



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2022年 8月
碩士學位論文

총각김치의 최적 발효조건

朝鮮大學校大學院

食品營養學科

趙 民 主

총각김치의 최적 발효조건

Optimum fermentation conditions for Chonggak Kimchi

2022年 08月 26日

朝鮮大學校大學院

食品營養學科

趙 民 主

총각김치의 최적 발효조건

指導教授 張 海 春

이 논문을 理學碩士學位申請 論文으로 提出함

2022年 04月

朝鮮大學校大學院

食品營養學科

趙 民 主

趙民主의 碩士學位論文을 認准함

委員長 조선대학교 교수 이 주 민 印

委 員 조선대학교 교수 최 지 영 印

委 員 조선대학교 교수 장 해 춘 印

2022년 05월

朝鮮大學校 大學院

목 차

ABSTRACT	VI
제 1장 서론	1
제 2장 실험 재료 및 방법	4
제 1절 총각김치 시료 준비	4
1. 총각김치 시료 구매	4
2. 총각김치 온도 설정	4
제 2절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 분석	5
1. 총각김치의 이화학적 특성 분석	5
가. pH 및 산도 측정	5
나. 염도 및 당도 측정	5
2. 총각김치의 미생물학적 특성 분석	6
가. 배양학적 방법을 통한 균총 분석	6
나. 비배양학적 방법을 통한 균총 분석	6
(1) PCR (Polymerase chain reaction)	6
(2) DGGE (Denaturing gradient gel electrophoresis)	8
제 3절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 관능검사	
1. 관능검사	9
2. 통계처리	9

제 4절 총각김치 최적의 발효 조건 도출	10
1. 총각김치 시료 준비	10
2. 총각김치의 이화학적 특성 분석	10
가. pH 및 산도 측정	10
나. 염도 및 당도 측정	10
3. 총각김치의 미생물학적 특성 분석	11
4. 관능검사	11
5. 통계처리	11
제 3장 실험 결과 및 고찰	12
제 1절 총각김치 시료 구매 및 발효 온도 설정	12
제 2절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 분석 ...	13
1. 총각김치의 이화학적 특성 분석	13
가. pH 및 산도 측정	13
나. 염도 및 당도 측정	16
2. 총각김치의 미생물학적 특성 분석	19
가. 배양학적 방법을 통한 균총 분석	19
(1) 총균수	19
(2) <i>Leuconostoc</i> sp. 수	21
(3) <i>Lactobacillus</i> sp. 수	23
(4) <i>Weissella</i> sp. 수	23
나. 비배양학적 방법을 통한 균총 분석	27
제 3절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 관능검사	
제 4절 총각김치 최적의 발효 조건 도출	35
1. 최적 발효 조건에 따른 총각김치의 이화학적 변화	35

가. pH 및 산도 측정 35
나. 염도 및 당도 측정 37
2. 최적 발효 조건에 따른 총각김치의 배양학적 변화 39
3. 최적 발효 조건에 따른 총각김치의 관능적 특성 42

제 4장 결론 46

제 5장 참고문헌 50

LIST OF TABLES

Table 1. Changes in salinity of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C	17
Table 2. Changes in sugar content of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C	18
Table 3. Sensory evaluation results of choggak kimchi stored for 12 weeks	32
Table 4. Changes in salinity and sugar content of chonggak kimchi	38
Table 5. Sensory evaluation results of choggak kimchi	43

LIST OF FIGURES

Figure 1. Changes in pH and acidity of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C	15
Figure 2. Changes in total cell counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C	20
Figure 3. Changes in <i>Leuconostoc</i> sp. counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C	22
Figure 4. Changes in <i>Lactobacillus</i> sp. counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C	24
Figure 5. Changes in <i>Weissella</i> sp. counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C followed by storage at -1°C	25
Figure 6. The ratio of <i>Leuconostoc</i> sp., <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Weissella</i> sp., in chonggak kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C, 10°C and storage at -1°C without fermentation	26
Figure 7. DGGE profile of chonggak kimchi	29
Figure 8. Changes in pH and acidity of chonggak kimch	36
Figure 9. Changes in lactic acid bacteria counts of chonggak kimchi	40
Figure 10. Changes in the ratio of <i>Leuconostoc</i> sp., <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Weissella</i> sp., in chonggak kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C and storage at -1°C without fermentation	41

ABSTRACT

Optimum fermentation conditions for Chonggak Kimchi

Min Ju Jo

Advisor : Prof. Chang, Hae Choon, Ph. D.

Department of Food and Nutrition,

Graduate School of Chosun University

This study was conducted to establish the optimal fermentation conditions for Chonggak kimchi. In this study, Chonggak kimchi was fermented at 6.5, 10°C followed by storage at -1°C when the acidity of the kimchi reached \cong 0.4%, 0.6%, 0.8% and the control kimchi was stored at -1°C without fermentation. The two were compared by analyzing pH, acidity, microbial community, and sensory evaluations on five occasions: end of fermentation; at 2 weeks; at 4 weeks; at 8 weeks; and finally at 12 weeks.

The initial pH of Chonggak kimchi was 6.13 ± 0.16 , the acidity was $0.19 \pm 0.02\%$, the salinity was $1.86 \pm 0.15\%$, and the sugar content was 9.27 ± 0.78 brix°. The acidity of the 10°C fermented Chonggak kimchi changed rapidly during the 12 weeks of storage, and 6.5°C acidity 0.4% showed the optimal acidity range of kimchi up to 4 weeks of storage, indicating a longer quality maintenance period than other sections. The pH and acidity of the control kimchi remained almost unchanged until 4 weeks of storage, and then gradually increased.

The initial total cell number of Chonggak kimchi was 6.26 ± 0.27 log CFU/mL. The maximum number of bacteria acidity was 0.4% and 0.6% at 6.5°C, it became approximately 10^8 CFU/mL and decreased gradually to approximately 10^7 CFU/mL during the 12 weeks of storage. At 10°C acidity 0.80%, it decreased rapidly from the 8 weeks of storage to approximately 10^6 CFU/mL. The control kimchi recorded 10^6 CFU/mL at 2 weeks of storage, and increased gradually from the 4 weeks.

The initial *Leuconostoc* sp. number of Chonggak kimchi was 6.21 ± 0.08 log CFU/mL, the highest among the total cell ratios, showing approximately 10^8 CFU/mL in all sections after fermentation. The number and ratio of *Leuconostoc* sp. was high from 6.5°C acidity 0.4% and did not drop below 10^7 CFU/mL until the 12 weeks.

The initial *Lactobacillus* sp. number of Chonggak kimchi was 4.56 ± 0.28 log CFU/mL, and the ratio of *Lactobacillus* sp. was small in all sections. The initial *Weissella* sp. number of Chonggak kimchi was 4.89 ± 0.24 log CFU/mL ratio of *Weissella* sp. to 10°C fermentation was found to be higher than that of 6.5°C fermented Chonggak kimchi. For the control kimchi, the ratio of *Weissella* sp. was higher than other lactic acid bacteria during storage.

The sensory evaluations revealed that the carbonated taste and sweetness lasted up to 12 weeks at 6.5°C acidity 0.4%. At 10°C, the sourness was the strongest during the 12 weeks of storage. The control kimchi had the strongest raw taste and astringency until 2 weeks. It began to ripen from the 4 weeks and the taste of astringency and bitterness gradually decreased. Overall, acceptance 6.5°C acidity 0.4% for carbonated taste and sweetness are highly evaluated for all periods. This showed that kimchi can be stored for a long time with this optimal taste for at least 12 weeks at 6.5°C acidity 0.4%.

In conclusion, Chonggak kimchi was fermented at 6.5°C followed by storage at -1°C when the acidity of the kimchi reached $\cong 0.4\%$ results in a better taste and is edible for longer.

제 1장 서론

김치는 배추, 무, 오이 등의 주원료를 젖갈류 및 각종 양념(고춧가루, 소금 등)을 혼합하여 발효, 숙성시킨 우리나라 고유의 전통 발효식품 중 하나로 유산균이 풍부한 건강 발효식품으로 알려져 있다[1, 2, 3]. 김치는 비만과 동맥경화 억제, 항산화 및 면역증강 효과, 비타민, 무기질의 공급원 등 건강 기능성 및 영양학적 우수성이 보고되고 있다[4, 5]. 미국의 건강 전문 월간지인 ‘헬스(Health)’에서는 그리스의 요구르트, 일본의 나또, 스페인의 올리브유, 인도의 렌즈콩과 함께 한국의 김치를 세계 5대 건강식품으로 선정하였고[6], 2018년 영국 가디언(The Guardian)은 김치를 세계 최고의 6가지 절임 및 발효식품의 하나로 소개하는 등 국내뿐 아니라 국외적에서도 김치에 대한 관심과 수요가 증가하면서 김치산업은 빠르게 성장하고 있다[7].

김치의 발효 및 숙성에는 발효과정 중의 온도가 크게 영향을 미친다. 발효 온도는 김치의 맛에 관여하는 미생물의 증식에 영향을 주며 이는 염분이 김치에 미치는 영향보다 더 크게 영향을 주는 것으로 알려져 있다[3, 8, 9, 10, 11, 12]. 김치 발효 및 숙성에 관여하는 젖산균은 자연계에 널리 존재하며, 식품에서 젖산균에 의한 발효는 상큼한 향과 맛을 내게 하고 유기산, 당, 지방 성분 및 단백질을 이용하여 독특한 향과 풍미 성분으로 전환해 제품의 질 향상에 바람직한 역할을 한다. 현재 김치 발효에 관여하는 미생물에는 200여 종 이상이 알려져 있고 이중 김치 발효에 주로 관여하는 젖산균으로는 *Lactobacillus* sp., *Leuconostoc* sp. *Weissella* sp. 등이 있으며, 대표적으로 *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sakei*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc lactis*, *Leuconostoc citreum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Weissella cibaria*, *Weissella confusa*, *Weissella koreensis* 등이 알려져 있다[13, 14, 15, 16, 17]. 따라서 김치 발효 및 보관 과정에는 많은 미생물이 관여하고 있으며, 김치 내 미생물의 균집 분포는 김치의 품질 결정에 매우 중요한 요소라 할 수 있다[18, 19].

김치 발효과정에 관여하는 유산균들은 경시적인 변화에 의해 발효 초기에는 *Leuconostoc* sp. 와 약산성 조건에서 잘 증식하는 이상 젖산균(homofermentative lactic acid bacteria)이 젖산, 에탄올, 초산, 이산화탄소 등을 생산한다. *Weissella* sp. 은 발효된 소시지로부터 분리된 *Leuconostoc paramesenteroides* 와 *Lactobacillus* sp. 5종을 모아서 6종으로 1993년 Collins 등이 새로운 속을 제안함으로써 만들어졌

으며 -1°C 나 pH 4.3 이하의 환경에서도 잘 자란다고 알려져 있다[10, 20]. 김치의 적숙기 이후 pH가 낮아져 산성의 환경이 되면 내산성이 강한 정상 젖산균(homofermentative lactic acid bacteria)인 *Lactobacillus* sp.이 빠르게 증식하면서 젖산 생성이 강하게 일어나 김치를 시어지게 한다. 이때를 김치과숙기라 칭하며 이때부터 김치 품질이 저하되게 된다[15].

김치의 발효 및 보관은 초기 발효 온도에 가장 크게 영향을 받는다. 김치를 저온에서 발효시킬 경우 김치는 적당한 익힘과 맛이 좋은 상태를 유지하며 저장기간 연장에 효과적이다[21]. 저온(5°C)에서도 생육이 활발한 균인 *Leuconostoc* sp.는 이산화탄소를 생성하여 김치를 혐기적 상태로 만들고, 유기산과 만니톨을 생성하여 김치에 특 쓰는 시원한 맛과 단맛을 부여한다. 이에 김치의 관능적 특성 향상에도 기여한다고 알려져 있으며 김치의 종균으로도 사용되고 있다[22, 52]. 중·고온(15°C , 25°C)에서 생육이 활발한 균인 *Lactobacillus* sp. 은 발효 후기에 관여하는 주요 젖산균으로 내산성이 강해 많은 유기산을 생성하여 김치를 시어지게 하고 김치의 산패에 관여한다고 알려져 있다. 이에 김치는 다른 발효식품(된장, 술 등)에 비해 상대적으로 저장기간이 짧아 저장성을 향상시키기 위해 저온 저장, 방사선 조사, 열처리 및 천연 향균 물질 사용 등의 연구가 이루어지고 있고 이를 이용해 김치의 발효를 조절하기도 한다[14, 23, 24, 25, 26].

김치에서 분리한 유산균 분리를 위해서 전통적으로는 고체배지에서 관찰되는 colony 형태와 색 등을 이용해 동정하지만 모든 미생물을 배양하지 못하고 특이적인 선택배지의 부재에 따른 동정의 한계 등으로 인하여 분리유산균의 정확한 분류와 동정에 한계를 가지고 있다. 이에 2000년 이후부터 단기간에 분석이 가능한 분자생물학적 방법들이 활발히 적용되고 있다. 특히 생태학 연구에 적용되는 비배양 방법(culture independent method)이 발효식품들에도 많이 사용되고 있다. 비배양학적 방법 중 우점하고 있는 유산균 종들을 김치 발효 단계별로 신속히 파악하기 위해 전기영동 시 겔 내에 존재하는 변성제의 농도 구배에 따른 핵산의 이중나선 구조와 변성 구조, T_m (melting temperature)값의 차이에 의해 핵산의 이동속도가 달라지는 PCR-DGGE(polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis) 방법이 효과적으로 사용되어 지고있다[27].

배추김치에 대한 최적 발효·보관조건이나 발효 기간 동안 김치 속 미생물의 군총 변화를 조사하는 연구들은 활발히 이루어지고 있는 반면, 별미김치 관련 연구는 매우 미흡한 시점이다[28, 29]. 최근 소비자들은 취향에 따라 다양한 종류의 김치를 선

호하게 되면서 별미김치의 수요가 매년 증가하고 있으며 배추김치 다음으로 깍두기, 동치미, 총각김치 등이 섭취되고 있다[30, 31]. 이 중 총각김치는 총각무(알타리무)를 염수나 소금으로 절인 후 양념을 혼합하여 발효, 숙성한 김치를 말한다. 총각김치는 섬유질이 풍부해 단단하지만 씹을 때 아삭하고 톡 쏘는 시원한 맛과 무기질이나 비타민 함량이 풍부해 많이 섭취되고 있는 별미김치 중 하나이다[32, 33]. 총각무의 뿌리와 잎에는 영양성분이 골고루 들어 있어 김치 담금 시 뿌리와 잎을 다 이용할 수 있으며 계절에 관계 없이 연중 생산이 가능하나 겨울에 재배된 총각무를 이용해 담근 총각김치가 김치를 맛있게 먹을 수 있는 가식기간이 길어 가장 우수하다고 보고되어 있다[34]. 현재 무를 주재료로 하여 담근 김치에 대한 연구는 주로 동치미와 깍두기 위주로 연구가 진행되고 있고 총각김치에 대한 연구는 미흡한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 제조 직후의 총각김치를 구매해 6.5℃, 10℃에서 일정 기간 발효 후 -1℃에서 12주 저장했을 때 나타나는 이화학적, 배양학적, 비배양학적 균총 분석 및 관능적 특성을 분석해 관능적으로 우수하고 장기간 저장될 수 있는 총각김치의 최적 발효, 보관조건을 확립하고자 한다.

제 2장 실험 재료 및 방법

제 1절 총각김치 시료 준비

1. 총각김치 시료 구매

본 연구에 사용한 총각김치는 제조일로부터 2일 이내 생산된 CJ 비비고 총각김치 (포장단위: 1.5 kg)를 구매해 사용하였다.

2. 총각김치 온도 설정

총각김치는 구매 즉시 김치냉장고용 김치통(27×22×28 cm)에 상품 총각김치 1.5 kg를 포장상태 그대로 2개씩 넣어 보관하였다. 이때 모든 김치통마다 김치통 높이의 1/3지점과 김치통 가로 넓이 1/2인 지점에 온도센서를 무부하 상태로 부착 후 김치의 발효 및 보관이 완료되는 12주 동안 계측하고 기록하였다 (MX100, Yokogawa, Japan)[28]. 6.5℃와 -1℃의 경우 각 온도에 맞게 설정된 김치냉장고 (K419SN13E, LG, Korea)에서 저장하였으며, 10℃의 경우 온도에 맞게 설정된 향온기 (HB-103S, Hanbaek, Korea)에서 저장하였다.

