 냄새와 풋내가 강하여 관능평가에서 제외시키고 시중에서 판매되는 적숙기의 동치미를 대조구(I)로 추가하여 II~VI구와 함께 관능특성을 상호 비교하였다. 무주스의 품질을 평가

하기 위하여 동치미의 관능특성을 표현하는 품질용어는 관능검사원 (panel)의 토의와 문헌을 참고하여 선정되었으며, 10명의 관능검사원으로 차이식별검사를 실시한 결과는 분산분석 (ANOVA test)과 Duncan의 유의성 검정을 통해 Table 10에 나타나 있으며, 군데내와 생무맛을 제외하고는 모든 항목에서 유의적 차이가 인정되었다. 신내는 혼합배양인 V, VI구가 높게 나타나 단독배양인 경우보다 미생물의 생육능이 좋아 이화학검사 결과에서와 같이 락트산 함유량이 많고 향미물질이 많이 생성된 것으로 보여진다. 신맛은 *Lactobacillus brevis*를 첨가한 경우가 높게 나타나 락트산 함유량이 많은 이화학적 검사결과와 일치하는 것으로써 신맛은 락트산과 밀접한 관계가 있는 것으로 보여진다. 풋맛은 *Lactobacillus fermentum*이 단독 배양된 IV구에서 유의적 차이가 있어 무주스 제조시 *Lactobacillus fermentum*을 starter로 사용하는 것은 바람직하지 않은 것으로 나타났다.

Table 10. Mean sensory scores<sup>1)</sup> of the optimum maturity of radish juice fermented by single and mixed culture of lactic acid bacteria at 25°C

Attributable terms expressed	Starter <sup>2)</sup>					
	I <sup>2)</sup>	II	III	IV	V	VI
<b>Aroma</b>						
Acidic	5.9 <sup>c</sup>	4.8 <sup>c</sup>	5.8 <sup>c</sup>	3.3 <sup>d</sup>	8.7 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>
Fresh vegetable	4.0 <sup>bc</sup>	4.2 <sup>b</sup>	3.5 <sup>c</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	3.0 <sup>f</sup>	4.4 <sup>b</sup>
Sweet	2.5 <sup>e</sup>	6.4 <sup>a</sup>	2.5 <sup>e</sup>	4.3 <sup>b</sup>	3.0 <sup>f</sup>	5.1 <sup>ab</sup>
Yeasty and moldy	2.1	2.5	1.3	2.7	1.2	1.4
<b>Taste</b>						
Acidic	4.4 <sup>c</sup>	5.4 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>d</sup>	7.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>c</sup>
Radish	3.2	3.0	2.9	3.4	3.0	3.2
Sweet	2.4 <sup>e</sup>	6.5 <sup>a</sup>	2.8 <sup>e</sup>	4.5 <sup>b</sup>	2.0 <sup>f</sup>	5.2 <sup>ab</sup>
Fresh vegetable	1.5 <sup>b</sup>	1.3 <sup>b</sup>	1.0 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	1.7 <sup>b</sup>	1.8 <sup>b</sup>
<b>Preference</b>						
Total acceptability	3.8 <sup>b</sup>	2.5 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	1.1 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Sensory evaluation was performed by a panel composed of 10 trained members using Discriminative test(7)(1-2: none at all, 2-3: very mild, 4-5: mild distinct, 6-7: distinct-strong, 8-9: strong).

<sup>2)</sup> Commercial dongchimi.

<sup>3)</sup> Refer to footnote in Table 1.

<sup>abcd</sup>: Mean scores within raw followed by the same letter are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiflur range test.

기호도 검사는 5% 수준에서 유의적 차이가 있었으며, *Lactobacillus brevis*와 *Leuconostoc mesenteroides*로 혼합배양한 무주스 (V)가 시중에 유통중인 동치미 (I)에 비해 높은 점수를 얻어 starter를 이용한 무주스의 제조는 상품성이 높을 것으로 기대된다. 또한

제조과정에서 젖산 발효 후 청량감과 약간의 단맛을 보완한다면 이온음료로써도 손색이 없다고 보여진다.

