

나박김치의 제조 표준화 및 발효온도별 젖산균의 생육과 CO₂ 생성

공창숙 · 서정옥 · 박순선 · 이숙희 · 박건영[†]

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

Standardization of Manufacturing Method and Lactic Acid Bacteria Growth and CO₂ Levels of *Nabak Kimchi* at Different Fermentation Temperatures

Chang-Suk Kong, Jung-Ok Seo, Soon-Sun Bak, Sook-Hee Rhee and Kun-Young Park[†]

Dept. of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute,
Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Abstract

Ingredient ratio for making *nabak kimchi* and the manufacturing method were standardized from the available literatures. Fermentation properties and CO₂ production of the *nabak kimchi* were investigated during the fermentation at 5°C, 10°C, and 20°C. Standardized ingredients ratio of *nabak kimchi* that added 100 mL of water was as follows: 45.0 g baecheu cabbage, 26.9 g radish, 1.9 g green onion, 1.0 g red pepper, 1.2 g crushed garlic, 0.9 g crushed ginger, 0.7 g red pepper powder. The standardized manufacturing method of *nabak kimchi* was as follows: washing ingredients, cutting radish and baecheu cabbage (2.5×2.5×0.5 cm), salting for 20 min, washing and draining, pretreatment of ingredients, dissolving red pepper powder in water, blending, mixing, and adding the water to the mixed ingredients. Fermentations at 5°C for 8 days, at 10°C for 3 days, and at 20°C for 1 day led to the acidity levels of 0.21%, 0.20%, and 0.31%, respectively. From the relationships between optimally ripened pH and acidity, *nabak kimchi* showed lower acidity of 0.20~0.25% with pH 4.2~4.5. Like other kinds of kimchi, the levels of *Leuconostoc* sp. were high specially at later stage of fermentation at low temperature (5°C). However, the levels of *Lactobacillus* sp. were low at 5°C. *Nabak kimchi* produced high levels of CO₂ in the initial fermentation period and followed by rapid decrease of CO₂ production with the fermentation. From the relationships between pH and CO₂ content, the highest CO₂ contents were found pH 4.0~4.4, 3.8 and 3.4 at 5°C, 10°C, and 20°C, respectively. This fact indicated that fermentation at 5°C has the highest CO₂ content at optimally ripened pH of 4.3 and the fermentation at lower temperature such as 5°C could extend the eatable time of *nabak kimchi*.

Key words: *nabak kimchi*, standardization, fermentation, CO₂ contents

서 론

우리나라의 김치는 무, 가지 또는 죽순 등을 소금과 누룩 또는 술지개미에 절이던 장아찌 형태의 것에서 시작하여 시대를 거치면서 장아찌 형태의 김치와 더불어 동치미류와 나박김치의 형태로 발달되어 온 것으로 물김치류는 일찍부터 섭취되기 시작한 것으로 보고 있다(1). 대표적인 물김치로 여름철에는 열무김치, 그리고 겨울철에는 동치미 등이 있다. 나박김치는 동치미와 함께 대표적인 물김치류로 전통적인 제조법은 무 또는 배추를 주재료로 하여 마늘, 생강 및 소금 등의 기본 재료만을 사용하여 제조한 후 국물을 첨가한 것으로, 다른 김치에 비해 맛이 담백하고 숙성이 빨리되는 특성을 지니고 있다(2,3). 또한 나박김치에는 젖갈의 사용빈도가 적으며 고춧가루를 첨가하여 김치의 붉은 색상과 매운 맛을

지니고 있다.

나박김치의 제조법은 재료와 양념류의 성분 및 양, 담그는 방법, 지역 및 계절에 따라 맛과 숙성도 등이 달라진다. 담그는 방법은 지역 및 기후 등 환경 요인에 의해 달라지는데 가장 큰 차이는 김치의 염도와 부재료의 사용량이다. 나박김치의 제조법은 다른 김치류와 마찬가지로 지역의 환경에 따라 첨가되는 부재료의 종류가 달라지므로, 나박김치의 재현성 있는 맛과 풍미의 비교 및 공장 김치 제조 등에 있어서 가장 보편적으로 사용하는 재료를 기준으로 한 나박김치의 제조 표준화가 필요하다. 그러나 김치에 대한 연구는 배추김치에 관하여 중점적으로 이루어져 왔으며, 물김치류에서는 동치미의 발효 양상(4), 열무물김치의 발효 양상과 저장성 증진(5-7), 물김치의 발효와 염도(8) 등이 보고되어 있다. 나박김치의 연구로는 발효 온도와 국물의 수크로즈농도에 관한 연

[†]Corresponding author. E-mail: kunypark@pusan.ac.kr
Phone: 82-51-510-2839. Fax: 82-51-514-3138

구(2), 수삼 및 오미자 등을 첨가에 의한 저장성증진에 관한 연구(9-11) 등 저장성에 관한 연구가 주이며, 나박김치의 제조 표준화에 대한 연구는 없다.

김치의 시원한 맛과 풍미는 발효 중 생성된 CO₂ 가스가 주 역할을 한다. 김치의 발효에 있어서 발효초기에는 이상젖산발효균인 *Leuconostoc mesenteroides*가 자라다가 발효가 진행됨에 따라 그 수가 감소하고 정상젖산발효균인 *Streptococcus*와 *Pediococcus*가 성장하고, 산생성이 어느 정도 이루어진 후에는 *Lactobacillus plantarum*이 성장하는 것으로 알려져 있다(12). 김치의 맛과 숙성에 관여하는 미생물인 *Leuconostoc mesenteroides*는 젖산, 초산 등을 생성하여 김치를 산성화하는 동시에 빠른 속도로 탄산가스를 발생하여 헝기상태로 만들어 주는 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(13,14). 김치발효 중 CO₂의 발생은 저장 유통 과정 중 포장의 팽창 및 압력발생 유발의 원인이 되는 부정적인 면이 있는 반면 김치의 탄산미와 풍미를 좋게 해주는 역할을 한다(15). 나박김치는 담백하고 시원한 맛을 내는 김치로, 배추김치에 비해 발효에 의한 CO₂ 가스의 용해도가 높게 나타날 것으로 예상되고, CO₂ 가스의 생성 양상도 온도에 따라 다르게 나타날 것으로 생각되나 이에 대한 보고는 없다.