제 2절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 분석

1. 총각김치의 이화학적 특성 분석

가. pH 및 산도 측정

총각김치 시료 1.5 kg 중 500 g을 각 부위별로 균등하게 채취하여 hand blender (MR 5550 CA, Braun, Co, Germany)로 마쇄한 후, 2겹의 멸균거즈로 여과한다. 다음 10 mL를 취하여 pH 측정은 pH meter (510 pH meter, Fisher Science Education, Harnover Park, IL, USA)를 사용하여 측정하였고, 산도는 AOAC (Association of official analytical chemists) 방법에 의해 0.1 N NaOH로 pH 8.1이 될 때까지 적정한 후 소비된 0.1 N NaOH의 소비량을 측정하여 아래 식을 이용해 젖산 함량으로 환산하여 총 산 함량(% w/w)을 표시하였다[35].

$$\text{총 산(\%)} = a \times f \times F \times 10$$

a: 0.1 N NaOH 용액의 소비량 (mL)

f: 0.1 N NaOH 용액의 factor (1.000)

F: 0.1 N NaOH 용액의 1 mL 상당 유기산 계수 (젖산의 경우: 0.009)

나. 염도 및 당도 측정

김치의 염도는 염도계 (ES-421, ATAGO, Japan)를 사용하여 측정하였고 김치의 당도는 당도계 (Digital probe refractomet WM-7, ATAGO, Japen)를 사용하여 측정하였다. 염도와 당도는 3회 이상 반복 측정해 기록하였다.

2. 총각김치의 미생물학적 특성 분석

가. 배양학적 방법을 통한 균총 분석

총각김치 내 총균수를 분석하기 위해 MRS(deManm Rogosa and Sharpe: BD/Difco, Sparks, MD, USA)와 고체배지와 탄산칼슘(CaCO_3)이 2% 첨가된 MRS 고체배지[36], bromophenol blue 0.002% 첨가된 MRS 고체배지를 사용하였다[37]. 유산균 중 *Leuconostoc* 속의 선별은 phenyl ethyl alcohol sucrose 고체배지(PES agar: sucrose 2%, tripticase peptone 0.5%, yeast extract 0.05%, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.05%, KH_2PO_4 0.1%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.2%, phenyl ethyl alcohol 0.25%, agar 1.5%, pH 6.8)를 사용하였고, *Lactobacillus* 속의 선별은 modified-*Lactobacillus* selection (LBS agar: yeast extract 0.5%, glucose 2%, tripticase peptone 1%, ammonium citrate 0.2%, sodium acetate 1.5%, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.0575%, MnSO_4 0.012%, FeSO_4 0.0034%, sorbitan monoolate 0.1%, KH_2PO_4 0.6%, acetic acid 0.25%, agar 1.5%, pH 5.5)를 사용하였다[38]. 여과한 김치 여액 1 mL를 멸균한 증류수에 단계적으로 희석 후 100 μL 씩 평판배지에 도말하여 30°C에서 2-3일간 배양하였고 형성된 colony를 log colony forming unit(log CFU/ml)로 나타내었다.

나. 비배양학적 방법을 통한 균총 분석

(1) PCR (polymerase chain reaction)

PCR은 적은 양의 DNA에서 DNA의 특정 부분을 primer 결합과 복제를 하나의 주기로 하여 DNA 단편을 증폭시키는 기술이다. 마쇄한 총각김치 여액을 원심분리 ($9,950 \times g$, 5 min)하여 얻은 균체에 DNeasy blood & tissue kit (Qiagen, Hilden, Germany)를 사용하여 genomic DNA를 추출하고, 이렇게 추출한 genomic DNA들은 0.8% agarose gel에 전기영동한 다음 UV transilluminator를 사용하여 확인하였다.

김치 여액에서 추출한 genomic DNA들은 증폭을 위해 PCR template로 이용되었고 유전자 증폭기 (CP2-03, CORBETT RESEARCH, Sydney, Australia)를 이용해 증폭하였다. Primer는 universal primer인 27F (5'-AGA GTT TGA TCC TGG

CTC AG-3')를 forward primer로 사용하였고, universal primer 1492R (5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3')는 reverse primer를 사용하였다. 멸균 3DDW, 10 x PCR buffer(Mg²⁺ free), dNTP mixture(2.5 mM each), 25 mM MgCl₂, primer(27F, 1492R), Template DNA, *Taq* polymerase (Takara TaqTM DNA polymerase, Takara, Kusatu, Japan)를 혼합하여 최종 농도 25 ng/μL, 최종 부피 25 μL가 되게 하였다. 1차 PCR 반응 조건은 95°C에서 4 min 동안 열을 가한 후, 95°C에서 1 min 동안 denaturation, 45°C에서 1 min 동안 annealing, 72°C에서 2 min 동안 extension 하는 과정을 30회 반복한 다음, 마지막으로 72°C에서 10 min 간 처리하였다[39]. 증폭된 DNA는 0.8% agarose gel을 사용하여 전기영동하여 확인하였다.

2차 PCR은 1차 PCR로 증폭된 genomic DNA를 PCR template로 사용하였다. 2차 PCR에 사용된 primer는 16s rRNA 중 가장 변이가 잘 일어나는 구간인 V3 region을 증폭시키기 위해 Lac 1 (5'-AGC AGT AGG GAA TCT TCC A-3')은 forward primer로 사용하였고, GC-clamp가 포함된 GC-Lac 2 (5'-CGC CCG GGG CGC GCC CCG GGC GGC CCG GGG GCA CCG GGG GAT TYC ACC GCT ACA CAT G-3')를 reverse primer로 사용하였다. 멸균 3DDW, 10 x PCR buffer(Mg²⁺ free), dNTP mixture(2.5 mM each), 25 mM MgCl₂, primer(Lac1, GC Lac2), Template DNA, *Taq* polymerase (Takara TaqTM DNA polymerase, Takara, Kusatu, Japan)를 혼합해 최종 농도 50 ng/mL, 최종 부피 25 μL가 되게 하였다. 2차 PCR 반응 조건은 94°C에서 2 min 동안 열을 가한 후, 94°C에서 30 sec 동안 denaturation, 61°C에서 1 min 동안 annealing, 68°C에서 1 min 동안 extension 하는 과정을 40회 반복한 다음 마지막으로 68°C에서 10 min 간 처리하였다. 그 후 1.0% agarose gel을 사용하여 전기영동하여 확인하였다.

(2) DGGE (denaturing gradient gel electrophoresis)

이차 PCR을 통해 얻은 증폭된 genomic DNA를 The DCode Univesal Mutation Detection System (Bio-rad, Hercules, California, USA)를 사용하여 DGGE를 수행하여 분석하였다. Denaturing gradient gel은 8% polyacrylamide gel(acrylamide/bis-37.5:1)을 사용하였고 acylamide (Sigma, St. Louis, Missouri, USA)와 N, N'-methylenebisacryl-amide, for molecular biology, minimum 98% (Sigma)를 사용하여 40% acrylamide/bis (37.5:1)를 제조하였다. 100% denauturing solution은 40% acrylamide/bis, formamide (Sigma), urea (Sigma), 50 X TAE buffer (1 M acetic acid, Daejung, Daejeon, Korea; 50 mM ethylenediaminetetra acetic acid, pH 8.0, Sigma; 2 M tris base, Sigma)를 사용하여 제조하였고, 0% denauturing solution은 40% acrylamide/bis와 50 X TAE buffer, 3DDW를 사용하여 제조하였다. 0%와 100% denaturing solution을 이용하여 30%, 60% denaturing gradient gel을 제조한 다음 10% ammonium persulfate (Sigma) 180 μ L와 N, N, N',N'-tetramethylethylenediamine (Sigma) 10 μ L를 각각의 denaturing gradient gel에 넣고 농도 구배가 30%에서 60%로 연속되게 DGGE gel 판을 제작하였다. 2차 PCR을 통해 얻은 증폭된 genomic DNA를 gel 판에 loading 한 후, 1 X TAE buffer (40 mM Tris, 20 mM acetic acid, 1 mM EDTA, pH 8.0)에서 60°C, 50 V, 20 h 동안 전기영동하였다. 전기영동이 끝난 뒤 gel을 10 mg/L ethidium bromide (EtBr; Sigma)를 사용하여 15 min 염색한 후, 1 X TAE buffer에서 40 min 동안 탈색하여 UV transilluminator(BXT-20-M, Uvitec, France)로 관찰하였다.

제 3절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 관능검사

1. 관능검사

관능검사는 조선대학교 기관 심사위원회(IRB#2-1041055-AB-N-01)의 승인을 받았다. 김치의 관능검사는 훈련된 식품영양학과 대학원생 10인을 대상으로 blind test를 실시하였다. 평가항목은 맛(탄산미: carbonated taste, 신맛: bitterness, 단맛: sweetness, 쓴맛: bitterness, 아린 맛: astringency), 냄새(균내: moldy smell), 조직감(texture), 색(brightness), 전반적인 기호도(overall acceptance)로 나누어 5점 척도법을 사용하였다. 탄산미, 단맛, 신맛, 쓴맛, 아린 맛, 균내의 경우(1점: 전혀 탄산미가 없다/달지 않다/시지 않다/쓰지 않다/아린 맛이 없다/균내가 없다, 3점: 보통, 5점: 매우 탄산미가 있다/달다/시다/쓰다/아리다/균내가 심하다) 조직감의 경우 (1점: 무르다, 3점: 보통, 5점: 매우 아삭하다) 색의 경우 (1점: 매우 어둡다, 3점: 보통, 5점: 매우 밝다), 전반적인 기호도의 경우 (1점: 매우 싫다, 3점: 보통, 5점: 매우 좋다)로 나타내었다.

2. 통계처리

모든 실험 데이터는 SPSS 26.0 statistics 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균±표준편차로 나타냈다. 시료 간 유의적인 차이를 분석하기 위해 일원 배치 분산분석(one-way ANOVA)을 95% 신뢰 수준으로 수행하였다. 시료 간 유의적 차이가 있을 경우 Duncan의 다중검정법(Duncan's multiple range test)으로 사후검증하였으며, 가설검증 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

제 4절 총각김치 최적의 발효 조건 도출

1. 총각김치 시료준비

관능적으로 우수하고 장기간 저장될 수 있는 총각김치의 최적 발효 조건인 6.5℃에서 산도 0.40±0.05% 도달 후 -1℃에 보관한 총각김치와 구입 즉시 -1℃에 보관한 총각김치를 대조군(control)으로 하여 보관이 완료되는 12주 동안 이화학적 특성(pH, 산도, 염도, 당도), 미생물학적 특성(총균수, *Leuconostoc* sp., *Lactobacillus* sp., *Weissella* sp.), 관능검사를 실시하였다.

2. 총각김치의 이화학적 특성 분석

가. pH 및 산도 측정

김치 시료를 hand blender (MR 5550 CA, Braun)로 마쇄한 후, 2점의 멸균거즈로 여과하였다. 다음 10 mL를 취하여 pH 측정 및 산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.1이 될 때까지 적정한 후 소비된 0.1 N NaOH의 소비량을 측정하였다.

나. 염도 및 당도 측정

김치의 염도는 염도계(ES-421, ATAGO)를 사용하여 측정하였고 김치의 당도는 당도계(Digital probe refractomet WM-7, ATAGO)를 사용하여 측정하였다. 염도와 당도는 3회 이상 반복 측정해 기록하였다.

3. 총각김치의 미생물학적 특성 분석

여과한 김치 여액 1 mL를 멸균한 증류수에 단계적으로 희석 후 MRS (Difco), 탄산칼슘(CaCO_3) 2%가 첨가된 MRS, bromophenol blue 0.002%가 첨가된 MRS, PES, LBS에 100 μL 씩 평판 배지에 도말한 후 30°C에서 2-3일간 배양하였다.

4. 관능검사

김치의 관능검사는 훈련된 식품영양학과 대학원생 10인을 대상으로 blind test를 실시하였다. 관능검사를 이용하였으며 5점 척도법(1: 매우 싫다, 2점: 싫다, 3점: 보통, 4점: 좋다, 5점: 매우 좋다)을 사용하였다. 평가항목은 맛(탄산미: carbonated taste, 신맛: bitterness, 단맛: sweetness, 쓴맛: bitterness, 아린 맛: astringency), 냄새(균덕내: moldy smell), 조직감(texture), 색(brightness), 전반적인 기호도(overall acceptance)로 나누어 검사를 진행했다.

5. 통계처리

모든 실험 데이터는 SPSS 26.0 statistics 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균±표준편차로 나타냈다. 시료 간 유의적인 차이를 분석하기 위하여 T-검수를 토대로 독립표본 t-검정(independent samples t-test)을 실시하였다.

제 3장 실험 결과 및 고찰

제 1절 총각김치 시료 구매 및 발효 온도 설정

본 연구에 사용한 총각김치는 제조일로부터 2일 이내 생산된 상품 총각김치 1.5 kg를 포장상태 그대로 2개씩 김치냉장고용 김치통에 넣어 구매 후 6.5℃, 10℃에서 발효시켰다. 김치 식용에 적합한 산도 범위는 0.40%~0.75%이고 김치의 최적 숙성 pH는 약 4.2, 산도는 0.60~0.80%로 알려져 있다[9, 40]. 이에 총각김치를 6.5℃, 10℃에서 각각 발효시킨 후 산도 $0.40\pm 0.05\%$, $0.60\pm 0.05\%$, $0.80\pm 0.05\%$ 에 도달하였을 때 보관 온도인 -1°C 로 전환하였다. 그리고 구입 즉시 -1°C 에 보관한 김치를 대조군(control)으로 하여 보관 후 3개월간 저장하면서[42] 5개 시점 (발효 종료, 2주, 4주, 8주, 12주)에서 이화학적·미생물학적·관능적 특성을 비교 분석하였다.

제 2절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 특성 분석

1. 총각김치의 이화학적 특성 분석

김치의 품질은 여러 가지 복합 인자에 의해 결정된다. 그중 김치의 발효과정에서 식염 농도와 발효 온도가 중요하며 김치 숙성 과정 중 젖산발효에 의해 생성되는 산함량의 증가는 김치 숙성 중 큰 성분 변화라 할 수 있다. 이에 김치의 숙성도를 간접적으로 결정하는데 가장 적합한 품질 지표는 pH 측정 및 산도인 것으로 판단되고 있다[42, 43].

가. pH 및 산도 측정

초기 총각김치의 pH는 6.13 ± 0.16 산도는 $0.19 \pm 0.02\%$ 를 나타내었다. 시판 배추김치의 초기 pH와 산도의 경우 pH 5.88, 산도 0.27%로 총각김치의 pH가 더 높고 산도는 낮게 나타났다[29]. 김치가 적정 산도에 도달하는 시점을 살펴보았을 때 6.5°C 에서 산도 0.4%는 7일(pH 5.13 ± 0.51), 산도 0.6%는 9일(pH 4.28 ± 0.13), 산도 0.8%는 11일(pH 4.21 ± 0.07) 소요됐으며 10°C 에서는 산도 0.4%는 4일(pH 4.92 ± 0.14), 산도 0.6%는 5일(pH 4.51 ± 0.07), 산도 0.8%는 6일(pH 4.15 ± 0.04)이 소요됐다. 특정 산도에 도달하는 시점은 6.5°C 발효보다 10°C 에서 3일-5일 더 빠르게 도달하였다. 적정 산도에 도달한 총각김치를 즉시 -1°C 에 보관하여 12주간 pH 및 산도의 변화 양상을 살펴보았다(Figure 1). 보관 2주에 6.5°C 산도 0.4%는 산도 $0.59 \pm 0.07\%$ 로 나타났으며 10°C 산도 0.4%는 산도 $0.68 \pm 0.08\%$ 로 나타나 초기 발효 온도에 따른 차이를 보였으나 6.5°C 산도 0.8%와 10°C 산도 0.8%는 약 0.86~0.87%로 비슷하게 나타났다. 이후 보관 4주에서 6.5°C 0.4%와 10°C 0.4%는 약 0.76~0.81%로 비슷하게 나타났으며 $6.5, 10^{\circ}\text{C}$ 산도 0.6%, 0.8%는 약 0.87~0.89%로 비슷하게 나타났다. 보관 12주에는 모든 구간이 약 0.88~0.96%로 비슷하게 나타났다. 이는 산도는 저장 초기 급격히 증가하고 이후 완만하게 증가한다는 연구와도 일치하였다[44]. 대조구의 경우 보관 2주에는 pH 6.08 ± 0.08 , 산도 $0.22 \pm 0.02\%$ 보관 4주에는 pH 5.70 ± 0.34 , 산도 $0.32 \pm 0.08\%$ 로 보관 4주까지 pH 및 산도의 변화가 거의 없었다. 보관 8주가 돼서야 pH 4.72 ± 0.25 , 산도 $0.55 \pm 0.09\%$ 로 가식 범위 안에 도달하였으며 보관 12주에 pH

4.37±0.20, 산도 0.69±0.09%에 도달하였다. 이 결과를 통해 초기 발효를 시키지 않고 즉시 저온에 보관한 김치는 pH 및 산도의 변화 속도가 매우 느림을 알 수 있었다.

