

## 김치의 숙성 및 발효중 오염지표미생물과 유산균의 변화-제1보

김종규<sup>†</sup> · 윤준식  
계명대학교 공중보건학과

# Changes of Index Microorganisms and Lactic Acid Bacteria of Korean Fermented Vegetables (Kimchi) during the Ripening and Fermentation-Part 1

Jong-Gyu Kim<sup>†</sup> · Joon-Sik Yoon

Department of Public Health, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
(Received January 3, 2005; Accepted March 5, 2005)

### ABSTRACT

This study was undertaken to investigate the changes of index microorganisms and lactic acid bacteria of traditional Korean fermented vegetables (kimchi) during the ripening and fermentation period. A type of kimchi, *baechoo-kimchi*, was prepared and stored at 10°C for 8 days. The numbers of the total aerobic bacteria, psychrotrophic bacteria, coliform bacteria, and *Escherichia coli* in the kimchi and also in raw materials of the kimchi (Chinese cabbage, green onion, ginger, garlic, and red pepper) were counted using appropriate media. The highest number of aerobic bacteria was detected from ginger, then red pepper, then garlic, then Chinese cabbage, and lowest number from green onion. The highest number of psychrotrophic bacteria was detected from red pepper, then Chinese cabbage, then garlic, then ginger, and the lowest number from green onion. Coliforms and *E. coli* were not detected from all of the raw materials of kimchi. Total aerobic bacteria and lactic acid bacteria of the kimchi showed gradually increasing during ripening and fermentation. The number of psychrotrophic bacteria showed a similar level in the kimchi. Coliform bacteria were detected at the 3rd, 4th, and 5th day of the kimchi fermentation period, although they were not detected from the raw materials of the kimchi. However, the bacteria were not detected in the kimchi after 6 days. *E. coli* was not detected in all kimchi samples. The pH value of the kimchi gradually decreased, and acidity increased over fermentation period. This study indicates that there was contamination of coliform bacteria during the process of kimchi preparation, and lactic acid bacteria proliferated in the kimchi during fermentation inhibited the growth of coliforms. More research is needed to evaluate the inhibitory effects of each raw materials of kimchi.

**Keywords:** Kimchi, index microorganisms, lactic acid bacteria, coliforms

### I. 서 론

김치는 삼국시대부터 발달한 한국인의 대표적인 전통 발효식품의 하나이다. 김치는 일정한 농도의 소금물에 절인 주재료(배추나 무 등의 채소류)와 양념류(고춧가루, 파, 마늘, 생강 및 젓갈 등)가 부재료로 혼합되어 생활 환경에 존재하는 미생물들에 의한 복잡한 발효과정을 거쳐 여러 저분자들이 생성되어 특유의 맛과 향을 가지는 채소 발효식품이다.<sup>1,2)</sup> 한국인의 오랜 식생활

에서 다양한 종류의 김치가 개발되었으며, 사계절이 있는 기후조건에서 적절한 대처 방법으로 김치의 저장성을 높이며 소비해 왔다. 최근에는 세계적인 발효식품 중 김치를 빼놓을 수 없는 것으로 거론되고 있다.<sup>3)</sup> 우리나라의 김치 수출은 일본, 미국 등으로 매년 완만한 증가 추세를 보였으며 2004년에는 전년대비 2% 증가로 2만8천톤을 수출하였으나, 수입(58천톤)이 급증 추세를 보이며 수출물량의 두배를 추월하는 기록을 보이고 있다. 2004년도 국내 김치 소비량은 약 150만톤이며 수입물량은 전체 소비량의 약 4%를 차지하고 있다.<sup>4)</sup>

최근에는 김치의 유산균을 배양하여 천연 항생물질로 사용할 수 있는 방법도 시도되고 대량생산도 가능하여 김으로써 국민건강증진을 위하여 뿐만 아니라 국가산업

<sup>†</sup>Corresponding author : Department of Public Health, Keimyung University  
Tel: 82-53-580-5469, Fax: 82-53-580-5469  
E-mail : jgkim@knu.ac.kr

