

젓갈 및 젓갈 대체 재료 첨가가 김치의 향기 특성에 미치는 영향

안선정 · 권태은^{1*}

신한대학교 식품조리과학부, ¹세종대학교 식품생명공학과

Effect of Salted-Fermented Fish Products and Their Alternatives on the Volatile Compound Profiles of *Kimchi*

Sun-Choung Ahn and Taeun Kwon^{1*}

Dept. of Food Science & Culinary Arts, Shin Han University

¹Dept. of Food Science and Biotechnology, Sejong University

ABSTRACT

Food safety and environmental sustainability attract the consumer's interest. Kimchi was fermented with natural ingredients that are expected to replace the salted-fermented fish products (*jeotkal*), and their effects on volatile aroma properties during fermentation were investigated. The addition of *jeotkal* and its substitutes to kimchi affected the fermentation speed; however, with the progression of fermentation, sulfur-containing compounds and aldehydes decreased, and fermented products, such as alcohols and acids, increased. The acetic acid level was the lowest in kimchi fermented with *jeotkal* on the 28th day. As the ratio of acetic acid increased, the acidity increased and pH decreased. Additionally, *jeotkal* added to kimchi and its substitutes (meat, seafood, and vegetable extracts) that replace *jeotkal* provide a time difference in fermentation, but as a result, the sensory differences were not affected. Therefore, immediately after preparing kimchi (before fermentation and aging), flavored substances derived from various components may have exerted a sensual effect, but the composition of volatile components in kimchi changed following fermentation. It was considered that the sensory effect of the auxiliary components was decreased upon fermentation. These results could support a replacement of the salted-fermented fish products (*jeotkal*) in kimchi without a sensory difference.

Key words: *kimchi*, *jeotkal*, volatile flavor components, *jeotkal* alternative, sensory difference

서 론

김치는 한국을 대표하는 오랜 전통을 가진 식물성 발효 식품으로, 소금에 절인 배추를 고춧가루, 마늘, 젓갈 등의 부재료와 혼합하여 발효 과정에서 각종 재료에서 유래된 맛 성분과 산, 탄산가스 등 발효 생산물에 의해 짠맛, 단맛, 신맛, 감칠맛과 시원한 맛 등이 조화를 이룬다(Min & Kwon, 1984; Kim et al., 1994; Park, 1995; Chang et al., 2011; Hwang, 2012). 김치는 섬유질과 비타민 및 무기질이 풍부하여 고혈압, 이상지질혈증, 당뇨병 예방에 효과가 있다는 연구 결과가 보고되었으며, 암세포 성장의 감소 등과 관련된 연구도 활발히 진행되고 있다(Yi et al., 1998; Kim

& Kim 2002, Kim et al., 2004; Kim et al. 2013; Park et al., 2018). 김치는 독특한 향미와 질감, 감칠맛과 상쾌한 느낌 등이 조화되어 식욕을 증진하는 효과가 있으며, 2006년 미국의 건강 잡지인 “Health”에서 세계 5대 건강식품 중 하나로 김치가 선정되면서 김치는 독특한 풍미와 함께 영양적으로 우수한 식품으로 국제적인 관심이 높아지고 있다(Jeon, 2009; Shin et al., 2012).

김치 발효는 젓산균과 호산성 효모와 같은 기타 미생물에 의한 동형 발효(homo-fermentation)와 이형 발효(hetero-fermentation)가 순차적으로 이루어지는 복잡한 과정이다. 젓산균은 김치 발효 과정에서 박테리오신뿐만 아니라 주로 젓산과 초산 등 다양한 유기산을 생산하고 김치의 독특한 맛을 내는 원인이 된다(Stoll & Seebeck, 1951; Thunell, 1995). 이형발효 젓산균인 *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc carnosum*과 동형발효 젓산균인 *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*가 각각 김치 발효 초기와 중기 그리고 후기 발효에 관여하는 주요 미생물이다(Lim et al., 1989; Lee et al., 1992; Cheigh & Park, 1994; Kim

