

마늘 첨가량에 따른 김치의 발효 중 품질 특성 변화

최윤정 · 황예슬 · 홍성욱 · 이미애

세계김치연구소

Quality Characteristics of Kimchi according to Garlic Content during Fermentation

Yun-Jeong Choi, Ye-Seul Hwang, Sung Wook Hong, and Mi-Ai Lee

World Institute of Kimchi

ABSTRACT This study was conducted to analyze the quality characteristics of kimchi in terms of garlic content (0~4.5%). Kimchi was made at 4°C for 8 weeks, and pH, acidity, organic acid content, free sugar content, microbial counts, flavor pattern, and sensory characteristics were measured. The results show that kimchi containing garlic had a higher pH and lower acidity during fermentation than control kimchi without garlic. Principal component analysis enabled differentiation of the flavor pattern of kimchi according to fermentation period and garlic content. Addition of garlic to kimchi significantly decreased the numbers of total bacteria and lactic acid bacteria for 2 weeks after production. The numbers of total bacteria and lactic acid bacteria increased rapidly up to 2 weeks during fermentation and thereafter decreased gradually. Coliform counts were higher in the control than in kimchi containing garlic, whereas there was no detection after 4 weeks. Yeast and mold counts decreased significantly with increasing garlic content during the initial fermentation stage. Counts could not be detected in kimchi containing garlic. After 4 weeks, counts could not be detected in kimchi without garlic. Among kimchi with different garlic contents, fermentation was slower in kimchi with high garlic content; scores for off-odor and off-note taste were lower as well.

Key words: kimchi, garlic, fermentation, flavor, quality characteristics

서 론

김치는 밥과 더불어 한국인의 식생활에 있어서 중요한 위치를 차지하고 있는 음식으로 배추, 무 등의 여러 가지 채소류를 소금에 절인 다음 다양한 부재료를 혼합하여 발효시켜 만든 우리나라의 전통발효 식품이다. 이러한 김치는 첨가 재료 및 제조 방법에 따라 매우 다양하여 약 180여 종에 이르며, 원재료나 부재료의 종류, 첨가량에 따라 발효 정도가 다르다(1,2). 일반적으로 김치 제조에는 고춧가루, 마늘, 생강, 부추 등의 부재료가 첨가되며, 이들이 김치 발효에 관여하는 미생물의 생육에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(3,4).

Lee 등(5)에 의하면 고추, 마늘, 생강은 거의 필수적으로 첨가되는 부재료인데, 이중 마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과(Liliaceae)의 *Allium* 속 식물로 중앙아시아와 지중해 연안 지역이 그 원산지라 추정되며, 우리나라에서 재배되는 것은 크게 난지형과 한지형으로 분류하는데, 난지형은 제주,

남해, 해남, 무안 등지가 주산지이며, 한지형은 의성, 서산, 삼척 등이 주산지로 알려져 있다(6). 마늘은 과거로부터 우리의 식생활에서 중요한 조미채소로 이용되어 왔으며, 독특한 풍미를 가지고 있다. 다른 채소보다 열량, 비타민 및 미네랄의 함량은 높고 수분 함량이 낮은 것이 특징이다. 또한, 생리활성물질인 폴리페놀, 플라보노이드와 thiosulfinate, allicin, ajoene, diallyl disulfide 등의 황화합물을 다량 함유하여 항산화, 항암, 항균작용, 항혈전, 항스트레스 및 지질저하 등의 효과가 있다(7-9).

마늘을 김치에 첨가할 경우 세균, 곰팡이 그리고 효모의 생육을 억제하는 것으로 알려져 있으며, 마늘을 첨가하지 않은 김치는 관능적인 면에서 나쁘게 평가되었다고 보고되어 있다(10). 이처럼 마늘은 김치의 저장성이나 맛에 영향을 미치므로 첨가되는 양에 따라 항균 활성이 차이를 나타내게 되어 김치의 발효 미생물, 맛, 가식기간 연장 등에도 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(11). 이 중에서 발효 중 마늘이 김치에 미치는 영향에 대한 상반되는 연구 결과가 보고되고 있는데 마늘 첨가량이 증가할수록 산의 증가가 빠르다고 보고되어 있으며, 이는 마늘이 초기에 호기성균을 억제하여 상대적으로 젖산균의 생육을 우세하기 때문이라고 보고되어 있다(12-14). 반면 마늘이 김치의 발효를 억제한다는 보

고에 의하면 마늘을 첨가한 김치는 *Leuconostoc mesenteroides*와 *Lactobacillus plantarum*의 생육을 억제하여 김치의 가식기간을 연장한다고 하였다(15,16). 따라서 본 연구는 마늘의 함량이 김치의 품질에 미치는 영향을 알아보고자 마늘 첨가량에 따라 김치를 제조한 다음 저장기간에 따른 품질 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 배추는 광주 서부농수산물시장에서 포기당 2.5~3.0 kg 중량인 것을 구입하였으며, 천일염(CJ제일제당, Sinan, Korea), 고춧가루(괴산고추조합공동사업법인, Goesan, Korea), 멸치액젓(청정원, Seoul, Korea), 새우젓(연수식품, Gwangju, Korea), 찹쌀가루(다미식품, Gwangju, Korea)는 시중 마트에서 구입하였다. 그 밖의 부재료인 무, 쪽파, 마늘, 생강은 김치 제조 전날 광주 서부농수산물시장에서 구입하였으며, 기타 분석을 위한 실험재료는 분석용 1급 시약을 사용하였다.

배추절임 및 김치 제조

배추는 불가식 부분을 제거하고 2등분하여 배추 1 kg당 천일염 0.139 kg과 물 1.2 kg을 혼합하여 습식절임을 실시하였다. 이때 절임수의 염 농도는 약 10%(w/v)였으며, 실온에서 15시간 절임 후 흐르는 물로 3회 세척하여 2시간 동안 탈수하였다. 양념에 사용한 무, 마늘, 생강은 blender(HR-1372, Philips, Guangdong, China)로 마쇄하여 사용하였으며, 쪽파는 1 cm 간격으로 썰어서 사용하였다. 준비된 절임 배추와 부재료를 이용하여 Table 1과 같은 배합비로 김치를 제조하였으며, PE 필름(폭 28 cm×길이 38 cm, 두께 0.1 mm)으로 1/4 포기씩 포장한 후 vacuum package machine(AZC-070, INTRISE, Ansan, Korea)을 사용하여 밀봉한 다음 8주 동안 4°C의 냉장고에 저장하면서 2주 간격으로 김치의 품질 특성을 분석하였다.

pH 및 산도 측정

김치의 pH와 산도는 여과액을 사용하여 측정하였다. 여과액은 blender로 마쇄한 김치를 4겹의 거즈(Sterile gauze No. 3, Soosung, Yangsan, Korea)를 이용하여 여과한 다음 실험에 사용하였다. 김치의 pH는 electrode(Electrode ph gl bl14, SI Analytics, Mainz, Germany)를 여과액에 넣어 측정하였고, 산도는 AOAC법(17)에 의해 여과액 10 mL를 0.1 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{산도}(\%) = \frac{A \times 0.009 \times f}{S} \times 100$$

- A: 소비된 0.1 N NaOH 용액의 mL 수
- 0.009: 0.1 N NaOH 1 mL에 상당하는 lactic acid(g)
- f: 0.1 N NaOH 용액의 역가
- S: 적정에 사용된 여과액의 양(mL)

유기산 및 유리당 함량 분석

Blender로 마쇄한 김치 약 10 g을 50배 희석하여 30분간 sonication 한 후 2시간 동안 shaking 하였다. 이를 15시간 동안 냉장 보관한 후 0.45 µm membrane filter로 여과한 다음 유기산과 유리당 분석을 위한 시료용액으로 사용하였다. 유기산 분석항목은 oxalic acid, citric acid, malic acid, fumaric acid, lactic acid, acetic acid이고, 유리당 분석항목은 sucrose, maltose, fructose, glucose, galactose, mannitol이었다. 시험용액 및 표준용액을 각각 10 µL씩 주입하여 얻은 피크의 면적을 구하여 검량선을 작성한 후 시험용액의 유기산과 유리당 함량을 계산하였으며, 분석을 위한 HPLC 조건은 Table 2와 같다.

미생물 균수 측정

Blender로 마쇄한 김치를 무균적으로 취하여 시료로 이용하였으며, 멸균 필터백에 넣어 0.85% NaCl로 10배 희석한 후 stomacher(Bagmixer R400, Interscience, Saint

Table 1. Ratio of ingredients for kimchi preparation (%)

Ingredients	CK ¹⁾	GK1.5	GK2.5	GK3.5	GK4.5
Salted Korean cabbage	82.5	81.0	80.0	79.0	78.0
Red pepper powder	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Radish	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Garlic	0	1.5	2.5	3.5	4.5
Ginger	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Green onion	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Salt-fermented shrimp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Fermented anchovy sauce	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Glutinous rice paste ²⁾	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Water	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Total	100	100	100	100	100

¹⁾CK: Control kimchi, garlic not added kimchi, GK1.5: 1.5% garlic added kimchi, GK2.5: 2.5% garlic added kimchi, GK3.5: 3.5% garlic added kimchi, GK4.5: 4.5% garlic added kimchi.