발전 차원에서 김치연구에 대한 관심이 고조되고 있다. 김치의 효능에 대해서는 여러 재료와 발효에 관여하는 미생물의 대사산물로부터 각종 압 예방효과, 항산화작용, 면역증강, 유산균(젖산균)의 정장작용, 항돌연변이 효과 등, 다양한 기능이 제시 및 보고되고 있다.<sup>1,5,6)</sup> 또 김치 자체에 대해서는 물리·화학적 변화, 김치 발효에 영향을 미치는 요인, 김치의 맛과 관능성을 향상을 위한 연구, 그리고 미생물학적 특성 및 보존성 향상에 관한 연구 등이 주를 이루었다.<sup>7,9)</sup> 그러나 식품위생학적 측면에서 김치를 연구한 보고는 다만 일부 장내 병원성세균에 대한 연구<sup>10)</sup> 등을 비롯한 소수가 있을 뿐 미흡한 편이다. 현대사회에서는 김치 보관을 위한 냉장법 등의 발달로 김치의 저장수명이 길어지면서 과거에 비하여 장기간 보관하면서 섭취하게 되었고, 또 원거리까지 김치를 보급하게 되었다. 또 한편 사회구조와 생활양식의 변화에 따라 김치의 소비형태도 바뀌어 과거에는 주로 가정에서 손수 담가먹었으나 이제는 공장에서 대량생산된 것을 구입하여 먹는 경향이 점점 늘고 있다. 그럼에도 불구하고 김치의 위생관리에 대해서는 심각하게 고려되지 않고 있어 김치에 대한 위생학적 연구가 한층 더 필요한 실정이다. 본 연구는 우리나라 국민의 최다 섭취식품 중의 하나인 배추김치의 숙성 및 발효기간 중 오염지표세균과 유산균의 변화를 관찰하고 또 김치 원재료의 오염지표세균을 측정함으로써, 김치의 위생안전성 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 실험재료

#### 1) 김치 재료

김치의 재료는 주재료로 배추를, 그리고 부재료로 고춧가루, 파, 마늘, 생강 및 젓갈을 사용하였다. 각 재료는 시중에 유통되는 국내산으로 지역 시장에서 구입하였다.

#### 2) 배지

배지로는 표준평판균수(일반세균수) 측정을 위하여 nutrient agar(Difco Lab., Detroit, MI, U.S.A)를, 그리고 대장균균수와 대장균수 측정을 위하여 lactose broth(Difco Lab.), EC broth(Difco Lab.) 및 EMB agar(Difco Lab.)를 사용하였다. 한편 유산균수 측정을 위하여 MRS agar(Difco Lab.)를 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 김치 제조 및 저장조건

구입한 재료를 사용하여 상법<sup>2)</sup>에 따라 배추김치를 담

그었다. 파, 마늘 및 생강은 흙을 제거하고 멸균증류수로 세척하였다. 배추에서 이물을 제거하고 잘 다듬은 후 4등분하여 10%(w/v) 소금물에 실온에서 약 3시간 동안 절였다. 절인 배추를 흐르는 물에 3회 세척하고 30~40분 동안 탈수시켰다. 이를 일정 크기(3×3 cm)로 썰어 부재료와 혼합하고 잘 버무려서 김치를 완성하였다. 김치 제조를 위한 각 재료의 배합비는 배추 600g 당 고춧가루 160g, 파 80g, 마늘 80g, 생강 20g 및 젓갈 40g이었다.

담근 김치의 총량은 약 6kg이었으며 이를 약 100g씩 일정크기의 플라스틱 용기(10×9×5 cm)에 잘 눌러 담은 후 10°C에 보관하면서 8일 동안 숙성시켰다. 이를 날짜별(1일 간격)로 꺼내어 시료로 사용하였다.

#### 2) 미생물 측정

김치와 김치 재료에 대하여 오염지표미생물로서 표준평판균, 저온세균, 대장균군, 그리고 대장균을 측정하였다. 또 김치에서 오염지표미생물의 변화에 영향을 미칠 것으로 예상되는 유산균을 측정하였다. 시험방법은 식품공전, 식품위생미생물시험법 및 선행연구<sup>11,12)</sup>에 의거하여 다음과 같이 수행하였다.

##### (1) 시료 채취 및 시험용액의 조제

김치재료의 경우 각 시료를 구입 즉시 무균적으로 일정량씩 취하여 멸균 시료병에 넣고 9배량의 멸균생리식염수와 혼합하였다. 이를 homogenizer로 균질화시켜 미생물 검사를 위한 시험용액으로 사용하였다. 필요에 따라 멸균생리식염수로 단계별 십진 희석하였다.

김치의 경우 각 숙성 중 김치를 날짜별로 무균적으로 채취하였다. 그 일정량을 취하고 균질화시켜 멸균 거즈로 압착한 후 김치즙을 내었다. 이를 원액시료로 하여 멸균생리식염수로 단계별 십진 희석하여 시험용액으로 사용하였다.

