

## 부재료를 달리하여 제조한 김치의 발효특성

이진희 · 조 영\* · 황인경

서울대학교 식품영양학과, \*한국방송통신대학교 가정학과

### Fermentative Characteristics of Kimchi Prepared by Addition of Different Kinds of Minor Ingredients

Jin heui Yi, Young Cho\* and In Kyeong Hwang

Department of Food & Nutrition, Seoul National University

\*Department of Home Economics, Korea Open University

#### Abstract

The characteristics of Kimchi, associated with proceeding velocity of fermentation, and microbial changes, were investigated during fermentation where kimchi were prepared by the addition of different kinds of minor ingredients. In all samples, total acidity increased, and the pH and total reducing sugar content decreased as the fermentation proceeded. Redox potentials decreased from early to middle fermentation period but thereafter increased and had the lowest value at optimum ripening stage. The counts of total viable and lactic acid bacteria increased rapidly at the beginning and decreased slowly. These bacterial counts of kimchi samples containing ginger, red pepper powder, and mixture of all minor ingredients were higher than those of other samples. The number of *Leuconostoc mesenteroides* reached the maximum at the optimum fermenting stage, *Lactobacillus plantarum* appeared at the time when *Leu. mesenteroides* reduced. All these phenomena were observed earlier in the samples containing raw red pepper and later in the samples added garlic than in other samples. It is suggested that garlic is the ingredient which improved storage capacity by prolonging fermentation period by lactic acid bacteria beneficial to less acidification, and ginger and red pepper powder are materials which gave better taste to kimchi by stimulating the growth of *Leu. mesenteroides*. And redox potential was an useful indicator in choosing optimum ripening time during fermentation.

Key words: Kimch, minor ingredients, lactic acid bacteria, redox potential, sensory evaluation

## I. 서 론

한국인의 식생활에서 반찬으로 큰 비중을 차지할 뿐 아니라 최근 국제적으로도 관심이 높아져 수출 품목으로 유망시되고 국내에서도 시장 구입의 경향이 증가되면서 대량 생산에 의한 김치공급 또한 활발해지고 있다.

지금까지 김치의 숙성동안 일어나는 여러 특성 변화를 조사한 여러 연구들은 모든 부재료가 함유된 김치에 관한 연구들이었기에, 본 연구는 근원적으로 김치의 부재료 각각은 김치의 발효 속도에 어떠한 영향을 주며 김치의 가식 기간을 어떻게 변화시키는지 알아보고자 하였다. 그리고, 김치 숙성에 주 역할을 하는

김치 미생물의 생육은 여러 환경 요인에 의해 영향을 받게 되는데, 환경 요인들 중 온도나 소금 농도가 김치 미생물의 생육에 미치는 영향에 대한 연구는 많이 진행되어 왔고,<sup>1,2)</sup> 김치 재료 및 부재료들이 김치 미생물 생육을 비롯한 김치 발효에 미치는 영향도 보고된 바 있으나<sup>3,4)</sup> 젖산균에 초점을 두고 연구한 것이 아니었으며, 김치 부재료들인 생강, 파, 마늘, 고추가루등이 김치 맛을 좌우하는 젖산균의 발효에 관한 연구는 아직 미비한 바, 본 연구에서는 김치의 부재료들이 김치의 미생물학적 발효특성에 미치는 영향과 바람직한 김치 발효 최적기의 지표에 대해 알아보았다.

## II. 재료 및 연구방법

### 1. 김치제조

배추를 10% 소금물에 2시간 절인 후 물에 행구어

\*본 논문은 1998학년도 서울대학교 생활과학대학부속 생활과학연구소의 일부 연구비 지원으로 수행되었음.

Table 1. Preparation of Kimchi samples

Sample Ingredient	Composition(g%)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Raw chinese cabbage	100	100	100	100	100	100	100
Sugar	1	1	1	1	1	1	1
Green onion	0	4	0	0	0	0	4
garlic	0	0	4	0	0	0	4
Ginger	0	0	0	4	0	0	4
Raw red pepper	0	0	0	0	4	0	4
Red pepper powder	0	0	0	0	0	4	4

물기를 빼고 Table1과 같은 비율로 부재료들을 넣어 김치를 제조하고, 담근 김치를 배추 100 g 당 10% 소금물 10 ml의 양을 가하여 3분간 마쇄하여 각 시료들을 100 g씩 담아 15°C 항온기에 저장하며 발효시켰다.

## 2. 염도, pH 및 총산도 측정

염도는 Mohr 법<sup>9)</sup>으로 측정하였고, 김치액의 pH는 pH meter(EA 920, Orion Research INC., U.S.A.)로 측정하였으며, 총산도는 여과한 김치액을 0.1% phenolphthalein 지시약을 사용하여 0.1N NaOH로 적정할 후 % Lactic acid로 환산<sup>10)</sup>하여 표시하였다.

## 3. 산화환원전위(redox potential) 측정

Platinum redox electrode를 ion analyzer (EA 920, Orion Research INC., U.S.A.)에 연결하여 김치액의 산화환원 전위를 측정하였다.

## 4. 총 당 함량의 측정

DNS 시약<sup>11)</sup>에 의한 비색법으로 sucrose를 포함한 총 환원당을 총 당함량으로 측정하였다.