김치의 식용으로 적합한 산도 범위는 0.40~0.75%이며 과숙성시 산도는 1.00%, 변패시 산도는 1.50~2.00%로 알려져 있다[9, 42]. 6.5℃ 산도 0.4%의 김치의 경우 보관 4주까지 김치의 최적 산도 범위를 나타냈으며 다른 구간들보다 김치의 품질 유지 기간이 길게 나타났다.

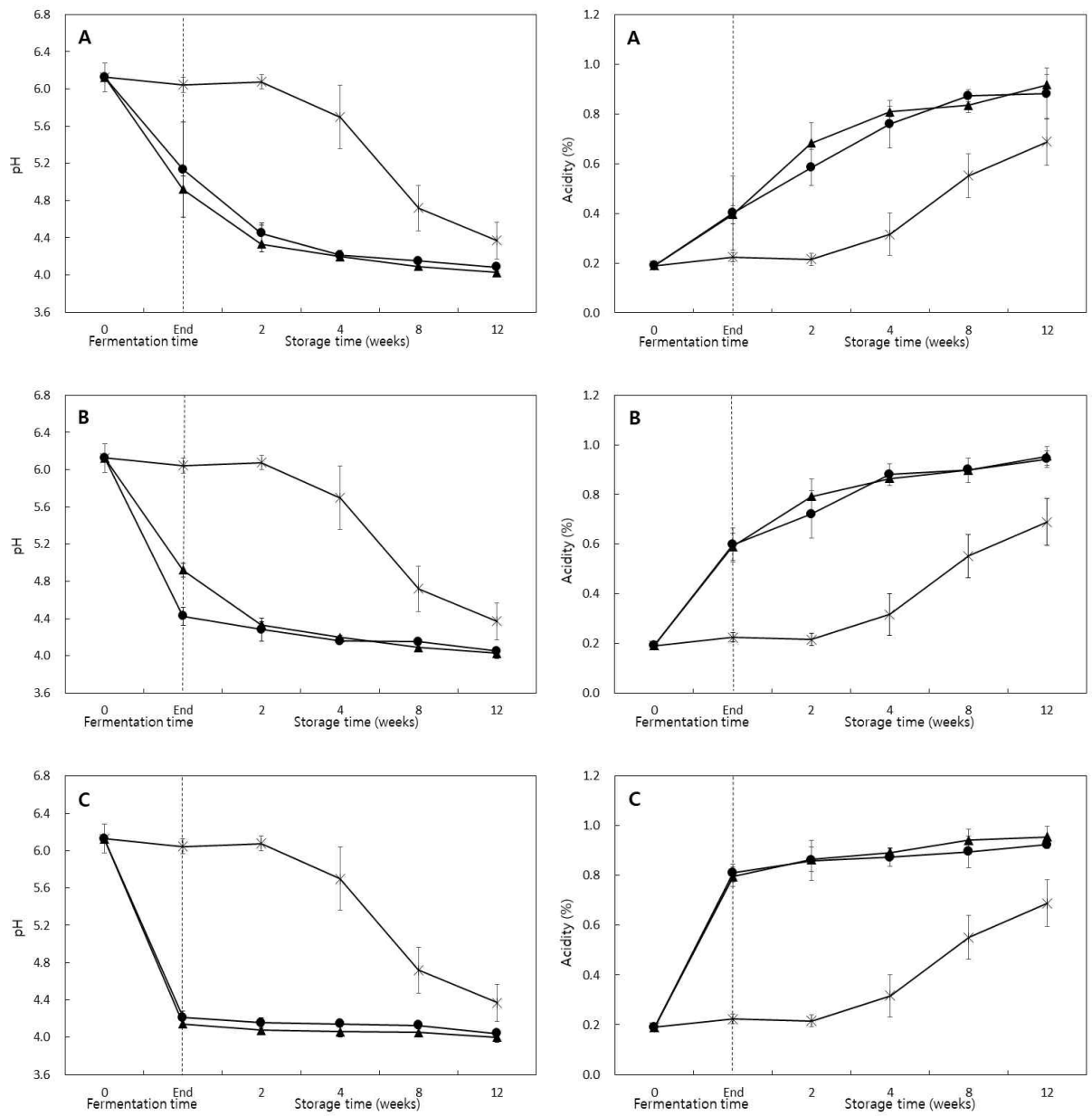


Figure 1. Changes in pH and acidity of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C.

Changes in pH and acidity of kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C (●) or 10°C (▲) and kimchi stored at -1°C(*) without fermentation.

- (A), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$
- (B), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.6\%$
- (C), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.8\%$

나. 염도 및 당도 측정

김치의 발효과정에서 김치의 발효 온도와 더불어 소금의 염도는 직접적인 영향을 주며, 바람직하지 못한 미생물에 의한 부패를 줄이고, 미생물 생육을 조절하여 안정된 젖산발효를 하게 한다[40]. 총각김치의 초기 염도는 $1.86 \pm 0.15\%$ 로 나타났고 Lin Jiang 등의 연구에서도 총각김치의 염도는 1.78~1.89%로 이와 비슷하게 나타났다[41]. 총각김치의 초기 당도는 9.23 ± 0.64 brix $^{\circ}$ 로 나타났고 시판 배추김치의 염도인 2.45~2.87%와 당도 11.93~15.07 brix $^{\circ}$ 와 비교하였을 때 총각김치는 배추김치에 비해 다소 낮은 염도와 당도를 나타냈다[29]. 총각김치의 염도와 당도는 발효 온도 및 보관 기간에 따라 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Table 1, 2).

Table 1. Changes in salinity of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C

Storage time(weeks)	Salinity(%)						
	¹⁾ Control	6.5°C 0.4%	6.5°C 0.6%	6.5°C 0.8%	10°C 0.4%	10°C 0.6%	10°C 0.8%
²⁾ End of fermentation	1.87±0.11	1.85±0.14	1.83±0.05	1.80±0.09	1.90±0.04	1.89±0.04	1.85±0.08
2 weeks	1.83±0.07	1.89±0.02	1.84±0.01	1.83±0.09	1.94±0.05	1.86±0.04	1.87±0.07
4 weeks	1.86±0.04	1.96±0.05	1.84±0.05	1.89±0.10	1.91±0.05	1.92±0.06	1.91±0.09
8 weeks	1.88±0.04	1.95±0.06	1.96±0.05	1.93±0.08	1.96±0.05	1.90±0.03	1.95±0.08
12 weeks	1.89±0.05	1.88±0.09	1.91±0.09	1.86±0.04	1.96±0.05	1.85±0.06	1.85±0.05

Data with different letters in the row are significantly different with one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

1) Control kimchi was stored at -1°C without fermentation process

2) Kimchi was fermented at different temperature (6.5, 10°C) immediately when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$, 0.6% , 0.8%

Table 2. Changes in sugar content of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C

Storage time(weeks)	Sugar content(brix°)						
	¹⁾ Control	6.5°C 0.4%	6.5°C 0.6%	6.5°C 0.8%	10°C 0.4%	10°C 0.6%	10°C 0.8%
²⁾ End of fermentation	9.27±0.78	9.30±0.22	9.03±0.26	9.00±0.48	8.73±0.56	8.93±0.30	8.63±0.12
2 weeks	9.08±0.36	9.18±0.36	8.93±0.29	8.90±0.27	9.43±0.86	8.70±0.18	9.13±0.46
4 weeks	9.08±0.38	9.23±0.30	8.85±0.19	9.15±0.17	8.98±0.78	9.07±0.15	8.73±0.33
8 weeks	9.15±0.53	9.05±0.31	9.43±0.53	9.15±0.25	8.93±0.70	9.03±0.37	8.90±0.29
12 weeks	9.33±0.92	9.00±0.14	0.93±0.17	9.08±0.15	8.72±0.43	8.90±0.14	8.78±0.22

Data with different letters in the row are significantly different with one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

1) Control kimchi was stored at -1°C without fermentation process

2) Kimchi was fermented at different temperature (6.5, 10°C) immediately when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$, 0.6% , 0.8%

2. 총각김치의 미생물학적 특성 분석

가. 배양학적 방법을 통한 균총 분석

(1) 총균수

총각김치를 6.5, 10℃에서 각각 발효시킨 후 산도가 0.40%, 0.60%, 0.80%에 도달하면 -1℃에서 12주간 보관하면서 총균수, *Leuconostoc* sp., *Lactobacillus* sp., *Weissella* sp.의 변화를 살펴보았다. 온도와 -1℃로 전환되는 산도에 관계없이 모든 구간 발효 종료 시점에서 총균수, *Leuconostoc* sp. 수, *Weissella* sp. 수가 최대로 나타났다. 모든 구간에서 최대 균수에 도달 후 균수가 감소하는 경향을 보였으며 이러한 변화는 온도가 높을수록 급격하게 나타났다[11]. 이는 김치의 발효가 진행되면서 젖산균의 생육이 활발해져 탄소원인 환원당이 감소하고, 젖산균이 생성하는 유기산에 의해 미생물의 증식이 억제되기 때문이라고 알려져 있다[45, 46].

총각김치의 초기 총균수는 $6.26 \pm 0.27 \log \text{ CFU/mL}$ 로 나타났고 이는 시판 배추김치의 구입 직후 총균수인 $6.30 \log \text{ CFU/mL}$ 와 유사한 수치를 나타냈다[29]. 6.5℃ 산도 0.4%, 0.6% 총각김치는 최대 균수 약 10^8 CFU/mL 에 도달한 후 약 10^7 CFU/mL 로 서서히 감소하였고 산도 0.8% 총각김치의 경우 약 10^9 CFU/mL 에 도달한 후 약 10^6 CFU/mL 로 급격히 감소하였다. 10℃의 경우 6.5℃에서 발효한 총각김치보다 최대 균수가 높게 나타났지만 최대 균수 도달 후 급격히 감소해 보관이 완료되는 시점인 보관 12주에는 산도 0.4%의 경우 $0.46 \log \text{ CFU/mL}$, 산도 0.6%는 $0.45 \log \text{ CFU/mL}$, 산도 0.8%는 $0.26 \log \text{ CFU/mL}$ 낮게 나타났다(Figure 2). 대조구 총각김치의 경우 보관 2주까지 약 10^6 CFU/mL 를 나타냈고 보관 4주부터 균수 증가가 진행됐다. 이는 pH 및 산도 측정 결과를 참고하였을 때 보관 4주부터 숙성이 이루어진 것으로 판단되며 서서히 증가하다가 보관 12주에 $8.83 \pm 0.48 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타냈다(Figure 2).

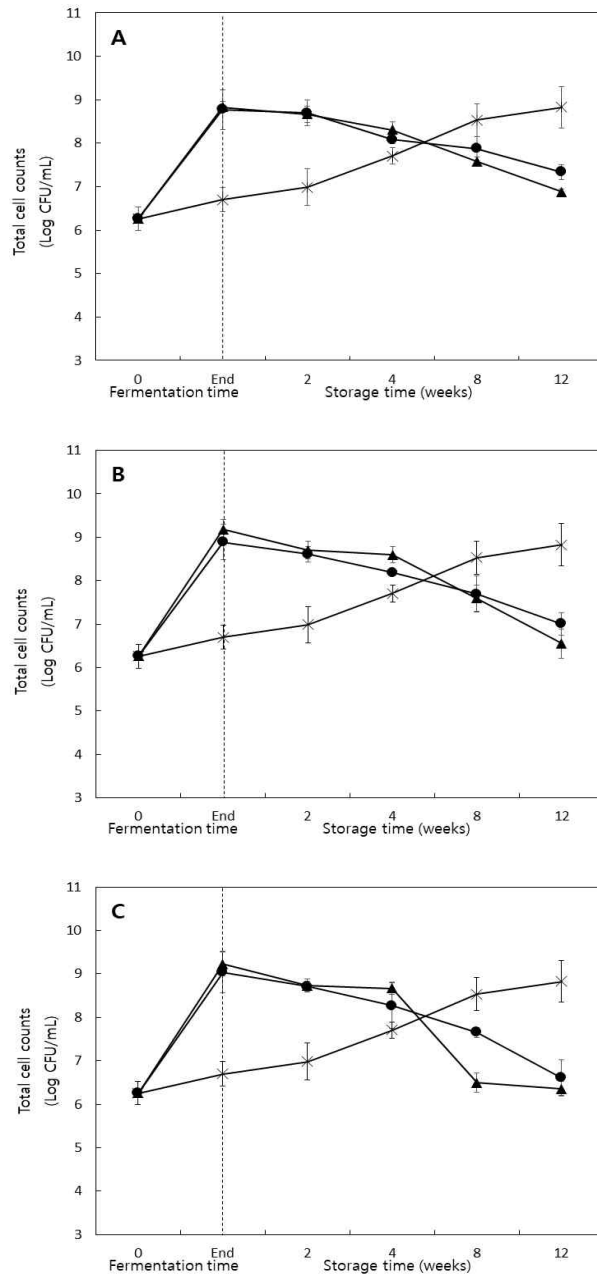


Figure 2. Changes in total cell counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C. Changes in total cell counts of kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C (●) or 10°C (▲) and kimchi storage at -1°C(*) without fermentation.

- (A), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$
- (B), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.6\%$
- (C), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.8\%$

(2) *Leuconostoc* sp. 수

Leuconostoc sp. 은 김치 발효 초기에 증가는 젖산균 중 하나로 잔존하는 산소를 제거하여 이산화탄소를 생성해 김치를 혐기적 상태로 만들어 호기성 세균을 억제하고 김치에 특 쏘는 시원한 맛을 부여한다. 이에 김치의 맛과 냄새에도 좋은 효과를 주는 것으로 알려져 있다[47]. *Leuconostoc* sp. 수는 초기에 $6.21 \pm 0.08 \log$ CFU/mL로 나타났다. 이는 총균수 비율 중 가장 높게 나타났고 발효 종료 후 모든 구간에서 약 10^8 CFU/mL를 나타냈다. 모든 구간 중 6.5°C 산도 0.4%는 최대 균수 $8.71 \pm 0.46 \log$ CFU/mL로 가장 높게 나타났고 보관 12주까지 약 10^7 CFU/mL 이하로 떨어지지 않았다. 6.5°C 산도 0.6%, 0.8%는 보관 8주까지는 약 10^7 CFU/mL 이하로 떨어지지 않았지만 산도 0.8%의 경우 보관 12주째에 $5.94 \pm 0.44 \log$ CFU/mL를 나타내 급격히 감소하는 형태를 보였다(Figure 3). 10°C 모든 산도에서 보관 4주까지는 약 $10^7 \sim 10^8$ CFU/mL를 유지하였고 보관 2달째부터 급격히 감소하는 형태를 보였으며 그중 산도 0.8% 총각김치는 보관 8주부터 약 10^5 CFU/mL를 나타냈다. 10°C보다 6.5°C에서 발효한 총각김치의 *Leuconostoc* sp.의 비율이 보관 기간 동안 많거나 비슷한 경향을 보였으며 이는 *Leuconostoc* sp. 가 저온에서 생육이 활발하다는 연구 결과와도 일치하였다[14, 23]. 6.5°C 중에서도 산도 0.4%의 경우 모든 보관 기간에서 *Leuconostoc* sp.의 비율이 높게 유지됐고, 다른 구간들과 비교해서도 *Leuconostoc* sp. 수의 비율이 높게 나타났다(Figure 6). 대조구의 경우 서서히 증가하기 시작해 보관 12주에 $7.49 \pm 0.42 \log$ CFU/mL를 나타냈지만 발효 후 보관한 총각김치의 최대 균수에는 미치지 못하였다.

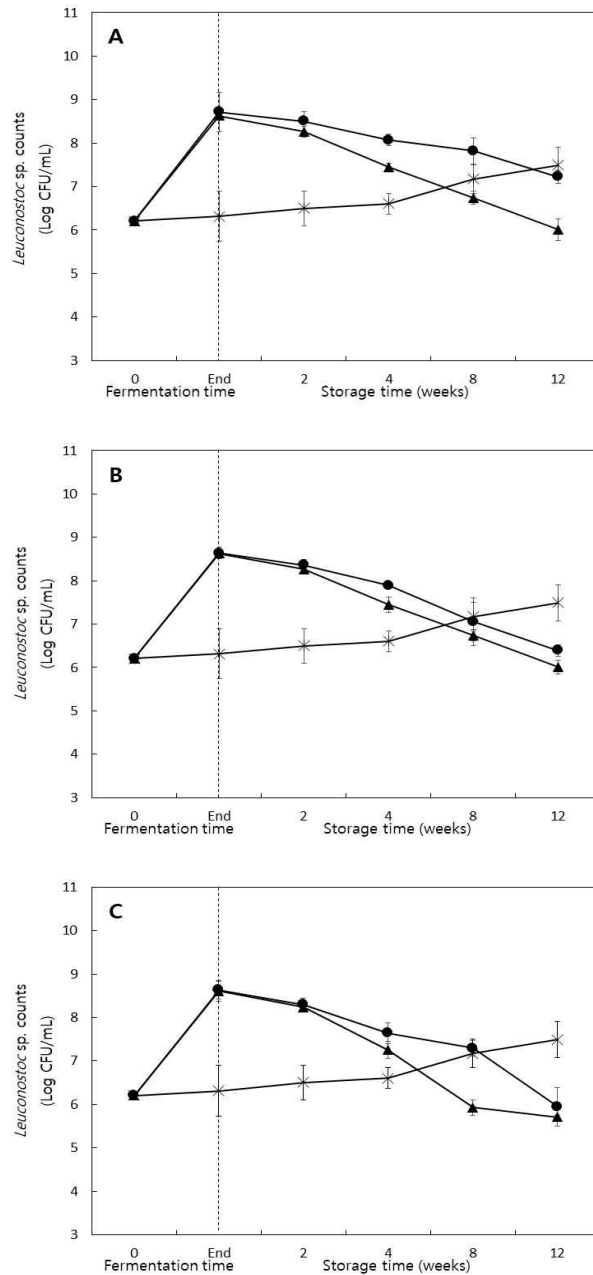


Figure 3. Changes in *Leuconostoc* sp. counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C. Changes in *Leuconostoc* sp. counts of kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C (●) or 10°C (▲) and kimchi storage at -1°C(*) without fermentation.

