



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

발효온도와 저장기간에 따른
파김치의 특성 분석

朝鮮大學校大學院

食品營養學科

崔 知 優

발효온도와 저장기간에 따른 파김치의 특성 분석

Characteristics of *Green Onion Kimchi* According to
Fermentation Temperature and Storage Period

2022年 08月 26日

朝鮮大學校大學院

食品營養學科

崔 知 優

발효온도와 저장기간에 따른 과김치의 특성 분석

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

崔 知 優

崔知憂의 碩士學位論文을 認准함

委員長 조선대학교 교수 이주빈 

委員 조선대학교 교수 최지영 

委員 조선대학교 교수 장래준 

2022년 05월

朝鮮大學校 大學院

목 차

LIST OF TABLES	IV
LIST OF FIGURES	V
ABSTRACT	VI
제 1장 서론	1
제 2장 실험 재료 및 방법	4
제 1절 시료의 준비	4
1. 시료의 구매 및 저장	4
제 2절 이화학적 특성 분석	5
1. pH 및 산도 분석	5
2. 염도 및 당도 분석	5
제 3절 미생물학적 특성 분석	6
1. 배양학적 방법	6
가. Genomic DNA 추출 및 PCR을 통한 증폭	6
나. PCR-DGGE를 이용한 미생물 분석	7
2. 배양학적 방법	8
가. 배양온도	8

나. 유산균수 측정 및 사용배지	8
제 4절 관능적 특성 분석	9
1. 관능평가	9
제 5절 통계처리	10
1. 통계처리	10
제 3장 실험 결과 및 고찰	11
제 1절 이화학적 특성 분석	11
1. pH 및 산도	11
2. 염도 및 당도	13
제 2절 미생물학적 특성 분석	16
1. 비배양학적 방법	16
가. 상온($22\pm 1^{\circ}\text{C}$) 발효 시료의 PCR-DGGE	16
나. 10°C 발효 시료의 PCR-DGGE	16
다. 6.5°C 발효 시료의 PCR-DGGE	17
라. 대조구(비발효) 시료의 PCR-DGGE	17
2. 배양학적 방법	22
가. 유산균수 변화	22
나. <i>Leuconostoc</i> 속 변화	24
다. <i>Lactobacillus</i> 속 변화	26
라. <i>Weissella</i> 속 변화	28
마. 젖산균의 우점률 변화	30

제 3절 관능적 특성 분석	32
1. 관능적 특성	32
제 4장 결론	39
제 5장 참고문헌	43

LIST OF TABLES

Table 1. Change of saltiness on <i>Green onion Kimchi</i> fermented at different level of temperature and time during storage periods.....	14
Table 2. Change of sugar content on <i>Green onion Kimchi</i> fermented at different level of temperature and time during storage periods.....	15
Table 3. Dominance of LAB in <i>Green onion Kimchi</i> depending on the fermentation temperature and storage period during <i>Kimchi</i> fermentation.....	31
Table 4. Sensory evaluation of <i>Green onion Kimchi</i> fermented with different level of temperature at the end of fermentation.....	34
Table 5. Sensory evaluation of <i>Green onion Kimchi</i> fermented with different level of temperature stored 2 weeks.....	35
Table 6. Sensory evaluation of <i>Green onion Kimchi</i> fermented with different level of temperature stored 4 weeks.....	36
Table 7. Sensory evaluation of <i>Green onion Kimchi</i> fermented with different level of temperature stored 8 weeks.....	37
Table 8. Sensory evaluation of <i>Green onion Kimchi</i> fermented with different level of temperature stored 12 weeks.....	38

LIST OF FIGURES

Figure 1. Changes of pH on <i>Green onion Kimchi</i> fermented at different level of temperature and time during storage periods.....	12
Figure 2. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in <i>Green onion Kimchi</i> fermented at 22±1°C samples (pH 4.5~4.6).....	18
Figure 3. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in <i>Green onion Kimchi</i> fermented at 10°C samples (pH 4.5~4.6).....	19
Figure 4. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in <i>Green onion Kimchi</i> fermented at 6.5°C samples (pH 4.5~4.6).....	20
Figure 5. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in <i>Green onion Kimchi</i> stored at -1°C samples.....	21
Figure 6. Changes of Lactic acid cell on <i>Green onion Kimchi</i> fermented at different level of temperature and time during storage periods.....	23
Figure 7. Changes of <i>Leuconostoc</i> spp. cell on <i>Green onion Kimchi</i> fermented at different level of temperature and time during storage periods.....	25
Figure 8. Changes of <i>Lactobacillus</i> spp. cell on <i>Green onion Kimchi</i> fermented at different level of temperature and time during storage periods.....	27
Figure 9. Changes of <i>Weissella</i> spp. cell on <i>Green onion Kimchi</i> fermented at different level of temperature and time during storage periods.....	29

ABSTRACT

Characteristics of *Green Onion Kimchi* According to Fermentation Temperature and Storage Period

Ji U Choi

Advisor : Prof. Chang, Hae Choon, Ph. D.
Department of Food and Nutrition,
Graduate School of Chosun University

In this study we compared and evaluated the characteristics of *Green onion kimchi* according to the initial fermentation temperature and storage conditions. Consequently, the purpose in this study is to provide basic data to find optimal conditions that can be stored for a long time while sensibly superior *Green onion kimchi*.

Three different temperature used were as follows: 6.5°C, 10°C, room temperature (22±1°C). The standard pH was set to pH4.3~4.4 and pH4.5~4.6, which were studied as the ripening period of *Cabbage kimchi*. When the standard pH was reached, it was stored at -1°C and the chemical and microbiological characteristics were analyzed by selecting experimental samples every 2, 4, 8 and 12 weeks. In addition, samples stored at -1°C was selected as a control sample for comparison purposes, which were compared together when the experimental group reached a specific storage period. Time periods required for 6.5°C, 10°C, 22±1°C fermentation kimchi to reach pH 4.3~4.4 were spended 15, 7, 2.5 days and pH4.5~4.6 were spended 11, 5.5 1.5 days respectively. The pH of the samples decreased as the storage period increased, and the lowest pH among the fermentation sample was 22±1°C fermentation sample.

For lactic acid bacteria dominance, the number of *Leuconostoc* spp. and *Lactobacillus* spp. have the highest percentage among the all samples at room temperature kimchi. While *Weissella* spp. dominance showed a highest percentage in control and 6.5°C kimchi as the storage period increased.

As a result of the sensory evaluation, the overall acceptability was evaluated as the highest score for $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ kimchi, followed by 10°C , 6.5°C , and -1°C . In addition, standard pH4.5~4.6 samples were evaluated with the higher score than standard pH 4.3~4.4 samples. Through this sensory evaluation, it is believed that the overall acceptability of *Green onion kimchi* is determined by its sweetness and bitterness. On the other hand, 6.5°C and -1°C samples, which were evaluated as the lowest score in preference, were specifically highly evaluated in the bitter taste category. Therefore, samples with high scores in bitterness are presumed to be a factor caused by microorganisms that change during the fermentation of kimchi, and it seems to be consistent with the results of previous studies that identified *Weissella* spp., which is active at low temperatures, as the main cause of bitter taste in kimchi. In other words, it can be assumed that the cause of the bitter taste of *Green onion kimchi* is *Weissella* spp. which dominated as the low temperature fermentation and storage period increases.

Considering the above results, the condition of complete fermentation of *green onion kimchi* from room temperature($22\pm 1^{\circ}\text{C}$) to pH 4.4~4.5 and storing it at -1°C was presented as the most delicious condition during the storage period.

제 1장 서론

김치는 대표적인 우리나라 전통 발효식품으로 소금에 절인 배추나 무에 젓갈류 및 마늘, 생강, 파, 고춧가루 등 다양한 부재료를 혼합하여 발효, 숙성시킨 식품이다[1]. 이는 2006년 미국의 건강잡지인 'Health'가 뽑은 세계적인 건강식품 5가지 중 하나이며, 이제는 우리나라 전통식품에서 더 나아가 국제적인 식품으로도 점차 관심이 높아지고 있다[2, 3]. 과거 1987년부터 1995년까지 9년에 걸쳐 조사된 김치 및 절임류의 종류는 김치류 173종, 깍두기류 20종, 겉절이류 19종, 동치미류 7종, 생채류 26종, 장아찌류 75종, 찐지류 13종으로 보고된 종류만 총 336종에 이르는 것으로 알려졌다[4].

김치의 발효는 다양한 원료 속에 존재하는 여러 미생물의 상호작용에 의해 일어나는데 유산균과 호기성 세균, 효모 등 발효에 관여하는 미생물은 다르게 존재하며 이들은 여러 생리활성 물질들을 생성한다[5, 6, 7]. 대표적인 김치 발효 미생물로는 *Leuconostoc* 속, *Lactobacillus* 속, *Streptococcus* 속, *Pediococcus* 속 등의 Gram 양성균과 *Pseudomonas* 속, *Achromobacter* 속 등의 Gram 음성균이 있으며 김치 발효에는 Gram 양성균인 젓산균이 주를 이룬다[8, 9]. 김치 발효과정 중 발효초기에 관여하는 주요 젓산균인 *Leuconostoc* 속은 저온에서 생육이 활발한 균으로 잔존하는 산소를 제거하는 동시에 이산화탄소를 생성하여 김치에 탄산미를 부여하고 유기산을 생성한다. 이어서 발효에 관여하는 *Lactobacillus* 속은 중·고온균으로 주로 젓산 생성에 관여한다[10, 11, 12]. 발효 초기에는 호기성 미생물이 자라면서 산소를 사용하고 탄산가스를 생성하는 미생물에 의해 탄산가스가 축적됨으로서 후기에 김치 내용은 산성화 및 혐기상태가 되며, 이때부터 호기성균의 생육이 억제되는 반면 혐기성균이나 통기성균들이 빠르게 증식하게 된다. 이와 같은 혐기성 상태에서는 흔히 내산성 발효 미생물에 의해 산도 증가, pH 감소, 조직 구성 물질의 분해에 의한 조직의 연화로 김치의 맛, 냄새, 텍스처 등 관능적 품질의 저하가 발생한다[13, 14, 15]. 보통 발효과정 중 나타나는 미생물 천이는 배추의 품종[16, 17], 발효온도[18, 19], 소금의 농도[20, 21, 22] 등에 의해 영향을 받는다고 알려져있다. 하지만 김치를 저온에서 발효할 경우와 중온에서 발효할 경우에 김치 속 젓산균의 주균종이 서로 다르며 각 젓산균들의 유도시간과 세대시간에도 차이가 있다는 기존 연구 결

과[23]를 통해 발효과정 중 미생물 천이는 특히 초기 발효온도 및 저장온도와 가장 밀접한 관련이 있다는 것을 알 수 있다[24].

한편 김치는 발효되는 동안 많은 종류의 영양소를 생산할 뿐만 아니라 사용되는 재료에 따라 다양한 건강 기능성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 김치는 암을 예방하는 채소류가 주원료이기 때문에 항암 영양소인 비타민C, 베타 카로틴, 식이 섬유소, 페놀 화합물 함량이 높으며 이와 더불어 유산균 등 여러 항암물질을 많이 가지고 있다[25]. 또한 김치에 첨가되는 고추는 체액성 면역기능의 활성화에 기여하는 물질을 함유하며 또 다른 부재료인 마늘은 항암작용을 하는 물질인 allicin을 비롯한 함황 물질과 linoleic acid에 의해 인체 암세포의 성장을 억제하는 등의 생명을 연장하는 효과가 있음이 관찰되었다[26, 27].

전통적으로 우리나라 국민 1인당 연간 김치 소비량 중에는 배추김치가 차지하는 비율이 높았으나 최근에는 갓김치와 묵은지, 파김치와 같은 별미 김치의 수요가 증가하여 취향에 따라 다양한 종류의 김치를 섭취하고 있는 것으로 나타났다. 이처럼 최근 국내 김치시장 매출 규모는 핵가족화 및 단체급식의 증가 등으로 매년 증가하는 추세이나 그 중 배추김치가 차지하는 비중은 감소하는 반면 별미김치의 비중은 꾸준히 증가하는 특징을 보이고 있다[28, 29]. 한 국내 김치 제조사에 따르면 그 중 파김치의 매출이 전년 대비 103% 상승했다고 밝힌 바 있다[30]. 이러한 트렌드에 맞추어 타 김치 제조사들 또한 다양한 별미김치를 출시하는 등 제철김치와 프로모션을 통해 소비자들을 공략하고 있는 점들로 보아 현재 김치시장에서 과거와 달리 별미김치에 대한 의존도가 높아졌다는 것을 파악할 수 있다.

파(green onion)는 십자화과에 속하는 경엽 채소류 중의 하나로 수확시기는 보통 10월 중순이나 월동 후 4월 초로 알려져 있으며 이를 주원료로 사용해 만든 파김치는 재배에 유리한 전라도와 경상도의 남부지방에서 봄, 가을에 만드는 별미김치이다. 또한 파는 항산화 활성 및 항균효과 뿐 아닌 항비만, 항당뇨 등에 대한 효능이 입증됨으로써 다양한 건강 기능성을 가지기 때문에 예로부터 김치의 기본적인 부재료로 흔히 사용되어왔다[31, 32, 33, 34]. 파김치는 잘 발효 숙성 시 자극적인 매운맛이나 향이 감소되는 동시에 특유의 향과 어우러진 신맛, 단맛, 감칠맛으로 입맛을 돋우어 별미김치 사이에서도 많은 사랑을 받고 있다[30, 35]. 하지만 과거 배추김치 중심의 연구개발 및 상품화로 최근 점진적으로 증가하는 파김치 판매량에 비해 파를 주재료로 사용한 파김치의 연구는 미비한 상태이며 현재 기능성이나 젖산균 동정 등 파김치에 관한 부분적인 연구만이 시도되어 극히 제한적인 실험 결과만이 보

고되고 있다[36, 37, 38, 39, 40, 41]. 이에 파김치의 적정 pH 및 발효온도에 따른 기준을 정립하기 위해서는 보다 정확한 표준이 요구된다. 보통 배추김치는 적절한 숙성과 보관을 위해 일반적으로 저온(5~7℃)에서 발효되며 온도에 따라 원부재료에 존재하는 유산균은 각각 다른 생육 특성을 가지므로 발효온도는 김치의 균총에 큰 영향을 미친다[8, 42, 43]. 이로 인한 김치 발효과정 중의 우점미생물의 변화는 궁극적으로 김치의 맛과 품질 변화로 귀결될 수 있다[43].