##### (2) 표준평판균 및 저온균 측정

김치와 김치재료의 표준평판균수(일반세균수)는 표준평판법(혼합희석평판배양법)에 따라 시험하여 형성된 집락(colony forming unit, CFU)을 계수하여 측정하였다. 각 시험용액을 멸균생리식염수를 사용하여 10<sup>1</sup>~10<sup>6</sup>배로 희석하였다. 시험용액과 각 단계 희석액 1 ml씩을 건열멸균된 Petri dish(9×1.5 cm) 각 4매에 취하고, 미리 멸균되어 43~45°C로 유지된 nutrient agar를 약 15 ml씩 분주하여 35±1°C에서 48±3시간 배양한 후 형성된 집락수를 계수하였다.

김치와 김치재료의 저온균수는 표준평판균수와 같은 방법으로 수행하되 25±1°C에서 72±3시간 배양한 후 형성된 집락을 계수하였다.

(3) 대장균군 측정

김치와 김치재료의 대장균군은 유당부이온법으로 추정시험, 확정시험 및 완전시험을 통해서 그 유무를 시험하고, 대장균군수는 최확수법(most probable number, MPN)에 따라 확인된 균을 계수하여 측정하였다. 표준 평판균수 측정시험과 같은 방법으로 멸균생리식염수를 사용하여 시험용액 및 희석액을 조제하였다. Durham 발효관이 들어 있는 멸균시험관(16×100 mm)에 시험용액이나 단계희석액 10 ml, 1 ml 및 0.1 ml를 취하고 멸균된 lactose broth를 가한 후 35±1°C에서 48±3시간 배양하였다. 이때 Durham 발효관에 가스가 발생되지 않는 경우는 추정시험 음성으로 판정하고, 가스가 발생되어 추정시험의 양성 결과를 얻게 되었을 경우에는 EMB 한천평판배지에 35±1°C에서 24±2시간 동안 분리 배양하였다. EMB 한천평판배지 상에서 전형적인 집락을 형성하였을 때에는 집락을 1개 또는 2개 이상을 따서 보통한천사면배지와 Durham 발효관이 들어있는 lactose broth에 이식하여 35±1°C에서 48±3시간 배양하였다. 이때 가스를 발생한 Durham 발효관에 해당되는 보통한천사면배지의 집락에 대하여 그람염색을 실시하여 그람음성, 무아포성 간균인지 여부를 판정하였다. 이 결과에 따라 최확수표로부터 시료 중의 균수를 산출하였다.

(4) 대장균 측정

김치와 김치재료의 대장균수 측정은 대장균군수 측정과 같은 방법으로 수행되되, 추정시험시 배지를 EC broth를 사용하여 수욕 상에서 44±1°C에서 24±2시간 동안 배양하였다.

(5) 유산균 측정

김치의 유산균수는 표준평판균수를 측정하는 경우와 같이 시료를 10<sup>1</sup>~10<sup>6</sup>배로 희석하여 멸균시켜 놓은 Petri dish에 1 ml씩 무균적으로 취한 다음, 미리 멸균되어 약 43~45°C로 유지된 MRS agar를 약 15 ml씩 분주하였

다. 이를 35±1°C에서 72±3시간 배양하여 형성된 집락수를 계수하였다.

3) 젖산산도 및 pH 측정

미생물 측정에서와 같이 김치의 숙성 중 날짜별로 김치즙을 내어 pH 및 젖산산도를 측정하였다. 젖산산도는 증화적정법에 의하여 0.1% phenolphthalein을 지시약으로 0.1N NaOH 용액으로 적정하여 젖산(%)으로 환산하였다.<sup>11,13)</sup> pH는 pH meter(Istek, Japan)를 이용하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 김치 재료의 오염지표세균 오염도

김치의 미생물 품질에 영향을 미칠 것으로 예상되는 김치 재료의 미생물 오염도를 알아보기 위하여 김치의 주재료인 배추와 배추김치류에 기본적으로 첨가되는 고춧가루, 파, 마늘 및 생강 4종류의 부재료를 구입 즉시 표준평판균수, 저온세균수, 대장균군수 및 대장균수를 측정하였다. 그 결과는 Table 1과 같다.

전반적인 미생물 오염과 위생적 취급의 적부를 판정하는 기준이 되는 표준평판균 측정결과, 생강에서 4.73±0.05 log CFU/g, 고춧가루에서 4.21±0.05 log CFU/g으로 사용한 재료중 비교적 많이 검출되었으며 다음으로 마늘(2.98±0.03 log CFU/g), 배추(2.85±0.03 log CFU/g), 파(2.11±0.09 log CFU/g), 그리고 젓갈(1.65±0.04 log CFU/g)의 순서로 나타났다. 보통 20~25°C의 저온에서 비교적 신속하게 발육하는 저온세균의 측정결과, 고춧가루에서 3.98±0.05 log CFU/g으로 가장 많았고 다음으로 배추(2.94±0.05 log CFU/g), 마늘(2.92±0.04 log CFU/g), 생강(1.80±0.06 log CFU/g), 파(1.54±0.07 log CFU/g), 그리고 젓갈(0.63±0.06 log CFU/g)의 순으로 나타났다. 대장균군은 분변으로부터 오염되어 물과 토양 등 자연계에 널리 분포하는 장내