*Corresponding author: Taeun Kwon, Dept. of Food Science and Biotechnology, Sejong University, 209, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 05006, Korea
Tel: +82-2-3408-3228
E-mail: kwonsh80@sejong.ac.kr
Received 29 July 2021; revised 13 August 2021; accepted 17 August 2021

et al., 2000). 자연 발효 과정에서 소금(NaCl) 농도와 발효 온도는 젓산균의 유형과 그 대사산물에 대한 선택적 압력을 제공하여 짠맛, 신맛, 상쾌한 느낌과 같은 주요 풍미 속성의 발달에 상당한 영향을 준다(Min & Kwon, 1984; Lim et al., 1989). 비휘발성 유기산, 휘발성 유기산, 이산화탄소, 휘발성 향미 화합물과 같은 김치 풍미 프로파일의 변화는 온도와 발효 시간, 소금 농도에 따라 달라질 수 있다(Mantis et al., 1978). 그러나 젓갈류와 향신료 등과 같은 부재료들의 조합이 김치 향미의 생성에 근본적인 영향을 미친다(Park et al, 1994; Park, 1995). 특히, 부재료로 첨가되는 젓갈은 너무 많이 넣으면 비린내 등과 같은 불쾌한 냄새의 원인이 되기도 하지만 김치의 향미 성분 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Ko et al., 2004). 최근 김치에 젓갈을 넣는 이유는 젓갈이 김치의 감칠맛을 향상하고 아미노산 함량을 높여주어 맛과 품질을 높여주기 때문이라는 연구 결과가 보고되었다(Lee et al., 2021).

젓갈은 김치 발효 과정에서 중요한 역할을 하여 젓갈을 너무 많이 넣으면 김치가 빨리 익고 적게 넣으면 늦게 익어 젓갈의 첨가량을 조절하는 것이 중요하며, 2-4% 정도가 적당한 것으로 알려져 있다(Jang et al., 2011). 젓갈이 빠진 김치는 담백한 맛은 있으나 어딘가 밋밋할 수밖에 없는데, 이는 젓갈이 발효 과정 중 미생물의 생육에 영향을 미치고 이로 인해 다양한 향미 성분을 생성하는 데 기여하기 때문이다(Jung et al., 2018). 김치 맛을 결정하는 요소에는 여러가지가 있지만 젓갈의 사용 여부에 따라 김치의 향미가 좌우되기 때문에 젓갈 사용에 따른 향미 변화에 대한 과학적인 연구가 필요하다.

김치는 대부분 별도의 가열조리 없이 섭취하는 식품으로 원료로 사용되는 부재료가 김치의 안전성 문제에 직접적으로 영향을 준다. 김치 제조 시 젓갈은 부재료로 소량 사용되지만, 대부분 소규모 영세기업에 의존하여 생산되는 젓갈의 비위생적인 제조공정은 김치의 위생과 안전에 위해요소가 될 수 있다(Kwon & Kim, 2019). 또한, 김치의 주원료인 채소의 질산염이 젓갈에 많은 아민류와 결합하여 강력한 발암물질인 나이트로사민(nitrosamine)을 생성할 수 있음에 대한 우려도 있다(Kang et al., 2016). 그뿐만 아니라 젓갈은 높은 염도와 바람직하지 않은 생선 냄새로 인하여 김치의 표준화를 어렵게 하는 원인 중 하나이며, 낮은 소비자 기호도의 요인이 되기도 한다(Park et al., 2018). 최근 기후변화 등과 같은 환경문제가 대두됨에 따라 지속 가능한 발전에 관심이 증가하고 있으며, 이에 따라 채식 김치 등과 같은 젓갈을 사용하지 않는 김치 제조에도 관심이 증가하고 있어 젓갈을 대체하기 위한 원료에 대한 연구가 필요하다.

김치에 함유된 향기 성분의 생성과 유지는 소비자 기호도에 있어 중요한 요소 중 하나이지만, 미량 원료와 미생물의 상호 작용에 대한 이해가 부족하여 김치의 각 미량

