

## 쌀뜨물과 쌀겨를 이용한 무 발효과정 중 젖산균의 증식 양상

조준일 · 정혜진 · 하상도 · 김근성\*  
중앙대학교 식품공학과

### Growth Patterns of Lactic Acid Bacteria during Fermentation of Radish with Rice Water and Rice Bran

Joon-Il Cho, Hye-Jin Jung, Sang-Do Ha, and Keun-Sung Kim\*  
Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

Changes in total aerobic bacteria (TAB), lactic acid bacteria (LAB), rod- and coccal-shaped lactic acid bacteria (R- and C-LAB), pH, and total acidity were investigated during fermentation of radish with new fermentation base at 20°C for up to 16 days. New fermentation base was prepared by pre-fermenting a mixture of rice bran and rice water (1 : 0.1, w/v) at 20°C for 7 days. Initially, radish showed 5.41, 4.23, 4.57, and 3.1 log CFU/g, and base showed 6.68, 6.60, 5.95, and 5.6 log CFU/mL for TAB, LAB, R-LAB, and C-LAB, respectively. Initial pH and total acidity of radish were 6.6°C and 0.09%, and those of base were 5.76 and 0.36%, respectively. Counts of LAB (4.23 to 8.33 log CFU/g, 6.6 to 9.7 log CFU/mL), R-LAB (4.57 to 7.15 log CFU/g, 5.95 to 8.5 log CFU/mL), and C-LAB (3.1 to 7.5 log CFU/g, 5.6 to 8.6 log CFU/mL) of radish and base respectively increased during initial fermentation period, then remained constant during late fermentation period, and for 4 days after fermentation, pH values (6.6 to 4.19, 5.76 to 4.57) drastically decreased and thereafter slowly decreased. Total acidities of radish and base (0.09 to 0.63%, 0.36 to 0.63%, respectively) drastically increased for 7 days after fermentation and increased slightly thereafter.

**Key words:** radish, lactic acid bacteria, rice water, rice bran, fermentation

### 서 론

우리나라는 70, 80년대 산업화를 통해 고도의 경제 성장을 이루어 냈지만 그로 인한 환경문제는 우리가 해결해야할 숙제로 여전히 남아있다. 특히 우리의 생활과 가장 밀접한 관계를 가지고 있는 수질원의 오염문제가 심각하게 대두되어 지고 있다. 물을 더럽히는 가장 큰 오염원은 농도나 유해성으로 보면 산업폐수나 축산폐수를 들 수 있지만 양으로 본다면 생활하수가 90% 이상을 차지한다고 알려져 있다. 생활하수의 주된 오염원은 세제, 샴푸, 음식물 찌꺼기 등이 대표적이며 가정에서 쌀 세척 시 발생하는 쌀뜨물 역시 생활하수의 주요 오염원으로 알려져 있다. 이와 같이 오염된 생활하수를 다시 사용 할 수 있는 물로 정화하려면 버려진 하수 양의 약 480배 정도의 물이 소요되는 것으로, 또한 하수처리 금액으로 환산하면 천문 학적인 액수가 된다고 알려져 있다(1).

한편, 쌀 가공의 부산물인 쌀뜨물과 쌀겨는 vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>,

지질, 전분질 등의 영양성분을 함유하고 있어 이를 새로운 형태의 자원으로 이용하기 위해 현재 우리 생활에서 거름, 화장품, 요리소스, 식물의 영양 소재로써 사용되고 있다(2). 이와 같이 쌀뜨물과 쌀겨는 영양분이 풍부하여 이용가능성이 많으나 실제로 활용도가 낮아서 자원으로써 낭비가 되고 있으므로 위의 활용방안 이외에 다양한 활용 방안을 찾는 연구가 무엇보다 절실히 요구되고 있다. 그리고 다양한 응용가능성중 특히 발효 자원으로의 활용은 환경오염방지 및 자원의활용의 측면에서 중요하다고 할 수 있다.