- (A), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$
- (B), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.6\%$
- (C), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.8\%$

(3) *Lactobacillus* sp. 수

총각김치 초기 *Lactobacillus* sp. 수는 $4.56 \pm 0.28 \log \text{ CFU/mL}$ 로 *Leuconostoc* sp. 수보다 $1.65 \log \text{ CFU/mL}$ 낮게 나타났으며 모든 구간에서 *Lactobacillus* sp. 가 총균수에서 차지하는 비율은 낮게 나타났다(Figure 6). 이는 시판 김치의 김치 유산균 사용에 따른 결과로 보이며 *Leuconostoc* sp.는 김치 발효 초기 생성되는 주요 젖산균으로 발효 초기에 *Lactobacillus* sp. 수보다 많이 생성된다는 결과와 일치했다[29]. *Lactobacillus* sp. 은 김치의 적숙기 이후 pH가 낮아져 산성의 환경이 되면 나타나 김치를 시어지게 하여 김치의 품질을 저하하는 것으로 알려져 있다[15]. 6.5°C 모든 구간, 10°C 산도 0.4%, 0.6%의 경우 최대 균수가 약 10^7 CFU/mL 로 증가한 후 감소하였으며 10°C 산도 0.8%에서는 약 10^8 CFU/mL 로 가장 높게 나타난 후 감소하였다(Figure 4). 대조구의 경우 서서히 증가하기 시작해 보관 12주에 $6.69 \pm 0.33 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타냈다.

(4) *Weissella* sp. 수

총각김치 초기 *Weissella* sp. 수는 $4.89 \pm 0.24 \log \text{ CFU/mL}$ 로 나타났으며 10°C 산도 0.8% 발효 종료 시점에서 $9.06 \pm 0.26 \log \text{ CFU/mL}$ 로 가장 높게 나타났다. 6.5°C 보다 10°C 에서 발효한 총각김치의 *Weissella* sp.의 함량은 보관 기간 동안 많거나 비슷한 경향을 보였다(Figure 5). 총균수에서 차지하는 비율에서도 보관 전 구간에서 10°C 의 *Weissella* sp.의 비율이 높게 나타났다(Figure 6). 특히 발효 없이 -1°C 에 보관한 대조구의 경우 *Weissella* sp. 의 비율이 다른 유산균 속들보다 보관 기간 동안 17.3~92.51% 높게 나타났다.

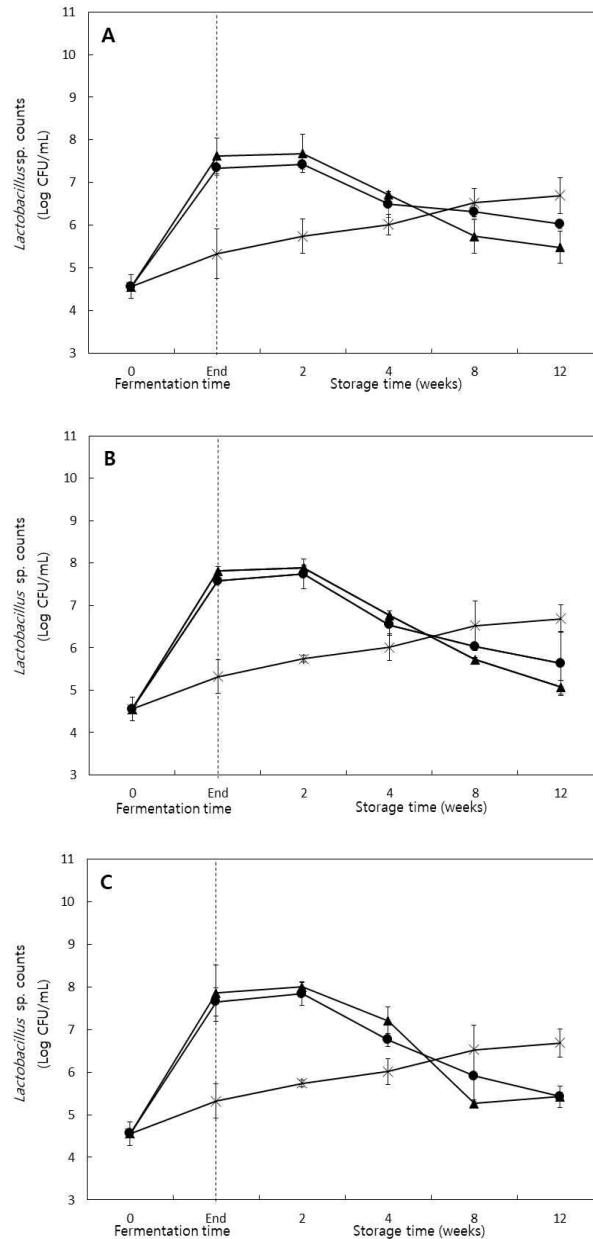


Figure 4. Changes in *Lactobacillus* sp. counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C. Changes in *Lactobacillus* sp. counts of kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C (●) or 10°C (▲) and kimchi storage at -1°C(*) without fermentation.

- (A), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$
- (B), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.6\%$
- (C), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.8\%$

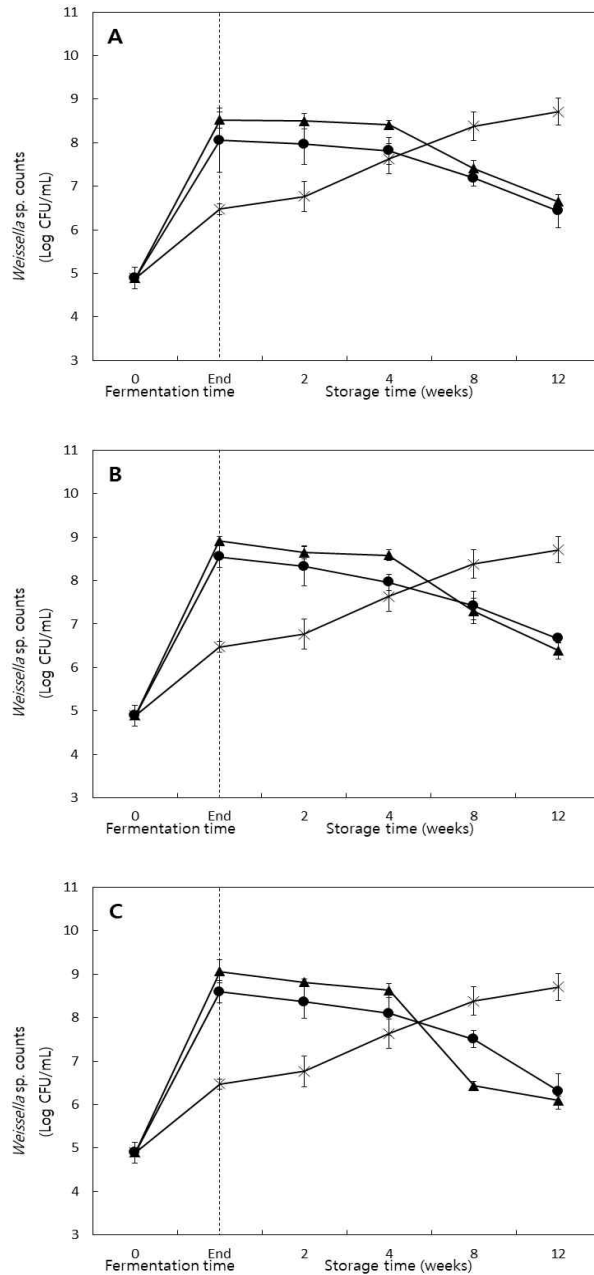


Figure 5. Changes in *Weissella* sp. counts of chonggak kimchi fermented at 6.5°C, 10°C and stored at -1°C. Changes in *Weissella* sp. counts of kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C (●) or 10°C (▲) and kimchi storage at -1°C(*) without fermentation.

- (A), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$
- (B), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.6\%$
- (C), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.8\%$

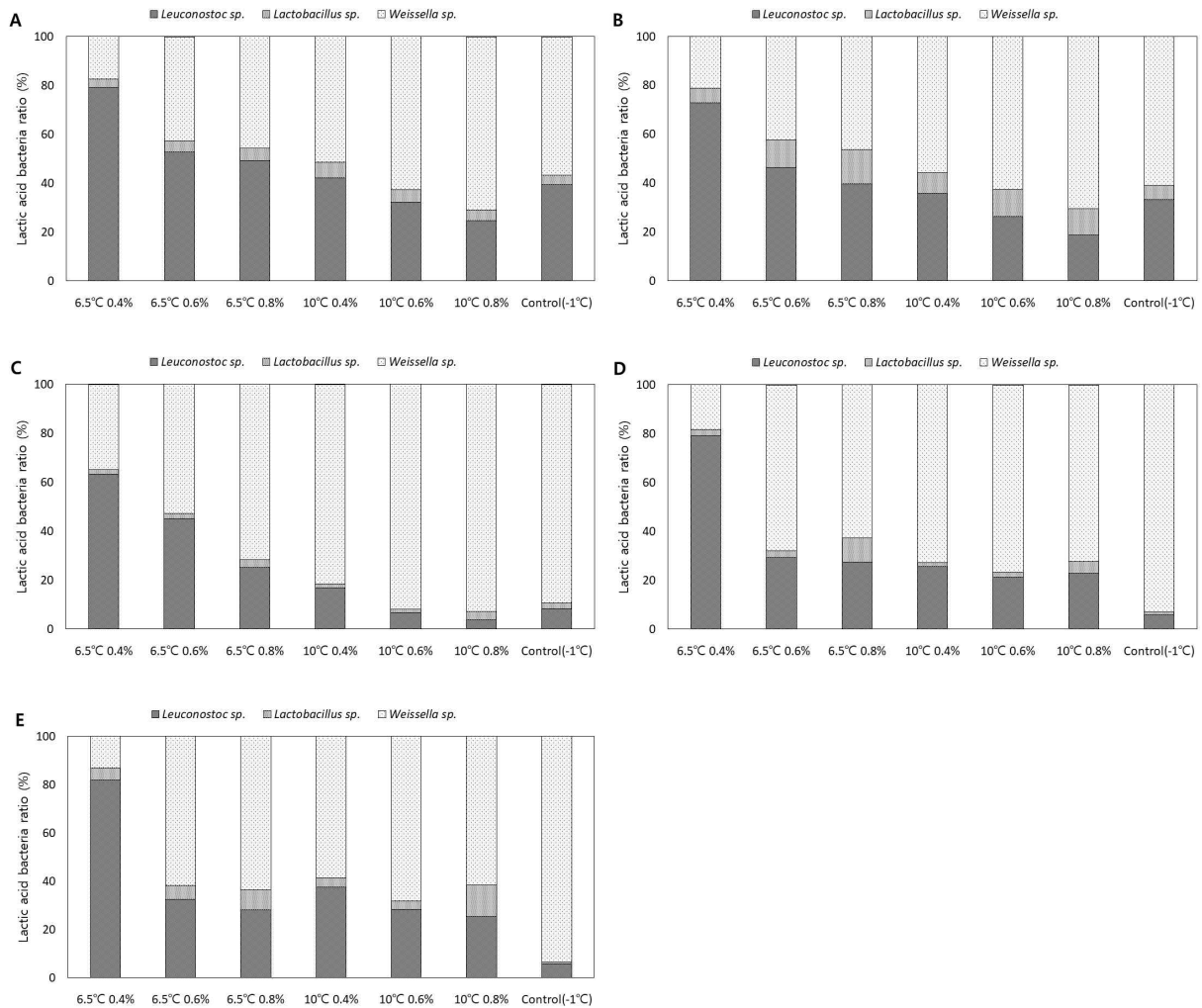


Figure 6. The ratio of *Leuconostoc* sp., *Lactobacillus* sp., *Weissella* sp. in chonggak kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C , 10°C and storage at -1°C without fermentation.

- (A), Kimchi stored at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4, 0.6, 0.8\%$
- (B), Kimchi stored at -1°C for 2 weeks
- (C), Kimchi stored at -1°C for 4 weeks
- (D), Kimchi stored at -1°C for 8 weeks
- (E), Kimchi stored at -1°C for 12 weeks

나. 비배양학적 방법을 통한 균총 분석

배양학적 방법을 통해 총각김치에 존재하는 유산균의 변화를 확인한 후 동시에 비배양학적 방법으로 유산균 종을 김치 발효 단계별로 신속히 파악할 수 있는 DGGE 분석을 이용해 확인하였다. 다른 온도에서 같은 적정 산도까지 발효 후 보관하였을 때 유산균 변화의 차이를 확인하기 위하여 6.5, 10℃에서 산도 0.40%에 도달 후 -1℃에 보관한 김치 여액을 사용하였다. 대조군(control)으로는 구입 즉시 -1℃에 보관한 김치 여액을 사용해 보관 12주간 유산균의 비배양학적 변화를 확인하였다.

총각김치 초기 총균수에서 *Leuconostoc sp.*가 차지하는 비율은 다른 유산균 속들이 차지하는 비율보다 약 88.88~91.31% 높게 나타났다. DGGE 분석 결과 *Leuconostoc. mesenteroides* (band e)가 우점하였으며 *Leuconostoc. gelidum* subsp. *aenigmaticum* (band g)가 두 번째로 우점하는 균주로 나타나 *Leuconostoc sp.* 2종이 우점하는 균으로 관찰되어 배양학적 변화와 일치하였고 *Lactobacillus sakei* (band b)과 *Weissella koreensis* (band c)는 희미하게 나타났다.

(1) 발효 온도 6.5℃에서의 유산균 변화

6.5℃에서의 유산균 변화는 다음과 같다(Figure. 7). 6.5℃에서 보관 기간 동안 우점하는 유산균 속은 *Leuconostoc sp.* 로 DGGE 분석 결과 역시 *Leuconostoc mesenteroides* 위치의 band e가 0일부터 보관 12주까지 꾸준히 관찰되었고 *Leu. gelidum* subsp. *aenigmaticum* (band g)는 보관 8주와 보관 12주에 관찰되었다. *Lactobacillus sakei* (band b)는 발효종료 시점부터 보관 12주까지 꾸준히 관찰되었고 *Weissella koreensis* 위치의 band c는 보관 4주까지 관찰되었다.

(2) 발효 온도 10℃에서의 유산균 변화

10℃에서의 유산균 변화는 다음과 같다(Figure. 7). 보관 4주에 *Leu. gelidum* subsp. *aenigmaticum* (band g) 부분이 진하게 나타났다가 보관 8주와 보관 12주에는 열게 나타났으며 *Leuconostoc mesenteroides* 위치의 band e가 0일부터 보관 4주까지 관찰되었다. *Weissella koreensis* (band c)와 *Weissella cibaria* (band d)는 발효종료 시점부터 보관 2주까지 관찰되었고 *Lactobacillus sakei* (band b)는 보관 4주에 열어졌다 보

관 8주와 보관 12주에 다시 관찰되었다.

(3) 발효 온도 -1°C 에서의 유산균 변화

-1°C 에서의 유산균 변화는 다음과 같다(Figure. 7). -1°C 에서 보관 기간 동안 우점하는 유산균 속은 *Weissella* sp. 로 DGGE 분석 결과 역시 *Weissella. koreensis* 위치의 band c가 보관 12주까지 우점하였다. *Lactobacillus sakei* (band b)의 경우 보관 12주까지 관찰되었고 *Leuconostoc mesenteroides* (band e)는 보관 기간 동안 희미하게 관찰되었다. *Leuconostoc. gelidum* subsp. *aenigmaticum* (band g)은 0일부터 보관 4주까지 뚜렷하게 관찰되다가 보관 8주 이후 희미하게 관찰되었으며 *Lactobacillus plantarum*, *Weissella cibaria* (band a, d)는 관찰되지 않았다.