원료가 향미 발달에 미치는 영향에 관한 연구가 잘 이루어지지 않았다. 최근 시판되는 김치가 집에서 만드는 김치를 대체하고 있는 가정이 증가하고 있어, 재료 및 발효 과정에 따른 감각 특성의 변화를 이해하는 것은 무엇보다 중요하다. 또한, 환경 보존에 관한 관심과 웰빙(well-being)에 대한 소비자의 요구가 증가하면서 천연 조미 소재에 대한 관심이 지속해서 증가할 것이다. 본 연구에서는 김치의 부재료로 미량 사용되지만, 김치의 향미에 중요한 영향을 미치는 젓갈과 이를 대체하기 위한 천연 재료들이 김치 숙성 중 휘발성 향기 특성에 미치는 영향을 조사함으로써 젓갈 대체 소재를 이용한 김치 생산 공정 개발 및 김치의 고급화를 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 배추는 2020년도에 전라남도 해남에서 수확한 배추를 김치 제조 당일에 의정부시 제일시장 내 청과 도매시장에서 구입하였다. 염수 제조에 사용한 소금은 전라남도 신안군에서 생산한 천일염을 사용하였다. 양념 제조에 사용한 고춧가루, 무, 마늘, 생강, 쪽파, 갓, 양파, 배, 매실액기스, 참쌀가루 등 김치 재료는 실험 당일 의정부시 제일시장에서 신선한 것을 구입하여 사용하였다. 젓갈은 멸치액젓(anchovy fish sauce 100%, Salt content 23%, CJ CheilJedang, Incheon, Korea)을 홈플러스 의정부점에서 구입하였으며, 새우젓은 충청남도 홍성에서 생산한 육젓을 의정부시 제일시장에서 구입하여 사용하였다. 젓갈 대체 원료를 제조하기 위한 사과과 양지머리는 국내산 한우를 의정부시 제일시장에서 구입하였으며, 다시마, 밴댕이, 건새우, 멸치, 대파, 건표고도 의정부시 제일시장에서 국내산으로 구입하였다.

젓갈 대체 원료의 제조

고기추출물은 사과 1kg과 양지머리 500g을 물 4L를 넣고 10시간 동안 끓인 다음 식혀 면포로 걸러 사용하였다. 해산물추출물은 다시마 20g, 밴댕이 25g, 건새우 20g, 멸치 35g을 물 1kg에 넣고 물이 끓기 시작하면 중불로 낮추어 10분간 더 끓인 다음 식혀 면포로 걸러 사용하였다. 채소추출물은 대파 10g, 양파 13g, 무 13g, 건표고 8g을 물 1kg에 넣고 물이 끓기 시작하면 중불로 낮추어 10분간 더 끓인 다음 식혀 면포로 걸러 사용하였다.

배추김치 제조

본 연구에서는 조리서들을 참고하고 이를 변형하여 배추 김치를 제조하였다(Kye et al., 1986; Han, 1989; Yoon, 2004). 무게 3-4kg인 배추의 불가식 부위를 제거한 후 2등분하고 10±2°C의 수돗물에 천일염을 첨가하여 20% 염수

를 제조한 다음, 이절된 배추에 절임수를 1:2(w/v)의 비율로 첨가하였다. 실온에서 16시간 절이고, 절임이 완료된 배추는 3회 세척하여 3시간 동안 자연 탈수하였다. 마늘, 생강, 양파, 갓, 쪽파, 배 등의 부재료는 정선 작업 후 씻어 사용하였으며, 찹쌀풀은 찹쌀가루 20 g에 물 480 mL을 넣어 끓여 걸쭉하게 만들어 사용하였다. Table 1의 배합비로 김치소(양념)를 제조하고, 절임 배추를 다시 반으로 절단하여 양념과 2:1 (w/w)의 비율로 혼합한 다음 Polyethylene (PE) bag에 담아 하루 동안 상온에 두었다가 4°C에서 4주 동안 저장하면서 2주 간격으로 시료를 채취하였다.

pH 및 적정산도 측정

pH는 blender (HR-2860, Philips, Amsterdam, Netherlands)로 간 반죽 상태의 시료에 pH meter (DP-215M, Hitachi, Tokyo, Japan)의 electrode를 직접 넣어 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 김치 시료 1/4포기를 다시 세로로 반자른 후 blender로 마쇄한 후, 반죽 상태의 시료를 4겹의 거즈로 짰 다음 시료액을 제조하여 산도를 측정하였다. 시료액 10 mL을 0.1 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정한 다음, 식 (1)을 통하여 적정 산도를 계산하였다.

$$\text{산도}(\%) = \frac{A \times f \times 0.009^*}{S} \times 100 \quad (1)$$

A: 소비된 0.1 N NaOH (mL)

f: 0.1 N NaOH의 역가

S: 적정에 사용된 시료액의 양(mL)