본 연구에서는 각종 조리서 및 관련 문헌에서의 자료를 이용하여 첨가되는 부재료의 종류 및 양을 통계적으로 분석하여 문헌을 이용한 나박김치의 재료배합비 및 제조방법을 표준화하였다. 표준화한 방법으로 제조한 나박김치를 이용하여 특히 발효온도(5, 10, 20°C)에 따른 젖산균의 생육과 CO₂ 생성에 대하여 검토하였다. 나박김치의 시원한 맛과 풍미에 관여하는 CO₂ 가스 함량을 측정하여 최대의 CO₂ 가스를 생성하는 발효온도와 이때의 pH 및 발효기간 등을 관찰하여 나박김치 발효의 최적기 및 최적온도를 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

표준화 방법

전문학술지를 비롯한 연구보고서 등의 관련 문헌(2,9-11) 및 조리서(16-37) 등에 수록된 자료를 이용하여 재료의 종류 및 배합비와 제조방법을 중심으로 표준화하였다. 나박김치의 재료의 분량에 대한 표준화는 계량 기구를 사용하여 측정하였다. 조리서, 문헌 등에 명시된 재료량은 목측량을 중량으로 환산할 수 있도록 재료에 대한 중량환산표(배추 1포기 2.5 kg; 무 1개 1 kg; 마늘 1통 30 g, 1 TS(Table spoon) 13 g; 생강 1톨 30 g; 고춧가루 1 C(Cup) 105 g, 1 TS 8 g, 1 ts(tea spoon) 2 g; 파 1단 500 g; 굵은 소금 1 C 165 g, 1 TS 14 g, 1 ts 4 g; 가는 소금 1 C 210 g, 1 TS 12 g, 1 ts 4 g)를 작성하여 정확한 각 재료의 분량에 대한 중량치를 얻었다(38). 표준화 과정에서 사용빈도수가 50%이하로 사용되는 부재료는 선정 대상에서 제외하였으며, 재료의 표준

값을 구하는 방법으로는 환산된 재료의 값 중에서 최대값과 최소값을 제외하고 나머지 값들에 대한 평균값 및 표준편차를 구하는 방법을 이용하였다.

나박김치의 제조에 있어서 소금에 절이는 법, 전분의 첨가 여부, 고춧가루의 첨가 여부에 따른 방법에 따라 제조 방법이 달라졌다. 따라서 조리서 및 관련문헌에 명시된 방법 중에서 사용 빈도수가 가장 높은 방법을 중심으로 표준화를 하였다.

재료

나박김치 제조에 사용된 재료는 일반적으로 구하기 쉬운 것으로 2004년 3~5월에 부산 부전시장에서 구입하였다. 배추와 무, 홍고추는 각각 1단위당 2.5~3 kg, 1.0~1.5 kg, 10~12 g의 중량을 가지는 것을 사용하였으며, 고춧가루는 영양청결 태양초, 소금은 천일염(천우일염업)을 사용하였다. 이외에 파, 마늘, 생강은 제조 당일 구입하였다.

나박김치의 제조 및 발효조건

나박김치의 제조는 조리서 및 관련문헌에 따른 표준화한 방법을 중심으로 이루어졌다. 나박김치의 재료 및 양념의 배합비는 물 100 mL에 대해 배추 45.0 g, 무 26.9 g, 파 1.9 g, 홍고추 1.0 g, 마늘 1.2 g, 생강 0.9 g, 고춧가루 0.7 g의 비율로 하였다. 실험에 사용한 나박김치는 국물 20 L를 기준으로 하여 제조하였다. 무는 깨끗이 씻어서 준비하고 배추는 길이를 떼어내고 연한 줄기 부분을 사용하여 납작한 모양으로 각각 2.5×2.5×0.5 cm의 크기로 썰어서 5% 건염법으로 18~20°C의 실온에서 20분간 소금을 뿌려서 절였다가 3회 수세 후 60분간 탈수하였다. 파는 잔파를 이용하여 2.5 cm 길이로 채 썰고, 홍고추는 꼭지를 떼고 반을 갈라 씨를 뺀 후 같은 길이로 채 썰어서 준비하였다. 마늘과 생강은 다져서 준비하였다. 고춧가루 140 g을 물 20 L에 첨가한 후 5°C의 저장온도에서 1시간 동안 우려내어 멸균한 2겹의 gauze로 짜서 나박김치 국물을 만들었다. 절인 무와 배추는 수돗물로 씻어 물기를 뺀 후 준비된 재료 및 양념과 함께 버무려 고루 섞은 후 준비한 국물을 부어서 나박김치를 제조하였다. 이때 양념한 재료부분과 국물부분의 염도를 천일염으로 각각 2.5%로 조절하여 섞는 방법으로 나박김치의 최종 염 농도를 조절하였다. 제조 직후의 나박김치의 온도는 18°C였다. 제조한 나박김치는 유리로 된 pint jar에 250 g씩 나누어 넣은 후 5°C, 10°C 및 20°C의 저장온도에서 발효시켰다.

pH 및 산도 측정

나박김치의 pH와 산도는 pint jar에 담긴 김치모두를 녹즙기(엔젤라이프사)를 사용하여 모은 즙액을 시료로 하여 측정하였다. pH는 pH meter(Thermo Orion Model 410A, USA)로 실온에서 측정하였고, 산도는 시료를 20배 희석하여 AOAC방법에 따라 측정하였는데, 0.1% phenolphthalein 지시약 1 mL를 첨가하여 0.01 N NaOH로 적정하여 분홍색