이에 본 연구는 파김치의 초기 발효 온도 및 저장 조건을 달리하여 이화학적 특성, 미생물학적 특성, 비배양학적 특성 및 관능검사를 실시함으로써 기존에 거의 수행된 바 없는 파김치의 전반적인 특성을 비교 평가하였으며 이를 통해 궁극적으로 관능 시 우수하면서 장기간 저장될 수 있는 파김치의 최적 발효 조건을 찾고자 하였다. 즉 본 연구는 파김치의 관능적으로 가장 우수할 수 있는 최적 조건을 도출함에 의의가 있다.

제 2장 실험 재료 및 방법

제 1절 시료의 준비

1. 시료의 구매 및 저장

본 실험은 국내 김치 시판 업체 CJ 제조사의 2일 이내 제조된 비비고 파김치(400g)를 구입하여 시료로 사용하였으며, 구매 후 즉시 각각 다른 온도에 넣어 발효하였다. 발효온도는 6.5℃, 10℃, 상온(22±1℃)으로 설정하였으며 구간별로 각각 배추김치의 적숙기로 판단되는 산도 0.6%와 0.7%를 기준으로하여 pH 4.3~4.4와 4.5~4.6에 도달하였을 때 이를 발효종료라고 일컬었다. 이후 이를 보관모드(-1℃)에 저장한 후 2주, 4주, 8주, 12주에 이를 시 실험 시료로 선정하여 실험을 진행하였다. 또한 구입 즉시 보관모드(-1℃)에 저장한 시료를 발효구에 대한 대조구로 선정하였으며, 이는 발효구가 발효종료, 저장 2, 4, 8, 12주에 도달할 시 함께 비교하며 실험을 진행하였다. 6.5℃ 발효 및 -1℃ 저장의 경우 김치냉장고(Kimchi refrigerator, LG, Changwon, Korea)를 사용하였으며, 10℃와 상온(22±1℃)의 경우 incubator(HB-103S, Hanbaek)를 사용하여 진행하였다. 위 실험은 모두 3회 이상 반복 수행하였으며 결과값은 모두 평균값으로 나타내었다.

제 2절 이화학적 특성 분석

1. pH 및 산도 분석

과김치를 믹서(MR 5550 CA, Braun, Co, Germany)로 마쇄한 후 멸균거즈로 여과한 여액으로 이화학적 특성을 분석하였다. pH는 pH meter(510 pH meter, Fisher Science Education, Harnover Park, IL, USA)를 이용하여 실온에서 측정하였으며, 산도는 A.O.A.C (Association of official analytical chemists) 표준 시험법에 따라 과김치 여액 10mL에 0.1N NaOH 용액을 넣어 적정함으로써 pH 8.1이 될 때까지의 0.1 N NaOH(mL) 용액 소비량을 측정하였다. 또한 이를 아래 계산식에 대입하여 lactic acid 함량(% , w/w)으로 환산하여 표기하였다.

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

a: 0.1 N NaOH 용액의 소비량 (mL)

f: 0.1 N NaOH 용액의 factor (1.001)

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

2. 염도 및 당도 분석

준비된 과김치 여액으로 과김치 염도 및 당도를 측정하였다. 과김치의 염도 측정은 염도계(ES421, ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 과김치의 당도 측정은 당도계(Digital probe refractometer WM-7, ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 염도와 당도는 모두 3회 이상 반복 측정된 값의 평균값으로 표기하였다.

제 3절 미생물학적 특성 분석

1. 비배양학적 방법

가. Genomic DNA 추출 및 PCR을 통한 증폭

파김치 여액(1mL)을 원심분리($13,475 \times g$, 5 min)하여 상정액을 제거한 후 DNeasy Blood & Tissue Kits(Qiagen, Hilden, Germany)를 사용하여 genomic DNA를 추출하였다. 이후 추출된 template DNA와 3DDW, 10 pmol primer (27F, 1492R), 10 X PCR buffer, 2.5 mM dNTP mixture, 25 mM $MgCl_2$, 0.5 U *Taq* polymerase (Takara *Taq*TM DNA Polymerase, Takara, Kusatsu, Japan)를 혼합하여 최종 부피는 5 μ L, 농도는 25 ng/ μ L로 맞춘 후 유전자 증폭기(CP2-03, CORBETT RESEARCH, Sydney, Australia)를 이용해 증폭하였다. 이때 universal primer 로 27F(5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3')와 492R (5'-GGTTACCTTGTTACG ACTT-3')를 사용하였다. 1차 Polymerase Chain Reaction(PCR)의 반응조건으로는 95°C에서 4분 동안 initial denaturation 수행 후, 95°C에서 1분 동안 denaturation, 45°C에서 1분 동안 annealing, 72°C에서 2분 동안 extension 과정을 30회 반복한 후, 72°C에서 10분 동안 final extension 하였다[44]. PCR을 마친 DNA의 품질은 0.8% Agarose gel을 이용한 전기영동과 흡광도 측정기기(A_{600} ; Ultrospec 2100 pro, Biochrom, Cambridge, UK)를 이용한 순도 측정을 통해 확인하였다. 이후 1차 PCR 로 증폭된 genomic DNA와 3DDW, 10 pmol primer (*Lac* 1, GC-*Lac* 2), 50 ng DNA, 10 X PCR buffer, 2.5 mM dNTP mixture, 25 mM $MgCl_2$, 0.5 U *Taq* polymerase (Takara)를 혼합하여 최종 volume을 50 μ L로 맞춘 후 16S rRNA 유전자의 V3 영역을 대상으로 Nested-PCR을 수행하였다. 이때 primer는 GC-*Lac* 2 (5'-CGCCCGGGGCGCGCCCCGGGCGGCCCGGGGCACCGGGGGATTTCACCGC TACACATG-3') 와, *Lac* 1 (5'-AGCAGTAGGGAAT CTTCCA-3') 를 사용하였다. 2차 PCR 반응조건으로는 94°C에서 2분 동안 initial denaturation 한 후, 94°C에서 denaturation 30초, 61°C에서 annealing 1분, 68°C에서 extension 1분 과정을 40회 반복한 후, 68°C에서 10분 동안 final extension 하였다.

나. PCR-DGGE를 이용한 미생물 분석

Nested-PCR을 통해 얻은 생성물은 Bio-Rad DCode™ Universal Mutation Detection system(Bio-Rad, Hercules, California, USA)을 이용하여 DGGE를 통해 분석하였다. Denaturing gradient gel은 8%(w/v) polyacrylamide gel (acrylamide/bis-37.5:1)에 denaturant의 농도 구배를 30~60%로 설정하여 제조하였다. 이와 같이 제작된 gel을 이용해 1X TAE buffer (40 mM Tris, 20 mM acetic acid, 1 mM EDTA, pH 8.0)에서 60°C, 50 V 20시간 동안 전개하였다. 전기영동이 끝난 gel은 10 mg/L ethidium bromide(EtBr; Sigma)을 사용하여 염색 후, 1X TAE buffer에 탈색하여 카메라(DSC-HX1, Sony, Tokyo, Japan)가 부착된 UV transilluminator(TVC-312A, Spectronics, NY, USA)를 이용해 패턴을 관찰하였다.

2. 배양학적 방법

가. 배양온도

배양학적 방법을 통한 미생물 분석은 모두 평판계수법을 이용하여 측정하였다. 상온(22±1℃), 10℃, 6.5℃에서 배양한 시료가 각각 기준 pH인 4.5~4.6와 4.3~4.4에 도달 시, 보관온도(-1℃)에서 총 12주간 보관하면서 발효종료, 보관 2주, 4주, 8주, 12주가 되는 동시에 시료로 선정하여 실험을 진행하였다. 또한 구입 즉시 -1℃에 저장한 시료를 대조구(Control)로 사용함으로써 결과를 비교 진행하였다. 발효나 보관 적정 시기에 도달한 시료는 마쇄 후 얻은 여액을 멸균한 증류수로 단계별 희석하여 준비하였다.

나. 유산균수 측정 및 사용 배지

먼저 과김치의 유산균수는 de Man, Rogosa and Sharpe(MRS; Difco, Sparks, MD, USA) 평판배지와 2%(w/v) CaCO₃ (Amersco)가 첨가된 MRS 평판배지, 0.002%(w/v) bromophenol blue가 첨가된 MRS 평판배지를 이용하여 측정하였다. 특정 고체배지에 0.1mL씩 분주하고 도말한 후 30℃에서 48~72시간 동안 호기 배양했으며, 배양된 균의 colony 수를 계수하여 집락형성단위(colony forming units per gram, CFU/mL)로 평균 내어 값을 나타냈다. 또한 위 MRS agar, MRS + 2% CaCO₃ agar, bromophenol blue가 첨가된 MRS agar로부터 얻은 colony는 배양학적 특성, Catalase test를 통한 생리적 특성, Gram-staining 후 광학현미경(Eclipse 55i, Nikon, Tokyo, Japan)을 이용한 형태학적 관찰을 통하여 분류하였다. 추가적으로 *Leuconostoc* 속은 *Leuconostoc* 선별배지로 알려진 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 Phenylethyl alcohol sucrose agar medium (PES medium)을 사용하여 30℃에서 72~96시간 배양 후 점질물을 형성한 colony 수를 계수하여 CFU/mL로 표기하였으며, *Lactobacillus* 속은 *Lactobacillus* 선별 배지로 알려진 *Lactobacillus* selection medium(LBS medium)를 사용하여 48~72시간 평판 배양 후, 생성된 colony 수를 계수 후 CFU/mL로 표기하였다.

제 4절 관능적 특성 분석

1. 관능평가

관능평가는 조선대학교 대학연구윤리원으로부터 승인번호(IRB # 2-1041055-AB-N-01-2021-24)를 받은 후 실행하였으며, 평가자는 조선대학교(한국, 광주) 김치연구센터에서 연간 20회 이상 김치에 대한 관능평가 수행 경험 및 관능검사 시행에 관한 교육을 이수한 7인을 선정하였다. 파김치의 관능평가는 각 발효온도(6.5℃, 10℃, 22±1℃)에서 발효 후 기준 pH에 도달 시, 이를 김치냉장고 보관모드(-1℃)에 보관 후 저장일로부터 발효종료, 보관 2주, 4주, 8주, 12주가 되는 시점에 조건이 상이한 일곱 시료를 동시에 비교하는 방식으로 시행하였다. 파김치의 관능적 특성을 파악한 결과, 파김치는 신맛(Sourness), 단맛(Sweetness), 쓴맛(Bitterness), 이취·군내(Off flavor), 아린맛(Acrid taste), 색(Color)이 주요 특성으로 나타났으며, 위 항목을 종합한 전반적 기호도(Overall acceptability)를 평가함으로써 관능평가를 진행하였다. 관능 시료는 무작위로 알파벳을 라벨에 표기하여 제시하였으며, 반복하여 맛볼 수 있도록 각 시료당 20g씩 준비하였다. 또한 시료 준비 중 다른 요인에 의해 변이되지 않도록 멸균 유리 용기에 넣어 저온 보관한 후 관능검사 5분 전 상온으로 옮겨 준비하였다. 평가원들은 신맛, 단맛, 쓴맛, 이취·군내, 아린맛에 대해 아주 강함(5점), 강함(4점), 보통(3점), 약함(2점), 아주 약함(1점)으로 평가하였으며, 색에 대해 아주 밝음(5점), 밝음(4점), 보통(3점), 어두움(2점), 아주 어두움(1점)으로, 전반적 기호도에 대해 아주 좋음 (5점), 좋음(4점), 보통(3점), 나쁨(2점), 아주 나쁨(1점)으로 평가함으로써 5점 척도법을 사용하여 속성을 평가하였다.

제 5절 통계처리

1. 통계처리

모든 실험의 데이터는 Statistical Package for the Social Science (SPSS) 프로그램(Version 26.0 for Window, Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계적으로 분석하였으며, 데이터 간의 평균 차이는 Duncan's multiple range test($p < 0.05$)를 사용하여 사후검증을 하였다. 모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 수행되었고, 데이터는 평균(AV)과 표준편차(SD)로 표기하였다.

제 3장 실험 결과 및 고찰

제 1절 이화학적 특성 분석

1. pH 및 산도

발효온도 및 저장기간에 따른 파김치의 pH와 산도 측정 결과는 Figure 1과 같다. 파김치의 초기 pH 평균값은 pH 5.54±0.13, 산도는 0.38±0.02%로 측정되었으며 이는 기존 수행된 연구의 초기 파김치 pH 및 산도 값과 유사한 값을 확인하였다[29]. 파김치 발효종료 기준 pH인 pH 4.5~4.6에 도달까지 6.5℃, 10℃, 상온(22±1℃) 발효 시 평균 약 11일, 5.5일, 1.5일이 소요되었고, pH 4.3~4.4 도달까지 각각 약 15일, 7일, 2.5일이 소요되었다. 발효구들은 동일한 발효종료 기준 pH에서 발효를 종료한 후 동일한 저장모드(-1℃)에 보관했음에도 불구하고 저장 기간이 진행됨에 따라 높은 온도에서 발효한 시료 순으로 낮은 pH를 나타내었다. 이는 김치의 숙성과정 중 미생물과 효소 등이 발효작용에 큰 영향을 주는데 이때 온도가 중요한 요소 중 하나임을 시사하는 바이다[45].

한편 파김치 산도의 경우 동일한 기준 pH에 맞추어 산도를 측정하였으나 시료별로 편차가 크게 나타났으며 반복 실험 후 평균한 결과 또한 큰 표준편차로 나타났다(Data not shown). 이에 파김치 발효의 종료 기준은 산도가 아닌 pH에 기준하여 설정하였다.