발효는 오래 전부터 과일주, 맥주, 빵, 치즈 등의 제조에 전통적으로 널리 이용되어 왔다. 발효는 미생물이 자신의 효소로 유기물을 분해 또는 변화시켜 각기 특유한 최종산물을 만들어 내는 현상이다. 최종산물을 만들어 내는 방법과 과정은 다양하며 우리나라의 경우는 젖산균을 이용하여 식품을 발효시키는 것으로 전통적으로 널리 그리고 오랫동안 행하여져 왔다. 여러 가지 식품 중 특히 요구르트 등의 유제품과 김치 등은 젖산 발효를 이용하는 대표적인 식품으로 널리 식용되고 있다. 또한 우리나라에서는 배추와 무를 재료로 한 김치류와 콩을 이용한 된장, 고추장 그리고 간장 등이 주요 발효 식품으로 오랫동안 식용되어 왔다.

젖산균은 인간이 이용할 수 있는 가장 유익한 미생물 중의 한 종류로서, 젖산균의 이용역사는 오래 되었다. 젖산균은 비

\*Corresponding author: Keun-Sung Kim, Department of Food Science and Technology, College of Industrial Sciences, Chung-Ang University, 72-1 Ansung-si, Gyunggi 456-756, Korea  
Tel: 82-31-670-3032  
Fax: 82-31-675-4853  
E-mail: keunsung@post.cau.ac.kr

병원성균으로 인간의 장내에 서식하면서 정균작용을 할 수 있고 당류를 발효해서 다량의 젖산을 생성하고 낮은 pH 및 혐기적인 조건에서도 잘 생육하며 여러 가지 영양물질을 요구하는 등의 특징을 가지고 있다. 젖산균에 의해 채소가 발효되면 독특한 향과 맛을 내게 되어 관능적 특성이 향상되고, 유기산에 의하여 vitamin C와 여러 생리활성물질이 잘 보존되며, 초기 재료에는 거의 존재하지 않았던 vitamin B<sub>12</sub>와 vitamin K가 합성되고, 부패균과 병원성균의 성장과 증식을 저해하여 위생적인 식품이 되는 등의 장점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(3).

젖산균에 의한 채소발효는 배추와 무 등이 주된 재료이며, 그 중 김치류의 일종인 깍두기의 주재료인 무(*Raphanus sativus* L.)는 각종 비타민, 무기물과 같은 여러 영양소들을 풍부하게 가지고 있는 것으로 알려져 있으나 당도나 산미가 사과, 딸기 등과 같은 과일보다 낮기 때문에 관능적으로 우수하지 못하여 깍두기 이외에는 식품의 풍미를 향상 시켜주는 보조제로서의 역할을 해 왔을 뿐 자체로서는 널리 식용되고 있지 않다(4). 그러므로 본 연구 논문은 무의 이와 같은 단점을 보완하여 식품으로서의 가치와 무를 대상으로 하는 새로운 젖산 발효 공정을 개발하고자 쌀 도정과 세척 과정에서 부수적으로 발생하는 쌀뜨물과 쌀겨를 주성분으로 하여 제조된 새로운 발효 base를 이용하여 발효과정 중에 발생하는 젖산균의 증식양상을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험을 위하여 경기도 안성 농협에서 무(*Raphanus sativus* L.)를 구입하였다. 구입한 뒤 무를 dry-ice box에 담아 4-7°C로 유지하면서 실험실로 이동 후 4°C 냉장고에 보관하면서 구입한 날로부터 하루 이내에 실험에 사용하였다. 쌀겨와 쌀뜨물 발효액((주)라이스텍, Gyunggi, Korea)을 혼합하여 발효 base를 제조하였다. 무에 잔존해 있는 미생물들의 균수를 측정하기 위하여 구입된 무를 25 g씩 채취하여 225 mL peptone water로 10 배 희석한 다음, stomacher(Casta Brava, Spain)를 이용하여 2분간 균질화한 후 여과지(Whatman No. 2)로 filtering한 것을 사용하였다. 발효 실험과 관련한 무는 잘 세척한 후 1×1×1 cm 크기로 절단하여 200 g씩을 준비하였다.

### 시약 및 배지

Peptone 10 g과 sodium chloride 5 g을 혼합하여 증류수 1 L에 녹여 autoclaving한 후 peptone water로 사용하였다. 본 실험에 사용된 배지로는 plate count agar(PCA, Difco, Laboratories, St. Paul, MN, USA), Man Rogosa Sharpe agar(MRSA, Difco, Laboratories, St. Paul, MN, USA), Rogosa Mitchell Wiseman agar(RMWA, Difco, Laboratories, St. Paul, MN, USA), M17 agar(Difco, Laboratories, St. Paul, MN, USA) 등이 있다. 그리고 본 실험에는 모두 ACS grade, extra pure grade, 또는 특급 시약을 사용하였다.