을 띄는 점(pH 8.3)으로 하였다. 이때 나박김치시료를 중화하는데 소요된 NaOH양을 젖산(lactic acid)의 함량 %로 환산하여 나타내었다.

$$\text{Acidity (\%)} = \frac{\text{mL of 0.01 N NaOH} \times \text{normality of NaOH} \times 0.09}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

Leuconostoc sp. 및 *Lactobacillus* sp. 젖산균 수의 측정

젖산균수의 측정은 평판계수법(plate count technique)을 이용하여 측정하였다. *Leuconostoc* sp.는 *Leuconostoc* 선택 배지로 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 phenylethyl alcohol sucrose agar medium(PES medium)를 사용하여 20°C에서 5일간 평판 배양하였다. *Lactobacillus* sp.는 *Lactobacillus* selection medium(LBS medium)에 *Pedio-coccus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified LBS agar medium(m-LBS medium)을 사용하여 37°C에서 3~4일간 평판 배양하여 나타난 colony수를 계수하였다(39).

CO₂ 함량 측정

나박김치의 CO₂함량의 측정은 pint jar에 담긴 나박김치 중 국물부분만을 모아서 시료로 사용하여 Benchtop ISE/pH meters(Orion Research Inc., USA)로 측정하였다. 즉, 측정 직전에 꺼낸 나박김치의 국물 시료 25 mL에 3차중류수 25 mL를 넣어 잘 혼합한 후 buffer 5 mL를 첨가하여 혼합하면서 electrode로 2분간 측정하며 2분 시점에서 CO₂측정기에 뜨는 값을 읽었다. 모든 시료 용액은 10°C의 온도를 유지하도록 하여 같은 방법으로 3회 반복 실험을 행하였다. 표준시액으로는 1,000 ppm standard solution(CaCO₃)을 사용하여 500 ppm, 100 ppm의 농도로 희석하여 측정 시마다 표준곡선을 작성하였다.

결과 및 고찰

나박김치의 재료배합비의 표준화

각종 조리서 및 관련 문헌에서 나박김치를 담글 때 사용되고 있는 다양한 부재료와 양념들의 사용빈도수를 Fig. 1에 나타내었다. 김치는 지역마다 선호하는 맛이 다르며 지역의 환경에 따라서도 첨가되는 부재료의 종류로 달라지므로, 나박김치의 재료 배합비는 특정 지역 환경에 준하지 않으면서 가장 일반적으로 사용하는 재료를 기준으로 하기 위해서 사용빈도수가 50%이하의 부재료 및 양념류는 나박김치의 표준화과정에서 제외되었다.

나박김치의 표준화과정에서 사용빈도수가 50%이상인 재료로는 배추, 무, 파와 홍고추가, 양념류로는 고춧가루, 마늘, 생강이 이에 속했다. 그 외에도 사용빈도수는 50%이하였지

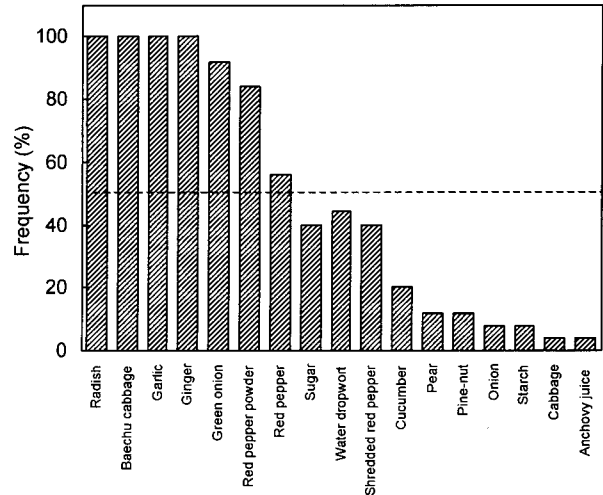


Fig. 1. Frequency of use of ingredients in manufacturing nabak kimchi from literatures.

만 부재료로는 미나리(44%), 실고추(40%), 오이(20%), 배(12%), 잣(12%), 양파(8%), 양배추(4%) 등이, 양념류로는 설탕(40%), 전분(8%), 젓갈(4%) 등이 첨가되기도 하였다. 배추김치에서와는 달리 나박김치의 제조에는 젓갈이 거의 첨가되지 않았으며, 물이 첨가되는 특징을 나타내었다. 조리서와 참고문헌에서 얻어진 자료 중 최대값과 최소값을 제외한 값으로 평균값과 이들 사이의 표준편차를 구하여 문헌에 입각한 나박김치의 재료 배합비의 표준값으로 하였다. 나박김치의 재료 배합비는 물 100 mL(54.9%)에 대해 절인 배추 45.0±26.7 g(24.7%), 무 26.9±10.3 g(14.8%), 파 1.9±0.6 g(1.0%), 홍고추 1.0±0.2 g(0.5%), 마늘 1.2±0.5 g(0.7%), 생강 0.9±0.4 g(0.5%), 고춧가루 0.7±0.4 g(0.4%)로 나타났다 (Table 1).