²⁾Water : glutinous rice=10:1.

Table 2. Conditions of HPLC analysis

Parameters	Free sugar	Organic acid
HPLC system	Dionex Ultimate 3000	Dionex Ultimate 3000
Column	Sugar-pak (300×6.5 mm, Waters, Milford, MA, USA)	Aminex HPX-87H column (300×7.8 mm, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)
Mobile phase	Water	0.01 N H ₂ SO ₄
Flow rate	0.5 mL/min	0.5 mL/min
Detector	Shodex RI-101	UV (210 nm)
Oven temperature	70°C	40°C

Nom, France)로 1분간 균질하였다. 총균의 경우 PCA(plate count agar, Difco, Spark, MD, USA)를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 pouring culture method로 접종한 후 36°C에서 48시간 배양하여 계수하였다. 젖산균의 경우 MRS agar(*Lactobacilli* MRS agar, Difco)에 BCP(bromocresol purple) 지시약을 25 ppm 첨가하여 제조한 배지를 사용하였으며, 단계별로 희석한 시료를 pouring culture method로 접종한 후 36°C에서 72시간 배양하여 계수하였다. 대장균의 경우 단계별로 희석한 시료를 대장균균 건조필름배지(3M™ Petrifilm E.coli/Coliform count plate, 3M, St. Paul, MN, USA)에 접종시켜 흡수시킨 다음 36°C에서 24시간 배양 후 생성된 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 colony들을 계수하였다. 효모 및 곰팡이의 경우 PDA (plate dextrose agar, Difco)를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 pouring culture method로 접종한 후 25°C에서 72시간 배양하여 계수하였다. 계수한 균의 집락수는 시료 1 g당 log colony forming unit(log CFU/g)으로 나타내었다.

전자코 분석

냄새성분 패턴 분석을 위하여 GC-type 전자코(Hera-cles II, Alpha M.O.S, Toulouse, France)를 이용하였다. GC-type 전자코에 사용한 column은 MXT-5/MXT-1701 (10 m length×180 µm diameter) 두 가지이며, 불꽃이온화 검출기(FID)를 통해 검출하였다. 시료는 blender로 마쇄한 김치 1 g을 20 mL vial에 취하고 40°C에서 15분간 incubation 한 다음, 500 rpm으로 진탕하여 head-space 방식으로 주입하여 3회 반복하여 분석하였다. GC-type 전자코 분석 조건은 Table 3과 같다.

관능검사

관능검사는 SensMine 프로그램(Sensmine version 4.8, Sensometrics, Seoul, Korea)을 활용하여 세계김치연구소에서 훈련된 패널 20명을 대상으로 실시하였으며, 9점 척도(1점: 매우 약하다, 5점: 보통, 9점: 매우 강하다)를 이용하여 특성별로 느끼는 강도를 표시하도록 하였다. 시료는 20 g씩 무늬가 없는 백색용기에 담아 제시하였으며, 시료와 시료 사이에는 물과 크래커로 입가심을 하도록 하였다. 평가항목은 외관(양념의 양, 붉은 정도), 냄새(잘 익은 냄새, 이취), 맛(단맛, 매운맛, 신맛, 이미, 아린맛), 조직감(아삭한 정도,

Table 3. Conditions of electronic nose analysis

Parameters	Conditions
Injector	
Injected volume	1.0 mL
Injection speed	125 s
Injector temp.	200°C
Injection duration	13
Trap	
Trap initial temp.	40°C
Split	10 mL/min
Trapping duration	22 s
Trap final temp.	240°C
Column Temp.	
Initial isotherm	40°C (5 s)
Temperature program	1°C/s~150°C (10 s) 2°C/s~250°C (30 s)
Acquisition duration	205 s
Detector	
Detector temp.	270°C
Gain FID	12
Time between 2 analysis	8 min
Trap final temp.	240°C

무른 정도) 그리고 전체적인 기호도로 구성하였다.

통계처리

본 실험의 결과는 3회 반복하여 측정된 평균(mean)과 표준편차(SD)로 나타내었고, 실험에서 얻어진 결과는 SPSS (Statistical Package for the Social Science, ver 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package를 이용하였다. 유의성을 알아보기 위하여 two-way ANOVA-test를 실시하였고, 사후분석을 위해 Duncan's multiple range test를 실시하여(18) 시료 간의 유의차를 검증하였다($P < 0.05$). 전자코 분석 결과는 3회 반복하여 측정된 값의 평균 값을 Xlstat software(Xlstat User's Guide, Paris, France)를 사용하여 주성분 분석(principal component analysis, PCA)으로 향기패턴을 구분하였다.

결과 및 고찰

pH 및 산도의 변화

김치는 발효과정 중 배추의 주성분인 탄수화물의 분해로 각종 유기산이 만들어져 특유의 신선한 신맛을 주게 되므로

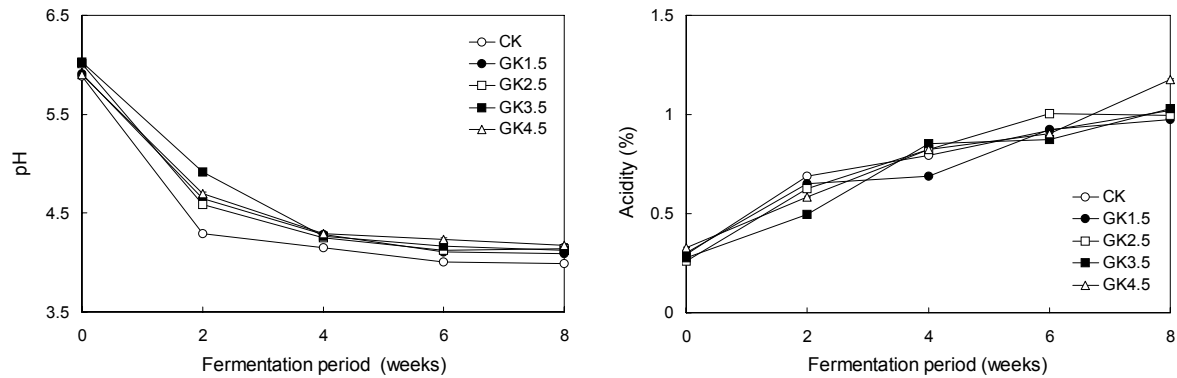


Fig. 1. Changes in pH and acidity of kimchi according to garlic contents during fermentation. CK: Control kimchi, garlic not added kimchi, GK1.5: 1.5% garlic added kimchi, GK2.5: 2.5% garlic added kimchi, GK3.5: 3.5% garlic added kimchi, GK4.5: 4.5% garlic added kimchi.

김치의 pH 및 산도는 김치의 주요 품질 지표라고 할 수 있다 (19). 마늘 첨가량(무첨가: CK, 1.5% 첨가: GK1.5, 2.5% 첨가: GK2.5, 3.5% 첨가: GK3.5, 4.5% 첨가: GK4.5)에 따른 김치의 발효 과정 중 pH와 산도의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 초기 pH는 5.89~6.03으로 처리군 간의 큰 차이는 없었으나, CK에서 가장 낮은 값을 보였다. 저장기간이 증가함에 따라 pH는 급격히 감소하여 저장 4주차에는 4.15~4.29로 나타났으며, CK의 pH가 가장 낮게 나타났다. 저장 8주차에는 3.99~4.18로 나타났으며, CK의 pH가 가장 낮았고, 반대로 마늘 함량이 가장 높은 GK4.5의 pH가 가장 높게 나타났다. 저장 기간 동안 마늘을 첨가하지 않은 CK의 pH가 가장 빠르게 감소하였으며, GK4.5의 pH는 초기 pH는 낮았으나 저장 8주차에는 pH가 4.18로 가장 높은 것으로 보아 발효가 느리게 진행된 것으로 보인다. Shin 등(11)과 Cho 등(13)은 마늘을 첨가한 김치의 품질 연구에서 마늘의 첨가량이 많을 경우 pH가 높게 유지되어 김치의 숙성을 억제하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 마늘 첨가량이 많을수록 pH가 높게 유지되어 김치의 숙성이 지연되는 효과가 있는 것으로 확인되었다.

초기 산도는 0.26~0.33%로 마늘 첨가량이 가장 많은 GK4.5의 산도가 가장 높게 나타났으며, 저장 2주차에 급격히 증가하여 0.50~0.69%를 나타내었다. pH의 변화와 반대로 CK의 산도가 가장 높은 값을 보였으며, 저장 4주차에는 0.69~0.85%로 GK1.5에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 이후 저장기간에 따라 산도는 계속 증가하는 경향을 보였으며, 저장 8주차에는 0.98~1.18%를 나타내었다. 이처럼 초기 김치의 경우 마늘 함량에 따라 산도에 영향을 주었으나 저장기간이 증가함에 따라 처리군에 따른 큰 차이는 없었다. 일반적으로 김치 숙성의 적기는 pH 4.2~4.6, 산도 0.5~0.75%일 때 가장 맛있는 김치로 알려져 있으며, 김치의 재료 및 부재료의 첨가, 숙성온도 등 여러 가지 인자에 의해 그 적기는 다르게 나타날 수 있다고 한다(20). 본 연구에서는 마늘의 함량에 따른 김치를 제조하여 발효과정 중 pH와 산도를 비교한 결과 마늘의 함량이 적을수록 pH의 감소와 산도의

증가 속도가 빠른 경향을 보여 김치의 적숙기에 빠르게 도달하였다. 이에 김치에 첨가되는 마늘의 함량이 초기 발효에 영향을 주는 것으로 생각한다.