*0.009 = 0.1N NaOH 용액 1 mL에 상당하는 유기산 계수로 젖산인 경우

휘발성 성분 분석

샘플 1 g을 헤드 스페이스 유리 바이알(20 mL, 22.5 mm × 75.5 mm)에 넣어 80°C에서 25분 동안 예열한 다음, 휘발성 성분은 헤드 스페이스 고체상 미세 추출(solid-phase micro extraction, SPME) 방법으로 포집하였다. Carboxen/divinylbenzene/polydimethylsiloxane (1 cm, 30/50 μm, CAR/DVB/PDMS, Supleco, Bellefonte, PA, USA)의 SPME fiber를 사용하여, 휘발 성분을 3,000 rpm으로 교반하면서 80°C에서 20분간 흡착시켰다. SPME fiber에 흡착된 향기 성분은 capillary column (Agilent J&W Scientific, Santa Clara, CA, USA; VF-624 MS, 60 m × 0.25 mm × 1.4 μm)이 장착된 gas chromatography mass spectrometry (TSQ™ 8000 GC-MS, Thermo Scientific TRACE™ 1310, Waltham, MA, USA)로 분석하였다. Carrier gas로 헬륨을 사용하였으며, 270°C의 injector에서 SPME fiber에 흡착된 향기 성분을 10분 동안 탈착시켰다. 오븐 온도는 40°C로 3분 동안 유지한 다음 5°C/min으로 270°C까지 상승시키고 270°C에서 10분 동안 유지하였다. 질량 선택 검출기는 m/z 50에서 550까지의 scan mode로 작동하였다.

관능검사

관능평가는 본 실험의 목적을 인지하고 사전교육을 받은 세종대학교 식품공학과 대학생과 대학원생 20명을 대상으로 실시하였다. 시료는 외관을 평가하기 위하여 하얀 접시에 각각 80 g씩 담아 제시하였으며, 시료에 대한 편견이 없도록 난수표에서 추출한 세 자리 숫자를 시료의 번호로 표기하였다. 시료를 평가할 때 입안을 헹글 수 있도록 물과 빨는 컵을 함께 제공하여, 한 개의 시료를 먹고 난 다음 물로 헹군 뒤 평가하도록 하였다. 앞서 평가한 김치의

Table 1. Ratio of seasoning ingredients for kimchi preparation

Ingredient (% w/w)	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract
Red pepper powder	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80
Shredded radish	5.58	5.58	5.58	5.58	5.58
Radish juice	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73
Chopped garlic	9.41	9.41	9.41	9.41	9.41
Chopped ginger	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
Anchovy fish sauce		9.65			
Salted shrimp		3.92			
Meat extract			13.57		
Seafood extract				13.57	
Vegetable extract					13.57
Water	13.57				
Onion juice	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Pear juice	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42
Green onion	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05
Leaf mustard	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62
Chinese plum extract	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Glutinous rice paste	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83

맛이 뒤에 평가하는 김치 맛에 영향을 주지 않도록 식빵도 함께 제공하고, 하나의 시료를 평가한 다음 최소 5분 이상의 휴식을 두고 다음 시료를 평가하도록 하였다. 붉은색(red color), 풋내(freshness smell), 짠냄새(salty smell), 단냄새(sweet smell), 신내(acidic smell), 비린내(fishy smell), 균덕내(moldy smell), 이취(off-smell), 생배추맛(freshness taste), 짠맛(salty taste), 단맛(sweet taste), 신맛(sour taste), 쓴맛(bitter taste), 감칠맛(umami), 시원한맛(carbonated taste), 매운맛(spicy taste), 이미(off-taste), 아삭함(crispiness texture), 질감(toughness texture)은 아주 강하다 7점, 아주 약하다 1점으로 하였으며, 전반적인 기호도(overall acceptance)는 매우 좋다 7점, 매우 싫다 1점으로 하도록 하였다.