나박김치의 제조 방법의 표준화

김치류의 표준화에 관한 연구 방법으로는 주부를 대상으로 설문조사에 의한 방법, 문헌을 이용하여 통계적으로 분류 조사하는 방법으로, 김치의 부재료의 혼합비 및 제조방법을 표준화하였으며 이는 주로 배추김치를 중심으로 이루어졌

Table 1. Standardized ingredients ratio of nabak kimchi from literatures

	Ingredients	Weight (g)	Ratio (%)
Liquid part	Water (mL)	100	54.9
	Salt	2.5±1.0	1.1
	Red pepper powder	0.7±0.4	0.4
Solid part	Radish	26.9±10.3	14.8
	Bachu cabbage	45.0±26.7	24.7
	Garlic	1.2±0.5	0.7
	Ginger	0.9±0.4	0.5
	Green onion	1.9±0.6	1.0
	Red pepper	1.0±0.2	0.5
Final salt concentration (%)		2.5	

다. 본 연구에서 나박김치의 제조 방법의 표준화는 문헌에 명시된 제조 방법을 조사하여 사용 빈도수가 가장 높은 방법을 중심으로 이루어졌다(Fig. 2). 무는 깨끗이 씻어서 준비하고 배추는 겉잎을 떼어내고 연한 줄기 부분을 사용하여 납작한 모양으로 각각 2.5×2.5×0.5 cm의 크기로 썰어서 20분간 소금을 뿌려서 절인다. 파는 잔파를 이용하여 2.5 cm 길이로 채 썰고, 홍고추는 꼭지를 떼고 반을 갈라 씨를 뺀 후 같은 길이로 채 썰어서 준비한다. 다진 마늘과 생강도 함께 준비

해 둔다. 절인 무와 배추는 수돗물로 3회 씻고 1시간 동안 물기를 뺀 후 준비된 재료 및 양념과 함께 버무려 고루 섞은 후 준비한 국물을 붓는다. 이 때 나박김치 국물은 고춧가루로 1시간 동안 우려낸 후 멸균한 2겹의 gauze를 짜서 나온 것을 나박김치국물로 하였다.

김치의 재료를 다듬는 과정에서 일정한 길이로 잘라서 제조하는 경우와 그 자체를 이용하는 두 방법이 있다. 재료를 일정한 길이로 잘라서 김치를 제조할 경우 대부분의 부재료는 일정한 길이로 맞추어 자르는 경향을 나타내었다. 소금에 절임 방법으로는 무와 배추에 직접 뿌리는 방법, 소금을 뿌린 후 물을 끼얹는 방법, 소금물에서 절이는 방법이 있었으나, 나박김치의 경우 직접 뿌리는 방법의 빈도수(90%)가 더 높았다. 또한 무는 그 두께가 얇아서 소금으로 절이는 과정을 생략하는 경우도 있었다. 젓갈 대신 물과 함께 국물김치류의 발효원으로서 전분이 첨가하는 방법도 있었으나, 나박김치의 제조과정에서 사용빈도수는 높지 않았다. 따라서 위의 것을 고려하여 Table 1과 Fig. 2에서와 같이 나박김치의 제조방법이 표준화되었다.

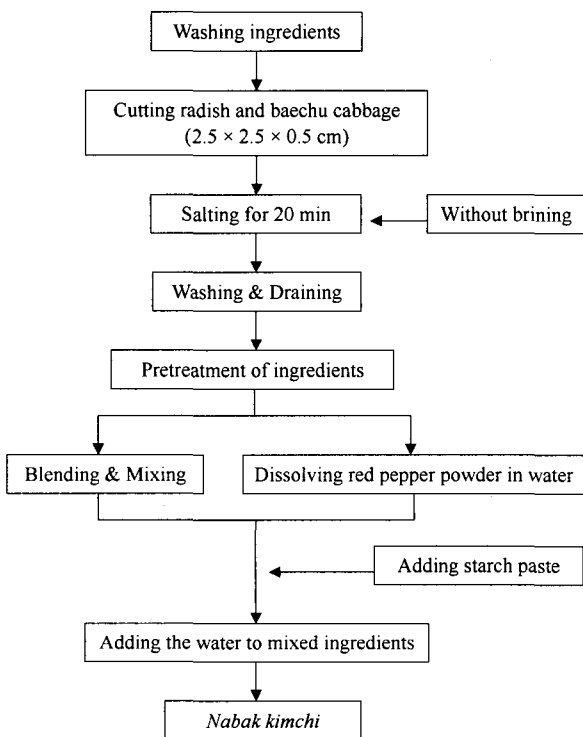


Fig. 2. Schematic diagrams for the standardized manufacturing method of *nabak kimchi* from literatures.

pH 및 산도의 변화

발효온도별 나박김치의 pH 및 산도의 변화를 관찰한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 각 온도에서 나박김치의 pH는 발효가 진행됨에 따라 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. pH는 온도의 변수로 pH의 감소속도는 발효온도에 비례하였으며, 온도가 높을수록 발효초기에 급속히 감소하는 경향을 나타내었다. 즉, 5°C에서 발효시킨 나박김치는 8일째에 pH 4.4로 감소하였으며, 10°C에서 발효시킨 나박김치는 3일째에 pH 4.4로 되었으며, 20°C에서 발효시킨 나박김치는 1일째에 pH 4.0이하로 감소하였다. 배추김치의 경우 5°C에서 발효시키면 3주 후에 적숙기에 도달한다(40). 이에 비해 나박김치는 물김치의 일종으로 다른 김치에 비해 발효가 매우 빠르