유기산의 변화

마늘 함량에 따라 제조된 김치의 저장 중 김치에 신맛을 부여하는 유기산의 함량을 확인하기 위하여 oxalic acid, citric acid, malic acid, fumaric acid, lactic acid, acetic acid 등 6종의 유기산을 분석한 결과는 Table 4에 나타내었다. 초기 김치에서는 acetic acid를 제외한 5종의 유기산이 검출되었다. Oxalic acid와 fumaric acid는 초기에 각각 4.20~5.12 mg/100 g, 3.38~5.75 mg/100 g으로 검출되었으며, 저장기간이 증가하여도 비슷한 수준을 유지하였다. Citric acid의 경우 초기에는 83.63~178.23 mg/100 g으로 검출되었으며, 마늘 함량이 높을수록 그 함량이 높게 검출되었다. 그 후 저장기간이 증가함에 따라 급격히 감소하여 저장 8주차에는 모든 처리군에서 검출되지 않았다. 또한, malic acid의 경우 초기에는 195.36~228.06 mg/100 g으로 검출되었으나 저장 2주차에 급격히 감소하였으며, GK3.5와 CK4.5에서는 저장 8주차에는 검출되지 않았다. 이처럼 citric acid와 malic acid가 초기보다 발효 후기에 그 함량이 적거나 검출되지 않은 것은 발효 중기 이후에 증가하는 *L. plantarum*에 의해 영양원으로 이용되었거나 이들이 생성하는 효소에 의하여 분해되었기 때문으로 추정되고 있으며 (21), citric acid와 malic acid는 김치 초기 발효에 관여하는 유기산으로 생각한다. 또한, Lim 등(22)의 연구에서도 김치의 저장 중 malic acid 함량이 감소하였다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

반면 lactic acid와 acetic acid는 저장기간 동안 증가하였다. 초기 김치에서 lactic acid는 18.08~34.63 mg/100 g으로 검출되었고, acetic acid는 검출되지 않았으나 저장 2주차부터 급격히 증가하여 발효 후기까지 계속 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 현상은 김치의 젖산균에 의해 malic acid가 lactic acid와 acetic acid로 전환되기 때문으로

Table 4. Changes in organic acids of kimchi according to garlic contents during fermentation (mg/100 g)

Sample ¹⁾	Fermentation period (weeks)					
	0	2	4	6	8	
Oxalic acid	CK	4.20±0.15 ^{Cb2)3)}	6.00±0.35 ^{Aa}	4.93±0.02 ^{Bc}	3.75±0.08 ^{Cc}	3.99±0.04 ^{Cc}
	GK1.5	4.40±0.02 ^{Cb}	6.25±0.27 ^{Aa}	5.51±0.24 ^{Bab}	4.14±0.12 ^{CDb}	3.85±0.12 ^{Dc}
	GK2.5	4.31±0.23 ^{Bb}	5.80±0.10 ^{Aa}	5.97±0.07 ^{Aa}	4.21±0.01 ^{Bb}	4.62±0.33 ^{Bab}
	GK3.5	5.12±0.02 ^{Ba}	5.94±0.00 ^{Aa}	5.21±0.01 ^{Bbc}	3.63±0.13 ^{Dc}	4.33±0.04 ^{Cbc}
	GK4.5	4.86±0.04 ^{Ba}	4.83±0.17 ^{Bb}	5.89±0.37 ^{Aa}	4.66±0.03 ^{Ba}	4.82±0.21 ^{Ba}
Citric acid	CK	83.63±3.80 ^e	ND ⁴⁾	ND	ND	ND
	GK1.5	123.12±0.06 ^{Ac}	35.58±2.49 ^{Bb}	2.27±0.10 ^{Cc}	ND	ND
	GK2.5	110.22±3.90 ^{Ad}	19.11±0.25 ^{Bc}	2.50±0.10 ^{Cb}	ND	ND
	GK3.5	141.46±2.47 ^{Ab}	68.98±1.74 ^{Ba}	ND	ND	ND
	GK4.5	178.23±3.32 ^{Aa}	34.61±3.47 ^{Bb}	4.90±0.06 ^{CDa}	6.62±0.12 ^C	ND
Malic acid	CK	213.99±7.93 ^{Aab}	54.80±2.30 ^{Bb}	48.01±0.35 ^{Ba}	34.46±0.35 ^{Ca}	36.54±2.46 ^{Ca}
	GK1.5	214.38±1.85 ^{Aab}	69.19±1.19 ^{Ba}	31.85±1.51 ^{Cd}	29.31±1.83 ^{Cb}	17.63±2.12 ^{Db}
	GK2.5	195.36±7.34 ^{Ac}	52.18±1.99 ^{Bb}	44.85±0.88 ^{Bb}	27.19±0.99 ^{Cb}	34.49±1.48 ^{Ca}
	GK3.5	228.06±4.26 ^{Aa}	56.53±2.83 ^{Bb}	37.12±0.07 ^{Cc}	ND	ND
	GK4.5	210.49±8.01 ^{Abc}	53.45±1.44 ^{Bb}	29.64±0.27 ^{Ce}	20.70±1.17 ^{Cc}	ND
Fumaric acid	CK	5.75±0.43 ^{Aa}	2.84±0.23 ^{Cb}	3.00±0.21 ^{BCd}	3.07±0.06 ^{BCc}	3.60±0.10 ^{Bb}
	GK1.5	4.50±0.00 ^{Ab}	2.79±0.14 ^{Db}	4.10±0.20 ^{Bc}	3.20±0.12 ^{Cbc}	4.38±0.01 ^{ABa}
	GK2.5	4.45±0.24 ^{Bb}	3.40±0.17 ^{Dab}	4.90±0.19 ^{Aa}	3.90±0.02 ^{Ca}	3.71±0.11 ^{CDb}
	GK3.5	4.53±0.09 ^{Ab}	2.70±0.17 ^{Db}	3.71±0.11 ^{Bc}	3.85±0.11 ^{Ba}	3.07±0.01 ^{Cc}
	GK4.5	3.38±0.05 ^{Bc}	4.01±0.56 ^{ABa}	4.45±0.03 ^{Ab}	3.41±0.11 ^{Bb}	4.40±0.14 ^{Aa}
Lactic acid	CK	34.63±2.48 ^{Da}	553.75±41.97 ^{Ca}	694.03±46.03 ^{Ba}	829.46±8.47 ^{Aa}	900.73±18.84 ^{Aa}
	GK1.5	21.52±0.53 ^{Eb}	494.38±35.34 ^{Dab}	591.87±32.86 ^{Cb}	681.91±25.69 ^{Bb}	767.75±1.62 ^{Ab}
	GK2.5	19.44±1.19 ^{Eb}	460.82±25.54 ^{Dab}	644.72±29.58 ^{Cab}	850.23±1.63 ^{Aa}	784.53±26.77 ^{Bb}
	GK3.5	18.97±0.51 ^{Cb}	322.40±22.51 ^{Cc}	701.13±20.33 ^{Ba}	662.03±22.02 ^{Bb}	756.84±0.27 ^{Ab}
	GK4.5	18.08±0.67 ^{Db}	415.61±57.91 ^{Cbc}	643.13±2.30 ^{Bab}	652.15±19.81 ^{Bb}	940.09±32.53 ^{Aa}
Acetic acid	CK	ND	92.00±3.35 ^{Bab}	110.51±5.68 ^{Ac}	111.58±5.93 ^{Ac}	116.97±0.86 ^{Ae}
	GK1.5	ND	107.95±7.49 ^{Ca}	138.08±13.46 ^{Bb}	136.89±4.18 ^{Bc}	188.87±1.28 ^{Ac}
	GK2.5	ND	113.18±6.85 ^{Ca}	164.71±13.57 ^{Ba}	192.30±0.43 ^{Aa}	171.88±5.36 ^{Bd}
	GK3.5	ND	77.49±3.04 ^{Cb}	181.81±4.60 ^{Ba}	175.18±9.04 ^{Bb}	226.15±0.69 ^{Ab}
	GK4.5	ND	111.62±16.22 ^{Ca}	175.34±3.18 ^{Ba}	188.78±3.29 ^{Bab}	269.73±9.10 ^{Aa}

¹⁾CK: Control kimchi, garlic not added kimchi, GK1.5: 1.5% garlic added kimchi, GK2.5: 2.5% garlic added kimchi, GK3.5: 3.5% garlic added kimchi, GK4.5: 4.5% garlic added kimchi.

²⁾All values are mean±SD of the three replicates.

³⁾Means sharing different letters in the same row (A-E) and column (a-e) are significantly different ($P<0.05$).

⁴⁾ND: Not detected.