### 발효 조건

쌀겨와 쌀뜨물을 10:1(w/v)로 혼합하여 예비 발효를 20°C에서 7일간 실시한 후 발효 base로 사용하였으며, 무 시료와 발효 base를 1:2(w/v)의 비율로 혼합하여 20°C에서 16일간 발효시켰다.

### 무의 잔존 총 호기성균 및 젖산균 분석

유통 중인 무에 잔존해 있는 총 호기성균, 젖산균, 젖산간균 그리고 젖산구균의 수를 측정하였다. 총 호기성균(aerobic mesophilic bacteria)의 경우에는 PCA 배지를 이용하여 spreading plate method에 의해 시료를 배지에 도말 하고 35°C에서 48시간 배양 후 집락수를 colony counter를 이용하여 측정하였다(5). MRSA배지를 이용하여 pour plate method에 의해 37°C에서 48시간 배양 후 젖산균(lactic acid bacteria)의 집락수를 측정하였다. RMWA배지를 이용하여 pour plate method에 의해 37°C에서 48시간 배양 후 젖산간균의 집락수를 측정하였다. M17배지를 이용하여 pour plate method에 의해 37°C에서 48시간 배양 후 젖산구균의 집락수를 측정하였다.

### 발효 중 무와 발효 base의 젖산균 변화

무를 발효 base와 함께 20°C에서 16일간 발효시키면서 무와 발효 base에서 일어나는 젖산균의 증식 변화를 파악하고자 하였다. 무와 발효 base에 대하여 저장 전, 저장 1일째, 4일째, 7일째, 10일째, 13일째, 16일째마다 유의성 검정을 위해 미생물학적 및 이화학적 변화를 동일 검체에 대하여 3회 반복 측정하여 그들의 평균값을 얻었다.

### 발효 중 무와 발효 base의 pH와 총산의 변화

발효 중 발생하는 이화학적 변화를 파악하기 위하여 pH와 총산을 측정하였다. pH와 총산의 측정에 무균적으로 제조된 무와 발효 base 여액을 사용하여 pH는 상온에서 pH meter를 사용하여 측정하였고, 총산은 AOAC방법(6)에 의하여 시료의 여액 10 mL를 중화시키는데 소요되는 0.1 N NaOH용량(mL)을 lactic acid함량(%)으로 환산하여 표시하였다.

### 통계 처리

미생물 균수를 log colony forming unit(CFU)/g으로 나타내었으며, SAS 통계처리 프로그램, version 8.01(7)에 있는 general linear models(GLM) procedure의 PDiff(P-value Differentiation) option에 의해 수행된 least square mean separation 방법에 의해 분석되었으며 모든 통계처리의 유의성은  $p < 0.01$  범위에서 실행되었다.