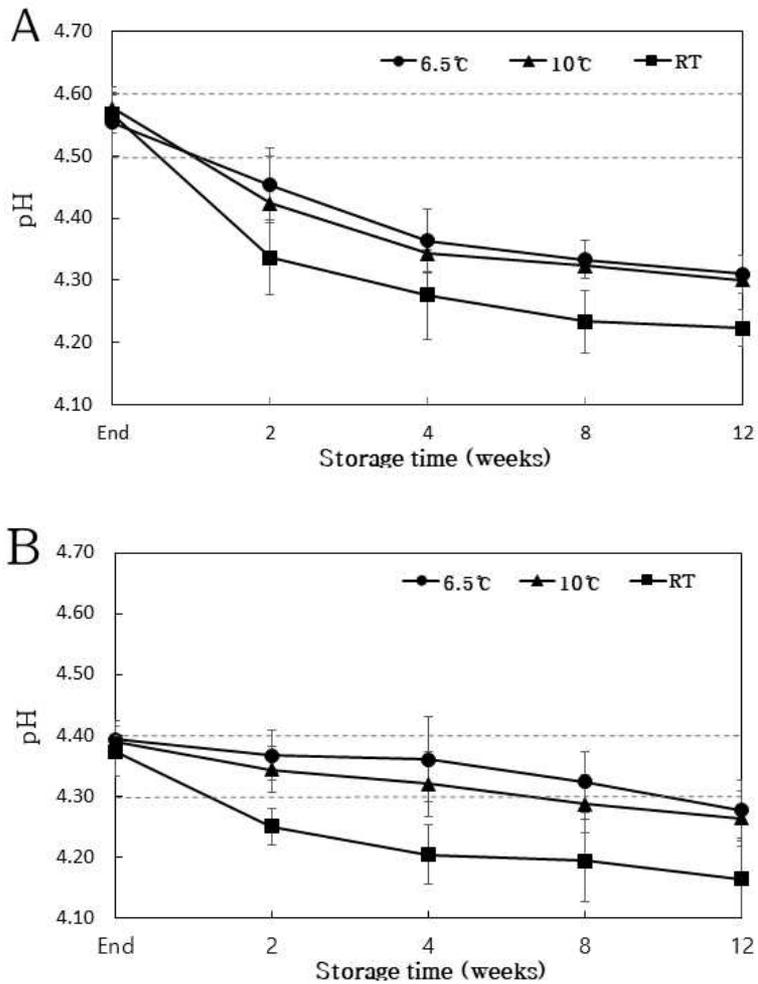


Figure 1. Changes of pH on *Green onion Kimchi* fermented at different level of temperature¹⁾ and time during storage periods²⁾

(A), Standard pH is reached at pH 4.5~4.6; (B), Standard pH is reached at pH 4.3~4.4

¹⁾ 6.5°C: *Green onion Kimchi* fermented at 6.5°C and then stored at -1°C

10°C: *Green onion Kimchi* fermented at 10°C and then stored at -1°C

RT(Room Temperature): *Green onion Kimchi* fermented at 22±1°C and then stored at -1°C

²⁾ End: End of fermentation when pH 4.5~4.6 is reached

2W: Store at -1°C for 2 weeks after end of fermentation

4W: Store at -1°C for 4 weeks after end of fermentation

8W: Store at -1°C for 8 weeks after end of fermentation

12W: Store at -1°C for 12 weeks after end of fermentation

2. 염도 및 당도

과김치의 초기 평균 염도는 $2.13 \pm 0.09\%$ 로 나타났으며 발효와 보관이 진행됨에 따라 염도가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 증가 양상은 6.5°C , 10°C , $21\sim 23^{\circ}\text{C}$ 발효 구간의 공통적인 패턴으로 확인되었으며, 온도별 저장 중 염도 변화 차이는 크게 나타나지 않는 것으로 확인된다 (Table 1).

과김치의 초기 평균 당도는 12.0 ± 0.7 brix $^{\circ}$ 로 나타났으며 저장 12주 동안 6.5°C , 10°C , 상온($22 \pm 1^{\circ}\text{C}$) 발효 구간 모두 $12.0 \pm 0.70 \sim 12.6 \pm 0.40$ brix $^{\circ}$ 값으로 발효구 사이 당도 변화는 크게 나타나지 않는 것으로 확인된다 (Table 2).

Table 1. Changes of saltiness on *Green onion Kimchi* fermented at different level of temperature¹⁾ and time during storage periods²⁾

(unit: % as saltiness)

Storage periods(weeks)	Fermentation Temperature		
	6.5℃	10℃	22±1℃
0	2.13±0.09	2.13±0.09	2.13±0.09
End	2.18±0.05	2.33±0.15	2.24±0.04
2	2.37±0.09	2.37±0.08	2.39±0.05
4	2.38±0.03	2.40±0.04	2.40±0.03
8	2.38±0.03	2.37±0.02	2.38±0.03
12	2.37±0.03	2.39±0.01	2.39±0.02

* $p = NS$ (NS, Not Significant)

¹⁾ 6.5℃, *Green onion Kimchi* fermented at 6.5℃ for 15 days and then stored at -1℃

10℃, *Green onion Kimchi* fermented at 10℃ for 7 days and then stored at -1℃

22±1℃, *Green onion Kimchi* fermented at 22±1℃ for 2.5 days and then stored at -1℃

²⁾ 0, 0 day of fermentation

End, End of fermentation when pH 4.5~4.6 is reached

2, Store at -1℃ for 2 weeks after end of fermentation

4, Store at -1℃ for 4 weeks after end of fermentation

8, Store at -1℃ for 8 weeks after end of fermentation

12, Store at -1℃ for 12 weeks after end of fermentation

Table 2. Changes of sugar content on *Green onion Kimchi* fermented at different level of temperature¹⁾ and time during storage periods²⁾

(unit: brix° as sugar content)

Storage periods(weeks)	Fermented Temperature		
	6.5℃	10℃	22±1℃
0	12.0±0.7	12.0±0.7	12.0±0.7
End	12.0±0.8	12.1±0.6	12.0±0.3
2	12.4±0.2	12.4±0.8	12.3±0.5
4	12.3±0.5	12.3±0.4	12.2±0.3
8	12.4±0.6	12.5±0.5	12.1±0.5
12	12.5±0.1	12.5±0.1	12.5±0.2

* $p = NS$ (NS, Not Significant)

¹⁾ 6.5℃, *Green onion Kimchi* fermented at 6.5℃ for 15 days and then stored at -1℃

10℃, *Green onion Kimchi* fermented at 10℃ for 7 days and then stored at -1℃

22±1℃, *Green onion Kimchi* fermented at 22±1℃ for 2.5 days and then stored at -1℃

²⁾ 0, 0 day of fermentation

End, End of fermentation when pH4.5~4.6 is reached

2, Store at -1℃ for 2 weeks after end of fermentation

4, Store at -1℃ for 4 weeks after end of fermentation

8, Store at -1℃ for 8 weeks after end of fermentation

12, Store at -1℃ for 12 weeks after end of fermentation

제 2절 미생물학적 특성 분석

1. 비배양학적 방법

가. 상온(22±1℃) 발효 시료의 PCR-DGGE

상온발효 파김치의 저장기간에 따른 PCR-DGGE 결과, *Lactobacillus sakei*(band b), *Weissella koreensis*(band c), *Leuconostoc mesenteroides*(band e), *Leuconostoc gelidum*(band g)와 동일한 위치에 band가 존재함을 확인할 수 있다(Figure 2). 특히 상온발효 시료는 발효종료 시점부터 보관 12주 시점까지 *Lac. sakei*(band b)의 우점을 유지하였으며, 이는 발효구와 대조구 통틀어 상온발효 구간에서 가장 선명하게 나타났다. *Lb. sakei*는 보통 10℃ 및 20℃의 온도에서 발효한 김치에서 검출되었으며, 동시에 우점종으로 보고되고 있다는 Lee 의 연구결과와 일치함을 확인할 수 있다[46]. 또한 *W. koreensis*(band c) 위치의 band는 저장 기간이 길어짐에 따라 더 선명하게 나타났으며 이는 *W. koreensis*를 20℃에서 발효한 배추김치에서는 발견할 수 없었다는 Cho 의 기존 연구 결과[47]와는 다르게 파김치 시료에서는 우점하는 균으로 나타났다. 이외에 *Leu. mesenteroides*(band e)와 *Leu. gelidum*(band g) 위치에서 또한 관찰이 가능했으며 비교적 다른 위치의 band에 비해 희미하게 나타났다.

나. 10℃ 발효 시료의 PCR-DGGE

10℃ 발효 파김치의 저장기간에 따른 PCR-DGGE 확인 결과, *Weissella koreensis* 위치의 band c가 보관 12주까지 우점하는 균으로 관찰되었다(Figure 3). 또한 저장기간 동안 관찰되는 *Lactobacillus sakei*(band b) 위치의 band는 상온발효 구간보다 열으며, 6.5℃ 발효 구간에는 존재하지 않는 것으로 보아 이는 파김치 시료를 대상으로 비교적 발효온도가 높은 구간에서 생육하기 쉬운 균임을 시사하는 바이다. 반면 *Leu. mesenteroides*(band e) 위치의 band와 *Leu. geildum*(band g) 위치의 band가 발효 및 저장 전 구간에서 비교적 희미하게 관찰되었다.

다. 6.5℃ 발효 시료의 PCR-DGGE

6.5℃에서 파김치 발효 및 12주 저장기간 동안의 PCR-DGGE 확인 결과, 발효종료 시점부터 저장 12주에 이르는 기간까지 *Weissella koreensis*(band c) 위치의 band가 가장 선명하게 유지됨을 확인하였으며 이를 통해 *Weissella* 속이 6.5℃ 발효 시료의 우점균임을 알 수 있다(Figure 4). *Leuconostoc mesenteroides*(band e) 위치의 band는 또한 저장기간이 길어짐에 따라 점차 선명해지는 것을 통해 우점하는 균임을 알 수 있다. 한편 저온성 균주로 알려진 *Leuconostoc gelidum*(band g)의 경우, 발효구 시료 중 가장 낮은 온도인 6.5℃ 시료에서 가장 선명한 band를 나타내었으며 이는 저온에서 생육이 가능한 균주 본연의 특성을 파김치 시료에서 또한 공통적으로 나타냄을 알 수 있다. 반면, 보통 10℃ 혹은 20℃에서 발효된 김치로부터 분리되는 *Lactobacillus sakei*(band b)의 경우, 파김치 시료를 이용한 본 실험에서 또한 상온(21~23℃)과 10℃ 발효 시료에서는 발견되었으나 6.5℃ 발효 시료에서는 생성되지 않음을 통해 기존 배추김치 실험 결과와 동일한 결과를 도출함을 확인하였다[48].

라. 대조구(-1℃) 시료의 PCR-DGGE

특정 온도에서 발효를 진행하지 않고 구매와 동시에 -1℃에서 12주간 저장한 파김치 시료의 PCR-DGGE 확인 결과, *Weissella koreensis*(band c) 위치의 band는 발효종료 시점부터 저장 12주 시점까지 저장기간이 길어질수록 더 선명하게 나타남을 확인할 수 있다(Figure 5). 이는 본 실험의 배양학적 결과와 일치하였으며, -1℃ 김치에서 *Weissella koreensis*가 생육이 가능하다는 기존 연구결과와 동일한 결과를 나타내는 것을 확인하였다[24]. 한편 발효구와 대조구 시료 사이의 특이적인 차이는 *Leu. gelidum*(band g) 위치의 band로 발효구에 비해 대조구에서 특히 선명한 band를 띠는 것을 통해 대조구의 우점균임을 알 수 있다.

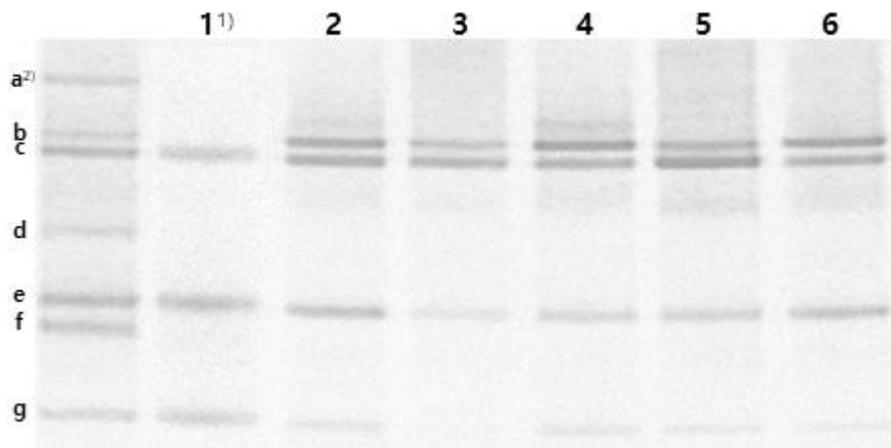


Figure 2. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in *Green onion Kimchi* fermented at $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ samples (pH 4.5~4.6)

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, *Leuconostoc gelidum* subsp. *aenigmaticum*

²⁾ 1, day 0; 2, end of fermentation; 3, 2 weeks; 4, 4 weeks; 5, 8 weeks; 6, 12 weeks

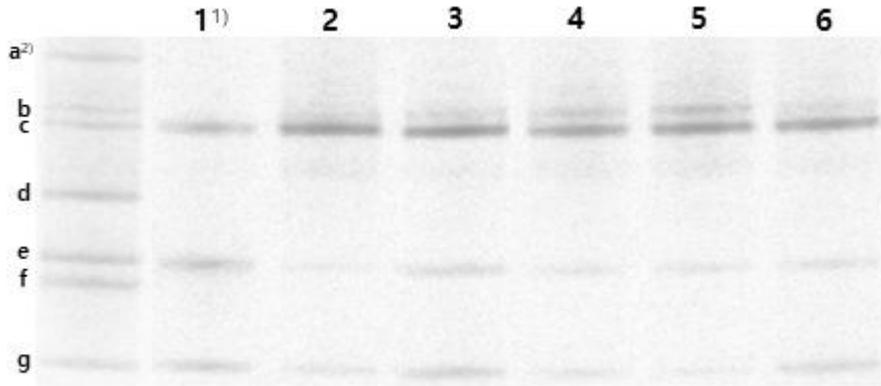


Figure 3. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in *Green onion Kimchi* fermented at 10°C samples (pH 4.5~4.6)