## 5. 관능 검사

훈련된 7명의 평가자가 0(undesirable)~7(very desirable)의 단계로 김치 맛에 대한 평가를 6회에 걸쳐 실시하였다. 얻어진 결과에 대하여 평균, 분산분석, Duncan의 다중범위검정에 대한 통계분석을 실행하였다.

## 6. 총생균수 및 젖산균수 측정

김치 시료액 1 ml을 생리 식염수로 단계적으로 10<sup>1</sup>~10<sup>7</sup>까지 희석하여 각 희석액 0.1 ml씩에서 CaCO<sub>3</sub>를 함유한 TGY 배지(표 2)를 이용 plate count 방법<sup>12)</sup>으로 총균수를 측정하고 colony 주위에 환이 생기는 것들을 산 생성균으로 판정<sup>13)</sup>하여 젖산균 수로 하였다.

## 7. *Leu. mesenteroides* 및 *Lac. plantarum*의 수 측정

CaCO<sub>3</sub>-TGY 배지에서 환이 생성된 균들 중 무작위로

Table 2. Formulation and Preparation of TGY medium<sup>a</sup>

Component	Amount(g/L)
Yeast extract	3
Trypton	5
Glucose	15
CaCO <sub>3</sub>	2
Agar	15
pH	5.5

a: Autoclave at 15 lb/in<sup>2</sup> for 15 min.

10개의 colony를 선발, 각각의 MRS<sup>14)</sup> broth에 colony 하나씩 접종하여 30°C 항온기에서 계대 배양하면서 Bergey's manual of determinative bacteriology<sup>15)</sup>를 기초로 다음과 같은 과정으로 균을 분리 계수 하였다.

1) Cell shape 확인- Gram 염색 방법<sup>16)</sup>을 이용하여 확인하였다.

2) Home/Hetero fermentation type 여부 확인

Durham tube를 넣은 MRS broth에 균을 접종, 배양 후 CO<sub>2</sub> gas 생성 여부를 확인함과 동시에, Homofermentative-heterofermentative differential (HHD) medium<sup>17)</sup>에 균을 접종하여 그 색 변화에 따라 정상 및 이상 발효 젖산균을 구분 하였다.

3) *Leu. mesenteroides*의 확인

CO<sub>2</sub>를 생성하여 이상 발효를 하는 cocci인 균들을 sodium azide sucrose 배지<sup>18)</sup>로 dextran 생성 여부를 확인하였고, dextran 형성균들을 arabinose test<sup>16,19)</sup>로 *Leu. mesenteroides* 인지를 확인 하였으며, 총산도를 측정하여 0.5~1.0의 값<sup>1)</sup>을 갖는지 알아보았다.

4) *Lac. plantarum*의 확인

CO<sub>2</sub>를 생성하지 않고 정상 발효를 하며 rod인 균들 중 *Latobacilli* 속에 속하는 균들만을 modified LBS medium<sup>20,21)</sup>을 이용하여 분리해내고, Arabinose, cellobiose, fructose, glucose, galactose, lactose, mannitol, melezitose, raffinose, rhamnose, sucrose, trehalose, xylose를 이용한 carbohydrate 발효 양상을 조사하여 Bergey's manual of determinative bacteriology<sup>22)</sup>에 명시 되어있는 양상과 동일한 균들만을 *Lac. plantarum*으로 확인하였으며, 총산도가 1.0~1.5의 값<sup>1)</sup>인지 알아보았다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 김치 시료의 염도

실험에 사용된 김치 시료의 염도는 2.4~2.8%였고, 이 염도는 다른 여러 연구들<sup>1,22-24)</sup>과 비교했을 때 김치 발효 미생물의 생육에 억제 효과가 없는 적당한 염도

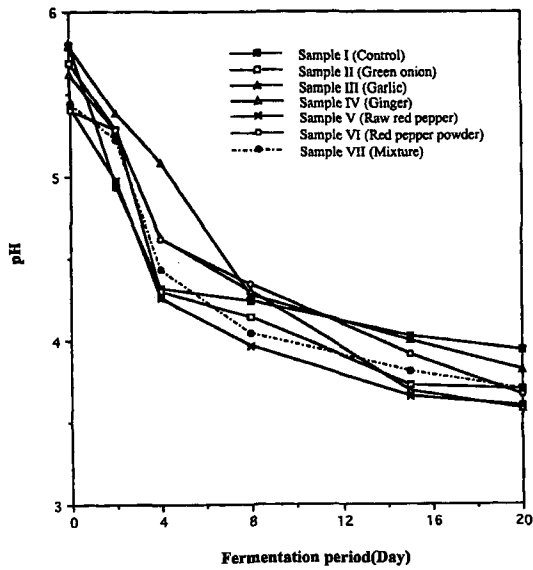


Fig. 1. Changes of pH in kimchi samples during fermentation period.

라고 여겨진다.