Table 1. Microbiological quality of raw materials of kimchi

Ingredient	Aerobic plate count [log(CFU/g)]	Psychrotrophic plate count [log(CFU/g)]	Total coilforms [log(MPN/100 g)]	<i>E. coli</i> [log(MPN/100 g)]
Chinese cabbages	2.85 ± 0.03	2.94 ± 0.05	- <sup>1)</sup>	-
Red pepper powder	4.21 ± 0.05	3.98 ± 0.05	-	-
Green onion	2.11 ± 0.09	1.54 ± 0.07	-	-
Garlic	2.98 ± 0.03	2.92 ± 0.04	-	-
Ginger	4.73 ± 0.05	1.80 ± 0.06	-	-
Salt-fermented anchovy	1.65 ± 0.04	0.63 ± 0.06	-	-

<sup>1)</sup>-: Not detected.

세균으로, 장기간 생존한다는 특성 때문에 식품의 비위생적 취급과 병원성균의 혼재 가능성 및 비위생적 환경을 나타내는 오염의 지표로 사용된다. 즉, 이는 공중위생과 응용세균학적으로 사용되는 것이다.<sup>16)</sup> 본 연구에서는 김치의 주재료와 부재료 4가지 모두에서 대장균군이 검출되지 않아 대체로 위생적으로 취급되었다고 볼 수 있다. 한편 대장균은 사람과 온혈동물 장관상 채균으로, 자연계에서는 비교적 생존기간이 짧아 오염 지표균이 된다. 본 연구에서 사용된 김치의 주/부재료에서는 대장균도 검출되지 않았다. 그런데 일반적으로 생강과 같은 채소류는 수분이 비교적 많고 영양분이 적어 미생물의 성장에 유리하지 않을 것으로 생각되고, 또 본 연구에서 김치의 제조 중 특별히 외부의 미생물 유입이 없었으므로 생강에서 다른 재료에 비하여 높은 수준의 표준평판균이 검출된 것은 주로 토양에서 유래한 미생물의 오염으로 보인다. 즉, 생강은 다른 재료와 달리 땅속에서 생육되는 관계로, 다른 재료보다 다양한 미생물이 오염되어 있어 이러한 결과를 초래하였을 것으로 추측된다. 김치 원재료에 대해서 미생물 오염도를 조사한 연구가 별로 없지만, Meng과 Doyle<sup>17)</sup>에 의하면 채소에 존재하는 미생물로는 일반적으로 변질에 관여하는 세균과 곰팡이 등이 주를 이루고, 또 병원성세균이나 바이러스도 분리되는 것으로 제시되었다. 또 Beuchat<sup>18,19)</sup>은 배추와 파를 비롯한 채소에서 병원성세균이 분리되었음을 보고하였다. Nguyen-the와 Carlin<sup>20)</sup>은 시판되는 채소류(minimally processed fresh vegetables)에서 미생물이  $10^7$ ~ $10^8$  CFU/g으로 검출되었다고 하였다. 또 다른 채소류에 대한 미생물 조사로서 오염수준이 낮을 것으로 예측되는 것을 살펴보면, Albrecht 등<sup>21)</sup>은 샐러드 바의 원재료 채소의 오염도가

표준평판균 5.51~6.63 log CFU/g, 대장균군 4.81~6.30 log CFU/g이었다고 보고하였다. 샐러드 바의 경우 김치와 달리 생것으로 섭취하므로 그 원재료를 더 위생적으로 취급할 것으로 생각되지만 실제로는 그렇지 않다는 것을 알 수 있다. 이렇게 선행보고들에 비해서, 특히 생것으로 먹는 샐러드 바 원재료에 비해서도 본 연구의 김치 원재료의 미생물 오염도는 비교적 낮은 편으로 나타났다. 채소류의 미생물 수준이 이렇게 연구자별로 차이가 나는 것은 산지와 구입장소가 다르고, 또 유통경로와 취급과정이 달랐던 때문인 것으로 추측된다.

## 2. 김치의 숙성중 오염지표세균의 변화

김치가 숙성되는 동안 시간 경과에 따른 미생물 오염도의 변화를 알아보기 위하여 배추김치를 담근 직후(0일)로부터 8일 동안 숙성시키면서 1일 간격으로 각 날 짜별로 김치즙을 내어 표준평판균수, 저온세균수, 대장균수 및 대장균수를 측정하였다. 그 결과는 Table 2와 같다.