로 보고되고 있으며(23), 본 연구에서도 젖산균이 급격하게 증가하는 2주차에 lactic acid와 acetic acid가 증가하였고 malic acid는 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 특히 초기 김치의 lactic acid 함량은 마늘 첨가량이 많을수록 그 함량이 적었으며, 저장기간 동안 동일한 양상을 나타내었다. 이에 마늘 무첨가군인 CK의 초기 발효가 빠르게 진행되었으나 마늘 함량이 증가할수록 초기 발효가 느리게 진행되는 것을 확인할 수 있었다.

유리당의 변화

김치에 함유되어 있는 당은 영양학적인 성분인 동시에 맛 성분으로 김치발효에 관여하는 미생물들의 생육에 필요한 탄소원으로서 부재료에서 유리되어 생기거나 주재료인 배추의 세포벽 다당류 분해에 의하여 숙성 중 함량이 변하는 것으로 알려져 있다(24). 마늘 함량에 따라 제조된 김치의 저장 중 유리당의 변화는 Table 5에 나타내었으며, 함유되

어 있는 주된 유리당은 maltose, glucose, galactose, fructose 그리고 mannitol이었다. 모든 처리군에서 glucose와 fructose가 가장 큰 비중을 차지하였으며, 초기에는 각각 1,130.25~1,296.77 mg/100 g, 1,350.29~1,524.67 mg/100 g으로 검출되어 처리군에 따른 큰 차이는 없었다. 저장기간이 증가함에 따라 glucose와 fructose는 감소하는 경향을 나타내었으며, glucose는 저장 초기에 많이 감소했지만 fructose는 저장 초기보다는 후기에 감소하는 경향을 나타내었다. 반면 당 알코올인 mannitol은 기존의 보고(25)와 동일하게 저장 초기에는 검출되지 않았으나 저장 2주차에 105.71~256.45 mg/100 g으로 급격히 증가하였다. 이후 저장기간이 증가함에 따라 함량이 증가하여 저장 8주차에는 278.50~886.11 mg/100 g으로 마늘 무첨가군인 CK가 가장 낮은 함량을, 마늘 함량이 가장 많은 GK4.5에서 가장 높은 함량을 나타냈다. Mannitol은 효소작용에 의해 mannose로부터 생성되는 것으로 알려져 있으며, fructose 또한

Table 5. Changes in free sugars of kimchi according to garlic contents during fermentation (mg/100 g)

Sample ¹⁾	Fermentation period (weeks)					
	0	2	4	6	8	
Maltose	CK	109.46±2.84 ^{Ab2)3)}	66.05±3.74 ^{Bb}	38.40±1.59 ^{Cb}	ND ⁴⁾	ND
	GK1.5	143.07±9.44 ^{Aa}	96.17±16.52 ^{Ba}	5.35±0.53 ^{Cd}	ND	ND
	GK2.5	105.35±0.81 ^{Ab}	88.08±2.20 ^{Bab}	44.52±0.43 ^{Ca}	ND	ND
	GK3.5	131.38±5.29 ^{Aa}	93.87±1.65 ^{Ba}	37.22±3.20 ^{Cbc}	ND	ND
	GK4.5	79.24±2.23 ^{Ac}	81.97±11.52 ^{Aab}	33.17±2.19 ^{Bc}	ND	ND
Glucose	CK	1,296.77±72.76 ^{Aa}	854.11±69.54 ^{Bb}	811.31±34.97 ^{Ba}	607.99±7.13 ^{Ca}	653.96±22.12 ^{Bb}
	GK1.5	1,196.98±36.12 ^{Aab}	1,175.46±81.81 ^{Aa}	579.97±33.17 ^{Bc}	436.63±16.93 ^{Cb}	498.88±16.22 ^{Bc}
	GK2.5	1,130.25±68.44 ^{Ab}	931.66±46.28 ^{Bb}	725.76±30.45 ^{CDb}	629.09±5.89 ^{Da}	758.00±38.99 ^{Ca}
	GK3.5	1,156.40±22.24 ^{Ab}	977.16±51.70 ^{Bab}	708.90±16.60 ^{Cb}	310.90±17.50 ^{Dc}	648.79±2.78 ^{Cb}
	GK4.5	1,204.73±41.72 ^{Aab}	848.04±119.30 ^{Bb}	608.99±2.80 ^{Cc}	598.54±22.77 ^{Ca}	508.44±13.51 ^{Cc}
Galactose	CK	45.53±4.52 ^{Aa}	25.58±7.89 ^{Bb}	36.89±7.11 ^{ABa}	31.91±0.63 ^{ABab}	35.61±2.71 ^{ABb}
	GK1.5	29.24±0.56 ^{Aab}	36.16±8.43 ^{Aab}	31.05±0.09 ^{Aa}	31.52±0.02 ^{Aab}	35.22±0.13 ^{Ab}
	GK2.5	24.96±9.96 ^{Cb}	45.39±3.03 ^{Aa}	32.75±1.27 ^{BCa}	37.61±0.78 ^{ABa}	31.30±0.31 ^{BCb}
	GK3.5	39.26±7.81 ^{ABab}	44.65±4.90 ^{Aa}	36.15±4.08 ^{ABa}	25.85±5.26 ^{Bb}	34.60±1.18 ^{ABb}
	GK4.5	31.40±8.24 ^{Aab}	37.48±1.28 ^{Aab}	31.94±1.58 ^{Aa}	35.41±0.99 ^{Aa}	42.86±4.51 ^{Aa}
Fructose	CK	1,440.19±10.02 ^{Aab}	1,103.41±70.02 ^{Bb}	1,023.37±42.70 ^{Ba}	810.75±8.05 ^{Ca}	835.72±18.93 ^{Ca}
	GK1.5	1,449.30±28.39 ^{Aab}	1,497.02±100.95 ^{Aa}	721.39±34.31 ^{Bc}	699.39±22.92 ^{Bb}	483.72±5.28 ^{Cb}
	GK2.5	1,350.29±68.53 ^{Ab}	1,197.70±47.42 ^{Bb}	875.87±33.72 ^{Cb}	742.50±3.46 ^{Db}	832.32±29.13 ^{CDa}
	GK3.5	1,476.95±9.29 ^{Aa}	1,197.80±59.80 ^{Bb}	826.29±23.37 ^{Cb}	268.98±16.08 ^{Ed}	405.41±4.46 ^{Dc}
	GK4.5	1,524.67±40.59 ^{Aa}	1,089.37±137.58 ^{Bb}	696.14±4.03 ^{Cc}	566.82±24.42 ^{CDc}	483.81±17.37 ^{Db}
Mannitol	CK	ND	105.71±8.86 ^{Db}	148.56±3.17 ^{Cd}	219.23±6.00 ^{Bd}	278.50±7.89 ^{Ae}
	GK1.5	ND	150.92±22.40 ^{Cb}	379.18±9.71 ^{Bc}	367.97±13.11 ^{Bc}	650.20±7.08 ^{Ac}
	GK2.5	ND	256.45±23.97 ^{Da}	378.01±10.55 ^{Cc}	552.00±4.59 ^{Ab}	437.72±15.24 ^{Bd}
	GK3.5	ND	116.49±1.23 ^{Db}	454.53±10.22 ^{Cb}	586.15±28.38 ^{Bab}	747.63±3.90 ^{Ab}
	GK4.5	ND	254.07±34.06 ^{Da}	477.00±1.61 ^{Ca}	608.78±22.82 ^{Ba}	886.11±30.78 ^{Aa}

¹⁾CK: Control kimchi, garlic not added kimchi, GK1.5: 1.5% garlic added kimchi, GK2.5: 2.5% garlic added kimchi, GK3.5: 3.5% garlic added kimchi, GK4.5: 4.5% garlic added kimchi.

²⁾All values are mean±SD of the three replicates.

³⁾Means sharing different letters in the same row (A-E) and column (a-e) are significantly different ($P<0.05$).

⁴⁾ND: Not detected.

발효에 의해 mannitol을 생성할 수 있다고 보고되어 있다 (25). 본 연구에서도 저장기간이 증가함에 따라 fructose가 감소하였으며, mannitol은 증가하였다. Maltose는 초기에 79.24~143.07 mg/100 g으로 검출되었으나 저장기간이 증가함에 따라 감소하여 저장 6주차부터 모든 처리군에서 검출되지 않았다. Galactose는 초기에 24.96~45.53 mg/100 g으로 검출되었으나 발효 후기인 저장 8주차에도 31.30~42.86 mg/100 g 수준을 유지하여 처리군별, 저장기간별 유의적 차이를 보이지 않았다. 유리당은 발효가 진행됨에 따라 감소한다는 연구 결과와 유사한 결과를 나타내었다(26).