- 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, *Leuconostoc gelidum* subsp. *aenigmaticum*

- ²⁾ 1, day 0; 2, end of fermentation; 3, 2 weeks; 4, 4 weeks; 5, 8 weeks; 6, 12 weeks

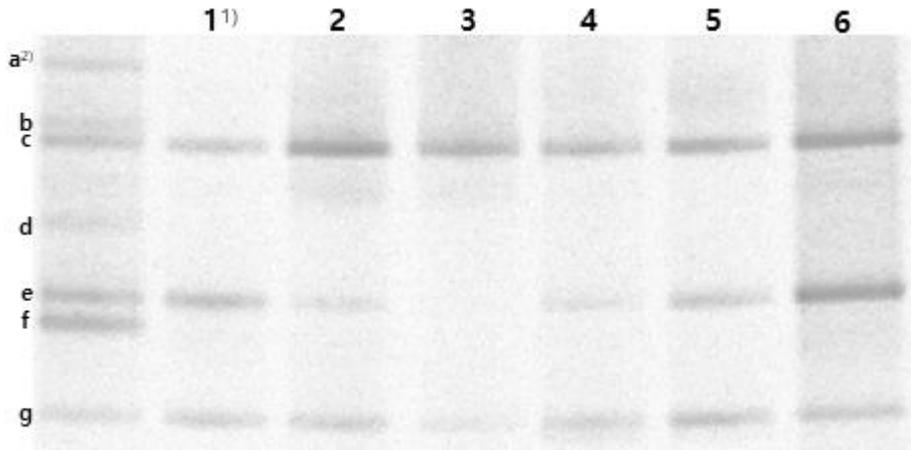


Figure 4. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in *Green onion Kimchi* fermented at 6.5°C samples (pH 4.5~4.6)

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, *Leuconostoc gelidum* subsp. *aenigmaticum*

²⁾ 1, day 0; 2, end of fermentation; 3, 2 weeks; 4, 4 weeks; 5, 8 weeks; 6, 12 weeks

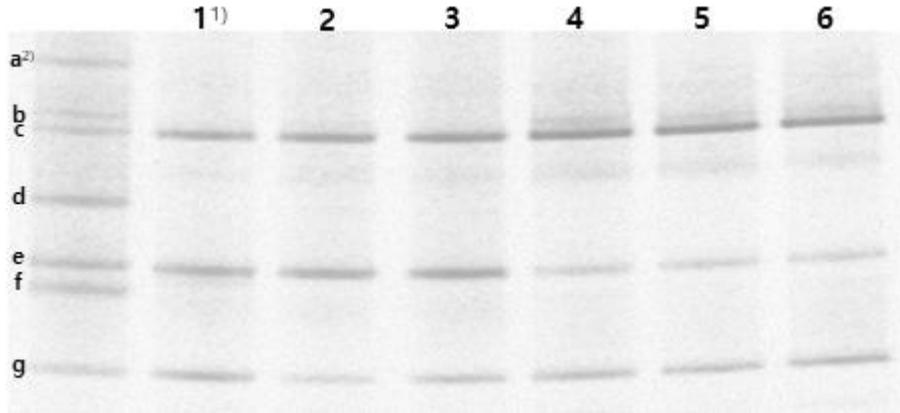


Figure 5. PCR-DGGE patterns of 16S V3 rRNA gene sequences in *Green onion Kimchi* stored at -1°C samples

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, *Leuconostoc gelidum* subsp. *aenigmaticum*

²⁾ 1, day 0; 2, end of fermentation; 3, 2 weeks; 4, 4 weeks; 5, 8 weeks; 6, 12 weeks

2. 배양학적 방법

가. 유산균수 변화

저장에 따른 과김치의 유산균수 변화는 발효종료 기준 pH와 관계없이 발효구 전구간 공통적으로 발효종료 시점까지 서서히 증가하다가 저장이 진행됨에 따라 pH가 저하되는 동시에 점차 감소하였다. 과김치 최대 유산균수는 8.77~9.05 log CFU/mL로 기존 보고된 연구의 과김치 유산균수 변화와 유사한 양상을 보이는 것을 확인하였다(Figure 6)[36].

유산균수의 경우 발효종료 시점에서는 상온발효 과김치가 가장 높게 계수되었으나 발효구 사이의 특이적인 차이는 보이지는 않았다. 반면, 대조구(-1℃)의 경우 보관 4주 시점에서 최대 균수를 나타냈으며 보관 12주까지 비교적 완만하게 감소하였다. 과김치의 유산균수 변화는 Park의 연구와 동일하게 고온에서 발효한 김치가 더 빠른 시간 내에 최대 균수에 이르렀으며, 발효온도가 낮은 시료의 경우 유산균수 또한 낮은 값을 나타내었다[26]. 또한 발효구 및 대조구 전구간에서 유산균수는 최대균수에 이른 후 급격히 감소하였는데, 이는 복합균총들과 관계가 있는 것으로 발효온도가 낮을수록 산패를 일으키는 *Lac. plantarum* 과 *Ped. cerevisiae*의 생장이 억제되며 저장기간이 길어짐에 따라 지속적으로 생산된 산에 의한 사멸과 관계가 있는 것을 암시한다[18, 49].

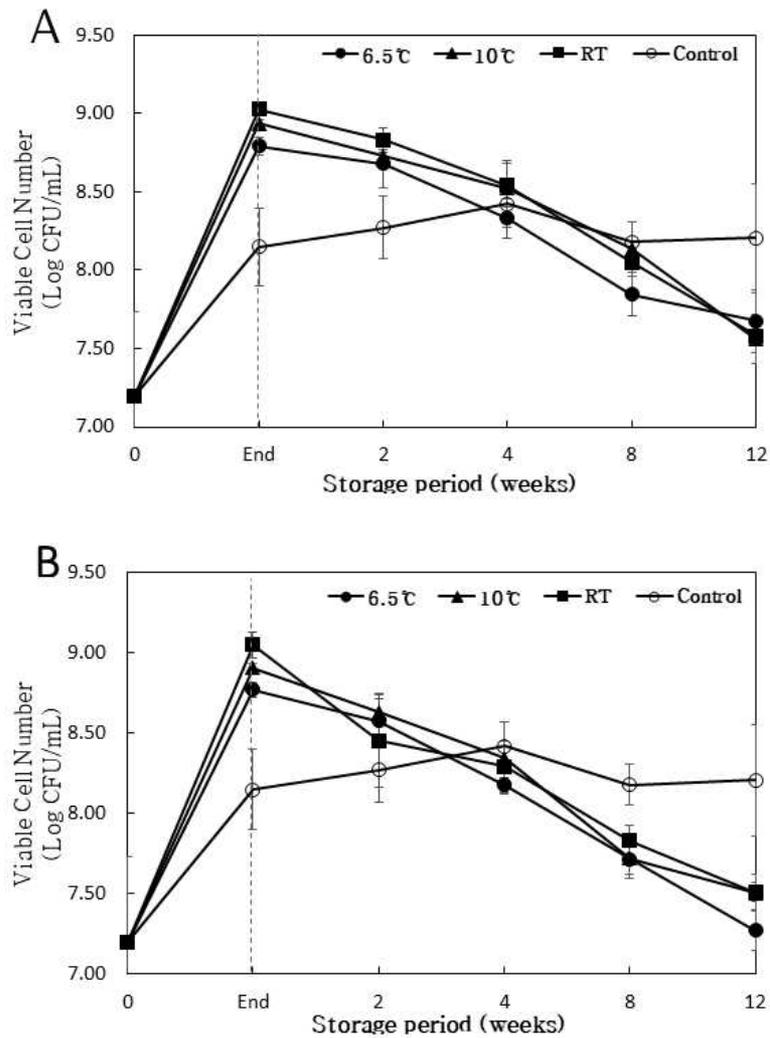


Figure 6. Changes of Lactic acid cell on *Green onion Kimchi* fermented at different level of temperature¹⁾ and time during storage periods²⁾

(A), Standard pH is reached at pH 4.5~4.6; (B), Standard pH is reached at pH 4.3~4.4

- ¹⁾ ●, Growth of total bacteria cell at 6.5°C
 ▲, Growth of total bacteria cell at 10°C
 ■, Growth of total bacteria cell at room temperature(22±1°C)
 ○, Growth of total bacteria cell at -1°C

- ²⁾ 0, None Fermentation; End, Day reached to the Standard pH; 2W, 2 weeks storage after the Standard pH; 4W, 4 weeks storage after the Standard pH; 8W, 8 weeks storage after the Standard pH; 12W, 12 weeks storage after the Standard pH

나. *Leuconostoc* 속 변화

김치 발효과정 중 *Leuconostoc* 속은 증식하면서 김치의 발효 조건을 혐기성 상태로 만들며 영양요구성이 비교적 낮기 때문에 발효 초기 급격히 증가하여 CO₂와 유기산을 생성함으로써 김치에 탄산미와 풍미를 증진시킨 후 감소한다[13].

Leuconostoc 속의 변화를 살펴보면 기준 pH와 관계없이 공통적으로 발효구 시료 모두 발효종료 시점까지 서서히 증가한 후, 보관 4주까지 비슷한 수준을 유지하는 것을 확인할 수 있다(Figure 7). 발효구 중 상온 발효구의 *Leuconostoc* 속 수가 가장 높게 나타났으며, 발효종료 시점의 최대 생균수는 약 8.15~8.48 log CFU/mL로 나타났다. 상온 발효구의 경우 특이적으로 다른 발효구에 비해 보관 4주까지 최대 *Leuconostoc* 속 수를 유지하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 *Leuconostoc* 속이 일반적으로 낮은 산도 및 높은 온도에서 발효 시 잘 생육한다고 알려져 있는 기존 연구결과와 일치하는 것을 확인할 수 있다[50, 51, 52]. 반면 대조구의 경우 *Leuconostoc* 속 수가 정상기 도달까지 소요되는 시간은 약 12주로 발효구와 비교 시 약 8주 이상 더 시간이 소요되는 것을 알 수 있다. 대조구의 최대 *Leuconostoc* 속 수는 보관 12주 시기에 약 7.18 log CFU/mL로 발효구의 최대 균수보다 약 10¹ CFU/mL 정도 낮은 값으로 나타났다. 이는 대조구의 낮은 발효온도로 *Leuconostoc* 속 수가 감소하기 시작하는 시기나 속도 등 전반적인 발효양상이 늦춰지는 것으로 보여진다[53].

발효종료 기준 pH가 다른 두 구간의 *Leuconostoc* 속의 양상을 비교해보았을 때, pH4.5~4.6 구간(Figure 7-A)이 pH 4.3~4.4 구간(Figure 7-B)에 비해 높은 최대 균수를 갖는 것을 확인할 수 있다. 이는 *Leuconostoc* 속 특성상 일반적으로 산도 0.3~0.6%에서 최대치를 보이며, 그 후 급속히 감소한다는 기존 연구결과와 일치한다[54, 55].

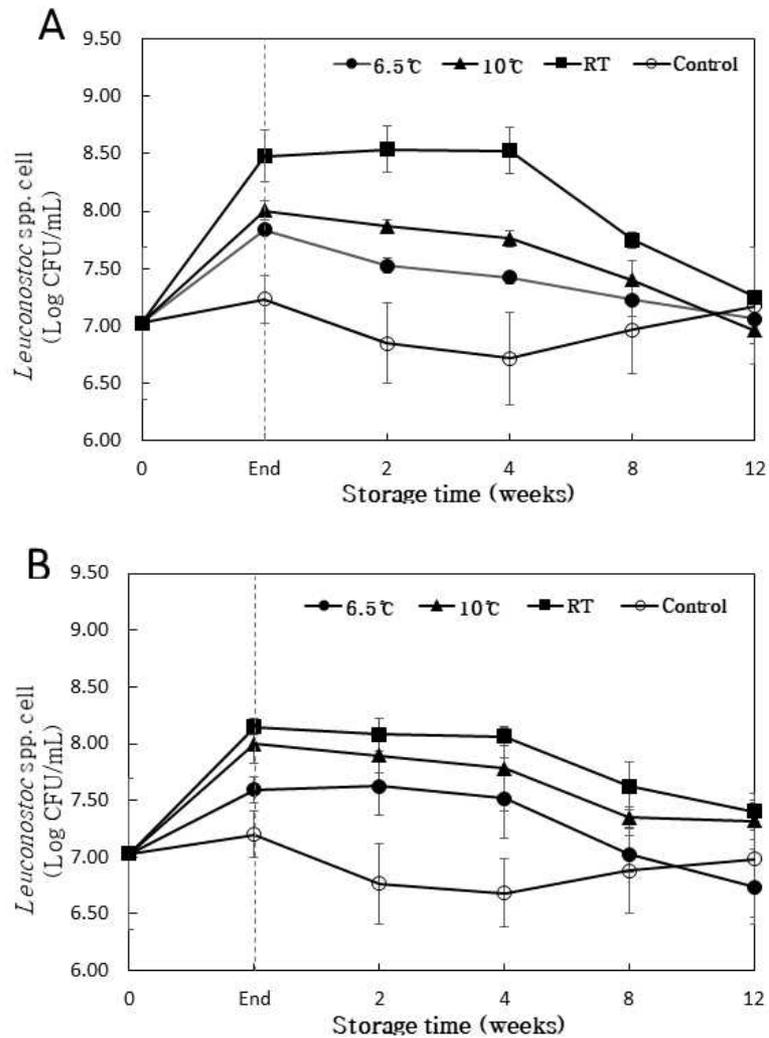


Figure 7. Changes of *Leuconostoc* spp. cell on *Green onion Kimchi* fermented at different level of temperature¹⁾ and time during storage periods²⁾

(A), Standard pH is reached at pH 4.5~4.6; (B), Standard pH is reached at pH 4.3~4.4

¹⁾ ●, Growth of total bacteria cell at 6.5°C

▲, Growth of total bacteria cell at 10°C

■, Growth of total bacteria cell at room temperature(22±1°C)

○, Growth of total bacteria cell at -1°C

²⁾ 0, None Fermentation; End, Day reached to the Standard pH; 2W, 2 weeks storage after the Standard pH; 4W, 4 weeks storage after the Standard pH; 8W, 8 weeks storage after the Standard pH; 12W, 12 weeks storage after the Standard pH

다. *Lactobacillus* 속 변화

Homofermentative인 *Lactobacillus* 속은 증식 중 다량의 산을 생성하여 김치의 산패에 관여하는 것으로 잘 알려져 있다[56]. 또한 *Lactobacillus* 속은 김치 발효 초기부터 *Leuconostoc* 속과 함께 증식하기 시작하여 *Leuconostoc* 속이 먼저 최대치에 도달 후 감소하면 *Lactobacillus* 속이 뒤이어 최대치에 도달한 후 감소하는 패턴을 가지고 있다[45].