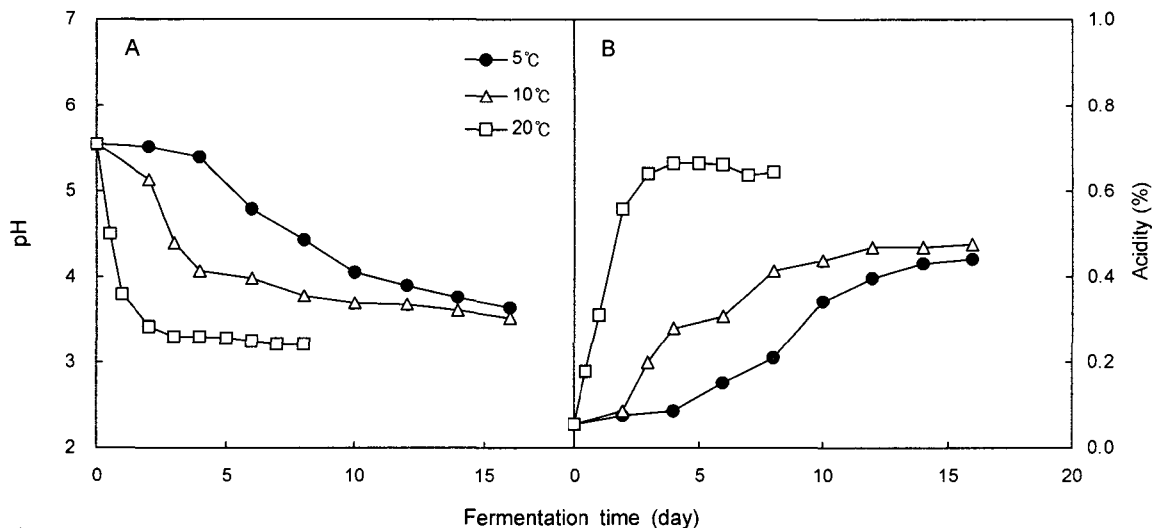


Fig. 3. Changes in pH (A) and acidity (B) of *nabak kimchi* during fermentation at different temperatures.

게 진행됨을 알 수 있었다. 발효기간 중 나박김치의 산도변화는 pH의 변화와는 반대로 발효기간이 경과됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 나박김치는 빠른 발효와 함께 낮은 산도를 나타내는 특징을 보였다. 즉 제조 직후 나박김치의 산도는 0.05%였으며, 발효기간이 경과됨에 따라 산도는 증가하여 5°C에서 발효시킨 나박김치는 8일째에 0.21%, 10°C에서 발효시킨 나박김치는 3일째에 0.20%, 4일째에 0.28%, 20°C에서 발효시킨 나박김치는 1일째에 0.31%로 되었다. 배추김치의 경우 먹기 좋을 정도로 적당히 익었을 때의 pH는 4.2~4.5 사이이고 산도는 0.60~0.89%로 보고 있다. 물김치 및 나박김치의 발효특성연구에서는 최적의 김치적숙기의 pH 4.3을 기준으로 하여 물김치의 최적기를 관찰하였다(2,8). 동치미의 경우는 pH 3.9를 최적기로 보고 있다(4). 따라서 다른 김치에 비해 낮은 산도를 나타내는 나박김치의 발효기간 중 적숙기에서의 산도를 정하기 위하여 pH 변화와 산도 변화와의 관계에서 배추김치의 적숙기에 해당하는 pH 4.2~4.5 사이에서의 산도 변화를 살펴보았다. 이에 해당하는 나박김치의 산도는 배추김치보다 훨씬 낮은 값으로 0.20~0.25% 사이에 있었다. 이는 나박김치를 포함한 물김치류의 발효과정 중 산도변화와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 물김치류의 발효특성은 첨가된 물의 양에 영향을 받아 발효를 빠르게 진행시키는 역할을 하는 것으로 볼 수 있었다. 물이 첨가되어 상대적으로 완충작용을 하여 용질의 농도가 감소하여 산이 조금만 생성되어도 pH의 감소가 크게 나타나는 것으로 사료된다. 차후에 각 pH와 산도에서 관능검사를 행하여 나박김치의 최적의 맛을 내는 적숙기에서의 pH와 산도를 관찰할 필요가 있다고 하겠다.

Lactobacillus sp. 및 *Leuconostoc* sp. 젖산균 수의 변화

발효온도를 달리한 나박김치의 젖산균수의 변화를 측정

한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. *Leuconostoc* sp.의 균수는 발효초기부터 높은 함량을 나타내었다. 5°C에서는 발효시킨 나박김치의 경우 발효 8~10일째까지 발효기간이 경과됨에 따라 서서히 증가하였다가 최고 균수(10⁸ CFU/mL)에 도달하였다. 10°C에서는 발효초기부터 급격히 증가하여 2~4일째에 10⁸ CFU/mL 수준에 도달하여 발효말기에도 비슷한 값을 유지하였다. 20°C에서는 발효초기부터 다른 온도에서 보다도 빠른 증가를 보인 후 비슷한 수준의 균수를 유지하였다. 발효온도가 높을수록 *Leuconostoc* sp.균은 빠르게 성장하였다.

Lactobacillus sp.는 발효초기부터 10⁶⁻⁷ CFU/mL수준의 높은 균수를 나타내었으며, 나박김치의 발효 전 기간에 걸쳐 높은 균수 함량분포를 나타내었다. 이는 나박김치의 *Leuconostoc* sp. 균수와 비슷한 수준의 값이었다. *Lactobacillus* sp.균의 함량도 *Leuconostoc* sp.균의 결과에서와 같이 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보였고, 발효온도가 높을수록 빠른 증가속도를 보였으며, 5°C에서는 발효초기농도에서 증가되지 않고 그 수준을 그대로 유지하였다. 나박김치는 발효초기부터 높은 젖산균 수를 나타내었으며 일반김치에 비해 빠른 속도로 증가함을 알 수 있었다. 일반적으로 김치의 발효과정에서 재료의 배추나 무에 함유된 발효성 당성분을 용해하여 젖산균이 산을 생성한다. 나박김치에 첨가된 물은 재료의 배추나 무에 함유된 발효성 당성분을 용해하는데 있어서 재료의 표면적을 넓게 하여 당의 용해를 더욱 용이하게 하는 역할을 하는 것으로 사료된다.