미생물의 변화

마늘의 항균작용은 마늘에 들어 있는 황화합물인 alliin으로부터 alliinase라는 효소의 작용에 의해 생성되는 allicin이 미생물의 대사에 관계되는 중요한 단백질의 SH기와 반응하여 효소로서의 작용을 방해하기 때문이라고 알려져 있다 (27). 이에 본 연구에서 마늘 첨가량에 따른 김치의 저장 중 미생물의 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 총균수는 초기에 6.35~6.99 log CFU/g으로 마늘 함량이 높을수록 낮은 경향을 보였다. 저장 2주차에는 총균수가 급격히 증가하여

8.01~8.51 log CFU/g으로 마늘 무첨가군인 CK의 총균수가 가장 높게 나타났다. CK와 GK1.5의 경우 저장 2주차에 가장 많은 총균수를 보였고, GK2.5, GK3.5, GK4.5의 경우 저장 4주차에 가장 많은 총균수를 나타냈다. 이후 저장기간이 증가함에 따라 총균수는 천천히 감소하였으며 저장 8주차에는 7.78~7.99 log CFU/g으로 나타났다. 초기 젖산균수는 6.34~7.03 log CFU/g으로 나타났으며, 총균수와 동일하게 마늘 함량이 높을수록 낮은 경향을 보였다. 또한, 저장 2주차에는 젖산균수가 급격히 증가하여 8.01~8.57 log CFU/g으로 나타났으며, 저장기간 동안 CK와 GK1.5의 경우 저장 2주차에 가장 많은 젖산균수를 보였고, GK2.5, GK3.5, GK4.5의 경우 저장 4주차에 가장 많은 젖산균수를 나타냈다. 이후 젖산균수는 천천히 감소하였고, 저장 8주차에 7.68~7.92 log CFU/g으로 나타났다. Shin 등(11)의 연구에서는 발효 초기에 마늘의 항균 활성으로 인하여 호기성 균들과 더불어 젖산균의 생육이 억제되며, 이후 이들 균주의 상대적인 감소로 인하여 젖산균의 생육에 유리한 조건이 형성되면서 상대적인 함량이 증가하였다고 보고되어 있는데, 본 연구 또한 저장기간 동안 총균수와 젖산균은 동일한 경향을 보였으며, 마늘 함량이 높을수록 초기 균수가 적어서 발

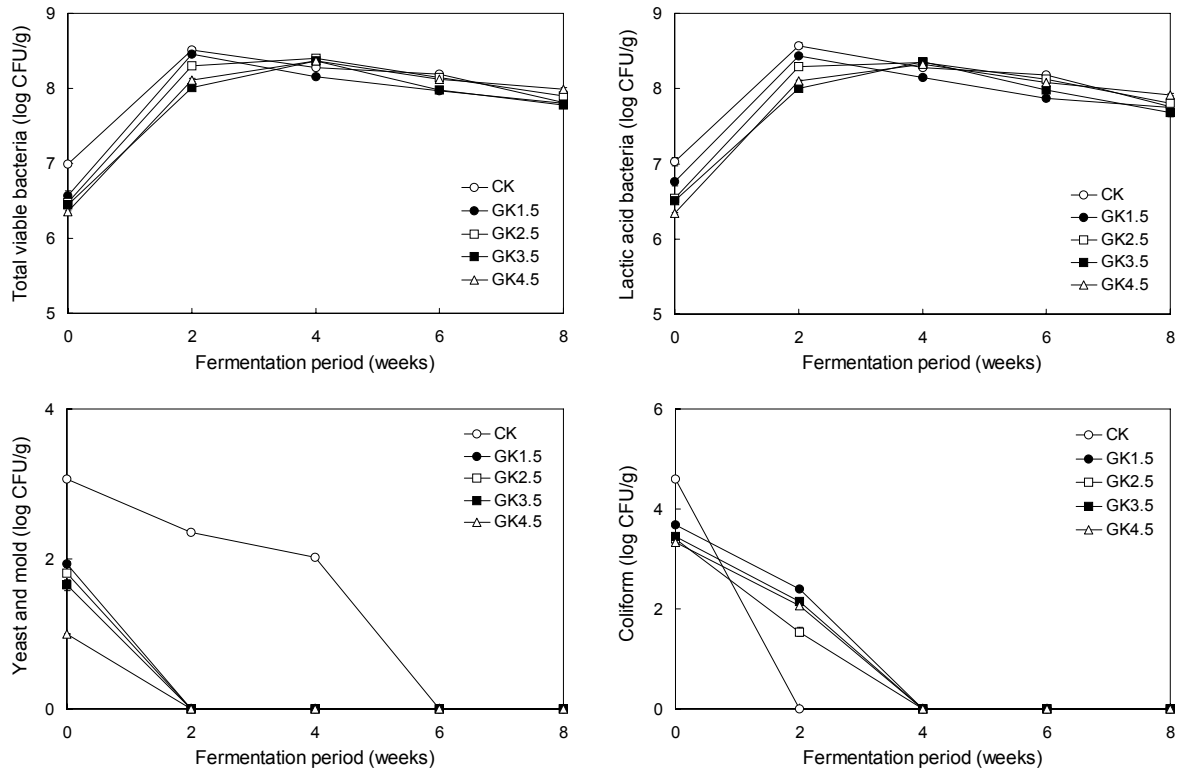


Fig. 2. Changes in microbial properties of kimchi according to garlic contents during fermentation. CK: Control kimchi, garlic not added kimchi, GK1.5: 1.5% garlic added kimchi, GK2.5: 2.5% garlic added kimchi, GK3.5: 3.5% garlic added kimchi, GK4.5: 4.5% garlic added kimchi.

효가 느리게 진행되는 것으로 생각한다.

Ji 등(28)에 의하면 마늘즙은 세균, 효모 및 곰팡이에 대해 항균 효과가 있다고 보고되어 있는데, 본 연구에서도 이와 마찬가지로 효모·곰팡이의 경우 초기 균수는 1.00~3.07 log CFU/g으로 마늘의 첨가량이 많을수록 적게 나타났으며 저장 2주차부터는 마늘 첨가군(GK1.5~4.5)의 경우 효모·곰팡이는 검출되지 않았다. CK의 경우 저장기간이 증가함에 따라 감소하였으며, 저장 6주차부터는 검출되지 않았다. 이는 젖산균과 동일하게 마늘에 의해 효모·곰팡이의 생육이 저해된 것으로 생각한다. 대장균군은 초기에 3.33~4.60 log CFU/g으로 마늘 첨가량이 많을수록 적게 검출되었으며 Chung 등(29)의 연구 결과와 일치하였다. 반면 저장 2주차에는 무첨가군인 CK의 경우에는 대장균군이 검출되지 않았고, 마늘 첨가군(GK1.5~4.5)에서만 대장균군이 1.54~2.40 log CFU/g으로 검출되었다. 이는 마늘을 첨가하지 않을 경우 초기 미생물균수가 많아 발효가 빨리 진행되었기 때문으로 생각하며, 대장균군은 pH의 감소에 의해 생육이 저해된다고 보고되어 있을 뿐만 아니라(30), Kwon과 Kim(31)은 시판김치를 4°C에서 15일 동안 pH 3.9~4.3에 도달할 때까지 저장하며 미생물의 분포를 조사하였을 때 pH 5 이하에서 김치의 대장균군 수가 감소하기 시작하였으며, 저장 12~15일에 pH는 3.9~4.3의 분포를 나타내었으며, 이때 모든 시료에서 대장균군이 불검출되었다고 보고하였다.

전자코에 의한 향기 패턴 분석

마늘 첨가량에 따른 김치의 저장 중 향기 패턴의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 향기 패턴은 GC-type 전자코를 이용하여 측정된 크로마토그램 중 처리군 간의 차이가 큰 피크를 선정한 다음, 이들 피크의 면적 값으로 주성분 분석(PCA)을

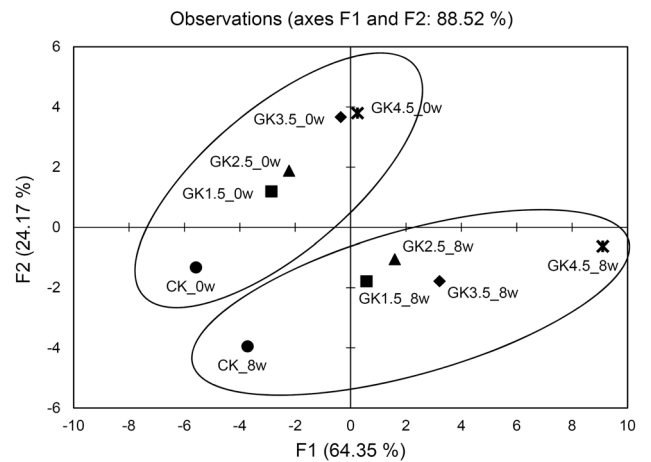


Fig. 3. Principal component analysis (PCA) plot of kimchi according to garlic contents during fermentation by GC-type electronic nose. 0w: fermented for 0 week, 8w: fermented for 8 weeks. CK: Control kimchi, garlic not added kimchi, GK1.5: 1.5% garlic added kimchi, GK2.5: 2.5% garlic added kimchi, GK3.5: 3.5% garlic added kimchi, GK4.5: 4.5% garlic added kimchi.