2. pH 및 총산도의 변화

모든 김치 시료에서 발효가 진행됨에 따라 pH가 계속 저하되다가 pH 4.0 근처에서 변화속도가 둔화되었고, 총산도의 변화도 비슷한 경향을 보였다. Fig. 1과 2에서 pH와 총산도의 변화를 보면, 마늘을 넣은 시료

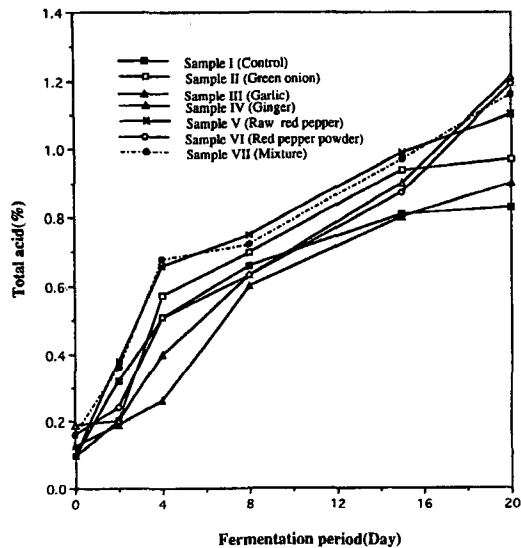


Fig. 2. Changes of content of total acid in kimchi samples during fermentation period.

(sample III)의 발효 진행 속도가 가장 느려 발효 전기 간에 걸쳐 다른 시료들보다 비교적 높은 pH 값과 낮은 총산도 값을 유지하면서 변화하였다.

김치의 최적 pH(4.2-4.4)와 최적 산도(0.6 근처)<sup>1)</sup>를 기준으로 볼 때, 각 시료들의 적당히 익은 시기가 표준 시료와 파 시료(sample I & II)는 4-8일 정도, 마늘, 생강 및 고추가루 시료(sample III, IV & VI)는 8일째, 적생고추 시료와 혼합 시료(sample V & VII)는 4일째 라고 판단된다.

3. 산화환원전위 변화

pH 7과 25°C의 산화환원전위 값으로 표준화하여 측정 값의 정성적 영향을 배제함으로써 널리 쓰이는<sup>25)</sup> Eh<sub>7</sub>으로 환산한 값의 변화를 Fig. 3에 나타내었는데, 발효가 진행되면서 감소되다가 후반기에 다시 증가하는 경향을 보였으며, 적생고추 시료(sample V)가 가장 빠르게 변화하였고 마늘 시료(sample III)가 가장 느리게 변화하였다. 산화환원 전위가 저하되는 것은 포도당 환원성 물질이 에너지원으로 쓰이면서 전자를 내놓고 산화환원전위를 높이는 O<sub>2</sub>를 소모하며<sup>26)</sup> 미생 물질들이 생육하여 총 세포 질량이 증가하여 김치액 내의 상태가 좀 더 환원된 상태로 되기 때문<sup>27)</sup>이며 그 후 다시 산화환원 전위가 증가하는 것은 전자를 낼 수 있는 환원성 물질의 고갈 또는 많이 생육했던 세포가 다시 파괴되어 나타나는 현상<sup>27)</sup>으로 생각된다.

표준 상태에서 산화환원전위 값이 -100 mV 이상 일 때 혐기성 균의 생육이 저해된다<sup>28)</sup>고 하므로 발효 2일

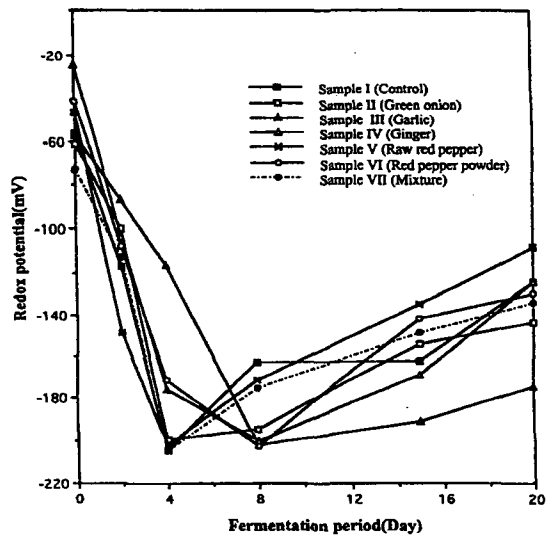


Fig. 3. Changes of redox potential in kimchi samples during fermentation period.

째부터 혐기성 균이 자라기에 거의 알맞은 전위 값을 나타내고 있으며, 김치 발효에 관여되는 미생물은 단일의 미생물이 아니기 때문에 산화환원전위 값이 -100 mV 이하의 모든 경우에 혐기성 미생물만 자라라고 볼 수는 없으나 김치 발효의 최적기에 각 시료의 Eh<sub>h</sub> 값이 -199.7~204.8 mV로서 가장 혐기상태를 유지했다는 사실과 산화환원전위 값으로 보아 김치 발효 초기가 발효 후기보다 더 혐기적 상태였다는 것을 알 수 있었다. 이는 동치미의 산화환원전위에 관한 연구<sup>28)</sup>에 의한 결과와도 일치하는 것이다.

#### 4. 총 당 함량의 변화

발효 기간 중 총 환원당 함량의 변화는 Fig. 4와 같고, 김치 제조 초기 당 함량은 표준 시료(sample I)에서 가장 적었다. 발효가 진행됨에 따라 모든 시료에서 초기에 비해 당 함량이 계속적으로 감소하는 경향을 보였고, pH 및 총 산도의 변화 속도가 빠른 시료들은 총 환원당의 변화 속도도 같이 빠르게 나타났고, pH 및 총 산도의 변화 속도가 느려 발효가 늦게 진행되는 시료들은 그 변화 속도가 느려 서로 일치하는 경향을 보였다.