김치의 표준평판균의 경우 처음 김치를 담근 직후(0일)에  $5.47 \pm 0.07$  log CFU/g이었다가 김치가 숙성되면서 점차 증가하여 8일째에는  $8.45 \pm 0.09$  log CFU/g에 달하였다. 그러나 저온세균은 담근 직후로부터 8일 배양 기간 동안 별다른 변화를 보이지 않았다. 김치의 표준평판균의 변화 양상은 조<sup>8)</sup> 및 정<sup>22)</sup>의 보고들과 거의 일치하였다. 조<sup>8)</sup>의 보고에 의하면 김치의 총균수(표준평판균수)가 처음에는  $10^5$  cells/m<sup>2</sup>이다가 수일 후 최고  $10^8$  cells/m<sup>2</sup>에 달하였다. 정<sup>22)</sup>의 보고에 의하면 담근 직후의 김치의 총균수는  $1.5 \times 10^8$  CFU/100 m<sup>2</sup>이던 것이 5일 발효후  $3.8 \times 10^8$ ~ $3.0 \times 10^{10}$  CFU/100 m<sup>2</sup>로 증가하였다. 연구자별로 김치에서 초기에 나타나는 균수의 차이

**Table 2.** Changes of microbiological quality of kimchi during the ripening and fermentation period

Ripening period (days)	Aerobic plate count [log(CFU/g)]	Psychrotrophic plate count [log(CFU/g)]	Total coilforms [log(MPN/100 g)]	<i>E. coli</i> [log(MPN/100 g)]
0	$5.47 \pm 0.07^f$	$4.74 \pm 0.05^a$	- <sup>1)</sup>	-
1	$6.06 \pm 0.05^e$	$4.57 \pm 0.05^b$	-	-
2	$6.67 \pm 0.07^d$	$4.20 \pm 0.06^a$	-	-
3	$7.06 \pm 0.09^c$	$4.81 \pm 0.09^a$	$1.78 \pm 0.03^b$	-
4	$7.27 \pm 0.05^c$	$4.90 \pm 0.08^a$	$1.55 \pm 0.15^b$	-
5	$7.87 \pm 0.03^b$	$4.83 \pm 0.10^a$	$2.23 \pm 0.11^a$	-
6	$7.98 \pm 0.05^b$	$4.54 \pm 0.04^b$	-	-
7	$8.36 \pm 0.09^a$	$4.44 \pm 0.05^b$	-	-
8	$8.45 \pm 0.09^a$	$4.36 \pm 0.05^b$	-	-

<sup>1)</sup>-: Not detected.

Means with the same superscript letters in a column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

는 김치 원재료의 비율, 그리고 제조 환경의 차이 등에 의한 것으로 보인다.

그런데 본 연구에서 제조한 김치에서 숙성 3일, 4일 및 5일째에 대장균군이 검출되었다. 앞에서 서술된 바와 같이 김치 재료에서는 대장균군이 전혀 검출되지 않았으므로, 이는 김치를 제조하는 과정에서 사용된 집기나 사람, 또는 환경으로부터 대장균군 오염이 있었음을 시사한다. 그러나 김치 숙성 6일째부터는 대장균군이 검출되지 않았다. 한편 대장균은 모든 날짜의 김치 시료에서 검출되지 않았다. 정<sup>22)</sup>의 보고에서는 김치의 제조 초기부터 대장균군이  $1.0 \times 10^4$  MPN/100 ml로 검출되고, 5일후에는  $2.6 \times 10^3 \sim 3.2 \times 10^3$  MPN/100 ml로 감소하였고, 15~20일후에는 검출되지 않았다. 김치에서 대장균군이 검출되지 않기 시작한 시기가 본 연구의 결과와 다른 것은 김치의 제조 및 숙성 조건이 다른 때문일 것이다. 그러나 본 연구와 공통적으로 김치의 숙성과 더불어 대장균군이 사라지는 것이 분명하다. 이로부터 김치의 숙성기간이 경과되면서 일어나는 발효에 의하여 대장균군의 생육이 억제되는 것으로 판단되며, 이러한 해석은 뒤에서 관찰되는 김치의 숙성 중 유산균의 변화에서 뒷받침된다.