## 요 약

*Leuconostoc mesenteroides*와 *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*을 무주스에 starter로 0.3%(106 cfu/ml)첨가하여 25°C에서 7일, 15°C에서 20일, 5°C에서 36일동안 숙성하면서단독, 또는 혼합 배양에 의한 무주스의 가공특성을 조사하였다. 무주스를 25°C에서 숙성할 경우 유산균수는 혼합배양이 단독배양보다 높게 계수 되었으나 낮은 온도 (15~5°C)에서는 접종 균주에 따라 증감의 차이는 있으나 starter의 첨가효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 유산균을 접종한 경우 접종 균주에 따라 다소 차이는 있으나 비휘발성 유기산, 아스코르브산 함량이 접종하지 않은 무주스에 비해 높게 나타났다. 단독 및 혼합배양한 각각의 무주스를 가장 맛있는 상태 (적숙기)에서 차이식별검사를 실시한 결과 군데내와 생무맛을 제외하곤 5% 수준에서 유의적 차이가 있었으며, 기호도 검사 결과 *Lactobacillus brevis*와 *Leu. mesenteroides*로 25°C에서 혼합 배양한 무주스가 가장 높은 점수를 얻었으며, 시중에 유통중인 동치미보다도 높은 점수를 얻어 starter를 이용한 무주스의 제조는 동치미의 맛을 지니면서도 품질이 우수하여 상품성이 높을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 정동효 (1970) 김치성분에 관한 연구(제3보)-동치미의 산화환원 전위에 대하여. 한국식품과학회지, 2(2), 34-37
- 김동희, 전용기, 김우정 (1994) 동치미액 제조를 위한 발효기간 단축 연구. 한국식품과학회지, 26(6), 726-734
- 전용기 (1996) 김치와 동치미 주스 제조를 위한 발효시간 단축 연구. 세종대학교 석사학위논문
- 고은정, 허상선, 최용희 (1994) 역삼투막 농축에 의한 동치미를 이용한 이온음료 개발에 관한 연구. 한국식품과학회지, 26, 573-578
- 고은정, 허상선, 박만, 최용희 (1995) 이온음료 제조를 위한 동치미의 최적조건에 관한 연구. 한국영양식품과학회지, 24(1), 141-146
- 김우정, 장상근, 고순남, 최희숙, 김종군 (1996) 발효온도와 소금농도가 동치미 발효속도에 미치는

- 영향. 한국농화학회지, 39(5), 398-402
7. Akira, M., Hayami, I. and Yoshiyuki, U. (1986) Determination of vitamin C by the  $\alpha, \alpha'$ -dipyridyl method. Saga Univ., 61, 9-19
  8. 김광옥, 이영춘 (1998) 식품의 관능검사. 학연사, 서울, p.166-188
  9. 박선영 (1993) 김치에서 분리한 젖산균과 효모의 혼합배양 특성. 고려대학교 석사학위논문
  10. Collins, E.B. and Aramaki, K. (1980) Research papers-production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus acidophilus*. *J. Dairy Sci.*, 63(4), 353
  11. Gilliland, S.E. and Speck, M.L. (1972) Interactions of Food starter cultures and food-borne pathogens : *Lactic streptococci* versus *Staphylococci* and *Salmonellae*. *J. Milk Food Tech.*, 35(5), 307
  12. Friis, P. and Kjaer, A. (1966) 4-Methylthio-3-butenyl isothiocyanate, the pungent principle of radish root. *Acta. Chem. Scand.*, 20, 698
  13. 정장호 (1997) 김치발효 중 대장균균의 소장과 억제에 관한 연구. 세종대학교 석사학위논문
  14. 박희옥 (1991) 김치내의 몇몇 효소의 특성 및 *Leu. mesenteroides*와 *B. bifidum*접종에 따른 김치의 품질에 관한 연구. 연세대학교 박사학위논문
  15. 지옥화 (1987) 염도를 달리한 무우김치(동치미, 찐지)의 숙성기간에 따른 비휘발성 유기산의 변화. 충남대학교 석사학위논문
  16. Park, Y.S., Ko, C.Y. and Ha, D.M. (1993) Effect of temperature on the production of free organic acids during kimchi fermentation. *J. Microbiol. and Biotechnol.*, 34, 266-271
  17. 이매리 (1990) 동치미 맛성분에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문
  18. 이태녕, 김점식, 정동효, 김호식 (1977) 김치성분에 관한 연구(제2보)-김치숙성과정에 있어서의 비타민 함량의 변화. *과연회보*, 5, 43-50

---

(1999년 8월 20일 접수)