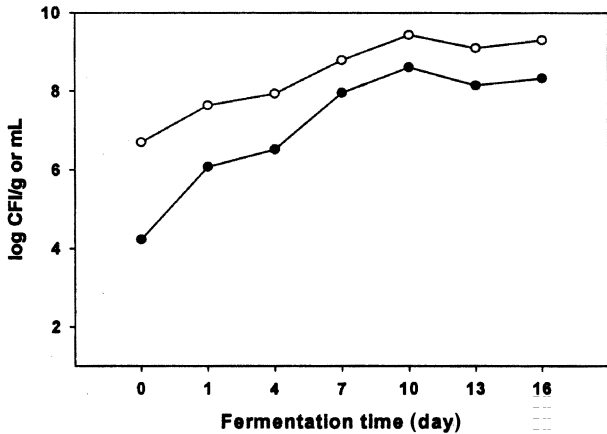
## 결과 및 고찰

### 무와 발효 base의 총호기성균 및 젖산균 분석

시판중인 무와 발효 base에 잔존하는 총 호기성균과 젖산균의 수를 측정 후 젖산균을 다시 젖산간균 그리고 젖산구균으로 구분하여 그들의 수를 각각 측정하였다(Table 1). 구입한 무 시료에 존재하는 총 호기성균은 5.41 log CFU/g, 젖산균은 4.23 log CFU/g, 젖산간균은 4.57 log CFU/g, 젖산구균은 3.1 log CFU/g로 나타났고 발효 base의 경우 총호기성균은 6.68 log CFU/g, 젖산균은 6.6 log CFU/g, 젖산간균은 5.95 log CFU/g, 젖산구균은 5.6 log CFU/g로 조사되었다. 무의 natural microflora에는 젖산구균이 젖산간균에 비하여 적은수로 존재하였으나 발효 base에는 비슷한 수준을 보였다. Kim 등(8)은 깍두기를 담그기 위해 사용한 무의 총호기성균은 6-7 log CFU/g, 젖산균은 6-7 log CFU/g, 젖산간균은 4 log CFU/g, 젖산구균은 4-5 log CFU/g로, Min 등(9)은 무를 이용해 담근 동치미의 초기 숙성 과정에서 총 호기성균은 5 log CFU/g, 젖산균은 3.1 log CFU/g로

**Table 1. Average counts of natural microflora on radish and fermentation base**

Natural microflora	Average counts (log CFU/g)	
	Radish	Fermentation base
Aerobic mesophilic bacteria	5.41 ± 0.09	6.68 ± 0.27
Lactic acid bacteria	4.23 ± 0.21	6.6 ± 0.13
Rod-shaped lactic acid bacteria	4.57 ± 0.07	5.95 ± 0.16
Coccal-shaped lactic acid bacteria	3.1 ± 0.09	5.6 ± 0.09

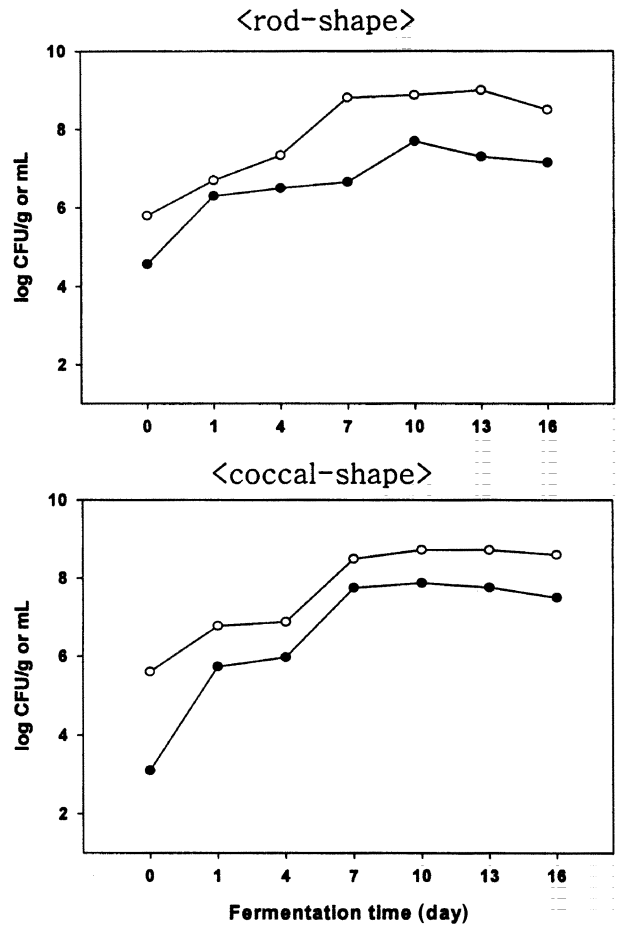


**Fig. 1. Changes in lactic acid bacteria during radish fermentation at 20°C (●: radish, ○: fermentation base).** Pooled SEMs (standard error means) for sample and base were 0.80 and 0.41, respectively.

보고하였다. 본 실험에서 사용한 무와 Min 등(9)이 보고한 무의 총 호기성균과 젖산균의 수는 거의 비슷한 것으로 사료되나 Kim 등(8)이 보고한 무는 본 실험에 사용한 무에 비하여 대체적으로 균이 많은 것으로 나타났다. 이는 무의 품종과 재배지역에 따른 차이로 생각되어 진다. 쌀겨와 쌀뜨물 발효액을 발효 base로 사용한 시도는 없었으며 Han 등(10)과 Ryu 등(11)이 보고한 초기 김치 담금액의 총호기성균수는 7 log CFU/mL, 6.3 log CFU/mL로 보고되어 본 실험의 발효 base와 유사 수준으로 조사되었다.