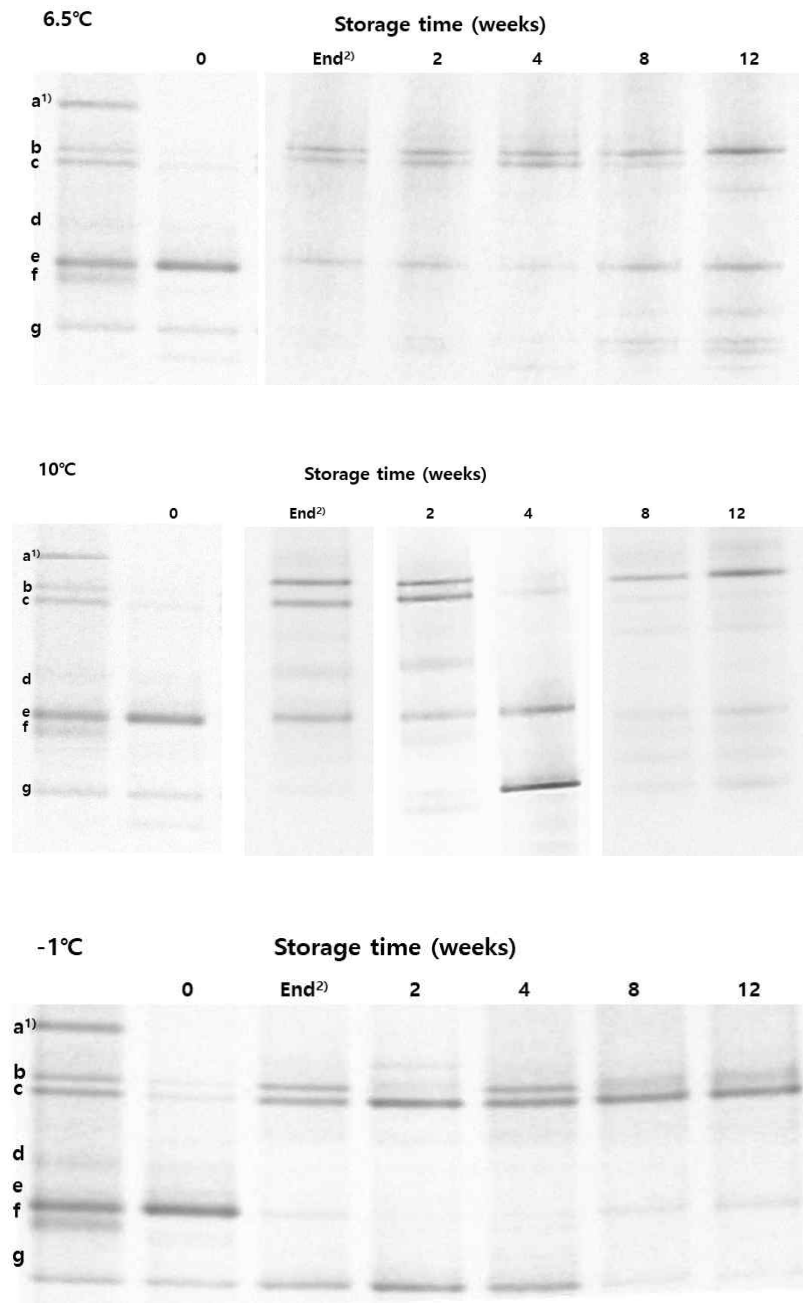


Figure 7. DGGE profile of chonggak kimchi

- 1) a, *Lactobacillus plantarum* HD1; b, *Lactobacillus sakei* SC1; c, *Weissella koreensis* SK; d, *Weissella cibaria* 37; e, *Leuconostoc mesenteroides* TA; f, *Leuconostoc citreum* GR1; g, *Leu. gelidum* subsp. *aenigmaticum* JW1
- 2) kimchi was fermented at 6.5, 10°C followed by storage at -1°C when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$,

제 3절 총각김치 발효 온도 및 저장기간에 따른 관능검사

총각김치를 6.5℃, 10℃에서 발효시킨 후 -1℃에 보관하였을 때 관능적으로 품질이 우수한 발효·보관조건을 확립하기 위하여 5개 시점 (발효 종료, 2주, 4주, 8주, 12주)에서 관능검사를 실시하여 김치의 관능적 차이를 조사하였다. 관능검사는 소규모 관능검사로 훈련된 대학원생 10인이 5개 시점에서 실시하였다. 관능평가는 탄산미, 신맛, 단맛, 쓴맛, 아린 맛, 냄새(군덕내), 조직감, 색, 전반적인 기호도에 대한 관능평가를 실시하였다.

보관 전 구간에서 탄산미와 단맛의 경우 6.5℃ 산도 0.4% > 6.5℃ 산도 0.6% > 6.5℃ 산도 0.8% > 10℃ 산도 0.4% > 10℃ 산도 0.6% > 10℃ 산도 0.8% > -1℃(Control) 순으로 유의적으로 높은 평균 강도를 나타냈다($p<0.05$). 10℃보다 6.5℃에서 탄산미와 단맛이 더 강하게 느껴졌으며 보관기간이 길어질수록 10℃ 발효 김치에서는 탄산미가 느껴지지 않고 강한 신맛만이 느껴졌으며 이는 적정산도가 높을수록 강하게 느껴졌다. 6.5℃ 산도 0.4% 김치의 경우 보관 전 구간에서 무를 씹었을 때 느껴지는 아삭함과 푹 쏘는 시원한 맛이 느껴져 관능적으로 좋은 평가를 받았다. 이러한 푹 쏘는 시원한 맛은 6.5℃ 산도 0.4% 총균수의 대부분을 차지하고 있는 *Leuconostoc* sp. 수의 영향으로 판단된다. 대조구의 경우 탄산미와 단맛보다는 보관 2주까지 안 익은 맛과 아린 맛이 강하게 느껴졌으며 끝에 쓴맛이 느껴졌다. 보관 4주 이후부터는 숙성되기 시작하면서 아린 맛과 쓴맛은 서서히 감소했지만 발효 후 보관한 총각김치에 대비해 쓴맛이 강하게 느껴져 보관이 완료되는 시점에도 4.20 ± 0.40 로 쓴맛의 정도가 높게 나타났다(Table 3). 신맛의 경우 6.5℃보다 10℃에서 더 강하게 느껴졌으며 보관 8주부터는 신맛이 비슷해지기 시작해 보관 12주에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$). 대조구의 경우 보관 12주째에 신맛이 느껴지긴 했지만 다른 구간에 비해 약하게 느껴져 약 1.60 유의적인 차이를 나타냈다($p<0.05$). 냄새(군덕내)의 경우 10℃에서 발효한 김치에서 보관 2주부터 군덕내가 느껴졌고 보관 4주에 가장 강하게 느껴졌다. 보관 8주부터는 숙성이 진행됨에 따라 신맛이 강해지면서 군내가 덜 나는 것처럼 느껴졌다. 대조구의 경우 보관 2주부터 약간의 군내가 느껴지기 시작했다. 무를 씹을 때 느껴지는 조직감과 색의 변화의 경우 보관 전 구간에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$). 전반적인 기호도는 보관 전 구간에서 6.5℃ 산도 0.4% > 6.5℃ 산도 0.6% > 6.5℃

산도 0.8% > 10℃ 산도 0.4% > 10℃ 산도 0.6% > 10℃ 산도 0.8% > -1℃(control) 순으로 유의적으로 높은 평균 강도를 나타냈다($p < 0.05$). 탄산미와 단맛의 강도가 높을수록 전반적인 기호도가 높았으며 이는 김치의 맛을 결정하는데 있어 탄산미와 단맛이 중요하게 작용함을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 6.5℃에서 발효한 총각김치가 10℃와 -1℃에 보관한 총각김치보다 단맛 및 씹었을 때 탄산미에 의한 청량감이 우수하며 군내가 느껴지지 않아 관능적으로 더 우수하다고 판단되었다. 특히 6.5℃ 산도 0.4%는 다른 구간보다 탄산미와 단맛이 보관 12주까지 높게 평가되어 이와 같은 최적의 맛으로 김치의 장기간 보관이 가능함을 나타내었다.

Table 3. Sensory evaluation results of chonggak kimchi stored for 12 weeks

(a) End of fermentation (0 day of storage)

Items	End of fermentation						
	1) Fermentation temperature/acidity						
	2) Control	6.5°C 0.4%	6.5°C 0.6%	6.5°C 0.8%	10°C 0.4%	10°C 0.6%	10°C 0.8%
Carbonated taste	1.57±1.40 ^c	4.71±0.45 ^a	3.86±0.64 ^{ab}	3.57±0.49 ^b	3.00±0.76 ^b	2.86±0.83 ^b	2.86±0.83 ^b
Sweetness	1.71±1.03 ^c	4.57±0.49 ^a	3.71±0.45 ^b	3.57±0.73 ^b	3.14±0.64 ^b	3.14±0.64 ^b	3.00±0.76 ^b
Sourness	1.43±0.49 ^d	3.14±0.64 ^c	3.29±0.45 ^{bc}	3.71±0.70 ^{abc}	3.71±0.70 ^{abc}	4.00±0.53 ^{ab}	4.29±0.45 ^a
Moldy smell	2.57±1.40 ^{bc}	1.29±0.45 ^d	1.43±0.49 ^d	1.86±1.12 ^{cd}	3.57±0.73 ^{ab}	3.71±0.70 ^a	3.71±0.70 ^a
Bitterness	3.71±1.03 ^a	2.00±0.53 ^b	1.86±0.35 ^b	2.00±0.53 ^b	2.00±0.53 ^b	2.00±0.53 ^b	1.86±0.35 ^b
Astringency	4.71±0.45 ^a	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b
Texture	3.71±0.45 ^a	3.86±0.35 ^a	3.86±0.35 ^a	3.86±0.35 ^a	3.71±0.45 ^a	3.71±0.45 ^a	3.71±0.45 ^a
Brightness	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a
Overall acceptance	1.14±0.35 ^d	4.71±0.45 ^a	3.57±0.73 ^b	3.14±0.83 ^b	2.43±0.49 ^c	2.29±0.70 ^c	2.00±0.53 ^c

(b) 2 weeks of storage

Items	Stored for 2 weeks						
	1) Fermentation temperature/acidity						
	2) Control	6.5°C 0.4%	6.5°C 0.6%	6.5°C 0.8%	10°C 0.4%	10°C 0.6%	10°C 0.8%
Carbonated taste	1.00±0.00 ^d	4.86±0.35 ^a	3.86±0.83 ^b	3.43±0.90 ^{bc}	3.29±1.03 ^{bc}	2.71±0.88 ^c	2.71±0.70 ^c
Sweetness	1.86±0.99 ^d	4.57±0.49 ^a	3.86±0.64 ^{ab}	3.14±0.83 ^{bc}	3.00±0.53 ^{bc}	3.00±0.53 ^{bc}	2.57±0.73 ^{cd}
Sourness	1.29±0.45 ^a	3.29±0.70 ^b	3.71±0.70 ^{ab}	4.29±0.70 ^a	3.71±0.45 ^{ab}	3.71±0.45 ^{ab}	4.43±0.73 ^a
Moldy smell	2.43±1.40 ^{bc}	1.57±0.49 ^c	1.86±0.99 ^c	2.43±1.29 ^{bc}	3.29±0.70 ^{ab}	3.29±0.88 ^{ab}	3.86±0.64 ^a
Bitterness	3.57±1.05 ^a	2.00±0.53 ^b	1.86±0.35 ^b	1.86±0.35 ^b	1.86±0.35 ^b	1.86±0.35 ^b	1.86±0.35 ^b
Astringency	4.43±0.49 ^a	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b	1.43±0.49 ^b
Texture	3.71±0.45 ^a	3.71±0.45 ^a	3.71±0.45 ^a	3.71±0.45 ^a	3.71±0.45 ^a	3.71±0.45 ^a	3.57±0.49 ^a
Brightness	3.57±0.49 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a
Overall acceptance	1.14±0.35 ^e	4.86±0.35 ^a	3.71±0.70 ^b	3.00±0.76 ^c	2.57±0.49 ^{cd}	2.43±0.73 ^{cd}	2.14±0.64 ^d

(c) 4 weeks of storage

Items	Stored for 4 weeks						
	1) Fermentation temperature/acidity						
	2) Control	6.5°C 0.4%	6.5°C 0.6%	6.5°C 0.8%	10°C 0.4%	10°C 0.6%	10°C 0.8%
Carbonated taste	1.00±0.00 ^d	4.57±0.49 ^a	3.86±0.64 ^b	3.57±0.73 ^{bc}	3.00±0.53 ^c	2.86±0.64 ^c	2.86±0.64 ^c
Sweetness	1.14±0.35 ^c	4.14±0.64 ^a	3.86±0.64 ^a	3.57±0.49 ^{ab}	3.00±0.53 ^b	3.00±0.53 ^b	3.00±0.53 ^b
Sourness	1.29±0.45 ^d	3.29±0.45 ^c	3.43±0.49 ^{bc}	3.71±0.45 ^{bc}	3.57±0.73 ^{bc}	4.00±0.53 ^{ab}	4.57±0.49 ^a
Moldy smell	2.86±1.25 ^{bc}	1.57±0.49 ^d	1.57±0.49 ^d	2.00±0.93 ^{cd}	4.00±0.93 ^a	4.00±0.93 ^a	3.14±0.35 ^{ab}
Bitterness	3.29±1.28 ^a	1.71±0.45 ^a	1.71±0.45 ^a	1.86±0.64 ^a	1.86±0.64 ^a	1.86±0.64 ^a	1.71±0.45 ^a
Astringency	3.71±0.70 ^a	1.57±0.49 ^b	1.57±0.49 ^b	1.57±0.49 ^b	1.57±0.49 ^b	1.57±0.49 ^b	1.57±0.49 ^b
Texture	3.86±0.64 ^a	4.00±0.53 ^a	4.00±0.53 ^a	4.00±0.53 ^a	3.43±0.49 ^a	3.43±0.49 ^a	3.43±0.49 ^a
Brightness	3.14±0.35 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a	3.29±0.45 ^a
Overall acceptance	1.29±0.45 ^d	4.43±0.49 ^a	3.57±0.49 ^b	3.14±0.64 ^b	2.29±0.70 ^c	2.14±0.64 ^c	2.00±0.53 ^c

(d) 8 weeks of storage

Items	Stored for 8 weeks						
	1) Fermentation temperature/acidity						
	2) Control	6.5°C 0.4%	6.5°C 0.6%	6.5°C 0.8%	10°C 0.4%	10°C 0.6%	10°C 0.8%
Carbonated taste	1.00±0.00 ^c	4.33±0.47 ^a	3.33±0.75 ^b	2.83±0.69 ^b	2.83±0.69 ^b	2.83±0.69 ^b	2.83±0.69 ^b
Sweetness	1.17±0.37 ^c	4.33±0.47 ^a	3.67±0.47 ^{ab}	3.33±0.75 ^b	3.00±0.58 ^b	3.00±0.58 ^b	3.00±0.58 ^b
Sourness	1.83±0.69 ^c	3.83±0.37 ^b	4.33±0.47 ^{ab}	4.33±0.47 ^{ab}	4.33±0.75 ^{ab}	4.83±0.37 ^a	4.83±0.37 ^a
Moldy smell	3.50±0.76 ^a	1.50±0.50 ^b	2.00±0.82 ^b	2.00±0.82 ^b	3.17±0.69 ^a	3.33±0.75 ^a	3.67±0.47 ^a
Bitterness	3.83±0.69 ^a	1.67±0.47 ^b	2.00±0.82 ^b	2.00±0.82 ^b	2.33±0.47 ^b	2.33±0.47 ^b	2.33±0.47 ^b
Astringency	2.00±0.58 ^a	1.33±0.47 ^a	1.33±0.47 ^a	1.33±0.47 ^a	1.33±0.47 ^a	1.33±0.47 ^a	1.33±0.47 ^a
Texture	2.83±0.90 ^a	3.00±1.00 ^a	3.00±1.00 ^a	3.00±1.00 ^a	3.00±1.00 ^a	3.00±1.00 ^a	3.00±1.00 ^a
Brightness	3.00±0.58 ^a	3.50±0.50 ^a	3.33±0.47 ^a	3.33±0.47 ^a	3.17±0.37 ^a	3.17±0.37 ^a	3.17±0.37 ^a
Overall acceptance	1.17±0.37 ^e	4.50±0.50 ^a	3.50±0.50 ^b	3.00±0.00 ^{bc}	2.17±0.37 ^d	2.50±0.50 ^{cd}	1.83±0.69 ^d

(e) 12 weeks of storage

Items	Stored for 12 weeks						
	¹⁾ Fermentation temperature/acidity						
	²⁾ Control	6.5°C 0.4%	6.5°C 0.6%	6.5°C 0.8%	10°C 0.4%	10°C 0.6%	10°C 0.8%
Carbonated taste	1.20±0.40 ^c	4.20±0.40 ^a	3.60±0.49 ^a	2.80±0.40 ^b	2.60±0.49 ^b	2.40±0.49 ^b	2.40±0.49 ^b
Sweetness	1.40±0.49 ^c	4.20±0.40 ^a	3.20±0.40 ^b	2.80±0.75 ^b	2.40±0.49 ^b	2.40±0.49 ^b	2.40±0.49 ^b
Sourness	2.60±0.49 ^b	4.20±0.40 ^a	4.20±0.40 ^a	4.60±0.94 ^a	4.80±0.40 ^a	4.60±0.80 ^a	4.60±0.80 ^a
Moldy smell	2.20±0.75 ^a	1.40±0.49 ^a	1.40±0.49 ^a	1.80±1.17 ^a	2.00±1.10 ^a	2.20±1.47 ^a	2.40±1.50 ^a
Bitterness	4.20±0.40 ^a	1.40±0.49 ^b	1.40±0.49 ^b	1.60±0.80 ^b	1.60±0.80 ^b	1.60±0.80 ^b	1.60±0.80 ^b
Astringency	2.00±0.89 ^a	1.40±0.49 ^a	1.20±0.40 ^a	1.20±0.40 ^a	1.20±0.40 ^a	1.20±0.40 ^a	1.20±0.40 ^a
Texture	3.60±0.49 ^a	3.80±0.40 ^a	3.80±0.40 ^a	3.80±0.40 ^a	3.40±0.80 ^a	3.40±0.80 ^a	3.40±0.80 ^a
Brightness	3.40±0.49 ^a	3.40±0.49 ^a	3.20±0.40 ^a	3.20±0.40 ^a	3.20±0.40 ^a	3.20±0.40 ^a	3.20±0.40 ^a
Overall acceptance	1.00±0.00 ^e	4.20±0.40 ^a	3.20±0.40 ^b	2.60±0.49 ^c	2.20±0.40 ^{cd}	2.00±0.00 ^d	2.00±0.00 ^d

Data with different letters in the row are significantly different with one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

1) Kimchi was fermented at different temperature (6.5, 10°C) immediately when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$, 0.6% , 0.8%

2) Control kimchi was stored at -1°C without fermentation process.