CO₂ 함량의 변화

온도에 따른 나박김치의 발효과정 중에 생성된 CO₂의 함유량을 관찰한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 나박김치의 CO₂ 함량은 발효의 진행과 함께 증가하였다가 일정함량을 유지한 후 급속히 감소하는 경향을 나타내었다. 나박김치의 CO₂

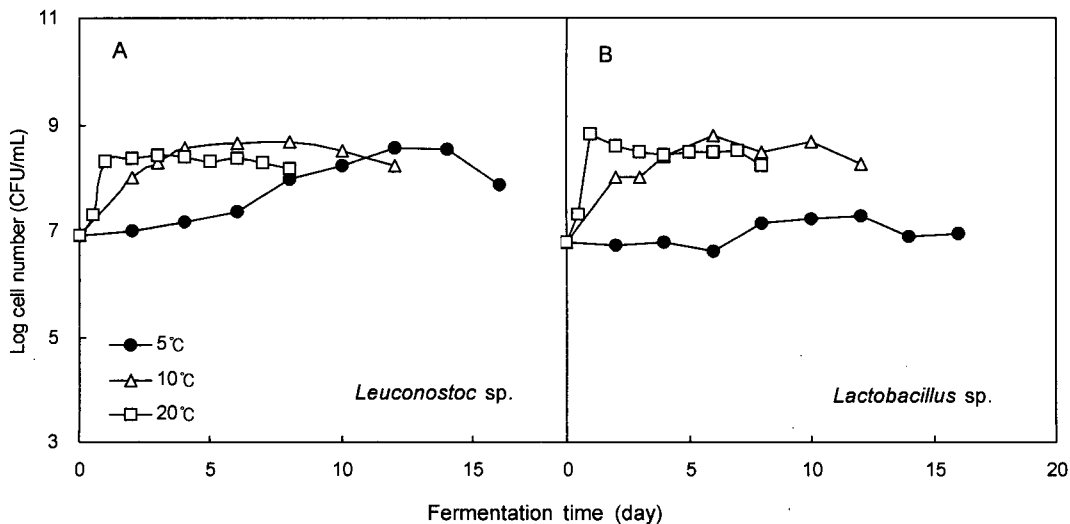


Fig. 4. Changes in *Leuconostoc* sp. (A) and *Lactobacillus* sp. (B) of *nabak kimchi* during fermentation at different temperatures.

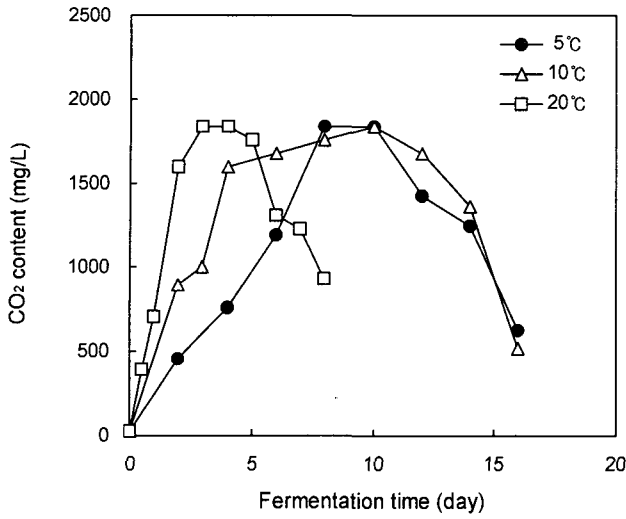


Fig. 5. Changes in CO₂ content of *nabak kimchi* during fermentation at different temperatures.

생성속도는 온도에 영향을 받음을 알 수 있었는데 발효온도가 높을수록 CO₂의 생성이 빠르게 일어났다. 5°C에서 나박김치의 CO₂함량은 발효의 진행과 함께 서서히 증가하여 8일 경에 최고치에 도달하여 10일째 이후로 감소하기 시작하였다. 10°C에서는 4일째에 높은 값의 CO₂함량을 나타내기 시작하여 10일 경까지 높은 값을 유지한 후 감소하기 시작하였다. 20°C에서는 2일째에 높은 값의 CO₂함량에 도달하여 발효 6일 경부터 감소하기 시작하였다. 나박김치의 발효과정 중에 생성된 CO₂함량의 변화는 김치의 발효과정에 관여하는 이상젖산발효균에 의한 것으로 추측할 수 있다(12).

발효초기에 많이 성장하는 *Leuconostoc mesenteroides*는 김치의 맛과 숙성에 관여하는 미생물로서 젖산, 초산 등을 생성하여 김치를 산성화하는 동시에 빠른 속도로 탄산가스를 발생하여 험기상태로 만들어 주는 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(13,14).

또한, 온도별 나박김치의 CO₂의 생성정도를 pH와의 관계에서 살펴보면, 각 발효온도에서 나박김치의 CO₂함량은 나박김치의 발효 최적기에 해당하는 시점에서 높은 함량을 나타내기 시작하였는데, 온도가 높을수록 CO₂의 함량이 높은 값에 도달하는 시점의 pH가 낮아졌다. 즉, 5°C에서는 pH 4.0~4.4, 10°C에서는 pH 3.7~4.1, 20°C에서는 pH 3.3~3.4의 범위에서 높은 CO₂함량을 나타내어, 전체적으로 pH 3.3~4.3범위에서 CO₂함량이 높은 것으로 나타났다(Fig. 6). 이는 높은 발효온도에 의해 CO₂의 발생보다도 먼저 많은 양의 산이 생성되기 때문으로 생각할 수 있다. 20°C에서는 pH 3.3에서 높은 함량의 CO₂생성을 관찰할 수 있었다. 이는 높은 온도에서는 발효에 의한 김치의 산성화가 CO₂의 발생속도보다도 빠르게 진행되었으며 CO₂의 감소속도도 빠르게 일어나는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 발효과정 중 발효초기의 나박김치의 CO₂의 발생은 발효온도별 *Leuconostoc* sp.균