김 등<sup>29)</sup>과 유 등<sup>30)</sup>은 김치가 시어지는 현상이란 재료 중의 발효성 당이 주로 젖산균에 의해 발효되어 산이 과다하게 생성되는 것이고 발효하여 최종적으로 얻을 수 있는 산도는 대체적으로 원료에 함유된 당 함량과 비례하며, 당 함량이 낮을수록 미생물의 활동에 제한을 주므로 김치 제조 초기 당 함량이 낮은 김치일수록

산 생성량이 적다고 하였는데, 모든 시료들 중 초기의 당 함량이 가장 낮은 표준 시료(sample I)에서 초기 발효성 당 함량이 가장 적으므로 발효 후반기로 갈수록 총산도의 증가 속도가 빨리 둔화되어 발효 후기에 낮은 총산도값을 보이고 있다. 마늘 시료(sample III)가 초기의 당 함량이 표준 시료(sample I) 보다 높음에도 불구하고 총산도 값은 더 낮게 변화하는 것은 초기의 높은 발효성 당 함량이 젖산균 발효 촉진에 주는 효과보다 산 생성균의 억제로 산 생성이 적게되는 결과가 더 크게 영향을 주는 것으로 생각된다.

#### 5. 관능검사

김치 맛에 대한 각 날짜에서 시료들간의 유의차를 알아본 결과는 Table 3와 같다. 시료들간에 5% 이하에서 유의차를 나타내지 못한 시료는 0일째 시료들이었으며 나머지는 모두 높은 유의성을 보였다. 혼합시료(sample VII)는 2~4일째에, 생강, 마늘 및 고추가루 시료(sample IV, III & VI)는 8일째에, 적생고추시료(sample V)는 4일째에 맛이 가장 바람직한 것으로 나타났다.

#### 6. 김치의 맛과 산화환원전위

김치의 맛에 대한 관능 검사 수치가 최고치일때, 산

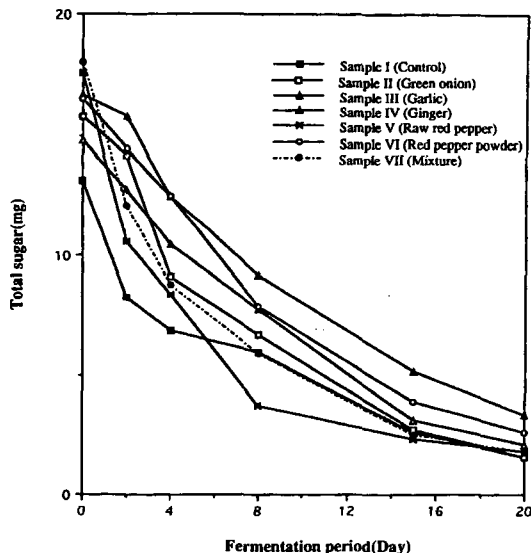


Fig. 4. Changes of content of total sugar in kimchi samples during fermentation period.

Table 3. Statistical analysis of kimchi taste sensory evaluation score among kimchi samples during fermentation period

sample <sup>A</sup>	Day						
	0	2	4	8	15	20	
I	1.39 <sup>a</sup>	2.40 <sup>a</sup>	4.43 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	3.04 <sup>b</sup>	1.89 <sup>abc</sup>	
II	2.01 <sup>ab</sup>	2.07 <sup>a</sup>	4.03 <sup>a</sup>	4.11 <sup>a</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	2.51 <sup>cd</sup>	
III	2.01 <sup>ab</sup>	2.49 <sup>a</sup>	4.11 <sup>a</sup>	5.74 <sup>b</sup>	4.07 <sup>cd</sup>	2.96 <sup>d</sup>	
IV	1.80 <sup>a</sup>	2.51 <sup>a</sup>	4.14 <sup>a</sup>	5.91 <sup>b</sup>	3.21 <sup>b</sup>	1.43 <sup>ab</sup>	
V	1.70 <sup>a</sup>	2.69 <sup>a</sup>	4.34 <sup>a</sup>	3.99 <sup>a</sup>	2.43 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	
VI	1.83 <sup>a</sup>	2.77 <sup>a</sup>	5.14 <sup>b</sup>	5.32 <sup>b</sup>	4.21 <sup>d</sup>	2.06 <sup>abcd</sup>	
VII	2.61 <sup>b</sup>	4.00 <sup>b</sup>	6.00 <sup>c</sup>	4.29 <sup>a</sup>	3.50 <sup>bc</sup>	2.34 <sup>bcd</sup>	
F value	2.99	7.76	13.36	10.30	9.64	3.93	
Significance <sup>c</sup>	*	****	****	****	****	***	

- A) Sample I : control,  
 sample II : contained green onion  
 Sample III : contained garlic,  
 sample IV : contained ginger  
 Sample V : contained raw red pepper,  
 Sample VI : contained red pepper powder,  
 Sample VII : mixture of all minor ingredients
- B) Score 0 (undesirable) - 7 (very desirable)  
 Means not followed by the same letter in each column differ significantly from one other ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test
- C) \*: significant at  $p < 0.1$   
 \*\*\*: significant at  $p < 0.01$   
 \*\*\*\*: significant at  $p < 0.001$