**발효 중 무와 발효 base의 젖산균의 증식양상 비교**

**총 젖산균:** 무 발효 시 젖산균의 변화는 Fig. 1과 같다. 발효 전 무와 발효 base의 젖산균은 4.23 log CFU/g과 6.6 log CFU/mL로 각각 측정되었고, 발효 1일째 무의 젖산균은 6.08 log CFU/g로 무려 1.8 log CFU/g 증가하였으며, 발효 base의 경우 7.9 log CFU/mL로 1.3 log CFU/mL 증가하였다. 발효가 진행되면서 무와 발효 base에서 젖산균의 증식 패턴이 유사하게 나타났고 최대 젖산균수는 발효 10일째 무에서 8.61 log CFU/g과 발효 base에서 9.43 log CFU/mL로 나타났다. 발효 10일째 이후 발효 base에서는 균의 감소를 나타내기 시작하였으며 무 발효가 완료된 시점을 발효 10일로 확인할 수 있었다. 동치미 발효에 의한 젖산균의 변화를 보고한 Park 등(12)의 보고에 의하면 발효 초기 급격한 증가를 보이다 발효 8-16일 사이에 최대균수 7-8 log CFU/g를 나타내 본 연구의 젖산균 변화와 동일한 패턴을 보였으나 본 연구에 비하여 무 발효를 완료하는데 더 많은 시간이 소요 되는 것으로 확인 되었다. 또한 Kim 등(13)은 온도를 달리한 깍두기 발효숙성 중의 젖산균의 변화를 보고하였는데 발효 전 무의 젖산균수는 5.03 log CFU/g였고 발효가 진행



**Fig. 2. Changes in rod-shaped and coccal-shaped lactic acid bacteria during radish fermentation at 20°C (●: radish, ○: fermentation base).**

Pooled SEMs for rod-shaped lactic acid bacteria for sample and base were 0.67 and 0.43, respectively. Pooled SEMs for coccal-shaped lactic acid bacteria for sample and base were 0.39 and 0.57, respectively.

되어 발효 10일 전후에서 9 log CFU/g의 최대 젖산균수를 보였으며 그 이후에는 완만한 감소를 나타내어 본 실험의 젖산균 증식 양상과 유사한 결과를 나타내었다.

**젖산간균 및 젖산구균:** 발효 중 젖산균의 변화는 크게 젖산간균(rod-shaped lactic acid bacteria)과 젖산구균(coccal-shaped lactic acid bacteria)에 의하여 발생하는 것으로, 김치 발효 시 발효 초기에는 *Leuconostoc*속 등의 젖산구균이, 발효 후기에는 *Lactobacillus*속 등의 젖산간균이 주로 관여하는 것으로 알려져 있다(9). 그러나 이러한 젖산균의 변화상은 배추를 주재료로 하는 배추김치의 경우에서만 주로 보고 되었으며, 김치를 제외한 다른 채소류를 대상으로 한 발효식품에서 이뤄진 연구는 전무한 상태이다. 쌀겨와 쌀뜨물 발효액을 이용한 본 실험에서 일어나는 젖산간균과 젖산구균의 증식양상을 Fig. 2에 나타내었다.

발효 전 무와 발효 base의 젖산간균은 4.57 log CFU/g와 5.95 log CFU/mL이었고 발효 1일째 무와 발효 base는 6.3 log CFU/g와 6.7 log CFU/mL로 무는 1.8 log CFU/g 그리고 발효 base는 0.7 log CFU/mL의 균수가 증가한 것으로 나타났다. 발효 7일째 까지 무의 경우는 0.7 log CFU/g의 완만한 균수 증식을 나타낸 반면 발효 base의 경우는 2.5 log CFU/mL의 급속한 균수 증가

를 나타내었다. 그리고 무의 경우는 발효 10일째 7.7 log CFU/g 그리고 발효 base의 경우는 발효 13일째 9.1 log CFU/mL로서 각각 최대균수를 나타낸 이후 감소되는 경향을 보였다. 한편 부추추출물의 김치발효 지연 및 관련된 미생물 증식억제에 대한 Kim 등(14)의 보고에 따르면 발효 전에 3.2 log CFU/g이었던 젖산균은 발효 초기 6 log CFU/g으로 급속한 균수 증가를 보였으며 발효 6일째에는 8 log CFU/g의 최고 균수에 도달하였다가 감소하는 경향이 나타났고, 김치 발효 중의 젖산균의 경시적 변화에 대하여 보고한 Lee 등(15)의 보고에 의하면 젖산균은 발효 초기 6 log CFU/g에서 8 log CFU/g으로 급격한 균수의 증가를 보였고 발효 10일째에 최고균수인 9.3 log CFU/g을 보였고 이후 감소하는 경향을 나타내었다. 그러므로 본 연구 결과는 그들 두 연구 결과에서 얻은 젖산균의 증식 경향과 유사한 경향을 나타내었다.