이렇게 김치가 숙성되면서 유산균 증식이 일어나므로 일반적으로 김치는 안전하다고 생각하고 있다. 그러나 이 연구결과에서 평행되었듯이 김치재료에 대장균군이 없더라도 외부에서의 오염이 될 수 있음이 나타났고, 또 유산균이 어느 정도 이상 되어야만 대장균군이 사라지는 것을 알 수 있다. 따라서 김치의 미생물학적 안전성을 판단함에 있어서는 대장균군의 검출 여부를 우선적 위생적 지표로 삼는 것이 적절할 것으로 생각된다. 즉, 김치에 대한 위생/안전성 기준을 완벽하게 설정하려면, 일반세균이나 유산균과 더불어 취급과정에서 오염될 수 있는 대장균군 항목이 포함되어야 할 것으로 보인다.

### 3. 김치의 숙성중 pH 및 젖산산도의 변화

김치의 숙성중 시간경과에 따른 pH 및 젖산산도의 변화를 알아보기 위하여 김치의 숙성 일자별로 김치즙을 내어 pH와 젖산산도를 측정하였다. 그 결과는 Table 3과 같다.

김치를 담근 직후에는 pH 5.33이었으며 김치가 숙성됨에 따라 pH가 3일까지는 5.0 이상이다가 4일째에 4.78로 현저하게 낮아지기 시작하여, 숙성 기간이 경과함에 따라 계속 저하되어 8일째에는 4.39까지 떨어졌다. 김치의 젖산산도의 변화는 이와 반대의 경향을 보였다. 즉, 젖산산도는 숙성 2일까지는 0.22로 담근 직

**Table 3.** Changes of pH and acidity of kimchi during the ripening and fermentation period

Ripening period (days)	pH	Acidity
0	5.33 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.11 <sup>b</sup>
1	5.26 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.18 <sup>b</sup>
2	5.03 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.22 ± 0.19 <sup>b</sup>
3	5.03 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.23 ± 0.07 <sup>b</sup>
4	4.78 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.37 ± 0.07 <sup>ab</sup>
5	4.78 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>a</sup>
6	4.87 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.43 ± 0.04 <sup>a</sup>
7	4.76 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.44 ± 0.06 <sup>a</sup>
8	4.39 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.47 ± 0.02 <sup>a</sup>

Means with the same superscript letters in a column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

후와 같다가, 3일째부터 증가하기 시작하여 4일째에 현저하게 증가하였고, 이후 8일까지 서서히 증가하여 0.47이 되었다. 이 등<sup>23)</sup>의 보고에 의하면 담근 직후의 배추김치는 pH 5.67, 산도 0.23로서 본 연구에서와 유사하였다. 그런데 그들은 그 김치를 20°C에서 발효시에는 최적 pH에 도달하는데 3~4일, 5°C에서는 20~30일이 소요되었다고 하였다. 즉, 김치의 저장 온도에 따라 숙성 정도가 달라짐을 알 수 있다.

김치의 숙성에서 맛이 가장 좋은 적숙기에 최적 pH는 4.2~4.4이고, 최적 산도는 0.6~0.8로 알려져 있다.<sup>24)</sup> 본 연구에서는 김치의 숙성 8일째에 pH가 4.39로 최적 pH에 도달하였으며 이때 산도는 0.47이었다. 우리가 김치를 담근 후 대개 1주일 정도에 섭취하는 것은 이론에 맞는 실천으로 볼 수 있다. 그런데 본 연구에서 이렇게 김치 숙성 8일째에 최적 pH에 도달하였으나, 최적 산도에 도달하지는 못하였으므로, 이를 위하여 김치를 더 장기간 숙성시키면서 관찰할 필요가 있겠다.

### 4. 김치의 숙성 중 유산균의 변화

김치의 숙성 중 유산균수를 측정하여 그 변화를 나타낸 결과는 Fig. 1과 같다. 유산균수는 배추김치를 담근 직후에는 4.32 log CFU/g이었다가 김치가 숙성되면서 서서히 증가하여 3일째에 6.07 log CFU/g로 급격히 증가하고, 이후 꾸준히 증가하여 8일째에 7.86 log CFU/g까지 증가하였다. 앞에서 배추김치의 숙성 4일째부터 pH가 급격히 감소하고 동시에 산도가 급격히 증가한 것은 이러한 결과를 뒷받침한다. 한편 적숙기의 김치 (pH 4.3)에는  $10^8$  CFU/ml의 유산균이 존재한다고 하는데, 본 연구에서 제조한 김치는 8일째에 이에 근접하고 있다. 이 등<sup>23)</sup>의 보고에서도 적숙기의 김치에서 유산균

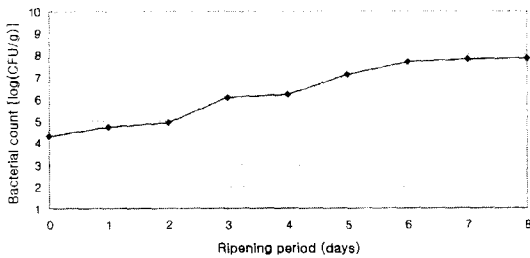


Fig. 1. Changes of lactic acid bacteria of kimchi during the ripening and fermentation period.