화환원전위 값은 최저치를 갖는 양태로 변화하므로, 산화환원전위 값과 관능 검사 수치상의 상관 관계를 보기 위해 Fig. 5(a) 및 5(b)에 발효가 진행되면서 산화환원전위 값에 따른 김치 맛 점수의 변화 궤도를 그려 보았다. Fig. 5를 보면 모든 시료에서 산화환원전위 값이 감소 하면서 김치 맛이 바람직하게 변화하다가 이 값이 -200 mV 근처일 때 김치 맛이 가장 바람직하게 되고 그 값이 다시 증가하면서 김치 맛이 나빠지는 양상을 나타낸다. 즉, 산화환원전위 값이 감소되는 기간이 김치가 익는 것이 진행되어 김치 맛이 상승하는 기간이며 이 값이 최저치에 이르렀을 때 역시 김치가 가

장 바람직하게 익었다고 볼 수 있으며, 그 후 그 값이 다시 증가하면서 김치가 너무 익어 김치 맛이 떨어지게 됨을 보인 것이다. 따라서 김치 맛의 정도를 산화환원전위 값으로도 알아볼 수 있으며, 김치를 대량 생산하여 시장에 유통시킬 때 이를 고려한다면 잇점이 있을 것으로 생각되는데, 유통 기간을 감안하여 산화환원전위 값이 감소되는 기간 중 약 -150 mV가 되는 시기에 상품을 시장에 내놓는다면 소비자는 맛이 좋을 때 김치를 구입하게 될 것으로 생각된다.

7. 총생균수의 변화

Fig. 6은 발효 기간 중 총생균수의 변화를 나타낸 것이다. 총생균수는 처음에  $\sim 10^5$  cells/ml 이던 것이 발효가 진행되면서 크게 증가하다가  $\sim 10^9$  cells/ml 정도에서 최고치를 보인 후 서서히 감소하는 경향을 보였다. 발효 초기 2일째까지 모든 시료의 총생균수 증가속도는 비슷하였으나 적생고추 시료(sample V)에서 증식량이 많았고 마늘과 적생고추 시료(sample III & V)의 2일째 이후의 균수 증가속도가 다소 느려졌으며, 최고치를 보인 후 20일째까지 표준 시료(sample I)의 균수 감소속도가 가장 빨랐고, 표준, 마늘 및 적생고추 시료(sample I, III & V)의 균수 최고치가 비교적 적었다. 그리고 마늘 시료(sample III)를 제외한 모든 시료들은 4일째에 최고 값을 나타낸 후 균수가 많이 감소하는 반면, 마늘 시료(sample III)는 가장 늦게 8일째에 균이

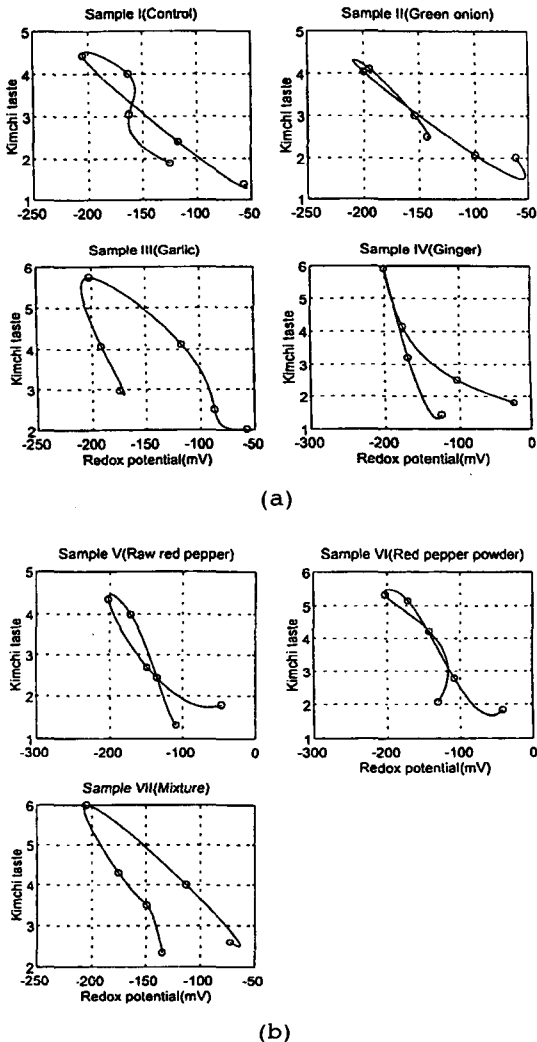


Fig. 5. Trajectories between redox potential and kimchi taste score in kimchi sample (a) I, II, III and IV and (b) V, VI and VII.

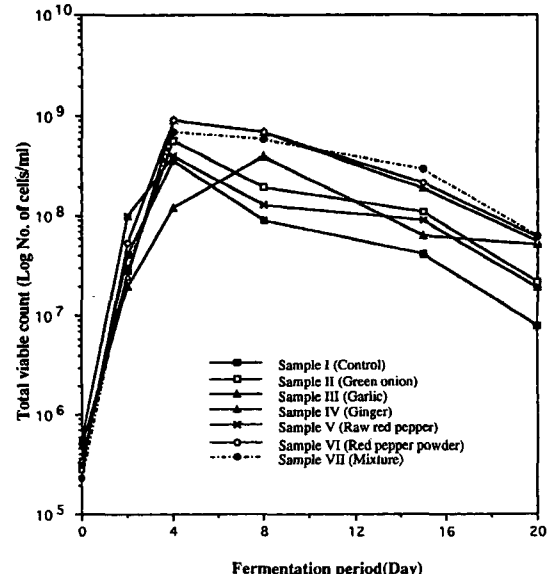


Fig. 6. Changes of total viable count in kimchi samples using fermentation period.