발효 전 무와 발효 base의 젖산균은 3.1 log CFU/g와 5.6 log CFU/mL로 무에는 젖산균에 비하여 젖산균수가 적게 분포하는 것으로 나타났다. 발효 1일째 무와 발효 base는 5.97 log CFU/g와 6.87 log CFU/mL로 무는 2.9 log CFU/g 그리고 발효 base는 1.2 log CFU/mL의 균수가 증가한 것으로 나타났고 발효가 진행되면서 무와 발효 base 모두에서 균수의 증가를 보였다. 발효 10일째에는 젖산균과 유사하게 무와 발효 base 모두에서 7.87 log CFU/g와 8.96 log CFU/mL의 최고균수를 보였고 이후 완만한 쇠퇴의 경향을 보였다. Kim 등(14)의 보고에 따르면 초기 젖산균의 증가가 발효 2일째에 4 log CFU/g에서 6 log CFU/g로 급격히 증가한 것으로 나타났으며 이때 균수가 최대균수로 나타났다. Lee 등(15)은 초기 젖산균이 6 log CFU/g인 김치가 발효 4일째 8.8 log CFU/g으로 증가하였고 이때 최대 균수를 보인 것으로 보고하여 본 연구와 유사하게 초기에 젖산균의 증식이 상당히 두드러지는 것으로 나타났고 최대 균수를 보인 시기에 있어서는 차이가 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 초기 젖산균의 증식이 두드러지게 나타나는 Kim 등(14)의 보고와 일치하는 결과를 보였으나 발효말기에는 젖산균의 증식이 활발히 일어난다는 보고와는 달리 젖산균에 비하여 젖산균의 유의적 증식 차이를 나타내지는 못하였다.

#### 발효 중 무와 발효 base의 pH와 총산의 변화

채소류 발효 식품의 특유한 신맛은 발효하는 동안 각종 효소와 미생물에 의해 탄수화물이 주로 분해되어 생성되는 유기산들에 의하여 발생된다. 신맛의 정도는 일반적으로 pH와 산도로 측정하게 되는데, 발효 중 무와 발효 base에서 발생한 pH와 총산의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 발효 전 무와 발효 base의 pH는 6.6과 5.76으로 Huh 등(16)이 보고한 5.8-6.3에 비하여 무 자체의 pH는 높고 발효 base의 pH는 낮은 것으로, 총산은 0.09, 0.36%로 Huh 등(16)이 보고한 0.12-0.25%에 비해 무는 낮고 발효 base는 높은 것으로 측정되었는데 이는 무의 재배 지역과 계절적 특성, 그리고 발효 base에 의한 차이로 생각되어진다. 발효가 진행되면서 무와 발효 base의 pH는 감소 폭의 차이는 있었지만 4.03과 4.5로 꾸준한 감소경향을 나타내 Huh 등(16)의 보고와 동일한 결과를 보였다. 산도는 발효 7-10일까지 꾸준히 증가하였으나 pH는 발효 4일째 거의 바닥인 4.45로 떨어졌고 발효 말기에 무와 발효 base에서 4 이하로는 떨어지지 않았는데 이는 김치 중에 존재하는 산이 약산으로 그 해리상수가 적기 때문에 김치가 과숙하여도 pH 3 이하로는 떨어지지