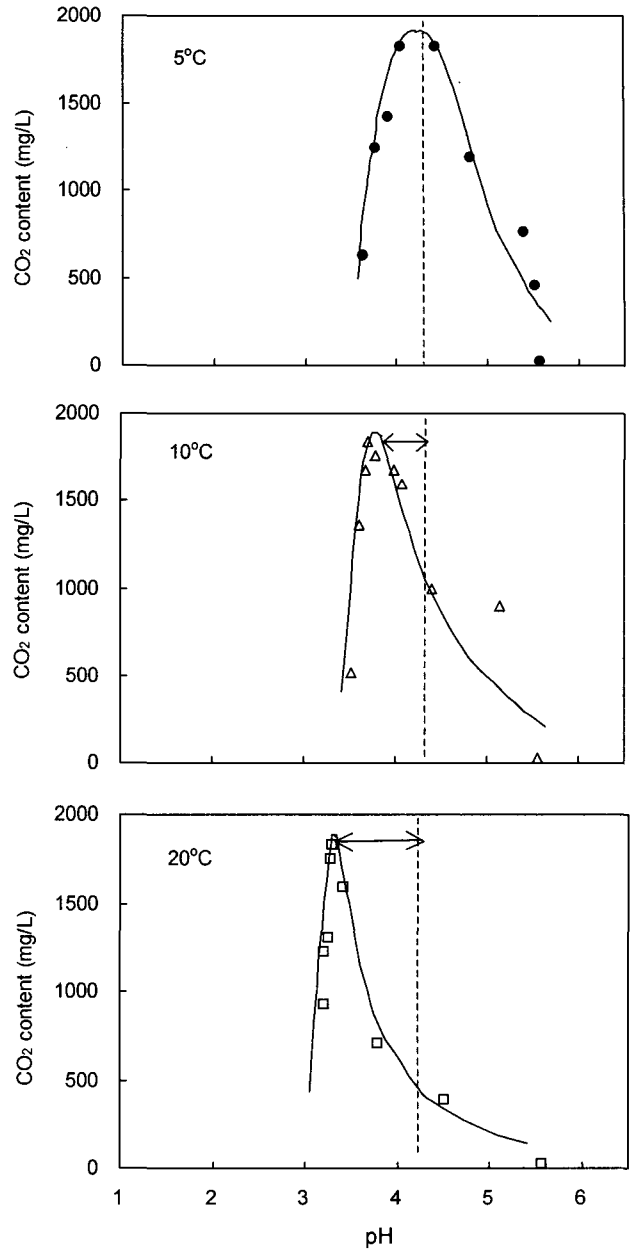


Fig. 6. Relationships between pH and CO₂ content of *nabak kimchi* during fermentation at different temperatures.

의 발효양상과 비슷한 경향을 나타내었다. 발효말기의 CO₂함량의 감소는 *Lactobacillus* sp.균의 생성 및 CO₂의 발생에 관여하는 다른 미생물의 감소 등에 의한 것으로 생각된다(14,41,42).

한편 각 발효온도별 적숙기 pH 4.3에서의 CO₂함량을 비교하여 보면 온도가 낮을수록 높은 함량을 나타내었다. 5°C에서 발효시킨 나박김치가 가장 높은 함량을 나타내었으며 20°C에서는 소량의 CO₂생성을 확인할 수 있었다. 10°C에서의 발효는 다른 온도에 비해 오랜 기간 높은 CO₂함량을 유지하지만 적숙기에서는 5°C에서 발효한 나박김치보다는 낮은 CO₂함량을 나타내었다. 이는 저온에서의 CO₂용해도의 증가

에 의한 것으로 생각된다(15). 따라서 나박김치의 적숙기에 서의 CO₂함량과 가식기간과의 관계를 고려한다면 5°C의 저온에서 나박김치를 발효할 경우 CO₂에 의한 시원한 맛과 가식기간을 연장시키는 효과를 볼 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

각종 조리서 및 문헌의 자료를 이용하여 나박김치의 재료 배합비 및 제조 방법을 표준화하였다. 표준화한 방법으로 제조한 나박김치의 저장온도별(5, 10, 20°C) 발효특성과 CO₂ 생성특성에 대하여 검토하였다. 나박김치의 재료 배합비는 물 100 mL(54.9%)에 대해 절인 배추 45.0±26.7 g(24.7%), 무 26.9±10.3 g(14.8%), 파 1.9±0.6 g(1.0%), 홍고추 1.0±0.2 g(0.5%), 마늘 1.2±0.5 g(0.7%), 생강 0.9±0.4 g(0.5%), 고춧가루 0.7±0.4 g(0.4%)로 나타났다. 나박김치의 표준 제조방법으로는 무와 배추는 깨끗이 씻어서 준비하고 각각 2.5×2.5×0.5 cm의 크기로 썰어서 20분간 소금을 뿌려서 절인다. 파와 홍고추는 2.5 cm 길이로 채 썰어서 준비한다. 마늘과 생강은 다져서 준비하고, 고춧가루는 물에서 우려내어 멸균한 2겹의 gauze로 짜서 나박김치 국물을 만든다. 절인 무와 배추는 수돗물로 씻어 물기를 뺀 후 준비된 재료 및 양념과 함께 버무린 다음 국물을 부어서 나박김치를 제조한다. 나박김치의 산도는 5°C에서는 8일째에 0.21%, 10°C에서는 3일째에 0.20%, 20°C에서는 1일째에 0.31%로 되었다. pH와 산도의 관계에서는 김치의 적숙기에 해당하는 pH 4.2~4.5 사이에서 나박김치의 산도는 0.20~0.25% 사이에 있었다. 다른 종류의 김치에서와 같이 나박김치는 높은 *Leuconostoc* sp. 함량을 나타내었으며, 특히 낮은 발효온도(5°C)에서는 발효 말기에 *Leuconostoc* sp.균의 생성이 많아졌다. 그러나 5°C에서 나박김치의 *Lactobacillus* sp.균은 다른 발효온도에 비해 낮은 함량을 나타내었다. CO₂함량은 발효의 진행과 함께 초기부터 증가하였다가 급속히 감소하였다. 나박김치의 pH와 CO₂함량의 관계에서, 5°C, 10°C 및 20°C의 발효온도에서 각각 pH 4.0~4.4, 3.8, 3.4에서 가장 높은 CO₂ 함량을 나타내었다. 5°C에서 발효시킨 나박김치가 적숙기 pH에서 가장 높은 CO₂함량을 나타내어 5°C의 저온에서 나박김치를 발효할 경우 맛 증진과 가식기간을 연장시킬 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2003년 LG 전자 디지털 어플라이언스 사업 본부의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Yoon SS. 1988. History of Kimchi. *Korean Soc Food Cookery Sci* 4: 89-95.
 2. Moon BK. 1994. Effect of temperature and sucrose concentration on fermentation, dextran formation and viscosity