통계처리

대조구와 각 시료로부터 얻은 실험 결과는 SPSS Statistics (Statistical Package for Social Sciences, version 23.0, IBM Corp., Chicago, IL, USA) software package program을 사용하여 실시하였다. 실험결과는 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 분산분석(analysis of variance, one-way ANOVA test)과 시료 간의 유의적 차이 유무를 확인하기 위하여 Duncan's multiple range test를 통하여 $p < 0.05$ 의 수준에서 유의차 검정을 시행하였다. 주성분분석(Principal component analysis, PCA) 및 변수 간의 상관관계 분석은 XLSTAT-Premium software version 19.4 (Addinsoft, New York, NY, USA)를 사용하여 수행되었다.

결과 및 고찰

pH 및 산도의 차이

대조구(control, 젓갈 또는 젓갈 대체 재료 무첨가 시료)와 젓갈 또는 젓갈 대체 재료(고기추출물, 해산물추출물, 채소추출물)를 첨가하여 제조된 총 5종류의 김치의 숙성 기간에 pH와 산도 변화는 Table 2에 나타내었다. 제조 당일 5.84-5.97이었던 pH가 제조 14일 후 4.74-4.88로 낮아졌으며, 제조 28일 후에는 4.23-4.37로 낮아졌다. 시료에

따라 다소 차이는 있었으나, 김치의 숙성 기간이 지남에 따라 pH는 감소하고 산도는 증가하는 유사한 경향이 나타났다. 또한 초기 14일 동안의 pH 감소가 후기 14일 동안(14일 이후부터 28일 사이)의 pH 감소보다 빠른 속도로 진행되었다. Park et al. (2003)의 연구결과에 따르면, 4°C에서 저염 액젓 첨가한 김치는 숙성 초기부터 빠른 pH 감소가 나타났으며 멸치젓과 새우젓을 첨가한 김치에서는 9일에서 17일까지 pH 5 이상을 유지하고 이후에 빠르게 감소하여 21일 pH 4.2-4.4 수준을 보였다고 한 실험 결과와 유사함을 알 수 있었다.

제조 당일과 숙성 기간 중 젓갈 첨가구의 pH가 가장 높았는데, 이는 젓갈 내 존재하는 질산염 등에 의한 것으로 생각된다(Park et al., 2000). 또한 대조구(control)는 가장 빠른 pH 감소를 나타냈는데, 이는 상대적으로 낮은 염도 때문이거나 젓갈류 또는 추출물 내 존재하는 아미노산류에 의한 pH 완충작용이 미흡하기 때문으로 추측된다(Park et al., 1995; Park & Lim, 2003). 산도의 경우, 시험구에 따라 차이가 있었지만, 숙성이 진행됨에 따라 증가하여 숙성 14일째 0.60-0.67의 산도를 나타냈으며 숙성 28일에는 0.80-0.97로 비교적 높은 산도를 보였다. 제조 당일에는 대조구(control)와 젓갈 첨가구의 산도가 낮지만 고기추출물, 해산물추출물, 채소추출물을 첨가한 시료는 대체로 높은 산도를 보였다. 이는 추출물 내에 존재하는 유기산이나 핵산 관련 물질의 함량이 다르기 때문일 것으로 예상된다.

김치는 숙성 중 젓산균에 의해 유기산이 생성되어 pH가 낮아지고 산도가 증가하는데, 가장 알맞게 숙성된 김치의 pH는 4.0-4.5이며 산도는 0.6-0.8%로 알려져 있다(Min & Kwon, 1984; Swain et al., 2014). 그러므로 5종류의 김치 중에서 젓갈 첨가구는 숙성 28일에 pH 4.37, 산도 0.8로 가장 오랫동안 맛을 유지할 것으로 생각되며, 그다음으로는 채소추출물 첨가구일 것으로 기대된다. 대조구와 고기추출물 첨가구와 해산물추출물 첨가구는 14일까지는 적숙 기이지만 28일이 되면 산도가 다소 높은 약간은 과숙된 김치가 될 것으로 예상된다(Min & Kwon, 1984; Swain et al., 2014).