Lactobacillus 속의 증식 역시 *Leuconostoc* 속과 유사하게 발효온도에 의존적이었는데, 발효종료 기준 pH 4.3~4.4 구간과 pH 4.5~4.6 구간 모두 21~23°C 발효 시료가 7.23~7.53 log CFU/mL로 가장 높은 균수로 나타났으며, 발효구 모두 보관 2주 시점까지 최대 균수를 유지한 후 서서히 감소하는 양상을 보였다(Figure 8). 특히, pH 4.3~4.4 구간의 *Lactobacillus* 속의 최대 균수는 7.53 log CFU/mL로 pH 4.5~4.6 구간에 비해 더 높은 균수로 나타났다. 이는 *Lactobacillus* 속이 비교적 산에 강하여 산도가 높은 환경에서도 생육이 가능하기 때문에 더 높은 균수를 유지하는 것으로 사료된다[53]. 대조구의 경우 보관 4주 시점까지 서서히 증가하여 최대 균수에 도달하는 것을 확인할 수 있었으며, 발효구와 비교 시 균의 성장 속도가 뒤처지는 것을 알 수 있다. 또한 최대균수는 6.39 log CFU/mL로 낮은 균수를 나타냄으로써 *Lactobacillus* 속이 저온에서는 활발하게 증식하지 못한다는 보고와 일치하는 것을 확인할 수 있다[23, 42, 54, 57].

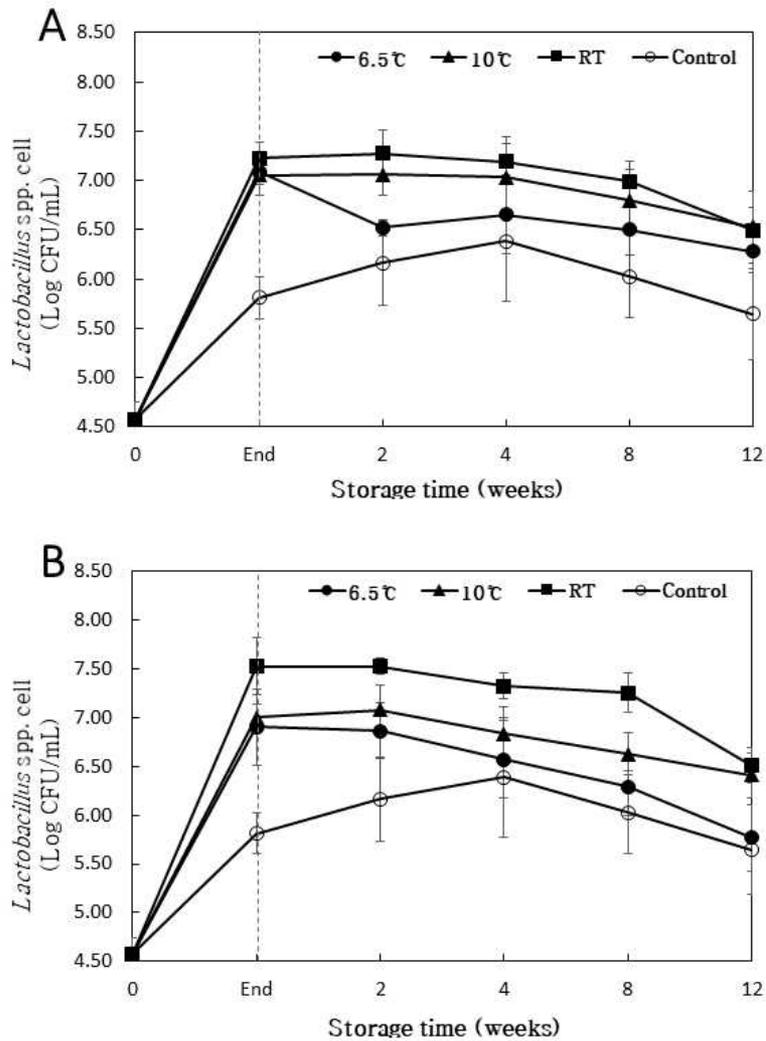


Figure 8. Changes of *Lactobacillus* spp. cell on *Green onion Kimchi* fermented at different level of temperature¹⁾ and time during storage periods²⁾

(A), Standard pH is reached at pH 4.5~4.6; (B), Standard pH is reached at pH 4.3~4.4

- ¹⁾ ●, Growth of total bacteria cell at 6.5°C
 ▲, Growth of total bacteria cell at 10°C
 ■, Growth of total bacteria cell at room temperature(22±1°C)
 ○, Growth of total bacteria cell at -1°C

²⁾ 0, None Fermentation; End, Day reached to the Standard pH; 2W, 2 weeks storage after the Standard pH; 4W, 4 weeks storage after the Standard pH; 8W, 8 weeks storage after the Standard pH; 12W, 12 weeks storage after the Standard pH

라. *Weissella* 속 변화

Weissella 속 수는 기준 pH 관계없이 발효구 시료 모두 발효종료 시점에서 8.72~8.82 log CFU/mL로 비슷한 균수를 기록하였다(Figure 9). 또한 저장이 진행되면서 발효구 중 발효온도가 낮은 시료 순으로 높은 *Weissella* 속 수를 기록하였다. 반면 대조구의 경우 보관 4주 시점까지 지속적으로 *Weissella* 속 수가 증가하였으며 보관 12주까지 비슷한 수준을 유지하였다. 발효구와 대조구 비교 시 대조구의 *Wiessella* 속의 비율은 93.0~97.3%로 높은 비율을 차지하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 -1℃와 같은 저온저장 김치에서는 저온에서 잘 견디는 *Weissella* 속이 비교적 쉽게 검출되며 특히 다른 김치종류에 비해 파김치에서 높은 비율을 차지한다는 기존 연구 결과와 일치하는 것을 확인하였다[38, 58]. 추가적으로 이러한 결과는 기존 연구에서 김치 쓴맛의 원인균으로 저온에서 잘 생육하는 *Weissella koreensis*를 규명함에 따라 관능검사를 통해 파김치에서 생성되는 쓴맛의 원인이 *Weissella* 속임을 확립할 수 있는 근거로 도출될 수 있다[44, 58].

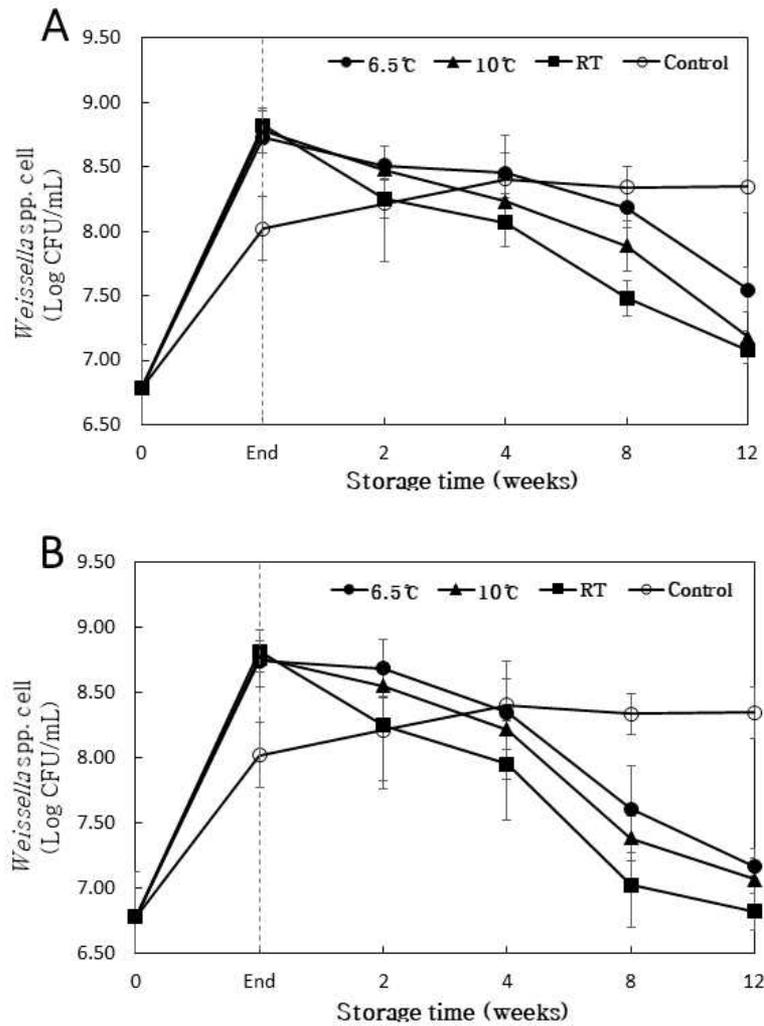


Figure 9. Changes of *Weissella* spp. cell on *Green onion Kimchi* fermented at different level of temperature¹⁾ and time during storage periods²⁾

(A), Standard pH is reached at pH 4.5-4.6; (B), Standard pH is reached at pH 4.3-4.4

- ¹⁾ ●, Growth of total bacteria cell at 6.5°C
 ▲, Growth of total bacteria cell at 10°C
 ■, Growth of total bacteria cell at room temperature(22±1°C)
 ○, Growth of total bacteria cell at -1°C

²⁾ 0, None Fermentation; End, Day reached to the Standard pH; 2W, 2 weeks storage after the Standard pH; 4W, 4 weeks storage after the Standard pH; 8W, 8 weeks storage after the Standard pH; 12W, 12 weeks storage after the Standard pH

마. 젓산균의 우점률 변화

과김치의 젓산균 우점률 변화는 Table 3 과 같다. *Leuconostoc* 속 비율은 기준 pH와 관계없이 발효종료 시점에서 상온발효 시료의 경우 약 21.7~28.2%로 다른 발효구간 시료에 비해 높은 비율을 차지하는 것을 확인할 수 있다. 또한 저장기간이 길어질수록 상온발효 구간과 다른 발효구간 사이의 *Leuconostoc* 속 비율의 차는 증가하며 이는 높은 온도에서 짧은 기간 발효한 시료 순으로 높은 비율을 차지하였다. 특히 대조구 시료는 발효종료 시점부터 보관 12주 시점까지 큰 변화 없이 낮은 비율(1.6~6.6%)을 차지하는 것을 확인할 수 있다.

발효구와 대조구의 *Lactobacillus* 속 비율 비교 시, 상온, 10℃, 6.5℃, -1℃의 저장기간 동안의 평균 우점률은 각각 9.93±4.83, 5.56±3.61, 3.29±2.10, 0.58±0.38%로 *Lactobacillus* 속 수의 값과 동일하게 우점률 또한 높은 온도에서 발효한 시료 순으로 높은 비율을 차지하였다.

한편 *Weissella* 속의 우점률의 경우, 종료 pH 관계없이 6.5℃ 발효구는 발효종료 시점부터 보관 12주 시점까지 평균 80.65±8.59% 로 발효구 중 가장 높은 *Weissella* 속 비율을 차지하였다. 또한 대조구의 경우 평균 비율은 94.6±1.60%로 발효구와 비교 시 월등히 높은 비율임을 알 수 있다. 저온에서 생육이 활발한 이상젓산균인 *Weissella* 속은 저온에서 김치 보관 시 우점하는 균으로 유사하게 과김치 발효구에서 또한 낮은 발효 온도에서 오랜 기간 저장할수록 높은 우점률을 나타내는 것을 확인할 수 있었다[59, 60, 61]

Table 3. Dominance of LAB in *Green onion Kimchi* depending on the fermentation temperature and storage period during *Kimchi* fermentation

unit: %

End of fermentation	Fermentation temperature		Storage period (week)					
			0	End	2	4	8	12
pH 4.3~4.4	room temp.	<i>Leu</i>	53.5	28.2	42.4	68.7	66.1	72.9
		<i>Lb</i>	1.1	3.7	11.6	12.2	19.2	6.7
		<i>Wei</i>	45.4	68.2	46.0	19.0	14.7	20.5
	10°C	<i>Leu</i>	53.5	16.7	17.4	18.1	44.7	56.1
		<i>Lb</i>	1.1	1.4	1.5	4.1	7.9	9.9
		<i>Wei</i>	45.4	81.9	80.8	77.8	47.1	34.0
	6.5°C	<i>Leu</i>	53.5	6.8	11.8	17.1	18.5	25.1
		<i>Lb</i>	1.1	2.1	2.5	2.3	3.6	2.9
		<i>Wei</i>	45.4	91.2	85.8	80.7	77.9	71.3
	-1°C	<i>Leu</i>	53.5	6.1	5.0	1.6	6.6	6.4
		<i>Lb</i>	1.1	0.9	0.7	1.1	0.3	0.2
		<i>Wei</i>	45.4	93.0	94.3	97.3	93.1	95.1
pH 4.5~4.6	room temp.	<i>Leu</i>	53.5	21.7	57.0	52.3	58.2	54.2
		<i>Lb</i>	1.1	2.5	4.4	4.7	10.9	9.7
		<i>Wei</i>	45.4	76.3	38.7	43.1	31.7	36.1
	10°C	<i>Leu</i>	53.5	14.9	17.4	18.2	24.5	33.2
		<i>Lb</i>	1.1	1.6	2.4	3.8	3.7	11.2
		<i>Wei</i>	45.4	83.6	80.2	78.1	71.8	55.6
	6.5°C	<i>Leu</i>	53.5	11.4	9.8	12.3	26.6	23.2
		<i>Lb</i>	1.1	2.0	0.8	2.3	7.9	4.0
		<i>Wei</i>	45.4	86.6	89.4	85.5	65.4	72.7
	-1°C	<i>Leu</i>	53.5	6.1	5.0	1.6	6.6	6.4
		<i>Lb</i>	1.1	0.9	0.7	1.1	0.3	0.2
		<i>Wei</i>	45.4	93.0	94.3	97.3	93.1	95.1

제 3절 관능적 특성 분석

1. 관능적 특성

각각 상이한 발효조건을 가진 발효구는 발효종료가 끝난 시점으로부터 저장 2주, 4주, 8주, 12주 기간에 이르렀을 때, -1°C 에 저장한 대조구와 함께 비교 관능평가를 실시함으로써 저장기간 동안 발효조건이 상이한 시료들 사이에 어떠한 관능적 변화 나타났는지 알아볼 수 있다(Table 4~8).