이 최고  $10^9$  cell/m<sup>2</sup>에 도달하였다.

미생물 성장의 부산물로 축적된 길항물질에는 산이 포함된다. 유산균(lactobacilli)은 탄수화물(포도당 또는 유당)을 분해하여 유산(젖산)을 생성하고, 이것이 pH를 현저히 떨어뜨리며 결국 대부분의 세균 성장을 억제하는 것으로 알려져 있다.<sup>25)</sup> Nout와 Motarjemi<sup>26)</sup>도 유산 발효에서는 pH 4 정도가 효과적이며, 이 경우 여러 병원성 세균의 증식이 억제됨을 지적하였다. 본 연구의 결과에서도 김치의 숙성 중 발효가 진행됨에 따라 유산균수가 증가하고, 이러한 유산균의 작용으로 젖산산도가 높아지고 pH가 떨어지면서 다른 미생물에 길항효과를 보였을 것이다. 즉, 김치에서 대장균군이 숙성 3일, 4일 및 5일째에 검출되었으나 6일 이후에는 검출되지 않은 것도 이러한 유산균의 억제작용으로 나타난 결과로 보인다. 다른 여러 미생물들에 대한 유산균의 억제작용이 식품의 보존에 이용되어 온 사실<sup>27)</sup>은 본 연구 결과의 타당성을 뒷받침한다. 또 몇몇 선행연구<sup>28,29)</sup>로부터 김치 발효 중에 여러 발효미생물로부터 생산된 bacteriocin이나 유산이 동시에 병원미생물의 불활성화를 유도하는 것으로 해석된다. 그러나 김치는 발효 후에 섭취되기도 하지만, 발효 초기에 섭취되기도 한다. 김치의 발효 초기에 섭취하여도 안전성이 확보하려면 김치의 제조과정에서 오염을 최소화 하는 것이 필요하다.

한편 발효과정 중에 생성되는 각종 유기산에 의한 pH의 저하 이외에 김치 부재료의 성분에 의한 항균작용도 있을 수 있으므로, 각 재료별로 이에 대한 상세한 검토가 필요하다. 이에 대해서는 앞으로 더 연구가 진행되어야 할 것이다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 우리나라 국민이 가장 많이 섭취하는 김치인 배추김치의 숙성 및 발효 중의 오염지표세균(표준평

판균, 저온세균, 대장균군 및 대장균)과 유산균의 변화를 관찰하였다. 또한 김치 원재료(배추, 고춧가루, 파, 마늘 및 생강)의 오염지표세균을 측정하여 김치의 미생물 오염의 근원을 밝히고자 하였다. 배추김치를 상법에 따라 제조하여 일정한 용기에 담아서 10°C에 저장하고 8일 동안 숙성시키면서 1일 간격으로 채취하여 김치즙을 내어 실험에 사용하였다. 김치 원재료 중에서 표준평판균이 가장 많이 검출된 것은 생강이며, 다음으로 고춧가루, 마늘, 배추, 파의 순서였다. 저온세균이 가장 많이 검출된 것은 고춧가루이며, 다음으로 배추, 마늘, 생강, 대파의 순서였다. 김치의 모든 재료에서 대장균군과 대장균은 검출되지 않았다. 김치의 표준평판균은 담근 직후로부터 숙성 기간 중에 계속 증가하였다. 저온세균수는 숙성 중에 특별한 변화가 없었다. 대장균군은 발효 3일째부터 검출되었으나, 6일째부터는 검출되지 않았다. 대장균은 모든 날짜의 김치에서 검출되지 않았다. 유산균은 김치를 담근 3일째부터 급격히 증가하였으며 8일째에 최고 수준에 도달하였다. 김치가 숙성됨에 따라 pH는 점차 감소하였고 젖산산도는 점차 증가하였다. 발효 8일째에 김치의 pH는 최적수준(4.39)에 가까웠고 젖산산도는 0.47에 달하였다. 이상의 결과에서, 김치 원재료에서는 대장균군이 검출되지 않았으나 김치에서 검출된 것으로 미루어 김치제조과정에서 대장균군이 오염되었음을 알 수 있다. 그럼에도 김치가 숙성되면서 이것이 억제 또는 소멸되는 것을 알 수 있다. 이는 김치가 숙성되면서 발효과정에서 급성장한 유산균에 의하여 pH가 낮아지고 유산이 생산됨으로써 나타난 결과로 보인다. 앞으로 김치 재료별 및 유산균 군종별로 이러한 길항작용이 연구되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. <http://www.kimchi.or.kr>
2. 한복려 : 우리가 정말 알아야 할 우리 김치 백가지. 현암사, 서울, 1999.
3. Steinkraus, K. H. : Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. *Food Control*, **8**(5-6), 311-317, 1997.
4. [www.customs.go.kr](http://www.customs.go.kr)
5. Lee, J. Y. and Kunz, B. : The antioxidant properties of baechu-kimchi and free-dried kimchi-powder in fermented sausages. *Meat Science* (in press), 2005.
6. Lee, C. H. : Lactic acid fermented foods and their benefits in Asia. *Food Control*, **8**(5-6), 259-269, 1997.
7. Cheigh, H. S. and Park, K. Y. : Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of Kimchi. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **34**(2),