하여 향기패턴에 대한 기여율을 구하였다. 주요 휘발성 성분으로는 dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide, diallyl disulphide, dipropyl disulfide, dimethyl tetrasulfide, di-2-propenyl tetrasulfide 등 황화합물이 주를 이루었고, 이는 기존의 보고와 일치하였다(32). 총 변동에 대한 설명은 제1주성분(F1, x축)의 기여율 64.35%와 제2주성분(F2, y축)의 기여율 24.17%로, 총 변동의 88.52%를 설명해 줄 수 있었다. 이는 처리군 간의 구분이 전자코로 가능하다는 의미이며, 마늘 첨가량에 따라 각각 구분되어 처리군에 따른 차이가 확인되었다. 김치 저장 중 향기 패턴의 변화는 CK에서 거리차가 가장 짧았으며, 마늘 함량이 증가할수록 0주와 8주 사이의 거리차가 점점 커짐을 확인할 수 있었다. 또한, 0주차 김치의 경우 제1주성분인 F1이 -6~0 부근에 분포했지만, 8주차 김치의 경우에는 -4~10 부근으로 나타났다. 이에 0주차 김치보다 8주차 김치에서 처리군에 따른 냄새의 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 이처럼 배추김치의 숙성 정도에 따라 향기성분에서 차이가 난다는 것은 Cha 등(33)과 Yoon 등(34)의 연구 결과에서도 확인할 수 있었으며, 또한 Shin 등(35)은 배추김치의 숙성 과정 중 생성되는 향기성분 패턴을 전자코를 활용하여 배추김치의 숙성 정도를 예측할 수 있다고 보고한 바 있다. 전체적인 향기 패턴은 마늘의 함량이 높을수록 제1주성분인 F1이 negative(-)에서 positive(+)로 이동하는 경향을 나타내었으며, 저장기간이 증가할수록 제1주성분인 F1이 negative(-)에서 positive(+)로, 제2주성분인 F2는 positive(+)에서 negative(-)로 이동하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과로서 마늘 첨가량에 따라 김치의 저장 중 생성되는 향기성분의 패턴에 차이가 있음이 확인되었다.

관능검사

마늘 첨가량에 따른 김치의 저장 중 관능적 특성 변화는 Table 6에 나타내었다. 외관 중 양념의 양에서 저장 초기에는 GK4.5가 가장 높은 점수를 받았고, 김치의 색에서는 GK1.5가 가장 높은 점수를 받았으나, 발효 후기인 저장 8주차에는 양념의 양에서 GK1.5의 점수가 가장 낮았고, 김치의 색에서는 CK의 점수가 가장 낮은 경향을 보였다. 냄새 특성에서 잘 익은 냄새는 초기 김치의 경우 모든 처리군에서 낮은 점수를 받았으며, 저장 2주차 이후 높은 점수를 받았다. 이후 저장기간이 증가함에 따라 점수가 높아졌으나, 처리군 간의 유의적 차이는 없었다. 이취에서 발효 초기에는 처리군에 따른 큰 차이는 없었으나, 발효가 진행됨에 따라 CK가 계속 높은 점수를 받았다. 반면 마늘 첨가군(GK1.5~4.5)에서 이취의 점수가 낮았으며 이들 처리군 사이에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 맛 특성에서 단맛의 경우 초기에는 CK가 가장 점수가 낮았으며, 저장기간 동안 큰 차이는 없었으나 GK3.5의 점수가 높은 경향을 보였다. 매운맛의 경우 저장 2주차에는 CK의 점수가 가장 낮았으나, 저장기간이 증가하여 발효 후기에는 처리군 간의 유의적 차이는 없었다. 신맛

은 초기김치의 경우 모든 처리군에서 점수가 낮았고, 저장 2주차부터 높은 점수를 보였다. 저장기간이 증가함에 따라 신맛의 점수가 높아졌으나, 이중 마늘 첨가군(GK1.5~4.5)의 점수가 CK보다 낮은 점수를 유지하였다. 이는 마늘 첨가에 따라 김치의 발효가 느리게 진행되기 때문인 것으로 생각한다. 이미에서는 초기 김치의 경우 모든 처리군에서 낮은 점수를 나타내었지만 이중 CK가 높은 점수를 보였으며, 저장기간이 증가함에 따라 CK의 점수는 계속 증가하였으나 마늘 첨가군(GK1.5~4.5)의 점수는 저장기간이 증가하여도 점수의 큰 변화는 없었다. 아린맛에서는 저장기간 동안 마늘 첨가량이 많을수록 높은 점수를 나타내었다. 그러나 CK가 GK1.5보다 점수가 높은 것은 김치 제조 시 첨가된 부재료 중 마늘뿐만 아니라 생강에서 오는 아린맛에 의해 영향을 받은 것으로 생각한다. 조직감 특성의 경우 아삭한 정도와 무른 정도를 확인하였는데, CK는 마늘 첨가군(GK1.5~4.5)에 비해 발효가 빠르게 진행되어 저장기간 동안 아삭한 정도는 낮은 점수를, 무른 정도에서는 높은 점수를 유지하였다. 전체적인 기호도는 발효 초기에는 CK와 GK4.5가 낮은 점수를 보였고, 나머지 처리군에서는 마늘 함량이 적을수록 기호도가 높았다. 이후 저장기간이 증가함에 따라 CK의 기호도가 가장 낮은 점수를 유지하였으며, 마늘 첨가군(GK 1.5~4.5) 중에서는 저장 2주차까지는 GK1.5가 가장 점수가 높았으나 발효 후기인 저장 8주차에는 마늘 첨가량이 많을수록 높은 기호도를 보였다.

마늘 첨가량에 따른 김치를 제조하여 관능적 특성을 변화를 살펴본 결과 CK의 경우 마늘이 첨가되지 않기 때문에 이취나 이미, 그리고 조직감에 의해 전체적인 기호도가 낮게 나타났다. 마늘 첨가군(GK1.5~4.5)의 경우 마늘 첨가량이 많을수록 발효 진행이 느려 이취, 이미의 점수는 낮고, 조직감에서 높은 점수를 받았다. 이는 마늘을 첨가하지 않은 김치가 관능검사의 모든 항목에서 다른 김치에 비해 유의적으로 좋지 않게 평가되었다는 Cho 등(13)의 결과와 일치하였다.

요 약

마늘의 함량에 따른 김치를 제조하여 품질 특성을 비교한 결과 마늘의 함량이 적을수록 pH의 감소와 산도의 증가 속도가 빠른 경향을 보여 김치의 적숙기에 빠르게 도달하였다. 또한, 마늘을 첨가하지 않을 경우 초기 균수가 많아서 발효가 빨리 진행되고, 마늘의 함량이 증가할수록 초기 발효가 느리게 진행되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 유기산과 유리당의 변화에서도 확인할 수 있었다. 유기산의 경우 초기 김치에서는 acetic acid를 제외한 5종의 유기산이 검출되었으며, lactic acid와 acetic acid는 저장기간 동안 증가하였다. 특히 초기 김치에서 citric acid는 마늘 함량이 많을수록 그 함량이 많았으며, lactic acid는 마늘 함량이 많을수록 그 함량이 적게 나타났다. 주된 유리당은 maltose,

Table 6. Changes in sensory characteristic of kimchi according to garlic contents during fermentation