신맛(sourness)의 경우 저장 전구간에서 발효종료 기준 pH 4.3~4.4 시료가 평균 더 높은 점수로 평가되었으며, 그 중 상온($21\sim 23^{\circ}\text{C}$) 발효 구간이 가장 높게 평가되었다. 이는 발효종료 시점의 기준 pH가 더 낮은 시료 즉, pH 4.3~4.4에서 발효를 마친 후 저장한 시료들이 약 보관 4주까지는 pH 4.5~4.6에서 발효를 마친 시료보다 더 높은 점수로 평가되었으나, 보관 기간이 길어질수록 유의적이 차이 없이 평가되었다.

파김치의 단맛(sweetness)의 경우 발효종료 직후부터 보관 4주까지 상온발효 시료가 유의적으로 가장 높게 평가되었으며, 보관 기간이 길어짐에 따라 높은 온도에서 발효를 마친 시료일수록 높은 점수로 평가되었다. 반면 대조구의 경우 높은 유의차로 모든 시점에서 가장 낮게 평가되었다.

쓴맛(bitterness)은 특히 파김치의 기호도를 결정하는 중요한 항목으로 흔히 김치를 저온에서 오랜 기간 저장할 경우 지속적으로 쓴맛이 나는 현상이 일어난다. 파김치의 쓴맛은 모든 저장기간에서 공통적으로 대조구가 가장 높게 평가되었으며, 발효종료 기준 pH와 관계없이 낮은 온도에서 발효를 마친 시료일수록 유의적으로 높게 평가되었다. 이에 쓴맛의 원인은 김치가 발효함에 따라 달라지는 유산균총에 의한 요인으로 추측할 수 있다. 한편 저온에서 생육이 활발하며 젖산, 초산, 에탄올, 텍스트란, 이산화탄소 등을 생산하는 *Weissella* 속은 김치의 주요 쓴맛의 원인균으로 규명된 바 있다[44]. 또한 Kim 등[62]의 연구 결과에 따르면 파김치 원재료인 파의 *Weissella* 속 우점률은 56.5%로 다른 부재료에 비해 확연히 높은 비율임을 알 수 있으며, 이는 앞서 언급한 배양학적 결과에서 또한 낮은 발효온도를 갖는 시료일수록 높은 *Weissella* 속 우점률을 나타내는 것을 고려해보았을 때 파김치 쓴맛의 원인균은 저온에서 발효할수록 증가하는 *Weissella* 속임을 추정할 수 있는 바이다.

이취·군내(off flavor)와 색(color)의 경우 발효온도 및 보관기간에 관계없이 모든

구간 전반적으로 비슷한 점수로 유의차가 없이 평가되었다.

아린맛(acrid taste)의 경우 발효종료 시점부터 보관 4주 시점까지 대조구를 제외한 나머지 발효구 간에 유의적인 차이 없이 평가되었으며 보관 4주 이후 시점부터 유의차 없이 동일한 점수로 평가되었다.

위 항목들의 평가를 모두 종합한 파김치의 전반적인 기호도(over acceptability)를 살펴보면, 발효종료 기준 pH 및 저장기간에 관계없이 상온($22\pm 1^{\circ}\text{C}$), 10°C , 6.5°C , 대조구(-1°C) 발효 순으로 높은 점수가 평가되었다. 즉, 높은 온도에서 짧은 발효기간을 거친 파김치가 쓴맛, 단맛, 신맛, 전반적인 기호도 면에서 좋은 평가를 받았으며, 낮은 온도에서 긴 발효기간을 거친 시료일수록 동일 항목 대비 낮은 점수로 평가되었다. 이상의 결과로 볼 때 파김치의 전반적인 기호도는 단맛과 쓴맛에 의해 결정되는 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 파김치 숙성의 경우 발효온도가 높을수록 즉, 짧은 기간에 발효종료 기준 pH에 도달할수록 단맛 및 쓴맛 등 주요항목의 관능평가에서 높은 평가를 받음으로써 더 우수한 관능적 특성을 가진다는 연구 결과가 제시되었으며, 이는 파김치의 적합한 발효온도 및 저장조건을 확립할 수 있는 근거로 보여진다.

Table 4. Sensory evaluation of *Green onion Kimchi* fermented with different level of temperature at the end of fermentation

Sensory attributes	Control	6.5 °C		10 °C		22±1 °C	
		pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3
Overall acceptability	1.19±0.40 ^{e1)}	2.13±0.34 ^d	2.13±0.34 ^d	3.13±0.62 ^c	2.81±0.54 ^c	4.31±0.48 ^a	3.63±0.62 ^b
Sourness	1.56±0.73 ^c	3.44±0.73 ^b	3.75±0.68 ^{a,b}	3.50±0.52 ^b	3.63±0.72 ^b	3.63±0.50 ^b	4.13±0.62 ^a
Sweetness	1.13±0.48 ^e	2.31±0.70 ^d	2.38±0.62 ^d	3.06±0.25 ^c	2.94±0.57 ^c	3.94±0.44 ^a	3.50±0.52 ^b
Bitterness	4.63±0.50 ^a	3.88±0.34 ^b	3.81±0.40 ^b	2.69±0.48 ^c	2.75±0.45 ^c	1.81±0.40 ^d	1.88±0.34 ^d
Off flavor	1.88±0.72 ^a	1.63±0.50 ^a	1.56±0.51 ^a	1.56±0.51 ^a	1.56±0.51 ^a	1.56±0.51 ^a	1.56±0.51 ^a
Acrid taste	3.56±0.81 ^a	1.75±0.45 ^b	1.75±0.45 ^b	1.75±0.45 ^b	1.75±0.45 ^b	1.69±0.48 ^b	1.69±0.48 ^b
Color	3.13±0.50 ^a	3.13±0.34 ^a	3.00±0.37 ^a	3.13±0.34 ^a	3.06±0.44 ^a	2.88±0.34 ^a	2.81±0.40 ^a

¹⁾ a-e Means with the different letters at the same storage period are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 5. Sensory evaluation of *Green onion Kimchi* fermented with different level of temperature stored 2 weeks

Sensory attributes	Control	6.5℃		10℃		22±1℃	
		pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3
Overall acceptability	1.25±0.45 ^{e1)}	2.19±0.54 ^d	2.25±0.45 ^d	3.38±0.62 ^c	3.06±0.25 ^c	4.00±0.37 ^a	3.56±0.63 ^b
Sourness	1.88±0.50 ^c	3.19±0.54 ^b	3.44±0.73 ^{ab}	3.75±0.45 ^b	4.19±0.66 ^b	4.06±0.57 ^b	4.06±0.57 ^a
Sweetness	1.44±0.51 ^e	2.44±0.51 ^d	2.44±0.51 ^d	3.00±0.73 ^c	2.88±0.62 ^c	3.81±0.75 ^a	3.44±0.73 ^b
Bitterness	4.81±0.40 ^a	4.00±0.00 ^b	3.94±0.25 ^b	3.13±0.62 ^c	3.06±0.68 ^c	1.69±0.60 ^d	1.75±0.58 ^d
Off flavor	1.88±0.50 ^a	1.69±0.48 ^a	1.75±0.45 ^a	1.69±0.48 ^a	1.75±0.45 ^a	1.63±0.50 ^a	1.69±0.48 ^a
Acrid taste	2.69±1.20 ^a	1.75±0.45 ^b	1.69±0.48 ^b	1.69±0.48 ^b	1.69±0.48 ^b	1.63±0.50 ^b	1.63±0.50 ^b
Color	3.13±0.37 ^a	3.00±0.52 ^a	3.00±0.52 ^a	2.94±0.44 ^a	2.88±0.50 ^a	2.88±0.50 ^a	2.88±0.50 ^a

¹⁾ a-e Means with the different letters at the same storage period are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 6. Sensory evaluation of *Green onion Kimchi* fermented with different level of temperature stored 4 weeks

Sensory attributes	Control	6.5°C		10°C		22±1°C	
		pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3
Overall acceptability	1.63±0.50 ^{e1)}	2.19±0.75 ^d	2.38±0.50 ^d	3.13±0.72 ^c	2.88±0.72 ^c	4.06±0.57 ^a	3.50±0.73 ^b
Sourness	2.31±0.60 ^c	3.69±0.60 ^b	3.88±0.62 ^{ab}	3.94±0.25 ^{ab}	4.13±0.50 ^a	4.19±0.54 ^a	4.25±0.58 ^a
Sweetness	1.50±0.52 ^d	2.81±0.40 ^c	2.81±0.40 ^c	3.31±0.48 ^b	3.19±0.40 ^b	3.94±0.25 ^a	3.50±0.52 ^b
Bitterness	4.44±0.51 ^a	3.69±0.48 ^b	3.69±0.48 ^b	2.94±0.77 ^c	2.94±0.77 ^c	2.00±0.63 ^d	2.00±0.63 ^d
Off flavor	1.50±0.52 ^a	1.44±0.51 ^a	1.44±0.51 ^a	1.44±0.51 ^a	1.44±0.51 ^a	1.44±0.51 ^a	1.44±0.51 ^a
Acrid taste	2.38±0.89 ^a	1.50±0.52 ^b	1.50±0.52 ^b	1.50±0.52 ^b	1.50±0.52 ^b	1.50±0.52 ^b	1.50±0.52 ^b
Color	3.13±0.34 ^a	3.00±0.63 ^a	3.00±0.63 ^a	3.00±0.52 ^a	3.00±0.52 ^a	3.00±0.52 ^a	3.00±0.52 ^a

¹⁾ a-e Means with the different letters at the same storage period are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 7. Sensory evaluation of *Green onion Kimchi* fermented with different level of temperature stored 8 weeks

Sensory attributes	Control	6.5℃		10℃		22±1℃	
		pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3
Overall acceptability	1.21±0.43 ^{d1)}	1.86±0.53 ^c	1.86±0.53 ^c	2.79±0.43 ^b	2.64±0.50 ^b	4.36±0.50 ^a	4.14±0.53 ^a
Sourness	2.36±0.50 ^d	3.36±0.50 ^c	3.50±0.52 ^c	3.57±0.51 ^c	3.71±0.47 ^{bc}	3.93±0.27 ^{ab}	4.07±0.27 ^a
Sweetness	1.43±0.51 ^c	2.50±0.65 ^b	2.64±0.63 ^b	2.79±0.58 ^b	2.79±0.43 ^b	4.07±0.47 ^a	3.86±0.53 ^a
Bitterness	4.57±0.51 ^a	4.21±0.58 ^{ab}	4.07±0.47 ^b	3.36±0.63 ^c	3.50±0.76 ^c	1.64±0.50 ^d	1.71±0.47 ^d
Off flavor	1.71±0.47 ^a	1.57±0.51 ^a	1.64±0.50 ^a	1.57±0.51 ^a	1.64±0.50 ^a	1.57±0.51 ^a	1.64±0.50 ^a
Acrid taste	1.79±0.80 ^a	1.64±0.50 ^a	1.57±0.51 ^a	1.64±0.50 ^a	1.57±0.51 ^a	1.57±0.51 ^a	1.50±0.52 ^a
Color	3.07±0.27 ^a	3.00±0.55 ^a	3.00±0.55 ^a	2.86±0.53 ^a	2.86±0.53 ^a	2.79±0.43 ^a	2.79±0.43 ^a

¹⁾ a-e Means with the different letters at the same storage period are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 8. Sensory evaluation of *Green onion Kimchi* fermented with different level of temperature stored 12 weeks

Sensory attributes	Control	6.5°C		10°C		22±1°C	
		pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3	pH 4.5	pH 4.3
Overall acceptability	1.21±0.43 ^{d1)}	2.21±0.70 ^c	2.29±0.61 ^c	3.29±0.73 ^b	3.14±0.53 ^b	4.00±0.78 ^a	3.43±0.94 ^b
Sourness	3.00±0.55 ^d	3.93±0.47 ^c	4.21±0.43 ^{bc}	4.00±0.39 ^c	4.43±0.51 ^{ab}	4.07±0.47 ^{bc}	4.64±0.50 ^a
Sweetness	1.57±0.51 ^c	2.64±0.84 ^b	2.71±0.73 ^b	3.79±0.70 ^a	3.71±0.83 ^a	4.14±0.36 ^a	4.00±0.39 ^a
Bitterness	4.50±0.52 ^a	3.93±0.62 ^b	3.79±0.58 ^b	2.79±0.58 ^c	2.79±0.58 ^c	2.00±0.55 ^d	2.07±0.62 ^d
Off flavor	1.71±0.91 ^a	1.50±0.65 ^a	1.50±0.65 ^a	1.36±0.50 ^a	1.36±0.50 ^a	1.36±0.50 ^a	1.36±0.50 ^a
Acrid taste	1.07±0.27 ^a	1.07±0.27 ^a	1.07±0.27 ^a	1.07±0.27 ^a	1.07±0.27 ^a	1.07±0.27 ^a	1.07±0.27 ^a
Color	3.00±0.39 ^a	3.07±0.47 ^a	3.07±0.47 ^a	2.93±0.47 ^a	2.93±0.47 ^a	2.79±0.58 ^a	2.79±0.58 ^a

¹⁾ a-e Means with the different letters at the same storage period are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test

제 4장 결론

파김치는 항산화 활성 및 항균효과 등에 대한 효능이 입증됨으로써 다양한 건강기능성을 가질 뿐만 아니라 특유의 향과 어우러진 신맛, 단맛, 감칠맛으로 수많은 별미김치 중에서도 특히 많은 사랑을 받고 있다[25]. 파김치의 수요는 매년 증가하는 추세이지만 과거 배추김치 중심의 연구개발 및 상품화로 파김치 관련 연구는 크게 미진한 실정이다. 현재 진행된 파김치 연구는 주로 기능성과 젖산균 동정 등에 관한 부분적인 연구만이 시도되었으며, 이마저도 극히 일부에 불과하다[36, 37, 38, 39, 40, 41]. 특히 파김치 표준화에 관련된 연구는 드물게 진행되었으며 파김치 발효의 적정 기준을 정립하기 위해서는 표준화에 관련된 보다 많은 파김치 실험이 진행되어야 한다[52].