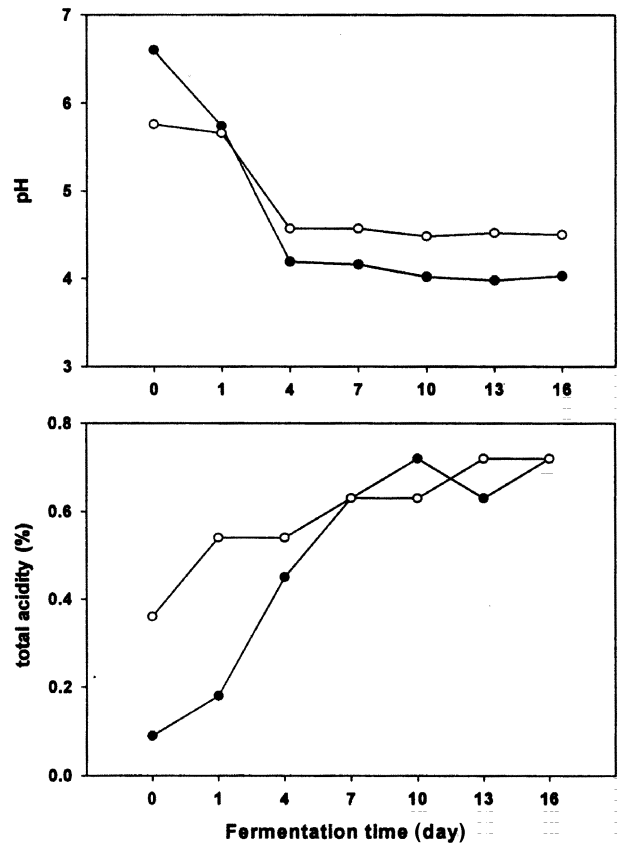


Fig. 3. Changes in pH and total acidity during radish fermentation at 20°C (●: radish, ○: fermentation base).

Pooled SEMs of pH for sample and base were 0.09 and 0.21, respectively. Pooled SEMs of total acidity for sample and base were 0.09 and 0.13, respectively.

않는다. Ahn(17)의 보고와 일치하는 결과를 보였다. 또한 Huh 등(16)은 김치재료의 완충작용 때문에 발효 말기의 pH는 큰 변화가 없다고 하였는데, 본 연구에서도 새로운 발효 base의 완충작용으로 유사한 결과를 보였다 생각된다.

무와 발효 base의 산도 변화는 초기에 비하여 계속적으로 증가하는 경향을 보였고 발효 말기에 들어서는 0.63-0.72%를 나타내었다. 이는 총산의 변화가 지속적인 증가를 보인 Huh 등(16)의 보고와 일치하지만 발효말기 총산이 0.2-0.25%를 나타내어 본 연구와는 차이가 있는 것으로 보고 되었다. Kim 등(18)에 의하면 동치미의 적정산도는 0.1-0.3%로 약 7-20일 정도가 소요되는 것으로 보고 되었는데 본 실험에서는 발효 7일 만에 0.63%를 나타내 쌀겨와 쌀뜨물을 이용한 새로운 발효 bases는 소금물, 간장, 된장 등과 같은 기존 발효식품들에 사용되었던 발효 base들보다 훨씬 빠른 속도로 발효가 이루어지는 것을 알 수 있었다. 그리고 무를 비롯한 채소류 발효 중 확인된 유기산은 lactic acid, oxalic acid, malic acid, citric acid, succinic acid 등으로 Kim 등(19)의 보고에서 이미 알려진 바 있으며 발효가 진행되면서 다른 산들은 감소하는 반면 lactic acid와 citric acid는 증가하는 것으로, 그 중 lactic acid의 경우 발효 4-5일째에 급격히 증가한다는 보고처럼 본 실험에서도 같은 결과를 나타내었고 발효 속성에 있어 pH와 산도의 변화는 주로 젖산균의 생성 및 활성에 의한 것임을 확인할 수 있었다.