가장 많이 나타났고 15일째 이후 20일째까지 균수의 변화가 적었다. 이는 pH 및 총산도, 총환원당, 산화환원 전위의 변화에서도 볼 수 있듯이 마늘 시료(sample III)가 다른 시료들에 비해서 발효가 느리게 진행되고 있는 결과라 여겨진다.

또한 생강, 고추가루, 그리고 혼합 시료(sample IV, VI & VII)는 4일째 이후에 다른 시료들보다 총생균이 많았으며, 표준 시료(sample I)는 8일 이후 후반기에 총생균이 적은 것으로 나타났고, 파 시료(sample II)는 전체적으로 중간 값을 보이면서 변화하였다.

### 8. 총젖산균 수의 변화

총젖산균 수의 변화를 Fig. 7에 나타내었는데, 변화 양상이 총생균수의 변화 양상과 비슷하고, 총젖산균 수가 최고치를 보이는 시기와 총생균수가 최고치를 보이는 시기가 일치하였다.

표준 시료(sample I)를 제외하고 마늘 시료(sample III)에서 젖산균이 가장 많이 나타났을 때의 값이 비교적 낮았고, 15일 째도 역시 표준 시료(sample I)를 제외하고 가장 낮은 값이었으며, 15일째 이후 마늘시료(sample III)를 제외한 모든 시료들은 젖산균 발효가 많이 감소되고 있는 경향이나 마늘 시료(sample III)는 그 감소 폭이 적어 수는 많지 않아도 여전히 젖산균 발효가 계속되고 있는 것으로 보인다. 즉, 총생균 및 젖산균의 성장 양상으로 볼 때 가장 늦게 정지기로 들어감을 보여 젖산균 발효가 오랫동안 계속됨을 알 수

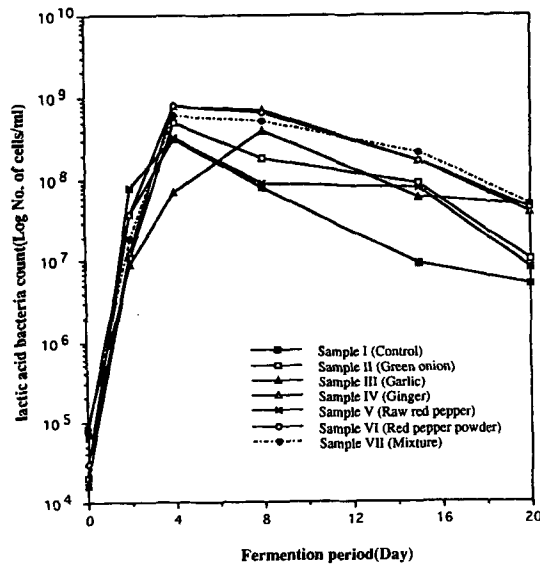


Fig. 7. Changes of lactic acid bacteria count in kimchi samples during fermentation period.

있었다.

또한, 총생균수와 총젖산균수의 변화에서 적생고추 시료(sample V)가 2일 째에 그 수가 가장 높게 나타나 젖산균 발효가 다른 시료들에 비해 빨리 진행된 것으로 보인다.

김치가 익기 시작하는 시기라 볼 수 있는 2일째 이후 총생균수와 젖산균수 증감의 변화량이 비슷하여 김치 가식기의 발효는 젖산균에 의해 주도된다는 사실을 다시 확인할 수 있었다.

### 9. *Leu. mesenteroides*와 *Lac. plantarum* 수의 변화

Fig. 8은 발효 기간 중 *Leu. mesenteroides*와 *Lac. plantarum* 수의 변화를 제시한 것인데, *Leu. mesenteroides*가 발효 초기부터 먼저 나타나다가 *Leu. mesenteroides*가 감소하는 시기에 *Lac. plantarum*이 생기기 시작하였고, 두 균 모두 자라면서 그 수가 최고치를 나타낸 후에는 다시 감소하는 양상으로 변화하였다.

적생고추 시료(sample V)는 가장 빨리 2일째에 *Leu. mesenteroides* 수가 최고치를 보였으며, 그 이후에 감소하여 전 발효 기간에 걸쳐 가장 낮은 값들을 보였고, *Lac. plantarum*이 나타나는 시기는 4일째로 다른 시료들에 비해 빨랐다. 따라서, 적생고추가 김치 발효를 빨리 진행시키는 것으로 보이며, 정상 젖산 발효균인 *Lac. plantarum*의 양도 다른 시료들에 비해 많아 4일째 이후 총산도 증가가 빠른 것은 이의 영향이 아

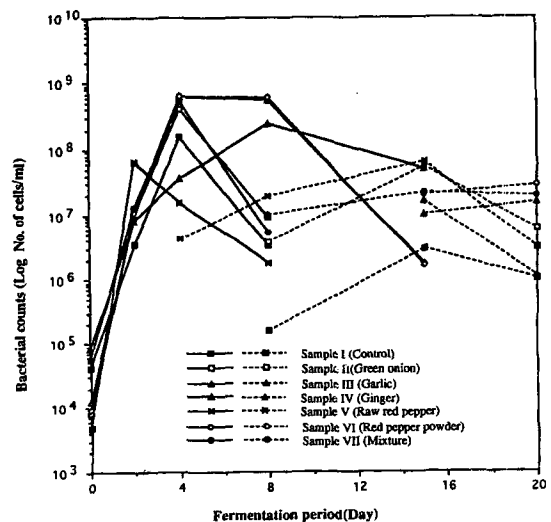


Fig. 8. Changes of number of *Leu. mesenteroides* (solid line) and *Lac. plantarum* (dot line) in kimchi samples during fermentation period.