선행 연구된 배추김치의 발효 조건에 따르면 적절한 숙성과 보관을 위해서 일반적으로 저온에서 발효하며 온도에 따라 다른 유산균의 생육 특성을 가진다고 보고되어왔다[8, 42, 43]. 김치 발효의 대표적인 미생물로는 저온에서 생육이 활발한 *Leuconostoc* 속과 *Weissella* 속이 있으며, 중·고온에서 생육이 활발한 *Lactobacillus* 속이 있다. 이처럼 발효온도에 따라 달라지는 김치 유산균은 궁극적으로 김치의 맛과 품질 변화로 귀결될 수 있다[43]. 이에 본 연구는 파김치의 발효온도에 따른 기준을 확립하기 위하여 배양학적 방법 및 비배양학적 방법을 통해 발효온도에 따른 우점유산균을 파악하고 관능적으로 우수하면서 장기간 저장될 수 있는 파김치의 표준 조건에 대한 기초자료를 규명하고자 한다.

본 연구는 김치 시판 업체로부터 2일 이내 제조된 파김치(400g)를 구입하여 각각의 발효온도인 상온($22\pm 1^{\circ}\text{C}$), 10°C , 6.5°C 에 넣어 발효 후 기준 pH인 4.5~4.6 와 4.3~4.4에 도달 시 보관모드(-1°C)로 옮겨 저장하였다. 동시에 비교구로는 파김치 시료 구매 즉시 보관모드(-1°C)에 저장한 대조구를 사용하였다. 이후 발효종료, 보관 2주, 4주, 8주, 12주에 이르는 시점에 발효온도 및 발효종료 기준 pH가 상이한 발효구와 대조구의 이화학적 특성 및 미생물학적 특성을 비교·분석하였다. 위 실험은 모두 3회 이상 반복 수행하였으며 결과값은 모두 평균하여 나타내었다.

파김치 초기 pH는 평균 pH 5.54 ± 0.13 이며, 산도는 $0.38\pm 0.02\%$ 로 측정되었다. 기준 pH인 pH 4.5~4.6에 도달하기까지 6.5°C , 10°C , 상온($22\pm 1^{\circ}\text{C}$) 순서대로 평균 약 11일, 5.5일, 1.5일이 소요되었으며, pH 4.3~4.4에 도달까지는 15일, 7일, 2.5일이

소요되었다. 저장 기간 중 시료의 pH 및 산도 측정 결과, 가장 낮은 pH 값을 나타낸 시료는 상온발효 12주 시료(pH 4.22±0.03) 였으며, 가장 높은 산도 또한 상온발효 12주 시료(1.02±0.01%)로 나타났다. 공통적으로 pH 및 산도는 발효종료 기준 pH와 관계없이 발효온도가 높으며 저장기간이 길어질수록 낮은 pH와 높은 산도 값으로 측정되었다.

과김치의 초기 평균 염도는 2.13±0.09%로 나타났으며, 발효온도와 관계없이 발효와 저장이 진행됨에 따라 염도가 증가하였다. 또한 과김치 초기 평균 당도는 12.0±0.40 brix°로 나타났으며, 저장이 진행됨에도 발효구 전구간의 당도는 12.0±0.70~12.6±0.40 brix° 로 유의적인 차이가 보이지 않았다.

비배양학적 방법인 PCR-DGGE 분석 결과, 상온에서 발효한 과김치 시료에서 특징적으로 *Lactobacillus sakei*(band b) 위치에 선명한 band가 나타났으며 결과적으로 *Lb. sakei* 가 10°C 및 20°C 발효 김치에서 우점종으로 보고된다는 Lee 의 연구결과와 일치함을 확인할 수 있다[62]. 또한 *Weissella koreensis*(band c) 위치의 band는 저장 기간이 길어짐에 따라 더 선명하게 나타났는데, 이는 20°C에서 발효한 배추김치에서는 감지할 수 없었다는 Cho 의 연구결과와는 다르게 과김치 발효 시료 전구간에서는 우점종임을 확인하였다[47]. 이처럼 과김치 시료 분석 결과 높은 비율의 *Weissella* 속 배추김치의 원재료 배추와 달리 과 자체의 *Weissella* 속 우점률은 56.5%로 다른 부재료에 비해 확연히 높은 비율을 갖는다는 차이에 의해 생긴 결과로 추정된다[62]. 10°C에서 발효한 과김치의 DGGE 분석 결과, 전반적으로 상온발효 결과와 유사하였으나 *Weissella koreensis*(band c) 위치에서 더 선명한 band를 나타내었으며, 6.5°C 발효 시료 결과 *Weissella koreensis*(band c)는 발효종료부터 저장 12주 기간 동안 전반적으로 선명한 band를 유지하였다. 이를 통해 6.5°C 발효 시료의 우점종은 *Weissella koreensis* 임을 알 수 있다. 또한 *Leuconostoc mesenteroides*(band e) 위치 band는 저장 기간이 길어질수록 점차 선명해졌으며, 저온성 균주로 알려진 *Leuconostoc gelidum*(band g)의 경우 낮은 온도에서 발효한 시료일수록 선명한 band를 띠는 결과를 통해 비교적 낮은 온도에서 생육이 가능하다는 기존 연구결과와 일치하는 것을 확인하였다. 대조구 시료의 PCR-DGGE 분석 결과, *Weissella koreensis* SK(band c)는 발효종료 이후 저장 기간이 길어짐에 따라 band가 선명해지는 것을 확인할 수 있다. 이는 기존 연구 결과, -1°C 김치에서 *Weissella koreensis*가 생육 가능하다는 결과와 일치하는 것을 확인하였다[32]. 또한 발효구 시료와 비교 시 앞서 언급한 저온성 균주로 알려진 *Leuconostoc gelidum*(band g) 위치의 band가 대조구에서 눈에 띄게 선명한 band를 띠는 것을 알 수

있다.

발효온도 별 저장기간에 따른 최대 총균수는 8.77~9.05 log CFU/mL로 나타났으며, 모든 발효구 시료들은 발효종료 시점에서 최대균수를 나타내었다. 발효구 중 상온 발효 시료(9.03~9.05 log CFU/mL)가 가장 높게 계수되었으며, 대조구의 경우 보관 4주 시점에서 최대균수(8.42 log CFU/mL)를 나타내었으나 발효구에 비해 최대 균수나 도달 시기가 현저히 뒤쳐졌다. 파김치의 발효과정 중 *Leuconostoc* 속 변화 양상을 살펴보았을 때 발효구 중 상온발효 시료에서 가장 높게 계수되었으며, 발효구의 경우 보통 발효종료 시기부터 보관 4주 시기까지 최대균수를 유지 후 감소하는 것으로 나타났다. 반면, 대조구 시료의 경우 *Leuconostoc* 속 수가 정상기 도달까지 소요되는 기간은 약 12주였으며 최대균수는 7.18 log CFU/mL로 발효구와 비교 시 오랜 시간이 소요되며 최대균수 또한 10^1 이상 차이나는 것으로 파악되었다. 이는 흔히 *Leuconostoc* 속 생육 조건은 낮은 산도 및 높은 온도임을 주장하는 기존 연구 결과와 일치하는 것을 확인할 수 있다[50, 51]. 이어 *Lactobacillus* 속 변화는 두 기준 pH 구간에서 공통적으로 상온발효 시료(7.23~7.53 log CFU/mL)가 가장 높은 균수로 나타났으며 발효구 모두 보관 2주 시점까지 최대 균수를 유지 후 서서히 감소하는 양상을 보였다. 특히 pH 4.3~4.4 구간의 최대 *Lactobacillus* 속 수는 7.53 log CFU/mL로 pH 4.5~4.6 구간에 비해 더 높은 균수로 나타났는데, 이는 비교적 산에 강하여 산도가 높은 환경에서도 잘 생육 가능한 *Lactobacillus* 속의 특징과 일치하는 것으로 보여진다[54]. *Weissella* 속 수의 경우 발효구 시료 모두 발효종료 시점에서 10^8 log CFU/mL로 비슷한 균수를 기록하였지만 저장이 진행되면서 발효온도가 낮은 시료 순으로 높은 *Weissella* 속 수를 나타내었다. 대조구의 경우 보관 4주 시점까지 지속적으로 균수가 증가하였으며, 보관 12주가 되는 시점까지 비슷한 수준으로 유지되었다. 이는 기존 연구에서 제시하는 저온 저장 김치에서 쉽게 검출된다는 *Weissella* 속의 특성은 파김치 발효 시료에서 또한 일치하는 것으로 확인하였다[58]. 다음 발효과정 중 파김치 시료의 젖산균 우점률 변화를 살펴보면 *Leuconostoc* 속은 보관 전구간 중 상온발효 시료에서 가장 높은 비율로 나타났으며, 저장 기간이 길어질수록 상온발효 구간과 다른 발효구간 사이의 *Leuconostoc* 속 비율 차가 증가함을 확인하였다. *Leuconostoc* 속의 우점률은 균수 측정 결과와 동일하게 높은 온도에서 발효한 시료 순으로 높은 우점률을 나타내었다. 발효종료 시점부터 보관 12주 시점까지 *Lactobacillus* 속의 평균 우점률은 각각 $3.04 \pm 1.8\%$ 와 $4.75 \pm 3.4\%$ 로 저장 기간이 길어질수록 약간 증가했으며, 발효온도가 낮을수록 검출되는 *Lactobacillus* 속 균의 수는 감소한다는 Bak 등의 연구 결과와

유사한 양상을 보이는 것을 확인하였다[58]. 반면 저온에서 생육이 활발한 *Weissella* 속은 발효구 중 가장 낮은 온도인 6.5°C 발효 시료에서 발효종료 시점부터 보관 12주 시점까지 평균 80.65±8.59%로 가장 높은 비율을 가졌으며, -1°C에 저장한 대조구의 경우 *Weissella* 속이 차지하는 평균 비율이 94.6±1.6%로 발효구에 비해 월등히 높은 수치임을 확인하였다. 이에 *Weissella* 속은 균수 측정과 마찬가지로 우점률 또한 발효온도가 낮을수록 높은 수나 비율을 차지한다는 것을 알 수 있다.

발효온도 및 저장기간에 따른 과김치의 관능성 특성을 살펴보면, 신맛(sourness)의 경우 상이한 발효종료 기준 pH 중 pH 4.3~4.4를 기준한 시료가 저장기간 관계없이 전반적으로 높은 점수로 평가되었으며, 그 중 상온 발효 시료가 가장 높은 점수로 평가되었다. 단맛(sweetness)의 경우 발효종료 시점부터 보관 4주 시점까지 상온발효 시료가 가장 높은 점수로 평가되었으며, 보관 기간이 길어짐에 따라 높은 온도에서 발효를 마친 시료일수록 높게 평가되었다. 쓴맛(bitterness)의 경우 발효종료 기준 pH 관계없이 낮은 온도에서 발효를 마친 시료일수록 유의적으로 높게 평가되었다. 이취·군내(off flavor)와 색(Color)의 경우 특이적인 차이는 없었으며 아린맛(acrid taste) 또한 발효구 간에 유의적 차이가 없이 평가되었다. 위 항목들을 종합한 전반적인 기호도(over acceptability)는 발효종료 기준 pH 및 저장기간 관계없이 상온, 10°C, 6.5°C, 대조구(-1°C) 발효 순으로 높은 평가를 받았으며 비록 상온발효 구간이 신맛 항목에 높은 점수로 평가되었으나 이는 쓴맛을 상쇄함으로써 더 높은 기호도 점수를 받은 것으로 추정된다. 한편 관능적 특성 결과 발효구 중 가장 낮은 점수로 평가된 시료는 대조구와 발효구 6.5°C로 이는 배양학적 결과와 비교 시 공통적으로 *Lactobacillus* 속과 *Leuconostoc* 속의 우점률 및 균수는 낮은 값으로 측정된 반면 *Weissella* 속은 높은 비율로 나타났다. 또한 관능평가 항목 중 특히 쓴맛 부분에서 높은 점수로 평가되었는데 이는 김치가 발효함에 따라 달라지는 유산균총에 의한 요인으로 추정되며 저온에서 생육이 활발한 *Weissella* 속을 김치의 주요 쓴맛의 원인균으로 규명한 기존 연구를 참고하였을 때 일치하는 조건으로 과김치 쓴맛의 원인균은 저온 발효 및 저장 기간이 길어질수록 증가하는 *Weissella* 속임을 추측할 수 있는 바이다[44]. 이상의 결과를 종합해 보면 과김치의 저장 기간 내 맛있게 섭취하기 위한 조건으로는 과김치를 상온(22±1°C)에서 pH 4.4~4.5에 도달할 시기인 약 1.5일 동안 완전히 숙성시킨 후 저온(-1°C)에 저장하는 방법이 관능적으로 가장 우수하다는 결과로 제시되었다.