Sensory attribute	Sample ¹⁾	Fermentation period (weeks)				
		0	2	4	6	8
Amount of seasoning	CK	5.10±0.88 ^{ABab2)3)}	4.50±0.85 ^{Bb}	5.00±1.05 ^{ABa}	5.00±1.05 ^{ABa}	5.50±1.08 ^{Aa}
	GK1.5	4.90±0.88 ^{Ab}	5.60±0.70 ^{Aa}	5.10±0.57 ^{Aa}	5.60±0.70 ^{Aa}	5.10±1.10 ^{Aa}
	GK2.5	5.30±1.06 ^{Aab}	5.40±0.52 ^{Aa}	5.00±0.67 ^{Aa}	5.40±0.70 ^{Aa}	5.80±1.03 ^{Aa}
	GK3.5	4.80±0.63 ^{Bb}	5.30±0.82 ^{ABa}	5.80±0.92 ^{Aa}	5.40±0.97 ^{ABa}	5.80±1.03 ^{Aa}
	GK4.5	5.90±1.29 ^{Aa}	5.80±0.63 ^{Aa}	5.50±0.71 ^{Aa}	5.70±0.82 ^{Aa}	5.80±1.03 ^{Aa}
Appearance	CK	5.30±0.06 ^{Aa}	4.70±0.82 ^{Aa}	5.00±1.05 ^{Aa}	4.50±1.18 ^{Aab}	4.50±1.43 ^{Aa}
	GK1.5	5.50±1.18 ^{Aa}	5.30±0.67 ^{Aa}	5.40±1.07 ^{Aa}	5.40±1.07 ^{Aa}	5.20±1.23 ^{Aa}
	GK2.5	4.70±0.48 ^{Aa}	5.20±0.63 ^{Aa}	5.40±1.26 ^{Aa}	5.20±1.23 ^{Aab}	5.20±1.40 ^{Aa}
	GK3.5	5.30±1.06 ^{Aa}	5.20±0.42 ^{Aa}	5.30±1.16 ^{Aa}	4.20±1.14 ^{Bb}	5.60±1.35 ^{Aa}
	GK4.5	5.40±0.84 ^{Aa}	5.20±0.92 ^{Aa}	5.70±1.34 ^{Aa}	5.20±0.92 ^{Aab}	4.80±1.14 ^{Aa}
Odor	CK	1.70±0.95 ^{Ca}	4.50±1.35 ^{Ba}	5.40±1.71 ^{ABa}	6.70±1.25 ^{Aa}	5.80±1.81 ^{ABa}
	GK1.5	1.70±0.82 ^{Ca}	4.90±1.45 ^{Ba}	5.60±1.35 ^{ABa}	6.60±1.26 ^{Aa}	6.10±1.29 ^{Aa}
	GK2.5	1.70±0.82 ^{Ca}	4.50±1.51 ^{Ba}	5.90±1.20 ^{Aa}	6.60±1.43 ^{Aa}	6.10±1.20 ^{Aa}
	GK3.5	1.90±0.88 ^{Ca}	4.70±1.16 ^{Ba}	6.50±1.18 ^{Aa}	6.60±1.51 ^{Aa}	6.70±0.48 ^{Aa}
	GK4.5	2.10±0.99 ^{Ca}	4.40±1.07 ^{Ba}	6.20±1.69 ^{Aa}	6.30±1.57 ^{Aa}	6.90±1.29 ^{Aa}
Off-odor	CK	3.00±2.21 ^{Ba}	4.40±1.58 ^{ABa}	4.90±2.13 ^{Aa}	5.20±1.99 ^{Aa}	6.20±1.99 ^{Aa}
	GK1.5	2.10±0.99 ^{Ba}	3.10±1.29 ^{ABab}	3.20±1.23 ^{ABb}	4.10±2.23 ^{Aa}	4.30±1.57 ^{Ab}
	GK2.5	2.40±1.65 ^{Ba}	3.30±0.95 ^{Bab}	3.00±1.15 ^{Bb}	4.70±1.70 ^{Aa}	4.60±1.26 ^{Ab}
	GK3.5	2.90±1.91 ^{Ba}	2.90±1.37 ^{Bb}	3.60±1.78 ^{ABab}	4.70±1.95 ^{Aa}	4.20±1.14 ^{ABb}
	GK4.5	2.80±1.93 ^{Aa}	3.40±1.43 ^{Aab}	3.50±1.78 ^{Aab}	3.80±2.04 ^{Aa}	4.30±1.64 ^{Ab}
Taste	CK	4.60±1.07 ^{Ab}	5.50±1.08 ^{Aa}	4.70±1.95 ^{Aa}	5.10±1.10 ^{Aa}	4.60±1.07 ^{Aa}
	GK1.5	5.70±1.06 ^{Aa}	5.60±1.17 ^{Aa}	5.10±1.37 ^{Aa}	5.20±1.23 ^{Aa}	4.70±0.95 ^{Aa}
	GK2.5	5.70±0.95 ^{Aa}	5.30±1.25 ^{Aa}	5.40±0.70 ^{Aa}	5.10±1.66 ^{Aa}	5.10±0.74 ^{Aa}
	GK3.5	5.90±0.99 ^{Aa}	5.80±1.03 ^{Aa}	5.20±1.40 ^{Aa}	5.50±0.85 ^{Aa}	5.50±1.08 ^{Aa}
	GK4.5	5.00±0.82 ^{Aab}	5.00±0.82 ^{Aa}	5.00±1.56 ^{Aa}	5.40±1.78 ^{Aa}	5.30±0.82 ^{Aa}
Spicy	CK	4.70±1.57 ^{Aa}	4.70±1.34 ^{Aa}	4.90±1.20 ^{Aa}	5.00±1.49 ^{Aa}	5.30±1.06 ^{Aa}
	GK1.5	5.10±1.20 ^{Aa}	5.00±1.05 ^{Aa}	5.00±1.63 ^{Aa}	4.70±1.95 ^{Aa}	5.00±0.67 ^{Aa}
	GK2.5	4.60±1.26 ^{Aa}	5.20±1.32 ^{Aa}	5.40±1.43 ^{Aa}	5.20±1.55 ^{Aa}	4.90±1.10 ^{Aa}
	GK3.5	5.20±1.48 ^{Aa}	5.00±1.25 ^{Aa}	5.10±0.99 ^{Aa}	4.80±1.32 ^{Aa}	5.30±1.57 ^{Aa}
	GK4.5	5.20±1.87 ^{Aa}	5.10±1.10 ^{Aa}	5.30±1.16 ^{Aa}	5.20±1.62 ^{Aa}	5.10±0.99 ^{Aa}
Sour	CK	1.70±0.95 ^{Ca}	4.80±1.23 ^{Ba}	6.30±1.64 ^{Aa}	6.60±1.65 ^{Aa}	6.70±1.16 ^{Aa}
	GK1.5	2.30±1.25 ^{Ca}	5.10±1.73 ^{Ba}	5.30±1.83 ^{ABa}	5.70±1.06 ^{ABa}	6.60±0.84 ^{Aa}
	GK2.5	1.90±0.99 ^{Ca}	4.60±1.17 ^{Ba}	6.20±0.92 ^{Aa}	6.70±1.16 ^{Aa}	5.90±0.74 ^{Aa}
	GK3.5	2.00±1.15 ^{Ba}	4.50±0.85 ^{Ba}	5.80±1.75 ^{Aa}	5.80±1.37 ^{Aa}	5.80±1.32 ^{Aa}
	GK4.5	1.90±0.99 ^{Ca}	3.20±0.79 ^{Bb}	5.90±1.45 ^{Aa}	6.00±1.25 ^{Aa}	6.50±0.97 ^{Aa}
Off-note taste	CK	3.70±2.54 ^{Ba}	4.70±1.83 ^{ABa}	5.20±1.99 ^{ABa}	4.90±1.79 ^{ABa}	6.20±2.25 ^{Aa}
	GK1.5	3.20±1.93 ^{Aa}	3.50±1.51 ^{Aa}	3.50±2.22 ^{Ab}	3.60±1.84 ^{Aa}	4.00±1.41 ^{Ab}
	GK2.5	2.50±2.07 ^{Ca}	3.90±1.66 ^{ABa}	3.20±1.32 ^{ABb}	3.20±1.62 ^{ABa}	4.60±1.43 ^{Ab}
	GK3.5	3.00±2.26 ^{Aa}	3.20±1.40 ^{Aa}	3.80±1.48 ^{ABab}	4.20±1.87 ^{Aa}	4.10±1.66 ^{Ab}
	GK4.5	3.10±2.28 ^{Aa}	4.30±2.06 ^{Aa}	3.30±1.77 ^{Ab}	3.50±1.65 ^{Aa}	4.40±1.43 ^{Ab}
Acridity	CK	4.80±2.25 ^{Ab}	4.30±2.06 ^{Aab}	4.10±2.28 ^{Aa}	4.00±2.05 ^{Aa}	5.90±1.20 ^{Aa}
	GK1.5	4.30±1.89 ^{Ab}	3.80±1.62 ^{Ab}	3.30±1.95 ^{Aa}	4.20±1.87 ^{Aa}	4.70±1.57 ^{Aa}
	GK2.5	4.30±1.70 ^{Ab}	4.70±1.49 ^{Aab}	4.10±1.79 ^{Aa}	3.80±1.32 ^{Aa}	4.90±1.79 ^{Aa}
	GK3.5	5.50±1.65 ^{Aab}	4.30±1.89 ^{Aab}	4.10±1.91 ^{Aa}	4.30±1.42 ^{Aa}	4.70±1.42 ^{Aa}
	GK4.5	6.80±1.62 ^{Aa}	5.60±1.43 ^{ABa}	4.80±1.23 ^{Ba}	5.50±2.51 ^{ABa}	5.70±1.57 ^{ABa}
Crunch	CK	5.70±0.82 ^{Aa}	4.80±0.92 ^{Ba}	4.80±1.03 ^{Ba}	4.40±0.97 ^{Ba}	4.40±0.70 ^{Ba}
	GK1.5	6.40±1.78 ^{Aa}	5.90±1.37 ^{Aa}	5.30±1.25 ^{Aa}	5.30±1.16 ^{Aa}	5.10±1.29 ^{Aa}
	GK2.5	5.40±1.07 ^{Aa}	5.70±1.06 ^{Aa}	5.20±0.92 ^{Aa}	5.40±1.43 ^{Aa}	5.00±1.25 ^{Aa}
	GK3.5	5.70±1.06 ^{Aa}	5.30±0.82 ^{Aa}	4.70±0.95 ^{Aa}	4.90±1.37 ^{Aa}	5.30±1.42 ^{Aa}
	GK4.5	6.00±0.94 ^{Aa}	5.00±1.49 ^{Aa}	5.50±1.18 ^{Aa}	5.20±0.92 ^{Aa}	5.00±1.05 ^{Aa}
Softness	CK	3.90±1.66 ^{Aa}	4.70±1.06 ^{Aa}	5.10±1.45 ^{Aa}	5.00±1.76 ^{Aa}	5.30±1.25 ^{Aa}
	GK1.5	4.00±1.56 ^{Aa}	4.80±1.14 ^{Aa}	4.50±1.35 ^{Aa}	4.40±1.51 ^{Aa}	5.00±0.82 ^{Aa}
	GK2.5	4.70±1.49 ^{Aa}	4.80±1.23 ^{Aa}	4.00±1.05 ^{Aa}	4.60±1.51 ^{Aa}	5.00±1.25 ^{Aa}
	GK3.5	4.60±1.71 ^{Aa}	4.50±0.97 ^{Aa}	5.10±1.10 ^{Aa}	4.50±1.51 ^{Aa}	5.00±1.05 ^{Aa}
	GK4.5	3.90±1.60 ^{Aa}	4.90±1.60 ^{Aa}	4.20±1.55 ^{Aa}	4.60±1.51 ^{Aa}	5.10±1.10 ^{Aa}
Overall acceptability	CK	4.20±0.63 ^{Ab}	4.10±0.74 ^{Ab}	4.50±1.65 ^{Ab}	4.10±1.45 ^{Aa}	3.50±1.51 ^{Ab}
	GK1.5	5.90±1.73 ^{Aa}	6.00±1.41 ^{Aa}	5.80±2.15 ^{ABab}	5.30±1.34 ^{Aa}	5.10±0.88 ^{Aa}
	GK2.5	5.50±1.51 ^{Aab}	5.40±1.71 ^{Aab}	5.70±1.25 ^{ABab}	5.50±1.72 ^{Aa}	5.20±1.03 ^{Aa}
	GK3.5	5.30±1.25 ^{ABab}	5.70±1.34 ^{ABa}	6.30±1.34 ^{Aa}	4.80±1.23 ^{Ba}	5.90±0.99 ^{ABa}
	GK4.5	4.80±2.30 ^{ABab}	5.00±1.49 ^{Aab}	6.10±1.52 ^{Aa}	5.00±1.63 ^{Aa}	5.70±1.49 ^{Aa}