제 4절 총각김치 최적의 발효 조건 도출

6.5℃, 10℃에서 이화학적 특성 및 배양학적, 비배양학적 방법을 통한 미생물의 균총 분석, 관능검사를 통해 총각김치의 최적 발효 조건은 발효 온도 6.5℃에서 산도 0.40% 도달 후 즉시 -1℃에 보관하는 것으로 결정하였다. 이때 대조구는 총각김치 구입 즉시 -1℃에서 보관된 것으로 하고 12주간 5개 시점 (발효종료, 2주, 4주, 8주, 12주)에서 관능검사를 실시하였다.

1. 최적 발효 조건에 따른 총각김치의 이화학적 변화

가. pH 및 산도 측정

총각김치의 초기 pH는 6.12 ± 0.11 , 산도 $0.18 \pm 0.03\%$, 염도는 $1.79 \pm 0.11\%$, 당도는 9.70 ± 0.30 brix°로 나타났다. 6.5℃에서 산도 0.40% 도달(pH 5.12 ± 0.33)후 이를 즉시 -1℃에 12주 동안 보관하면서 pH 및 산도를 측정하였다(Figure 8). 6.5℃ 발효 후 -1℃에 보관한 김치 시료는 보관 2주에 pH 4.36 ± 0.17 , 산도 $0.62 \pm 0.08\%$ 보관 12주에는 pH 4.05 ± 0.12 , 산도 $0.94 \pm 0.02\%$ 에 도달하였다. 대조구의 경우 보관 2주에 pH 6.09 ± 0.06 , 산도 $0.25 \pm 0.02\%$ 로 보관 4주까지 pH 및 산도 변화가 크게 나타나지 않다가 보관 8주에 pH 4.86 ± 0.24 , 산도 $0.54 \pm 0.09\%$ 로 발효가 진행되었으며 보관 12주에 pH 4.25 ± 0.18 , 산도 $0.72 \pm 0.08\%$ 에 도달하였다.

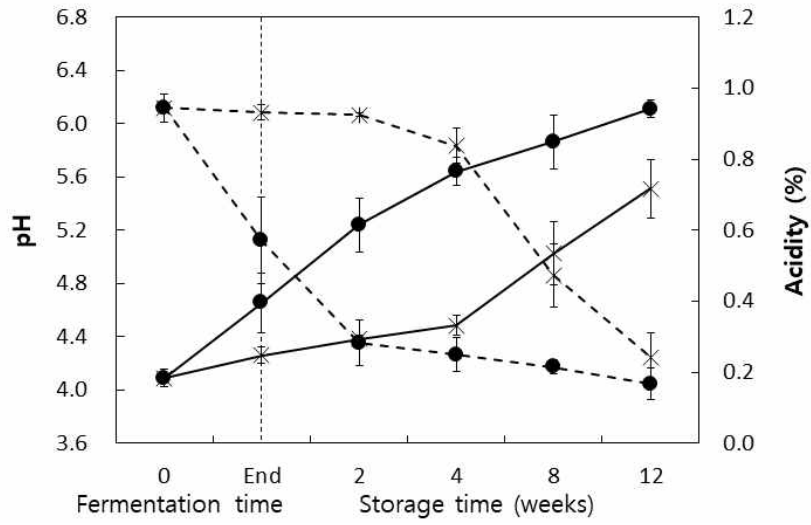


Figure 8. Changes in pH and acidity of chonggak kimchi

●, kimchi fermented for 7 days at 6.5°C followed by storage at -1°C

*, kimchi stored at -1°C without fermentation

나. 염도 및 당도 측정

총각김치의 초기 염도는 $1.89 \pm 0.05\%$ 로 나타났고 초기 당도는 9.70 ± 0.30 brix°로 나타났다. 총각김치의 염도와 당도는 발효 온도 및 보관 기간에 따라 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Table 4).

Table 4. Changes in salinity and sugar content of chonggak kimchi

(a) Salinity

Storage time(weeks)	¹⁾ control	6.5℃	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>		
²⁾ End of fermentation	1.93±0.17	1.87±0.05	2.304	0.061
2 weeks	1.89±0.08	1.95±0.05	-1.253	0.257
4 weeks	1.86±0.06	1.96±0.07	-2.207	0.069
8 weeks	1.97±0.07	1.97±0.02	0.197	0.850
12 weeks	1.93±0.10	2.03±0.06	-1.704	0.139

(n=4)

(b) Sugar content

Storage time(weeks)	¹⁾ control	6.5℃	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>		
²⁾ End of fermentation	9.53±0.22	9.65±0.26	-0.724	0.496
2 weeks	9.40±0.08	9.40±0.29	0.000	1.000
4 weeks	9.28±0.21	9.30±0.29	-0.139	0.894
8 weeks	9.33±0.17	9.28±0.22	0.357	0.733
12 weeks	9.20±0.27	9.28±0.21	-0.441	0.675

(n=4)

***p*<0.05

1) Control kimchi was stored at -1℃ without fermentation process

2) Kimchi was fermented at 6.5 immediately when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$

2. 최적 발효 조건에 따른 총각김치의 배양학적 변화

총각김치의 초기 총균수는 $6.12 \pm 0.10 \log \text{ CFU/mL}$ 로 나타났다. 6.5°C 산도 0.4%는 보관 2주에 최대 균수 $8.82 \pm 0.22 \log \text{ CFU/mL}$ 에 도달하였다. 최대 균수 도달 후 보관 4주부터 $7.34 \sim 8.13 \log \text{ CFU/mL}$ 분포를 나타내며 감소하였다. 대조구의 경우 보관 2주에 $6.64 \pm 0.08 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타내 보관 4주까지 총균수의 변화가 크게 나타나지 않았다. 보관 8주가 돼서야 $7.68 \pm 0.02 \log \text{ CFU/mL}$ 로 균수가 증가하였고 보관 12주에는 $8.57 \pm 0.03 \log \text{ CFU/mL}$ 로 6.5°C 산도 0.4% 최대 균수보다는 $0.25 \log \text{ CFU/mL}$ 낮은 값을 나타냈다.

Leuconostoc sp.는 초기에 $6.09 \pm 0.06 \log \text{ CFU/mL}$ 로 나타났다. 6.5°C 산도 0.4%는 보관 2주에 최대 균수 $8.63 \pm 0.09 \log \text{ CFU/mL}$ 에 도달 후 $7.12 \sim 7.95 \log \text{ CFU/mL}$ 분포를 나타내며 감소하였지만 보관 전 구간에서 *Leuconostoc* sp. 가 차지하는 비율이 높게 나타났다(Figure 10, 11). 대조구의 경우 *Leuconostoc* sp. 수의 변화가 거의 없었다. 보관 2주에 $6.18 \pm 0.11 \log \text{ CFU/mL}$ 로 보관 12주가 돼서도 $6.77 \pm 0.02 \log \text{ CFU/mL}$ 로 구매 직후보다 $0.68 \log \text{ CFU/mL}$ 증가하였다.

Lactobacillus sp. 수는 초기에 $3.48 \pm 0.23 \log \text{ CFU/mL}$ 로 다른 유산균 속보다 적은 수를 나타내었다. 6.5°C 산도 0.4%는 보관 2주경에 최대 균수 $7.58 \pm 0.20 \log \text{ CFU/mL}$ 로 급격히 증가했다가 보관 12주 경에 $5.51 \pm 0.20 \log \text{ CFU/mL}$ 로 감소했으며 보관 전 구간에서 차지하는 비율이 낮게 나타났다(Figure 10). 이는 *Leuconostoc* sp. 과 *Weissella* sp. 수의 증가에 대한 결과로 판단된다[38]. 대조구의 경우 *Lactobacillus* sp. 수는 발효 종료 시점에 최대 균수 $5.74 \pm 0.30 \log \text{ CFU/mL}$ 에 도달하였으며 보관 전 구간에서 약 10^5 CFU/mL 를 나타냈다. 이는 *Lactobacillus* sp.는 중·고온에서 생육이 활발한 균으로 저온에서 생육이 억제된다는 결과와 일치한다[14].

Weissella sp. 수는 초기에 $5.15 \pm 0.15 \log \text{ CFU/mL}$ 로 *Leuconostoc* sp. 수보다 $0.94 \log \text{ CFU/mL}$ 낮게 나타났고 6.5°C 산도 0.4% 발효 종료에 최대 균수 $8.10 \pm 0.12 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타내고 서서히 감소했다. 대조구의 경우 *Weissella* sp. 수는 보관 기간 동안 증가하여 보관 12주경에 최대 균수 $8.55 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타냈으며 보관 전 구간에서 차지하는 비율이 높게 나타났다(Figure 10). 이는 *Weissella* sp.는 -1°C 나 pH 4.3 이하인 극한 환경에서도 잘 자란다는 연구 결과와 일치했다[10].

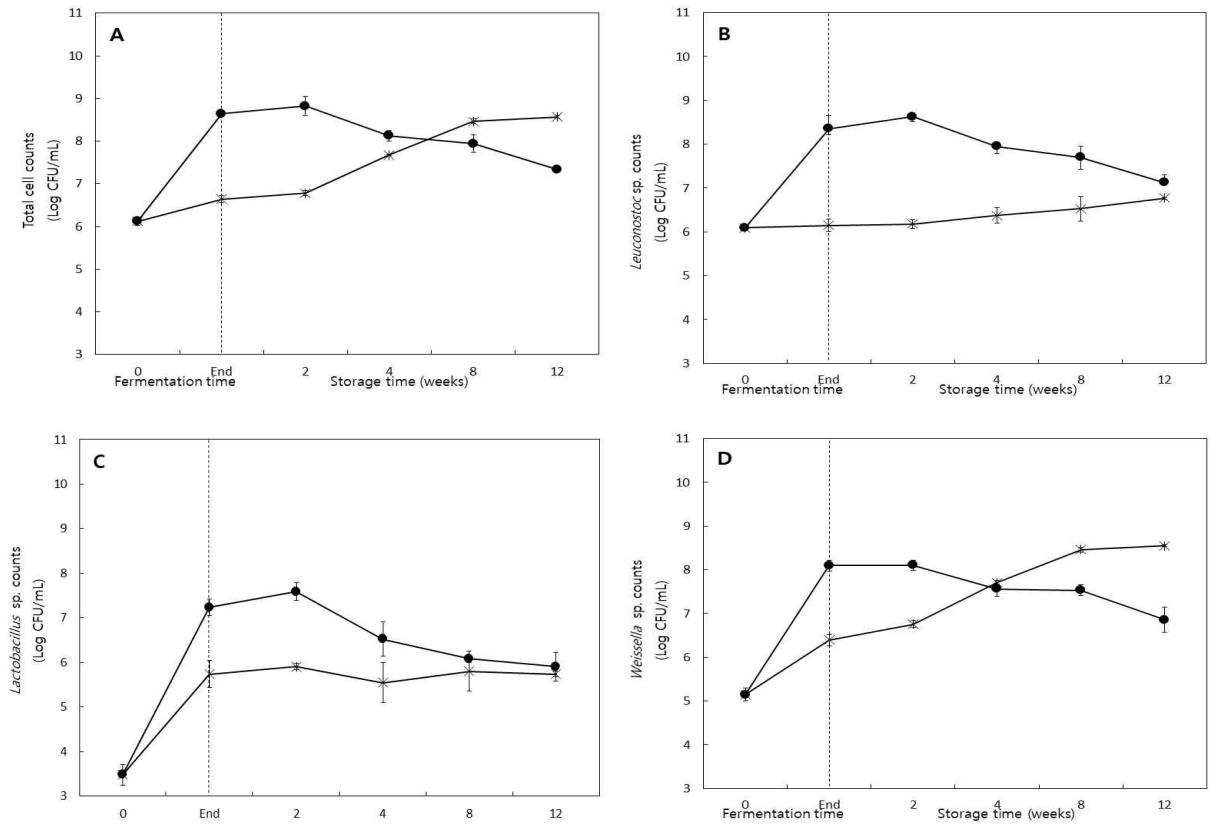


Figure 9. Changes in lactic acid bacteria counts of the chonggak kimchi.
 kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C (●) and kimchi
 storage at -1°C (*) without fermentation.

- (A), Total cell counts
- (B), *Leuconostoc* sp. counts
- (C), *Lactobacillus* sp. counts
- (D), *Weissella* sp. counts

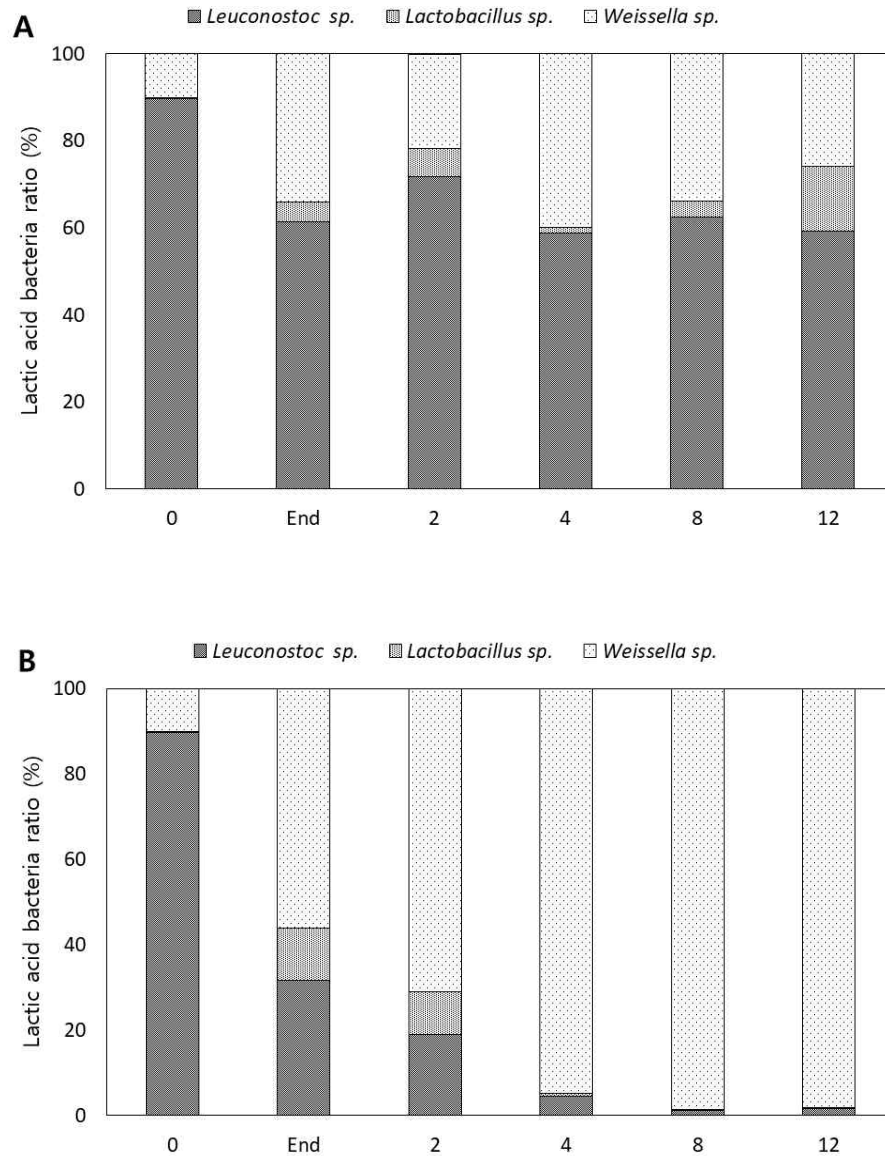


Figure 10. Changes in the ratio of *Leuconostoc* sp., *Lactobacillus* sp., *Weissella* sp. in the chonggak kimchi stored at -1°C after fermentation at 6.5°C and storage at -1°C without fermentation.