- 175-203, 1994.
8. 조 영, 이진희 : 부재료를 달리하여 제조한 김치의 발효특성. *한국조리과학회지*, **14**(1), 1-8, 1998.
  9. 강정화, 강선희, 안은숙, 유맹자, 정희중 : 발효온도-시간 조합이 배추김치의 품질특성에 미치는 영향. *한국식생활문화학회지*, **19**(1), 30-42, 2004.
  10. 윤숙경 : 장내 세균류의 김치 젖산균에 대한 길항작용. *한국영양학회지*, **12**(1), 59-68, 1979.
  11. 식품의약품안전청 : 식품공전, 75-96, 521-522, 643-652, 1999.
  12. 이용욱, 박석기 : 식품위생미생물시험법, 93-111, 1996.
  13. Association of Official Chemists, International: Official Methods of Analysis, 15th ed.. Vol 2. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, 918, 1990.
  14. 김종규 : 포장마차 음식의 위생실태 조사연구. *한국환경위생학회지*, **27**(4), 107-114, 2001.
  15. 김종규 : 일부 학교급식소 조리실의 위생관리에 관한 조사연구. *한국환경위생학회지* **29**(2), 87-93, 2003.
  16. 류승희, 박석기 : PCR법을 이용한 웅달샘물의 대장균군 및 대장균 검출. *한국환경위생학회지* **28**(2), 193-202, 2002.
  17. Meng, J. and Doyle, M. P. : Introduction-Microbiological food safety. *Microbes and Infection*, **4**(4), 395-397, 2002.
  18. Beuchat L. R. : Pathogenic microorganisms associated fresh produce. *Journal of Food Protection*. **59**, 204-216, 1996.
  19. Beuchat L. R. : Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes and Infection*, **4**, 413-423, 2002.
  20. Nguyen-the, C. and Carlin, F. : The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **34**(4), 370-401, 1994.
  21. Albrecht, J. A., Hamouz, F. L., Sumner, S. S. and Melch, V. : Microbiological evaluation of vegetable ingredients in salad bars, *ournal of Food Protection*. **58**, 683-685, 1995.
  22. 정경완 : 김치 중의 장내 병원균 증식에 미치는 발효의 영향. *동국대학교대학원 석사학위 논문*, 1994.
  23. 이철우, 고창영, 하덕모 : 김치발효 중의 젖산균의 경시적 변화 및 분리젖산균의 동정. *한국식품과학회지* **20**(1), 102-109, 1992.
  24. Mheen, T. I. and Kwon, T. W. : Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. *Korean Journal of Food Science and Technology*. **16**(4), 443-450, 1984.
  25. Hayes, P. R. : Food microbiology and hygiene. Elsevier, New York. 1992. pp. 24-25.
  26. Nout, M. J. R. and Motarjemi, Y. : Assessment of fermentation as a household technology for improving food safety: a joint FAO/WHO workshop. *Food Control*, **8**(5-6), 221-226, 1997.
  27. Marriott, N. G. and Robertson G. : Essentials of food sanitation, Chapman & Hall, 53, 1997.
  28. Cheigh, C-I., Choi, H-J., Park, H., Kim, S-B., Kook, M-C., Kim, T-S., Hwang, J-K. and Pyun, Y-R. : Influence of growth conditions on the production of a nisin-like bacteriocin by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* A164 isolated from kimchi. *Journal of Biotechnology*, **95**(3), 225-235, 2002.
  29. Kim, D-H., Song, H-P., Yook, H-S., Ryu, Y-G. and Byun, M-W. : Isolation of enteric pathogens in the fermentation process of kimchi and its radication by gamma irradiation. *Food Control* **15**, 441-445, 2004.