¹⁾CK: Control kimchi, garlic not added kimchi, GK1.5: 1.5% garlic added kimchi, GK2.5: 2.5% garlic added kimchi, GK3.5: 3.5% garlic added kimchi, GK4.5: 4.5% garlic added kimchi.

²⁾All values are mean±SD of the three replicates.

³⁾Means sharing different letters in the same row (A-C) and column (a,b) are significantly different ($P<0.05$).

glucose, galactose, fructose, mannitol이었으며, 모든 처리군에서 glucose와 fructose가 가장 큰 비중을 차지하였다. Glucose는 저장 초기에 많이 감소한 반면에 fructose는 저장 초기보다는 후기에 감소하는 경향을 나타내었다. 향기 패턴은 마늘의 함량이 높을수록 제1주성분인 F1이 negative(-)에서 positive(+)로 이동하는 경향을 나타내었을 뿐만 아니라 처리군 간의 차이도 큰 것을 확인할 수 있었다. 관능적 특성에서는 마늘 첨가군의 경우 마늘의 함량이 많을수록 초기 발효 진행이 느려 이취, 이미의 점수는 낮고, 조직감에서 높은 점수를 받았다. 따라서 김치 제조 시 마늘을 첨가하지 않은 것보다 첨가하는 것이, 그리고 그 함량이 많을수록 김치의 적숙기에 늦게 도달하는 것으로 생각한다.

감사의 글

본 연구는 세계김치연구소 기관고유사업(KE1503-4)의 연구비 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bang BH, Seo JS, Jeong EJ. 2008. A method for maintaining good *Kimchi* quality during fermentation. *Korean J Food Nutr* 21: 51-55.
- Lee MK, Rhee KK, Kim JK, Kim SM, Jeong JW, Jang DJ. 2007. A survey of research papers on Korean *Kimchi* and R&D trends. *Korean J Food Cult* 22: 104-114.
- Jo JS, Hwang SY. 1988. Standardization of *Kimchi* and related products (2). *Korean J Dietary Culture* 3: 301-307.
- Lee SH, Choi WJ. 1998. Effects of medicinal herbs' extracts on the growth of lactic acid bacteria isolated from *Kimchi* and fermentation of *Kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 624-629.
- Lee SK, Shin MS, Jhong DY, Hong YH, Lim HS. 1989. Changes of *Kimchis* contained different garlic contents during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 21: 68-74.
- Jo JS. 1990. *Food materials*. Gijeunungusa, Seoul, Korea. p 154-155.
- Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Ki DJ, Hong JT, Jeon HS. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 331-336.
- Shin JH, Kim R, Lee SJ, Kang MJ, Seo JK, Sung NJ. 2011. Aroma compounds and antimicrobial effect of garlic from different area in Korea. *Korean J Food Preserv* 18: 199-207.
- Kang MJ, Shin JH, Sung NJ. 2011. Recovery effect of garlic extract and vitamin B group enhanced diet on swimming fatigue. *J Life Sci* 21: 875-883.
- Kim MH, Shin MS, Jhon DY, Hong YH, Lim HS. 1987. Quality characteristics of *Kimchis* with different ingredients. *J Korean Soc Food Nutr* 16: 268-277.
- Shin JH, Kim R, Kang MJ, Kim GM, Sung NJ. 2012. Quality and fermentation characteristics of garlic-added *kimchi*. *Korean J Food Preserv* 19: 539-546.
- Cho NC, Jhon DY, Shin MS, Hong YH, Lim HS. 1988. Effect of garlic concentrations on growth of microorganisms during *Kimchi* fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 20: 231-235.
- Cho HK, Park SH, Jo JS, Jung CS. 2001. Effect of the garlic on the fermentation and quality of *kimchi*. *Korean J Dietary Culture* 16: 470-477.
- Lee SW, Woo SJ. 1989. Effect of some materials on the content of nitrate, nitrite and vitamin C in *Kimchi* during fermentation. *Korean J Dietary Culture* 4: 161-166.
- Yi JH, Cho Y, Hwang IK. 1995. Effects of *kimchi* minor ingredients on the growth of lactic acid bacteria. *Korean J Soc Food Sci* 11: 511-520.
- Cho Y, Yi JH. 1994. Effect of *kimchi* submaterial on the growth of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus plantarum*. *Korean J Soc Food Sci* 10: 35-38.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. Method 942.15.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F-tests. *Biometrics* 11: 1-42.
- Ku KH, Kang KO, Kim WJ. 1988. Some quality changes during fermentation of *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 20: 476-482.
- Park SK, Cho YS, Park JR, Moon JS, Lee YS. 1995. Changes in the contents of sugar, organic acid, free amino acid and nucleic acid-related compounds during fermentation of mustard leaf-*Kimchi*. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 48-53.
- Park IK, Kim SH, Kim SD. 1996. Effect of organic acids addition during salting on the fermentation of *Kimchi*. *J East Asian Soc Diet Life* 6: 195-204.
- Lim JH, Park SS, Jeong JW, Park KJ, Seo KH, Sung JM. 2013. Quality characteristics of *kimchi* fermented with abalone or sea tangle extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 450-456.
- Yoo MJ, Kim HR, Chung HJ. 2001. Changes in physicochemical and microbiological properties in low-temperature and long-term fermented *kimchi* during fermentation. *Korean J Dietary Culture* 16: 431-441.
- Kim DG, Kim BK, Kim MH. 1994. Effect of reducing sugar content in Chinese cabbage on *Kimchi* fermentation. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 73-77.
- Ha JH, Haver WS, Kim YJ, Nam YJ. 1989. Changes of free sugars in *Kimchi* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 21: 633-638.
- Ryu BM, Jeon YS, Song YS, Moon GS. 1996. Physicochemical and sensory characteristics of anchovy added *kimchi*. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 460-469.
- Lee WW, Son SK, Lee GR, Kim GH, Kim YH. 2001. Antimicrobial effects of garlic extract against pathogenic bacteria. *Korean J Vet Serv* 34: 167-178.
- Ji WD, Jeong MS, Choi UK, Choi DH, Chung YG. 1998. Growth inhibition of garlic (*Allium sativum* L.) juice on the microorganisms. *Agric Chem Biotechnol* 41: 1-5.
- Chung CH, Kim YS, Yoo YJ, Kyung KH. 1997. Presence and control of coliform bacteria in *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 29: 999-1005.
- Kang CH, Chung KO, Ha DM. 2002. Inhibitory effect on the growth of intestinal pathogenic bacteria by *kimchi* fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 34: 480-486.
- Kwon EA, Kim M. 2007. Microbial evaluation of commercially packed *kimchi* products. *Food Sci Biotechnol* 16: 615-620.
- Jeong HS, Ko YT. 2010. Major odor components of raw *kimchi* materials and changes in odor components and sensory properties of *kimchi* during ripening. *Korean J Food Cult* 25: 607-614.
- Cha YJ, Kim H, Cadwallader KR. 1998. Aroma-active compounds in *kimchi* during fermentation. *J Agric Food Chem*

- 46: 1944-1953.
34. Yoon MK, Kwon MJ, Lee SM, Kim JW, Cho MS, Lee JM, Kim YS. 2008. Characterization of volatile components according to fermentation periods in *Gamdongchotmoo* kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 40: 497-502.
35. Shin JA, Choi SW, Lee KT. 2005. Prediction of *Kimchi* aging using electronic nose system. *Korean J Food Preserv* 12: 613-616.