(A), kimchi fermented for 7 days at 6.5°C followed by storage at -1°C

(B), kimchi stored at -1°C without fermentation

3. 최적 발효 조건에 따른 총각김치의 관능적 특성

최적 발효 조건(6.5℃, 산도 0.40%)에서 발효 후 -1℃에 보관한 총각김치와 -1℃에서 보관된 총각김치의 관능적 차이를 조사하였다(Table 2). 소규모 관능 평가로 훈련된 대학원생 10인이 5개 시점(발효 종료, 2주, 4주, 8주, 12주)에서 관능검사를 실시하였고 결과는 다음과 같다(Table 2). 최적 발효 조건에서 발효 후 보관한 총각김치의 경우 전 구간에서 탄산미와 함께 단맛이 느껴졌다. 보관 2주 시료에서는 가장 강한 탄산미와 단맛 약간의 신맛이 느껴졌으며 보관 4주에서는 약간의 탄산미와 단맛, 신맛이 어우러져 상큼한 신맛이 느껴졌다. 이때의 산도는 0.8%를 넘지 않아 총각김치의 신맛을 즐길 수 있는 수준으로 판단되었다(Figure 8). 대조구의 경우 보관 4주까지 아린 맛과 쓴맛이 느껴졌으며 보관 8주와 보관 12주 시료에서는 신맛과 쓴맛이 느껴졌다.

이러한 결과는 총각김치 발효 시 최적 발효 조건(6.5℃에서 산도 0.40% 도달 후 -1℃ 보관)을 적용하면 총각김치에 최상의 맛을 부여할 수 있고, 최적의 맛을 지닌 김치의 보관유지가 장기간(3개월) 가능함을 나타냈다.

Table 5. Sensory evaluation results of chonggak kimchi

(a) End of fermentation (0 day of storage)

(n=10)

Items	¹⁾ control	²⁾ 6.5℃	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>		
Carbonated taste	1.25±0.46	3.75±0.46	10.801	0.001**
Sweetness	1.25±0.46	3.75±0.46	10.801	0.001**
Sourness	1.00±0.00	3.25±0.46	13.748	0.001**
Moldy smell	1.25±0.46	1.13±0.46	0.607	0.554
Bitterness	3.88±0.35	1.25±0.46	-12.747	0.001**
Astringency	4.63±0.52	1.25±0.46	-13.748	0.001**
Texture	4.25±0.46	4.25±0.46	0.000	1.000
brightness	3.13±0.35	3.25±0.46	0.607	0.554
Overall acceptance	1.13±0.35	4.25±0.46	15.174	0.001**

(b) 2 weeks of storage

(n=10)

Items	¹⁾ control	²⁾ 6.5℃	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>		
Carbonated taste	1.38±0.52	4.63±0.52	12.559	0.001**
Sweetness	2.00±0.00	4.50±0.53	13.229	0.001**
Sourness	1.88±0.64	3.75±0.46	6.708	0.001**
Moldy smell	4.00±0.00	4.00±0.00	-1.528	0.170
Bitterness	3.75±0.46	1.63±0.52	-8.656	0.001**
Astringency	3.88±0.35	1.25±0.46	-12.747	0.001**
Texture	4.13±0.53	3.75±0.46	-1.821	0.090
brightness	3.13±0.35	3.25±0.46	0.607	0.277
Overall acceptance	2.00±0.00	4.75±0.46	16.803	0.001**

(c) 4 weeks of storage

(n=10)

Items	¹⁾ control	²⁾ 6.5℃	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>		
Carbonated taste	1.88±0.64	4.13±0.35	8.695	0.001**
Sweetness	1.75±0.46	4.13±0.35	11.533	0.001**
Sourness	3.13±0.99	4.00±0.00	2.497	0.041
Moldy smell	1.50±0.53	1.50±0.53	0.000	1.000
Bitterness	3.50±0.53	1.75±0.46	-7.000	0.001**
Astringency	2.50±1.20	1.75±0.71	-1.528	0.154
Texture	3.75±0.46	3.88±0.35	0.607	0.554
brightness	3.25±0.46	3.25±0.46	0.000	1.000
Overall acceptance	2.13±0.35	4.25±0.46	10.319	0.001**

(d) 8 weeks of storage

(n=10)

Items	¹⁾ control	²⁾ 6.5℃	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>		
Carbonated taste	1.50±0.53	3.75±0.71	7.180	0.001**
Sweetness	2.63±0.52	4.00±0.00	7.514	0.001**
Sourness	3.75±0.71	4.00±0.00	1.000	0.351
Moldy smell	1.75±0.46	1.75±0.46	0.000	1.000
Bitterness	2.50±0.53	2.00±0.53	-1.871	0.082
Astringency	2.13±0.35	1.88±0.35	-1.414	0.179
Texture	3.75±0.46	4.13±0.35	1.821	0.090
brightness	3.25±0.46	3.25±0.46	0.000	1.000
Overall acceptance	2.00±0.53	3.88±0.35	8.275	0.001**

(e) 12 weeks of storage

(n=10)

Items	¹⁾ control	²⁾ 6.5°C	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>		
Carbonated taste	2.00±0.93	4.00±0.00	6.110	0.001**
Sweetness	1.63±0.74	4.00±0.00	9.029	0.001**
Sourness	4.38±0.74	4.50±0.53	0.386	0.705
Moldy smell	1.88±0.83	1.50±0.53	0.333	0.303
Bitterness	3.88±0.35	1.38±0.52	-11.282	0.001**
Astringency	1.63±0.74	1.38±0.52	-0.780	0.448
Texture	3.38±0.74	3.50±0.76	0.333	0.744
brightness	3.00±0.53	3.25±0.46	1.000	0.334
Overall acceptance	1.63±0.744	4.13±0.35	8.584	0.001**

** $p < 0.05$

1) Control kimchi was stored at -1°C without fermentation process

2) Kimchi was fermented at 6.5 immediately when the acidity of kimchi reached $\cong 0.4\%$

제 4장 결 론

김치의 맛은 소금에 의한 삼투압 작용, 효소 등 여러 물리적, 화학적 작용 및 발효 전 과정에 관여하는 미생물에 의해 결정된다. 미생물의 증식은 김치의 염분 함량과 발효 온도 등에 영향을 받는데 염분보다는 발효 온도에 영향을 더 많이 받는 것으로 알려져 있다[8, 9, 10, 49]. 김치 발효 초기에 관여하는 주요 젖산균인 *Leuconostoc* sp.는 저온(5°C)에서 생육이 활발한 균으로 잔존하는 산소를 제거하여 이산화탄소를 생성해 김치를 혐기적 상태로 만들고, 유기산과 만니톨을 생성하여 김치에 특 쏘는 시원한 맛을 부여한다. 이에 김치의 관능적 특성 향상에도 기여한다고 알려져 있다 [23]. 발효 후기에 관여하는 주요 젖산균인 *Lactobacillus* sp.는 중·고온(15°C, 25°C) 균으로 내산성이 강해 많은 유기산을 생성하여 김치를 시어지게 하고 김치의 산패에 관여한다고 알려져 있다. 이에 김치를 장기 저장하면서 맛있는 김치를 먹기 위한 방법으로 먼저 저온의 온도에서 발효시킨 후 -1°C에 보관하는 방법이 사용되고 있지만 이러한 알고리즘에 관한 연구는 배추김치를 중심으로 이루어지고 있고 다른 별미김치에 대한 연구는 미흡한 시점이다[11, 28, 50].

이에 따라 본 연구에서는 별미김치 중 총각김치에 대한 이화학적, 미생물학적 특성 및 관능적 특성을 분석해 관능적으로 우수하고 장기간 저장될 수 있는 총각김치의 최적 발효 조건을 확립하고자 한다.

제조일로부터 2일 이내 생산된 상품 총각김치를 구매해 6.5°C와 10°C에서 발효시킨 후 적정 산도가 0.40±0.05%, 0.60±0.05%, 0.80±0.05%에 도달하였을 때 보관 온도인 -1°C로 전환하였다. 구입 즉시 -1°C에 보관한 김치를 대조군(control)으로 하여 보관 후 3개월간 저장하면서 5개 시점 (발효 종료, 14일, 30일, 60일, 90일)에서 이화학적·미생물학적·관능적 특성을 비교 분석하였다.

총각김치의 초기 pH는 6.13±0.16, 산도는 0.19±0.02%, 염도는 1.86±0.15%, 당도는 9.27±0.78 brix°로 나타났다. 보관 2주에 6.5°C 산도 0.4%는 산도 0.59±0.07%로 나타났다. 6.5°C 산도 0.8%와 10°C 산도 0.8%는 약 0.86~0.87%로 비슷하게 나타났다. 이후 보관 4주에 6.5°C 0.4%와 10°C 0.4%는 약 0.76~0.81%로 비슷하게 나타났으며 6.5, 10°C 산도 0.6%, 0.8%는 약 0.87~0.89%로 비슷하게 나타났다. 보관 12주에는 모든 구간이 약 0.88~0.96%로 비슷하게 나타났다. 대조구의 경우 저장 4주까지 pH 및 산도의 변화가 거의 없었으며, 서서히 증가해 보관 12주에 산도 0.69±0.09%에 도달

하였다. 김치의 식용으로 적합한 산도 범위는 0.40~0.75%이며 6.5℃ 산도 0.4%의 경우 보관 4주까지 김치의 최적 산도 범위를 나타내 다른 구간들보다 김치의 품질 유지 기간이 길게 나타났다[9].

총각김치의 초기 총균수는 $6.26 \pm 0.27 \log \text{ CFU/mL}$ 로 나타났다. 발효 종료 후 10℃ 산도 0.8%에서 $9.23 \pm 0.27 \log \text{ CFU/mL}$ 로 가장 높게 나타났고 6.5℃ 산도 0.40%, 0.60%의 경우 약 10^8 CFU/mL 를 나타냈다. 총균수는 최대 균수 도달 후 감소하였고 보관 12주에 6.5℃ 산도 0.40%, 0.60%는 약 10^7 CFU/mL 로 서서히 감소하였고 10℃ 산도 0.80% 경우 보관 8주부터 약 10^6 CFU/mL 로 급격히 감소하였다. 대조구의 경우 보관 2주까지 10^6 CFU/mL 를 나타냈고 보관 4주부터 균수가 서서히 증가하다가 보관 12주에 $8.83 \pm 0.48 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타냈다.

총각김치의 초기 *Leuconostoc* sp. 수는 $6.21 \pm 0.08 \log \text{ CFU/mL}$ 로 이는 총균수 비율 중 가장 높게 나타났고 발효 종료 후 모든 구간에서 약 10^8 CFU/mL 를 나타냈다. 6.5℃ 산도 0.4%에서 *Leuconostoc* sp. 수 및 비율이 높게 나타났으며 보관 12주까지 약 10^7 CFU/mL 이하로 떨어지지 않았다. 6.5℃ 산도 0.60%, 0.80% 총각김치의 경우에도 보관 8주까지는 약 10^7 CFU/mL 이하로 떨어지지 않았지만 산도 0.80%의 경우 보관 12주째에 $5.94 \pm 0.44 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타내 급격히 감소하는 형태를 보였다. 10℃ 모든 구간에서 보관 4주까지 약 $10^7 \sim 10^8 \text{ CFU/mL}$ 를 유지하였으며 보관 8주부터 급격히 감소하는 형태를 보였다. 그중 10℃ 산도 0.8%은 보관 8주부터 약 10^5 CFU/mL 를 나타냈다. 10℃ 발효보다 6.5℃ 발효의 *Leuconostoc* sp.의 함량 및 수는 보관 기간 동안 많거나 비슷한 경향을 보였으며 이는 *Leuconostoc* sp. 가 저온에서 생육이 활발하다는 연구 결과와도 일치하였다[8, 10]. 6.5℃ 산도 0.4%는 모든 보관 기간에서 *Leuconostoc* sp. 수 비율이 높게 유지됐고, 다른 구간들과 비교해서도 *Leuconostoc* sp. 수의 비율이 높게 나타났다. 대조구의 경우 서서히 증가하기 시작해 보관 12주에 $7.49 \pm 0.42 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타냈지만 발효 후 보관한 총각김치의 최대 균수에는 미치지 못하였다.

총각김치의 초기 *Lactobacillus* sp. 수는 $4.56 \pm 0.28 \log \text{ CFU/mL}$ 로 모든 구간에서 *Lactobacillus* sp. 가 총균수에서 차지하는 비율은 낮게 나타났다. 6.5℃ 모든 구간, 10℃ 산도 0.4%, 0.6%의 경우 최대 균수가 약 10^7 CFU/mL 로 증가한 후 감소하였으며 10℃ 산도 0.8%에서는 약 10^8 CFU/mL 로 가장 높게 나타난 후 감소하였다. 대조구의 경우 서서히 증가하기 시작해 보관 12주에 $6.69 \pm 0.33 \log \text{ CFU/mL}$ 를 나타냈다.

총각김치의 초기 *Weissella* sp. 수는 $4.89 \pm 0.24 \log \text{ CFU/mL}$ 로 나타났으며 10℃

산도 0.8% 발효 종료 시점에서 $9.06 \pm 0.26 \log \text{CFU/mL}$ 로 가장 높게 나타났다. 6.5°C 발효 총각김치보다 10°C 발효에서 *Weissella* sp.의 비율이 높게 나타났다. 특히 발효 없이 -1°C에 보관한 대조구의 경우 *Weissella* sp.의 비율이 다른 유산균 속들보다 보관기간 동안 17.3~92.51% 높게 나타났다.

다른 온도에서 같은 적정 산도에 도달하였을 때의 배양학적 변화 (Figure. 7)는 초기 *Leuconostoc mesenteroides* (band e)와 *Leu. gelidum* subsp. *aenigmaticum* (band g)가 나타났다. 6.5°C 산도 0.4%의 경우 *Leuconostoc mesenteroides* (band e)와 *Lactobacillus sakei* (band b)가 보관 12주 동안 관찰되었고 10°C 산도 0.4%의 경우 보관 4주에 *Leuconostoc mesenteroides* (band e)와 *Leu. gelidum* subsp. *aenigmaticum* (band g) 부분이 진하게 관찰되었고 보관 8주와 보관 12주에는 열게 관찰되었다. 대조구의 경우 *Weissella koreensis*를 나타내는 band c 부분이 보관 12주 동안 관찰되어 배양학적 특성 분석 결과와 일치하였다.

관능적으로 품질이 우수한 발효·보관조건을 확립하기 위하여 관능검사를 실시하였다. 보관 2주 6.5°C 산도 0.4%에서 가장 강한 탄산미와 단맛이 느껴졌으며 6.5°C 산도 0.6%, 0.8%에서는 약간의 탄산미와 단맛이 느껴졌다. 보관 12주까지 산도 0.4%에서는 약간의 탄산미와 신맛, 단맛이 어우러졌으며 산도 0.8%에서는 탄산미가 느껴지지 않고 신맛이 강하게 느껴졌다. 이러한 산도 0.4%의 특 쏘는 시원한 맛은 산도 0.4% 총균수의 대부분을 차지하고 있는 *Leuconostoc* sp. 수의 영향으로 판단된다. 10°C의 경우 보관 2주부터 약간의 신맛과 함께 약간의 군내가 느껴져 보관 4주에 가장 강하게 느껴졌다. 보관 12주에는 숙성이 진행됨에 따라 신맛이 강해지면서 군내가 덜 나는 것처럼 느껴져 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 대조구의 경우 보관 2주까지 안 익은 맛과 아린 맛이 강하게 느껴졌으며 끝에 쓴맛이 느껴졌다. 보관 4주 이후부터는 숙성되기 시작하면서 아린 맛과 쓴맛은 서서히 감소했지만 발효 후 보관한 총각김치에 대비해 쓴맛이 강하게 느껴졌다. 전반적인 기호도는 10°C보다는 6.5°C에서 6.5°C 중에서는 산도 0.4%가 탄산미와 단맛이 높게 평가되어 기호도가 높게 나타났다. 이는 6.5°C 산도 0.4%가 보관 12주까지 이와 같은 최적의 맛으로 김치의 장기간 보관이 가능함을 나타내었다. 이상과 같이 본 연구에서는 이화학적, 미생물학적 관능적 특성에 대한 종합적 분석을 통해 6.5°C에서 산도 0.40%에 도달 할 때까지 발효 후 즉시 -1°C에 보관한 김치 시료를 총각김치 최적 발효 조건으로 설정하였다. 이는 발효 후 보관 4주까지의 산도가 0.40~0.77%로 김치 식용에 적합한 산도 범위를 유지했으며 보관

기간 동안 김치의 좋은 맛에 관여하는 *Leuconostoc* sp. 수의 비율도 보관 12주 동안 높게 나타나 김치 발효 조건을 잘부여하면 최상의 맛을 내는 김치의 장기 보관이 가능할 수 있음을 시사했다.