닌가 생각된다.

마늘 시료(sample III)는 *Leu. mesenteroides*와 *Lac. plantarum*이 비교적 적게 나타났으며, 15일째까지 *Leu. mesenteroides*가 나타났고 15일째 *Lac. plantarum*이 출현하여 발효가 느리게 진행됨을 다시 뒷받침해 주고 있다. 생강 시료(sample IV)와 고추가루 시료(sample VI)는 *Leu. mesenteroides* 수의 변화 양상뿐 아니라 그 양까지도 비슷하게 변화하였으며 다른 시료들 보다 가장 많은 양을 나타내었고, 4일째 이후 감소 경향을 보이거나, 8일째까지 크게 변하지 않았으며 15일째까지도 비록 적은 양이지만 *Leu. mesenteroides*가 나타났고 *Lac. plantarum*도 늦게 15일째 부터 나타나 15일째 이후에 다른 시료들은 *Lac. plantarum*의 수가 감소하고 있는데 반해 이 두 시료에서만 조금씩 증가하여 15일째 이후에 총산도가 다소 증가하는 것과 잘 일치하는 현상이었다.

그리고, 발효 최적기까지 젖산균수 증가량의 대부분이 *Leu. mesenteroides* 수 증가에 의하는 것으로 나타나 김치가 최적기로 익을 때 까지의 젖산균 발효는 주로 *Leu. mesenteroides*에 의한 것으로 보인다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 마늘 시료(sample III)는 전 발효 기간 동안 조사된 모든 균양이 적을 뿐 아니라 *Leu. mesenteroides*의 총생균 및 총젖산균에의 차지 비율이 가장 높은 시기도 늦어 마늘은 김치 발효에 관여하는 미생물들의 생육을 저하시키는 동시에 발효 기간 동안 순차적으로 나타나는 균들의 출현 속도를 늦춤으로써 젖산균 발효가 오래 지속되어 김치의 가식 일수를 늘이는 저장성 향상에 필요한 부재료로 생각되며, 생강과 고추가루는 발효 적숙기에 최대로 나타난다는 *Leu. mesenteroides*의 생육을 촉진하여 그 양을 많게 하고 산패에 영향을 주는 *Lac. plantarum*의 출현을 늦춤으로써 맛있는 김치를 만들게 하면서 김치가 빨리 시어지지 않게하는 효과를 보이는 부재료이고, 적생 고추는 *Leu. mesenteroides*가 최대로 나타나는 시기를 빠르게 함으로써 맛있는 김치를 빨리 만들게 할 때 좋은 부재료이나 발효 진행 속도가 빨라 오래 두고 먹을 김치를 제조할 때는 그리 바람직하지 못한 특징을 가진 것으로 생각된다.

### 10. 김치 발효 최적기의 지표

김치 맛에 대한 관능 검사 결과와 다른 요소들의 변화를 경시적으로 비교해 보면 가장 바람직한 김치 맛을 최고점수인 7점으로 지정하였으므로 관능 지수는 가장 바람직 할 때가 가장 큰 극대값을 가지며 변화하는데(Table 3) 당, pH 및 산도는 계속 감소하거나 증가

하여 극값을 가지지 않는 반면, 산화환원전위는 하나의 극소값을, 젖산균수는 하나의 극대값을 가지며 변화하며(Fig. 3, Fig. 7) 그 극점의 시기가 관능지수의 극값과 일치하였다. 따라서 당, pH 및 산도보다는 산화환원전위 및 젖산균수를 이용하는 것이 김치 맛의 최적기를 찾는 데 적합하고 생각된다. 그러나 균수 측정은 아주 복잡하고 시간이 오래 걸리는 반면 산화환원전위는 측정 방법이 쉽고 간단하므로 김치 맛의 최적기를 나타낼 수 있는 유용한 지표로는 산화환원전위를 사용하는 것이 적당하다고 생각된다.