제 5장 참고문헌

1. Cho, E. J., Park, K. Y., & Lee, S. H. 1997. Standardization of ingredient ratios of chinese cabbage kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **29(6)**: 1228-1235
2. <https://www.health.com>
3. Park, K. Y. 2012. Increased health functionality of fermented foods. *Food Industry and Nutrition*, **17(1)**: 1-8
4. Choi, S. K., Hwang, S. Y., & Jo, J. S. 1997. Standardization of kimchi and related products(3). *Korean Society of Food Culture*, **12(5)**: 531-548
5. Kim, S. J., Park, K. H. 1995. Antimicrobial activities of the extracts of vegetable kimchi stuff. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **27(2)**: 216-220
6. Lee, S. H., Kim, S. D. 1988. Effect of various ingredients of kimchi on the kimchi fermentation. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **17(3)**: 249-254
7. No, H. K., Lee, S. H., & Kim, S. D. 1995. Effects of ingredients on fermentation of chinese cabbage kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **24(4)**: 642-650
8. Han, H. U., Lim, C. R., & Park, H. K. 1990. Determination of microbial community as an indicator of kimchi fermentation. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **22(1)**: 26-32
9. Lee, H. A., Song, Y. O., Jang, M. S., & Han, J. S. 2013. Effect of ecklonia cava on the quality kimchi during fermentation. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **42(1)**: 83-88
10. 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 kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **39(4)**: 432-437
11. Stamer, J. R., Stoyla, B. O., & Dunckel, B. A. 1971. Growth rates and fermentation patterns of lactic acid bacteria associated with the sauerkraut fermentation. *Journal of Milk and Food Technology*, **34(11)**: 521-525
 12. Lee, C. W., Ko, C. Y., & Ha, D. M. 1992. Microflora changes of the lactic acid bacteria during kimchi fermentation and identification of the isolates. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **20(1)**: 102-109
 13. Kim, Y. S., Shin, D. H. 2008. Hygienic superiority of kimchi. *Journal of Food Hygiene and Safety*, **23(2)**: 91-97
 14. Cho, Y., Rhee, H. S. 1991. Effect of lactic acid bacteria and temperature on kimchi fermentation. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **7(1)**
 15. Kim, D. K., Kim, S. Y., Lee, J. K., & Noh, B. S. 2000. Effects of xylose and xylitol on the organic acid fermentation of kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **32(4)**: 889-895
 16. Lee, I. S., Park, W. S., Koo, Y. J., & Kang, K. H. 1994. Changes in some characteristics of brined chinese cabbage of fall cultivars during storage. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **26(3)**: 239-245
 17. Jeon, Y. S., Kye, I. S., & Cheigh, H. S. 1999. Changes of vitamin C and fermentation characteristics of kimchi on different cabbage variety and fermentation temperature. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **28(4)**: 773-779
 18. Shin, D. H., Kim, M. Sook., Lim, D. K., & Bak, W. S. 1996. Changes of chemical composition and microflora in commercial kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **28(1)**: 137-145

19. Ku, K. H., Kang, K. O., & Kim, W. J. 1988. Some quality changes during fermentation of kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **20(4)**: 476-482

20. Park, W. P., Kim, J. W. 1991. The effect of salt concentration on kimchi fermentation. *Journal of the Korean society of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, **34(3)**: 295-297

21. Hong, G. H., Lee, S. Y., Park, E. S., & Park, K. Y. 2021. Changes in microbial community by salt content in kimchi during fermentation. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **50(6)**: 648-653

22. Hahn, Y. S. 2003. Effect of salt type and concentration on the growth of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **35(4)**: 743-747

23. So, M. H., Lee, Y. S. 1997. Influences of cultural temperature on growth rates of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, **10(1)**: 110-116

24. Choi, S. Y., Kim, Y. B., Yoo, J. Y., Lee, I. S., Chun, K. S., & Koo, Y. J. 1990. Effect of temperature and salts concentration of kimchi manufacturing on storage. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **22(6)**: 707-710

25. Park, K. Y. 1995. The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **24(1)**: 169-182

26. Yu, R. N. 1995. Effect of dietary hot red pepper powder on humoral immune response in rat. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **24(6)**: 837-842

27. Park, K. Y., Cho, E. J., & Rhee, S. H. 1998. Increased antimutagenic and anticancer activities of chinese cabbage kimchi by changing kinds and

- levels of sub-ingredient, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **27(4)**: 625-632
28. <https://www.atfis.or.kr/home/board/FB0002.do?act=read&bpoId=3309&bcaId=0&pageIndex=8>
29. <https://www.atfis.or.kr/home/board/FB0003.do?act=read&bpoId=4180&bcaId=0&pageIndex=1>
30. https://www.kamis.co.kr/customer/inform/commonsense/eat.do?action=detail&brdno=23&brdctsno=430477&pagenum=5&search_option=&search_keyword=
31. Kim, K. H., Kim, H. J., Byun, M. W., & Yook, H. S. 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **41(5)**: 577-583
32. Han, I. H., Kim, J. H. 2017. Antioxidant and physiological activities of water and ethanol extracts of diverse parts of welsh onion. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **46(4)**: 426-434
33. Jia, Y. A., Yang, M., & Park, I. S. 2015. Antioxidative activities and inhibitory effects on tyrosinase and elastase by water extracts of allium sp. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, **28(2)**: 247-252
34. Lee, I. S., Kim, H. Y., & Kim, E. J. 2004. A survey on the commercial poggi kimchi and consumer acceptance test prepared in the various region. *Journal of The Korean Society of Food Culture*, **19(4)**: 460-467
35. Han, E. S. 2020. Progress of korean kimchi industry. *Food Science and Industry*, **53(4)**: 422-434
36. Lee, H. J., Joo, Y. J., Park, C. S., & Lee, J. S. 1999. Fermentation patterns of green onion kimchi and chinese cabbage kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **31(2)**: 488-494
37. Lee, J. H., Jin, Y. H., Park, Y. K., Yun, S. J., & Mah, J. H. 2019. Formation

- of biogenic amines in pa(green onion) kimchi and gat(mustard leaf) kimchi. *Foods*, **8(109)**
38. Seo, D. J., Jung, D. Y., Jung, S. T., Yeo, D. S., & Choi, C. S. 2020. Inhibitory effect of lactic acid bacteria isolated from kimchi against murine norovirus. *Food Control*, 109
39. Park, Y. K., Lee, J. H., & Mah, J. H. 2019. Occurrence and reduction of biogenic amines in kimchi and korean fermented seafood products. *Foods*, **8(547)**
40. Ko, J. L., Oh, C. K., Oh, M. C., & Kim, S. H. 2009. Isolation and identification of lactic acid bacteria from commercial kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **38(6)**: 732-741
41. Kim, G. E., Kim, S. H., Cheong, H. S., Yu, Y. B., & Lee, J. H. 1998. Changes of chlorophylls and their derivatives contents during storage of green onion, leek and godulbaegi kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **27(6)**: 1071-1076
42. Kang, J. 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
43. Moon, S. H., Kim, E. J., Kim, E. J., & Chang, H. C. 2018. 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
44. 김초롱, 장해춘, 2017, 김치의 저장 온도에 따른 유산균총의 변화와 김치 쓴 맛 원인균 규명, 석사학위논문, 조선대학교, 광주
45. 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)**: 443-450

46. Lee, G. 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
47. Cho, J. H., Lee, D. Y., Yang, C. N., Jeon, J. I., Kim, J. H., & Han H. U. 2006. Microbial population dynamics of kimchi, a fermented cabbage product. *Federation of European Microbiological Societies*, **257**: 262-267
48. Lee, J. S., Heo, G. Y., Lee, J. W., Oh, Y. J., Park, J. A., Park, Y. H., Pyun, Y. R., & Ahn, J. S. 2004. *International Journal of Food Microbiology*, **102**: 143-150
49. 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
50. Kim, B. L., Seo, W. T., Kim, M. G., Yun, H. D., & Cho, K. M. 2012. Metagenomic lactic acid bacterial diversity during mulkimchi fermentation based on 16S rRNA sequence. *The Korean Society for Applied Biological Chemistry*, **22**: 787-792
51. Hong, Y., 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 of Microbiology and Biotechnology*, **23(1)**: 76-84
52. 임지연, 이숙희, 1999, 파김치 담금의 표준화 연구, 석사학위논문, 부산대학교, 부산
53. 강정화, 정희중, 2004, 김치의 발효와 저장 온도-시간 조합이 품질 특성에 미치는 영향, 박사학위논문, 전남대학교, 광주
54. 김지원, 이종미, 2008, 감동젓무김치의 발효 온도와 시간에 따른 저장 중의 품

질 특성 변화, 석사학위논문, 이화여자대학교, 서울

55. Kim, Y. H., Kim, H. J., Kim, J. Y., Choe, Y. B., & Kang, S. M. 2005. Strain improvement of *Leuconostoc mesenteroides* as a acid-resistant mutant and effect on kimchi fermentation as a starter. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **33(1)**: 41-50
56. Yang, E. J., Chang, J. Y., Lee, H. J., Kim, J. H., Chung, D. K., Lee, J. H., & Chang, H. C. 2002. Charaterization of the antagonistic activity against *Lactobacillus plantarum* and induction of bacteriocin production. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **34(2)**: 311-318
57. Shim, S. M., Lee, J. H. 2008. Evaluation of Lactic Acid Bacterial Community in Kimchi Using Terminal-Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, **36(4)**: 247-259
58. Lee, K. W., Park, J. Y., Chun, J. Y., Han, N. S., & Kim, J. H. Impertance of weissella species during kimchi fermentation and future works. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, **38(4)**: 341-348
59. Cheigh, H. S., Park, K. Y. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **34(2)**: 175-203
60. Lee, J. S., Lee, K. C., Ahn, J. S., Mheen, T. I., Pyun, Y. R., & Park, Y. H. 2002. *Weissella koreensis* sp. Now., isolated from kimchi. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **52**: 1257-1261
61. Park, S. M., Kang, H. S., & Park, D. H. 2004. Metabolic flux shift of weissella kimchii sk10 grown under aerobic conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **14(5)**: 919-923
62. Jung, H. J., Hong, T. U., Yang, H. S., Chang, H. C., & Kim, H. Y. 2012. Distribution of lactic acid bacteria in garlic and green onion(allium

fistulosum) using SDS-PAGE whole cell protein pattern comparison and 16S rRNA gene sequence analysis. *Food Science And Biotechnology*, **21(5)**: 1457-1462

감사의 글

어느 덧 길게만 느껴졌던 석사 과정을 끝에 논문을 마무리하게 되었습니다. 석사 과정 중 습득한 많은 배움은 한없이 부족한 저를 더 나은 사람으로 발전시킬 수 있는 원동력이 되었습니다. 배움의 과정 중 스스로에 대한 실망감 혹은 자책감 등 여러 힘들었던 감정들은 훗날 제 자신의 자양분이 되어 한층 더 발전한 모습으로 자랐습니다. 그동안 부족했던 저를 응원해주시고 많은 가르침을 주신 모든 분들께 이 글을 통해 비로소 감사의 말씀을 전합니다.

먼저 부족했던 저에게 아낌없는 지원과 열정적인 가르침으로 지도해주신 장해춘 지도 교수님 정말 감사드립니다. 또한 학부 시절부터 큰 가르침을 주시며 무한한 응원을 주신 김경수 교수님, 김복희 교수님, 이재준 교수님, 이주민 교수님, 최지영 교수님께도 감사의 말씀을 전합니다.

실험실에 들어온 후로 가족보다 더 많은 시간을 보내며 함께 했던 실험실 식구들 정말 감사합니다. 자신감이 부족했던 저에게 항상 칭찬과 격려로 자존감을 높여주며 가르침과 더불어 무한한 애정을 주신 송희언니, 매번 고민이 있을 때마다 마치 자신의 일인 듯 함께 고민해주며 끝내 해답을 찾아주신 소영언니 정말 감사합니다. 언제나 부족한 부분에 대해 아낌없이 조언해주시며 배울점이 많았던 소정언니, 실험실에 적응하는데 많은 도움을 주시고 응원해주신 분위기 메이커 수영언니, 같은 나이이자 실험실 선배로 내가 정말 많이 의지해서 미안했던 내 친구 민경이, 그리고 나의 동기로서 서로 서로 의지하며 실험실 생활을 이겨내 갔던 한없이 고맙기만한 소중한 우리 동생들 다운이, 유정이, 민주에게 감사함을 전합니다.

자주 보지는 못하지만 각자의 길을 가면서도 나에게 늘 힘이 되어주고 응원해준 나의 친구들, 언제나 나의 자존감을 한없이 높여주며 신뢰와 응원을 보내주어 정말 고맙습니다. 마지막으로, 나의 안식처 우리 가족들 엄마, 아빠, 오빠! 항상 나에게 정서적 지지와 애정을 주며 동시에 든든한 버팀목이 되어주어 정말 고맙고 사랑합니다.

이제는 정말 사회로 한 걸음 나아가야 할 때가 왔습니다. 두렵기도 하지만 실험실에서 배우고 경험한 시간들은 저를 더 단단한 사람으로 만들어 주어 한편으로는 설레이기도 합니다. 새로운 출발을 앞둔 만큼 석사 과정을 처음 시작했던 그 때의 그 열정으로 누구보다 파이팅 넘치게 나아가도록 하겠습니다. 항상 저를 믿고 응원해주신 많은 분들의 감사함을 잊지 않고 살아가겠습니다. 모두들 건강하고 행복한 일들만 가득하시길 바라겠습니다. 감사합니다.