요 약

무를 비롯한 채소류의 식품적, 영양적 가치 그리고 관능성을 향상시키기 위해 국내에서 전통적인 젖산 발효가 널리 행하여지고 있다. 본 연구에서는 그와 같은 전통적인 발효방법과 달리 쌀 세척 시 부수적으로 발생하는 쌀뜨물을 발효시킨 새로운 발효 base를 사용한 발효방법을 개발하고자 하였다. 각두기와 동치미의 재료로 쓰이는 무를 대상 시료로 결정하였고 발효 중 시료와 발효 base에서 발생하는 미생물학적 변화와 이화학적 변화를 측정하였다. 발효 초기의 균수는 대상 시료, 무와 발효 base가 갖고 있는 미생물군에 의해서 결정되었는데 발효가 진행되면서 초기에 미생물상을 결정하던 *Enterobacter*는 대부분 사멸되었고 낮은 pH에서도 성장 가능한 *Leuconostoc*속과 *Lactobacillus*속 등 내산성 미생물의 번식이 활발하였다. 무와 발효 base에서는 발효 초기부터 균수의 증가가 나타났고 pH 감소가 두드러지게 나타났던 발효 4-7일 사이에서 젖산균의 성장이 두드러지게 나타났으며 이때부터 측정된 젖산균수는 총생균수의 대부분을 차지하였다. 또한 젖산균의 변화는 발효 초기 구균의 증식이 젖산간균에 비하여 활발한 것으로 나타났고 말기에는 젖산간균과 젖산구균의 유의적 증식 차이는 나타나지 않았다. 발효 전 무와 발효 base의 pH는 5.6-6.6 사이였고 발효 초기에 4.19-4.57로 감소를 나타냈고 발효 말기에게까지 pH의 감소 경향이 나타났다. 반면 산도의 경우는 발효 전 0.09-0.36% 수준을 보이다가 발효가 시작되면서 초기 급격한 증가를 나타내었고 발효 말기까지 꾸준히 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 무 시료의 발효는 20°C에서 10일 전후에서 완료되는 것으로 관찰되었고 pH 보다는 산도가 유산균의 성장과 발효시간 결정을 위한 지표로 사용 가능한 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 논문은 2004학년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의해 수행된 연구결과이며, 이에 감사드립니다. 본 연구를 위하여 쌀뜨물과 쌀겨를 제공해주신 (주)라이스텍과 본 연구에 참여한 중앙대학교 식품공학과 학부생 여러분께 감사드립니다.

문 헌

1. Kim MY, Choi US, Kim JY, Kim KR. Effects of detergent and other pollutants related domestic sewage on water pollution. J. Korean Ind. Eng. Chem. 4: 564-568 (1993)
2. Kim YB, Hah DM, Kim CS. Milling characteristics and qualities

- of Korean rice. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 199-205 (1990)
3. Cheigh HS, Kim HY, Yeo KM, Kim BN. Fermentation aspects of fruit-vegetable juice by mixed cultures of lactic acid bacteria isolated from kimchi and yeast. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 1059-1064 (1998)
4. Jang MS, Kim NY. Effects of salting methods on the physicochemical properties of *kakdugi* fermentation. Korean J. Soc. Food Sci. 15: 61-67 (1999)
5. Mislivec PB, Beuchat LR, Cousin MA. Yeasts and molds. In: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. Splittstoesser DF, Vanderzant C (eds). American Public Health Association, Washington, DC, USA (1991)
6. AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
7. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (2002)
8. Kim NY, Jang MS. Effects of salting methods on the sensory and microbiological properties of *kakdugi*. Korean J. Soc. Food Sci. 16: 75-83 (2000)
9. Mheen TI, Kwon TW. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 443-450 (1984)
10. Han HU, Lim CR, Park HK. Determination of microbial community as an indicator of kimchi fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 26-32 (1990)
11. Ryu CS, Kim EK, Kim YB. Changes in the bacterial flora during *kakdugi* fermentation and the physiological characterization of lactic coccal isolates. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 650-654 (1998)
12. Park JE, Kim HR, Jang MS. Sensory and microbiological properties of *dongchimi* added with gatt. Korean J. Soc. Food Sci. 16: 57-64 (2000)
13. Kim SD, Jang MS. Effects of fermentation temperature on the sensory, physicochemical and microbiological properties *kakdugi*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 800-806 (1997)
14. Kim SJ, Park KH. Retardation of kimchi fermentation by the extracts of *allium tuberosum* and growth inhibition of related microorganisms. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 813-818 (1995)
15. Lee CW, Ko CY, Ha DM. Microflora changes of the lactic acid bacteria during kimchi fermentation and identification of the isolates. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 20: 102-109 (1992)
16. Huh YJ, Cho YJ, Kim JK, Park KH. Effects of radish root cultivars on the *dongchimi* fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 35(1): 7-14 (2003)
17. Ahn SY. Study of kimchi manufacturing (1)-The effect of seasoning on kimchi fermentation. Korean Natl. Inst. Technol. Qual. 20: 61-80 (1970)
18. Kim MJ, Moon SW, Jang MS. Effect of onion on *dongchimi* fermentation. J. Korean Soc. Food Nutr. 24: 330-335 (1995)
19. Kim SD, Hawer WD, Jang MS. Effect of fermentation temperature on free sugar, organic acid and volatile compounds of *kakdugi*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 16-23 (1998)

(2004년 6월 21일 접수; 2004년 9월 16일 채택)