## 요 약

부재료를 달리하여 제조한 김치의 발효속도특성 및 미생물학적 발효양상을 조사하였다. 발효 진행에 따라 김치 시료들의 pH는 감소하고 총산도는 증가하였고, 산화환원전위는 감소되다가 다시 증가하는 현상을 보였고 발효 최적기에 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 전 발효 기간 동안 생강, 고추가루 및 혼합시료에서 총생균수와 젖산균수가 많았으며, *Leu. mesenteroides*의 수는 생강과 고추가루 시료에 많았다. 김치의 적숙기에 젖산균 및 *Leu. mesenteroides*의 수가 최대이었고 *Leu. mesenteroides*가 감소하는 시기에 *Lac. plantarum*이 생기기 시작하였다. 이러한 발효 속도 및 미생물 특성의 경시적 변화가 마늘 시료에서는 느리게 적생고추 시료에서는 빠르게 진행되었다. 따라서, 마늘은 젖산균 발효를 비교적 낮은 수준으로 오래 지속되게 하여 김치의 가식일수를 늘이는 저장성 향상에 필요한 부재료이고, 생강과 고추가루는 젖산균과 그 중 *Leu. mesenteroides*의 생육을 촉진하여 김치 맛을 좋게하는데 도움이 되는 부재료라고 생각된다. 그리고, 산화환원전위가 김치의 발효 최적기를 찾는 데 유용한 지표가 됨을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. Mheen, T.I. and Kwon, T.W.: Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**(4): 443 (1984).
2. 조 영: 젖산균과 온도가 김치발효에 미치는 영향. 서울대 박사학위논문, (1990).
3. 조남철, 전덕영, 신말식, 홍윤호, 임현숙: 마늘 농도가 김치 미생물에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **20**(2): 231 (1988).
4. 조남철, 전덕영: 김치에서 분리한 호기성 세균의 생육에 대한 마늘의 영향. *한국식품과학회지*, **20**(3): 357

- (1988).
5. 이상급, 신말식, 전덕영, 홍운호, 임현숙: 마늘 첨가량을 달리한 김치의 숙성에 따른 변화. 한국식품과학회지, **21**(1): 68 (1989).
  6. 김명희, 신말식, 전덕영, 홍운호, 임현숙: 재료를 달리한 김치의 품질. 한국영양식품과학회지, **16**(4): 268 (1987).
  7. 안승요: 김치 제조에 관한 연구(제1보) -조미료 첨가가 김치 발효에 미치는 효과- 국립공업연구소 보고서, **20**: 61 (1970).
  8. 유진영, 민병용, 서기봉, 하덕모: 향신료가 유산균 증식에 미치는 영향. 한국식품 과학회지, **10**(2): 124 (1978).
  9. A. O. A. C., Official methods of analysis. 11th ed. 875 (1990).
  10. 한국식품영양학회: 식품과학실험. 수학사 45 (1984).
  11. Miller, G.L.: Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, **31**(3): 426 (1959).
  12. Collins, C.H., Lyne, P.M. and Grange, J.M. : Microbiological Methods, 6th ed., Butterworth & Co. Ltd: 130 (1989).
  13. 김성웅, 김원배, 박무영, 양중의, 민신희, 이상희, 김용배: 유산균의 분리와 동정 및 제조화에 관한 연구. 중앙연구소보(동아제약주식회사), **1**: 86 (1979).
  14. DeMan, J.C., Rogosa, M., and Sharpe, M.E. A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. appl. Bacteriol.*, **23**(1): 130 (1960).
  15. Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E.: Bergey's manual of determinative bacteriology. Williams and Willins Co., Baltimore, MD. (1974).
  16. Cowan, S.T.: Manual for the identification of medical bacteria. 2nd ed. Cambridge University Press: 147 (1974).
  17. McDonald, L.C., McFeeters, R.F., Daeschel, M.A., and Fleming, H. P. A differential medium for the enumeration of homofermentative and hetero fermentative lactic acid bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* **53**(6): 1382 (1987).
  18. Mayeux, J.V. and Colmer, A.R.: Selective medium for leuconostoc detection. *J. Bacteriol.*, **81**: 1009 (1961).
  19. MacFaddin and Jean F.: Biochemical tests for identification of medical bacteria. 2nd ed. Williams & Wilkins : 36 (1980).
  20. Rogosa, M., Mitchel, J.A., and Wiseman, R. F.: A selective medium for the isolation and enumeration of oral and fecal lactobacilli. *J. Bacteriol.*, **62**: 132 (1951).
  21. Mundt, J.O. and Hammer, J.L.: Suppreton of *Leu. mesenteriodes* during isolation of lactobacilli. *Appl. Microbiol.*, **14**(6): 1044 (1966).
  22. 우경자, 고경희: 절임정도에 따른 배추김치의 질감과 맛에 관한 연구. 한국조리과학회지, **5**(1): 31 (1989).
  23. 김현옥, 이혜수: 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지, **7**: 74 (1975).
  24. 최신양, 김영봉, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조: 김치 제조시의 온도 및 염농도에 따른 저장 효과. 한국식품과학회지, **22**(6): 707 (1990).
  25. Montville, T.J. and Conway, L.K.: Oxidation-reduction potentials of canned foods and their ability to support *Clostridium botulinum* toxigenesis. *J. Food Sci.*, **47**: 1879 (1982).
  26. Gerhardt, P.: Manual of methods for general bacteriology. *American Society for Microbiology*, (1981).
  27. Jacob, H.E.: Redox potential in Methods in Microbiology. vol. 2, *Academic Press, London and New York*, (1970).
  28. 정동효: 김치 성분에 관한 연구(제3보), 동치미의 산화환원전위에 대하여. 한국식품과학회지, **2**(2): 34 (1970).
  29. 김경제, 경규향, 명원경, 심선택, 김현구: 김치류 저장기간 연장을 위한 무 품종 선발에 있어서 발효성 당함량의 역할. 한국식품과학회지, **21**(1): 100 (1989).
  30. 유형근, 김기현, 윤선: 김치의 저장성에 미치는 발효성 당의 영향과 shelf-life 예측 모델. 한국식품과학회지, **24**(2): 107 (1992).

---

(1997년 11월 20일 접수)