Table 2. Changes in pH and acidity of kimchi during fermentation for 28 days at 4°C

	Fermentation period (days)	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract
pH	0	¹⁾ 5.93±0.02 ^c	5.97±0.01 ^d	5.84±0.02 ^a	5.88±0.01 ^b	5.89±0.01 ^b
	14	4.85±0.01 ^c	4.88±0.01 ^d	4.80±0.02 ^b	4.74±0.02 ^a	4.78±0.01 ^b
	28	4.27±0.01 ^b	4.37±0.01 ^d	4.31±0.01 ^c	4.23±0.01 ^a	4.32±0.01 ^c
Acidity (%)	0	0.34±0.01 ^a	0.33±0.01 ^a	0.41±0.01 ^c	0.38±0.01 ^b	0.37±0.01 ^b
	14	0.61±0.01 ^a	0.60±0.01 ^a	0.63±0.01 ^b	0.67±0.01 ^c	0.65±0.01 ^c
	28	0.93±0.01 ^d	0.80±0.02 ^a	0.89±0.02 ^c	0.97±0.02 ^e	0.84±0.01 ^b

¹⁾All values are the mean ± SD of the three replicate.

²⁾Mean sharing different letter (a-e) in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

휘발성 향기 성분의 차이

대조구(control, 짓갈 또는 짓갈 대체 재료 무첨가 시료)와 짓갈 또는 짓갈 대체 재료(고기추출물, 해산물추출물, 채소추출물)를 첨가하여 제조된 총 5종류의 김치에서 숙성 기간 중 검출되는 향기 성분은 Table 3에 나타내었다. 약 100여 개의 peak가 분리되었고(data not shown), GC/MS 분석 결과 58개의 휘발성 물질이 분석되었다. 총 58종의 휘발성 성분 중 황화합물 17종 이외에도 aldehyde류 5종, ketone류 2종, thiocyanates 4종, 질소화합물(nitrile류) 3종, terpene류 8종, alcohol류 8종, acid 4종, ester류 4종, 방향족 화합물 2종과 furan 1종이 확인되었다. 황화합물, aldehyde류, ester류와 2,3-dihydrofuran은 발효가 진행됨에 따라 그 비율이 약간 감소하는 경향을 나타냈다. Acid류는 발효가 진행됨에 따라 가장 많이 증가하였으며, ketone류, alcohol류, terpene류, thiocyanate류, nitrile류, 방향족화합물은 발효가 진행됨에 따라 그 비율이 다소 증가하는 경향을 나타냈다.

원료 유래 휘발성 성분

본 연구에서는 황화합물이 휘발성 성분 중 가장 많은 종류와 비율로 검출되었는데, 김치의 향기 성분은 주로 배추, 무, 고춧가루, 마늘, 양파, 생강 등의 원료에서 유래된 황화합물이 가장 많은 부분을 차지하는 것으로 나타나 선행연구들과 유사한 결과를 나타내었다(Cha et al., 1998; Hong et al., 2016; Kang et al., 2003; Yu et al., 1993). 주요 황화합물에는 dimethyl disulfide, methyl cis-1-propenyl disulfide, dimethyl trisulfide 등이 검출되었고, allyl methyl disulfide, allyl propyl disulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide 등의 allyl 화합물이 가장 많이 비율로 검출되었다. ally계 sulfide는 마늘이나 생강의 주요 휘발성 성분으로 적은 함량으로도 강한 향을 발현하는 것으로 알려져 있다(Cha et al., 1998). 일반적으로 황화합물의 향 강도는 발효가 진행되면서 감소한다고 알려져 있으며, 본 연구에서도 짓갈 또는 짓갈 대체 재료의 첨가 유무와 상관없이 모든 시료에서 황화합물의 비율이 발효가 진행되면서 감소하여 선행연구 결과와 유사한 결과를 나타냈다(Cha et al., 1998). 황화합물들은 발효 조건에 영향을 받으며, 다양한 황화합물 유도체를 형성하는 것으로 보고되었으며, 황화합물은 김치 특유의 향미에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Cha et al., 1998; Hong et al., 2016). Aldehyde류 중 citral isomer (citrus)는 김치에 사용되는 생강의 주요 휘발성 물질로 짓갈 또는 짓갈 대체 재료의 첨가 유무와 상관없이 모두 담근 직후에만 검출되었다(Wu & Yang, 1994). Ketone류 중 6-methyl-5-heptene-2-one는 짓갈 또는 짓갈 대체 재료의 첨가 유무와 상관없이 모두 담근 직후에만 검출되었으며, 3-hydroxybutan-2-one (buttery, creamy)는 대조구(짓갈 또는 짓갈 대체 재료 무첨가 시료)와 짓갈을 대체