of *nabak kimchi*. MS Thesis. Seoul National University.
 3. Sohn KH. 1991. The sorts and use of kimchi. *Korean J Dietary Culture* 6: 503-520.
 4. Lee HS, Lee MR. 1990. A study on the flavor compounds of dongchimi. *Korean J Soc Food Sci* 6: 1-8.
 5. Pie JE, Jang MS. 1995. Effect of preparation methods on *yulmoo kimchi* fermentation. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 990-997.
 6. Kim HR, Park JE, Jang MS. 2002. Effect of perilla seed paste on the *yulmoo mul-kimchi* during fermentation. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 290-299.
 7. Choi SY, Oh JY, Yoo JW, Hahn YS. 1998. Fermentation properties of *yulmoo mulkimchi* according to the ratio of water to *yulmoo*. *Korean J Food Sci* 14: 327-332.
 8. Oh JY, Hahn YS. 1999. Effect of NaCl concentration and fermentation temperature on the quality of *Mul-kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 21: 421-426.
 9. Lim HJ, Shin SM, Choi YJ, Kwon HS, Yum CA. 1996. A study on *nabak-kimchi* added fresh ginseng. *Korean J Soc Food Sci* 12: 346-352.
 10. Moon SW, Jang MS. 2000. Effect of water extract from *Omiija* (*Schizandra chinensis* Baillon) on *nabak kimchi* preservation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 814-821.
 11. Moon SW, Jang MS. 2000. Effect of *Omiija* (*Schizandra chinensis* Baillon) on the sensory and microbiological properties of *nabak kimchi* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 822-831.
 12. Han HU, Lim CR, Park HK. 1990. Determination of microbial community as an indicator of kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 22: 26-32.
 13. Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 34: 175-203.
 14. Lee DS. 1996. Gas production and volume expansion in packing vessel of kimchi. *Food Industry Nutr* 1: 81-87.
 15. Chyun JH, Rhee HS. 1976. Studies on the volatile fatty acids and carbon dioxide produced in different kimchis. *Korean J Food Sci Technol* 8: 90-94.
 16. 박경신, 한복려, 정길자, 한정혜, 조명숙. 1992. 맛김치, 김장김치. 효성출판사, 서울.
 17. 한정혜. 1990. 365일 식탁의 맛과 멋(김치). 주부생활사, 서울.
 18. 왕준련, 한복선, 박경옥. 1991. 맛김치, 김장김치. 주부생활 신세대요리, 서울.
 19. 황혜성, 왕준련, 하숙정, 한정례, 한복례. 1994. 식단과 반찬 365일. 주부생활사, 서울.
 20. 노진화. 1990. 한국 요리 베스트 200. 한림출판사, 서울.
 21. 조후중. 2002. 대한민국 자녀 요리책. 동아일보사, 서울.
 22. 웅진닷컴 편집부. 2003. 신혼 요리 백과. 웅진닷컴, 서울.
 23. 한복선. 1993. 만들기 쉬운 우리집 반찬. 효성출판사, 서울.
 24. 조정감. 2002. 손맛 맨 우리 음식 이야기. 웅진닷컴, 서울.
 25. 웅진닷컴편집부. 2002. 맛있는 김치. 웅진닷컴, 서울.
 26. 서울문화사편집부. 2002. 왕초보 쉬운 요리 백과. 서울문화사, 서울.
 27. 심영순. 2000. 옥수동 선생 심영순의 30년 노하우; 최고의 우리맛. 동아일보사, 서울.
 28. 남경희. 2001. 70년 손맛 남경희 할머니의 최고의 한식 밥상. 서울문화사, 서울.
 29. 강인희. 1999. 한국의 상차림. 효일문화사, 서울.
 30. 강인희. 1988. 한국의 맛. 대한교과서 주식회사, 서울.
 31. 한복려. 1999. 우리가 정말 알아야 하는 우리 김치 백가지. 현암사, 서울.
 32. 황혜성, 한복려, 한복진. 1991. 한국의 전통음식. 교문사, 서울.
 33. 하신정. 1979. 한국음식. 효림출판사, 서울.
 34. 김만조, 이규택, 이어링. 1996. 김치 천년의 맛(II). 디자인하우스, 서울.

35. 이정섭. 2001. 우먼센스쿠킹. 서울문화사, 서울.
36. 이영택. 2001. 조선무상 신식요리법. 문화요리연구소, 서울.
37. 남경희. 1981. 간단한 한국요리법. 행문출판사, 서울.
38. Cho EJ, Rhee SH, Park KY. 1998. Standardization of kinds of ingredient in Chinese cabbage *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1456-1463.
39. Lee MK, Park WS, Kang KH. 1996. Selective media for isolation and enumeration of lactic acid bacteria from kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 754-760.
40. Choi SM, Park KY. 2002. Effects of different kinds of salt on kimchi fermentation and chemopreventive functionality. *J Korean Assoc Cancer Preven* 7: 192-199.
41. Lee DS, Kwon HR, Ha JU. 1997. Estimation of pressure and volume changes for packages of kimchi, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technol Sci* 10: 15-32.
42. Jeon JT. 1999. CO₂ production and volume changes in packages during kimchi fermentation. *MS Thesis*. Pusan National University.

(2005년 2월 14일 접수; 2005년 4월 26일 채택)