선행 연구들에서는 배추김치를 중온에서 발효 후 -1°C 에 보관하는 것보다 저온에서 발효 후 -1°C 에서 보관하는 것이 김치의 맛을 좋게 하며 다량의 젖산 생성과 과숙을 방지해 최적의 맛을 유지할 수 있음을 증명하였다 [21, 28, 51]. 최근 소비자들은 취향에 따라 다양한 종류의 김치를 선호하게 되면서 별미김치의 수요가 매년 증가하고 있으나 젖산균의 생육을 최대한으로 촉진하고 유지하면서 어떤 온도에서 발효 후 보관해야 최적의 맛을 유지할 수 있는지에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 별미김치 중 총각김치의 발효, 보관 중 이화학적, 배양학적, 비배양학적, 관능적 특성을 분석하여 젖산균의 생육을 유지하면서 최적의 맛을 내는 발효 및 보관조건을 규명하였다. 이러한 온도 알고리즘을 가정용 김치냉장고에 적용하면 시판에서 총각김치 구매 후 보관할 때 오랜 시간 김치의 좋은 맛을 유지할 수 있을 것이다. 본 연구를 기초로 하여 다양한 종류의 별미김치를 장기적으로 저장할 수 있는 방법과 최적 발효 및 보관 조건 설정에 대한 온도 알고리즘에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

제 5장 참고문헌

1. Park, E. J., Chun, J. S., Cha, C. J., Park, W. S., Jeon, C. O., Bae, J. W. 2012. Bacterial community analysis during fermentation of ten representative kinds of kimchi with barcoded pyrosequencing. *International Journal of Food Microbiology*, **30**: 197-204.
2. Moon, Y. J., Soh, J. R., Yu, J. J., Shon, H. S., Cha, Y. S., Oh, S. H. 2012. Intracellular lipid accumulation inhibitory effect of *Weissella koreensis* OK1-6 isolated from Kimchi on differentiating adipocyte. *Applied Microbiology*, **113**: 652-658.
3. Cho, E. J., Park, K. Y., Rhee, S. H. 1997. Standardization of ingredient ratios of Chinese cabbage kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **29(6)**: 1228-1235.
4. Lee, M. K., Rhee, K. K., Kim, J. K., Kim, S. M., Jeong, J. W., Jang, D. J. 2007. A survey of research papers on Korean Kimchi and R&D trends. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, **22(1)**: 104-114.
5. Chae, O. W., Shin, K. S., Chung, H. K., Choe, T. B. 1998. Immunostimulation Effects of Mice Fed with Cell Lysate of *Lacobacillus plantarum* Isolated from Kimchi. *Korean journal of microbiology and biotechnology*, **13(4)**: 424-430.
6. <https://www.health.com>
7. <https://www.theguardian.com>
8. Lee, J. S., Lee, K. C., Ahn, J. S., Mheen, T. I., Pyun, Y. R., Park, Y. H. 2002. *Weissella koreensis* sp. nov., isolated from kimchi. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **52**: 1257-1261.

9. Lee, Y. H., Yang, I. W. 1970. Studies on the Packaging and Preservation of Kimchi. *Journal of the Korean Society of Agricultural Chemical and Biotechnology*, **13**(3)
10. Cho, J. H., Lee, D. Y., Yang, C. N., Jeon, J.I. , Kim, J. H. & Han, H. I. 2006. Microbial population dynamics of kimchi, a fermented cabbage product. *FEMS Micobiology Letters*, **257**: 262-267.
11. Noh, J. S., Seo, H. J., Oh, J. H., Lee, M. J., Kim, M. H., Cheigh, H. S., Song, Y. O. 2007. Development of Auto-aging System Built in Kimchi Refrigerator for Optimal Fermentation and Storage of Korean Cabbage Kimch. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **39**(4): 432-437.
12. 김명환, 장문정. 2000. 발효온도 및 소금농도에 따른 배추김치의 발효 특성. *Journal of the Korean Society of Agricultural Chemical and Biotechnology*, **43**(1): 7-11.
13. Park, C. H., Choi, Y. R., Yum K. J., Kim, M. J. 2020. A Novel Strain of *Saccharomyces servazzii*, Ceb-kc-011 from Young Radish Kimchi: Optimization of the Growth Condition and Inhibition of α -Glucosidase by Bioconverted *Rhynchosia nulubilis* Using Ceb-kc-011. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **49**(3): 236-243
14. Lim, C. R., Park, H. K., Han, H. U. 1989. Reevaluation of Isolation and Identification of Gram-Positive Bacteria in Kimchi. *Korean Journal of Microbiology*, **27**(4): 404-414
15. Jung, J. Y., Lee, S. H., Lee, J. H., Seo H. Y., Park, W. S., Jeon, C. O. 2012. *International Journal of Food Microbiology*, **153**: 378-387
16. Jeong, S. H., Lee, H. J., Jung, J. Y., Lee, S. H., Seo, H. Y., Park, W. S., & Jeon, C. O. 2013. Effects of red pepper powder on microbial communities and metabolites during kimchi fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, **160**(3): 252-259.

17. Jung, J. Y., Lee, S. H., & Jeon, C. O. 2014. Kimchi microflora: history, current status, and perspectives for industrial kimchi production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **98(6)**: 2385- 2393.
18. Kim, H. S., Jung, S. k., Cho, S. H., Ku, J. G., Lee, S. C. 2003. Preparation and Effect of Eudragit E100 Microcapsules Containing Grapefruit Seed Extract on Kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **32(8)**: 1239-1244
19. Park, Kee-Jai, et al. 1996. Initial control of microorganism in Kimchi by the modified preparation method of seasoning mixture and the pretreatment of electrolyzed acid-water. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **28(6)**: 1104-1110.
20. M.D. Collins, J. Samelisl, J. Metaxopoulos, S. Wallbanks. 1993. *Journal of Applied Bacteriolog*, **75**: 595-603
21. Kim, H. O., Rhee, H. S. 1975. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **7(2)**
22. Jung, J. Y., Lee. S. H., Lee, H. J., Seo, H. Y., Park, W. S., Jeon, C. O. 2012. *International Journal of Food Microbiology*, **153**: 378-387
23. Jung, J. Y., Lee, S. H., Kim, J. M., Park, M. S., Bae, J. W., Hahn, Y., & Jeon, C. O. 2011. Metagenomic analysis of kimchi, a traditional Korean fermented food. *Applied and environmental microbiology*, **77(7)**: 2264-2274.
24. Cho, Y., Rhee, H. S. 1991. Effect of lactic acid bacteria and temperature on kimchi fermentation (I). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **7(1)**: 15-25.
25. Jung, J. Y., Lee, S. H., Jin, H. M., Hahn, Y., Madsen, E., L., Jeon, C. O. 2013. Metatranscriptomic analysis of lactic acid bacterial gene expression during kimchi fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, **163(2-3)**: 171-179.

26. Kim, Y. H., Kim, H. Z., Kim, J. Y., Choi, T. B. & Kang, S. M. 2005. Strain improvement of *Leuconostoc mesenteroides* as a acid-resistant mutant and effect on kimchi fermentation as a starter. *Korean journal of microbiology and biotechnology*, **33**: 41-50.
27. 박정아, 허건영, 이정숙, 오윤정, 김보연, 민태익, 김차경, 안종석. 2003. 김치의 저온 발효 중 미생물 변화 양상. *Korean journal of microbiology*, **39(1)**: 45-50.
28. Moon, S. H., Kim, E. J. Kim, E. J., Chang, H. C. Development of fermentation-storage mode for kimchi refrigerator to maintain the best quality of kimchi during storage. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **50(1)**: 44-54
29. Chang, J. Y., Choi, Y. R., Chang, H. C. Change in the Microbial Profiles of Commercial Kimchi during Fermentation. *Korean Journal of Food Preservation*, **18(5)**: 786-794
30. You, J. H., Kwak, E. J., Shin, M. J. A Study on Kimchi Preference and the Types of Kimchi Purchased at Markets to Improve Kimchi Marketing. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, **17(4)**: 511-519
31. Cheigh, H. S., Park, K. Y., & Lee, C. Y. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, **34(2)**: 175-203.
32. Lee, H. J., Oh, S. D. 2002. Properties Changes of Radish Variety Group of Altari Dongchimi Inoculated with *Leuconostoc citreum* IH22 during Fermentation. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, **12(1)**
33. Lee, H. J., Lee, S. W., Jeon, H. J., Chung, H. J. 2015. A Comparison Study on the Recipe of Radish Kimchi between Old Cookbooks of Head and Noble Family and Jong-ga. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **28(5)**: 894-909

34. Noh, J., S., Kim., H., J., Kwon M., J., Song, Y., O. 2009. Seasonal Changes in Quality of Chonggak Kimchi Fermented at Different Temperatures. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **38(6)**: 742-749

35. AOAC. 1990. Official methods of analysis 15th edition. Association of official analytical chemists, Washington DC, USA.

36. Chang, J. Y., Chang, H., C. 2010. Improvements in the Quality and Shelf Life of Kimchi by Fermentation with the Induced Bacteriocin-Producing Strain, *Leuconostoc citreum* GJ7 as a Starter. *Journal of Food Science*, **75(2)**

37. Kang, J. H., Kang. S. H., Ahn, E. S., Yoo, M. J., Chung, H. J. 2004. Effect of the Combination of Fermentation Temperature and Time on the Properties of Baechu Kimchi. *Journal of The Korean Society of Food Culture*, **19(1)**: 30-42

38. Chang, J. Y., Kim, I. C., Chang, H. C. 2014. Effect of Solar Salt on Kimchi Fermentation during Long-term Storage. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **46(4)**: 456-464

39. Yeun, H., Yang, H. S., Chang, H. C., Kim, H. Y. 2013. Comparison of Bacterial Community Changes in Fermenting Kimchi at Two Different Temperatures Using a Denaturing Gradient Gel Electrophoresis Analysis. *Journal or Microbiology and Biotechnology*, **23(1)**: 76-84

40. Mheen, T. I., Kwon, T. W. 1984. Effect of Temperature and Salt Concentration on Kimchi Fermentation. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **16(4)**

41. Jiang, L. Shin, D. M., Lee, Y. K. 2018. Salinity of Representative Korean Foods High in Sodium from Home Meals, Foodservices, and Restaurants. *Korean Journal of community Nutrition*. **24(4)**: 333-340

42. Lee, K. H., Cho, H. Y., Pyun, Y. R. 1991. Kinetic Modeling for the prediction of Shelf-life of Kimchi Based on Total Acidity as a Quality Index. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **23(3)**: 306-310
43. Park, S. H., Lee, J. H. 2005. The Correlation of Physico-chemical Characteristics of Kimchi with Sourness and Overall Acceptability. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, **21(1)**: 103-109
44. Kim, H. J., Shin, H. K., Yang, E. J. 2013. Production and Fermentation Characteristics of Mukeunji with a Mixed Starter. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **42(9)**: 1467-1474
45. Bae, M. S., Lee, S. C. 2008. Preparation and Characteristics of Kimchi with added *Styela clava*. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, **24(5)**: 573-579
46. Jung, Y. K., Oh, S. H., Kim, S. D. 2007. Fermentation and Quality Characteristics of Kwamaegi added Kimchi. *Korean Journal of Food Preservation*, **14(5)**: 526-530
47. Woo, L. C., Ko, C. Y., Ha, D. M. 1992. Microfloral Changes of the Lactic Acid Bacteria during Kimchi Fermentation and Identification of the Isolates. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, **20(1)**: 102-109
48. Lee, K. H., Lee, J. H. 2011. Isolation of *Leuconostoc* and *Weissella* Species Inhibiting the Growth of *Lactobacillus sakei* from Kimchi. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, **39(2)**: 175-181
49. Park, W. S., Lee, I. S., Han, Y. S., Koo, Y. J. 1994. Kimchi Preparation with Brined Chinese Cabbage and Seasoning Mixture Stored Separately *Korean Journal of Food Science and Technology*, **26(3)**: 231-238

50. Lee, E. H., Lee, M. J., Song, Y. O. 2012. Comparison of Fermentation Properties of Winter Kimchi Stored for 6 Months in a Kimchi Refrigerator Under Ripening Mode or Storage Mode. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **41(11)**: 1619-1625
51. Rhee, S. J., Lee, J. E., Lee, C. H. 2011. Importance of lactic acid bacteria in Asian fermented foods. *microbial cell factories impact factor*, **10(suppl 1)**: S5
52. Chang, H. W., Kim, K. H., Nam, Y. D., Roh, S. W., Kim, M. S., Jeon, C. O., Oh, H. M., Bae, J. W. 2008. Analysis of yeast and archaeal population dynamics in kimchi using denaturing gradient gel electrophoresis. *International Journal of Food Microbiology*, **126**: 159-166

감사의 글

어느덧 시간이 흘러 설렘과 두려움으로 시작한 대학원 생활을 마무리하게 되었습니다. 길다면 길고 짧다면 짧은 시간이었지만 많은 것을 배우며 성장할 수 있는 계기가 되었습니다. 항상 저를 응원해주시고 격려해주신 모든분들께 이 자리를 빌어 감사의 인사를 드립니다.

먼저 저의 지도 교수님이신 장해춘 교수님의 은혜에 깊이 감사드립니다. 아낌없는 관심과 지도로 앞으로 나아가야 할 길과 방향에 대해 넓은 안목을 갖게 해주시고 꼼꼼한 지도로 여기까지 이끌어 주셔서 정말 감사합니다. 또한 바쁘신 와중에 귀중한 시간 내주시어 논문을 심사해주시고 조언해주신 이주민교수님과 최지영교수님 감사드립니다. 그리고 학부와 대학원 과정 동안 전공분야에 대한 많은 지식들을 가르쳐 주신 김경수 교수님, 김복희 교수님, 이재준 교수님께도 감사의 말씀을 전합니다.

오랜시간을 함께 울고 웃으며 정이 많이 든 우리 실험실 식구들 감사합니다. 항상 할 수 있다는 응원과 함께 힘을 북돋아 주신 저의 부족한 부분을 채워주셨던 문송희박사님, 공부방 방장으로 항상 먼저 우리들을 위해주시고 다양한 면으로 배울게 많았던 소영언니, 학부시절 처음으로 실험 가르쳐주시고 배울 점이 많았던 소정언니, 짧았지만 많은 면에서 가르침 주신 예진언니, 같이 있으면 웃음꽃 피는 수영언니, 항상 고맙고 보기만 해도 기분 좋아지는 민경언니!! 기쁘고 슬픈 일 함께 하며 서로 많이 의지했던 내 동기들! 같은 목표를 향해 나아갈 수 있는 친구가 있다는 것을 말로 표현할 수 없을 만큼 큰 기쁨과 위로가 됐습니다. 항상 옆에서 내 투정 다 받아주고 귀여워해주는 지우언니, 같이 있으면 너무 즐겁고 밝은 에너지 뽐뽐하는 유정이, 항상 다 받아주는 춘테레 다운이까지 알게 모르게 많이 의지가 되었고 고맙다고 전하고 싶습니다.

또한 늘 내 편이 되어 나를 응원해주었던 친구들, 언니들, 동생들, 창희오빠!! 모두 고맙습니다. 저도 항상 어디서든 응원할 것이며 다들 행복했으면 좋겠습니다.

마지막으로, 말과 글로는 다 표현할 수 없는 내가 세상에서 제일 사랑하는 우리 가족에게 가장 고맙다고 말하고 싶습니다. 우리 엄마, 아빠, 강희, 할머니, 이모 항상 사랑하고 감사합니다! 항상 응원해줘서 고맙습니다!

다시 한 번, 항상 아낌없이 격려해주고 응원해주신 모든분들 정말 감사드립니다.