하여 고기추출물을 첨가하여 제조된 김치 시료에서 14일과 28일 숙성시에 검출되었다. 김치의 휘발성 성분 중 thiocyanate류와 nitrile류는 배추, 브로콜리 등의 십자화과 식물의 glucosinolate에서 유래하는 것으로 알려져 있다(Seo, 2008). 본 연구에서는 allyl isothiocyanate, 3-butenyl isothiocyanate, heptyl isothiocyanate, 2-phenylethyl isothiocyanate와 4-butenenitrile, 5-hexenenitrile, 3-phenylpropionitrile이 검출되었다. Terpene류는 주로 다양한 향신료에서 분리되는 방향성 물질로, 김치에서 terpene류의 휘발성 성분이 검출되는 것은 발효 과정 중에 생성된 것이 아니라 생강 등과 같이 첨가된 부재료에서 유래된 것이라고 보고하였다(Hawer, 2001). 본 연구에서는 camphene, limonene, sabinene, eucalyptol, zingiberene, bisabolene, farnesene, curcumene가 검출되었다.

발효 중 생성되는 휘발성 성분

Alcohol류 중 ethanol은 짓갈 또는 짓갈 대체 재료의 첨가 유무와 상관없이 모두 검출되었는데, 발효가 진행되면서 증가하는 경향을 보였다. Nerol (floral, citrus)은 모든 시료에서 발효 14일에는 다소 증가하였으나, 28일에는 거의 증가하지 않았다. Acid류 4종 중 가장 높은 비율을 차지하는 acetic acid는 시큼한 냄새를 내는 것으로 알려져 있으며, 김치의 발효 과정에서 생성되는 휘발성 성분이다(Nsogning et al., 2016). Choi (2004)는 *L. plantarum*에 의해 김치 젖산 발효 과정에서 acetic acid가 생성되며, 김치의 신맛에 영향을 미치는 전형적인 요인으로 보고하였다. 김치 숙성 과정에서 생성되는 유기산 중 acetic acid의 함량은 pH의 감소에 따라 증가한다는 선행연구 결과와 유사하게 숙성이 진행될수록 acetic acid 비율이 모든 시료에서 증가하였으며, 그 경향이 pH의 감소와 유사하여 본 연구 결과와도 유사하였다(Park et al., 2003; Ryu et al., 1984). Acetic acid는 김치의 부패취 특성을 갖는다는 보고도 있는데, 발효 28일째에 짓갈 첨가구에서 acetic acid가 가장 낮은 비율로 검출되었으며 채소추출물, 대조구(control), 해산물추출물, 고기추출물 순서였다(Kim et al., 2006). 이와 같은 결과는 산도와 pH의 변화와도 일치하는 결과를 보이는 것으로, 짓갈 첨가구가 가장 오랫동안 맛을 유지하고, 그다음으로는 채소추출물 첨가구일 것으로 예상된다. 또한, 짓갈 첨가구에서만 숙성 28일에 acetic acid 이외에 butanoic acid (cheesy, sour)와 pentanoic acid (cheesy, acidic)가 검출되었는데, 이는 짓갈의 첨가로 인한 미생물의 이상발효에 따른 휘발성 성분일 것으로 생각된다(Stoll & Seebeck, 1951; Thunell, 1995). Ester류는 김치의 젖산발효와 부재료로부터 유래하는 성분으로 일반적으로 발효가 진행되면 ester류 물질들은 증가하는 것으로 알려져 있는데, 본 연구에서는 감소하는 것으로 나타났(Cha et al., 1998). 그 이유는 발효로 생성되는 대표적인 ester인 ethyl acetate는

Table 3. Change in the volatile composition of kimchi during fermentation for 28 days at 4°C

Compound Name	0 day					14 day					28 day					Odor description
	Area %					Area %					Area %					
	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract	
S-containing compounds (17)																
methanethiol	¹ ND	ND	0.139	0.068	0.069	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	vegetable, oily, alliaceous, eggy, creamy, savory
propylene sulfide	0.109	0.091	0.409	0.157	0.182	ND	0.198	0.245	0.222	ND	ND	ND	ND	ND	ND	fresh-cut garlic
allyl methyl sulfide	0.188	0.150	0.347	0.151	0.238	0.217	0.283	0.315	0.240	0.261	0.370	0.389	0.469	0.381	0.404	alliaceous, garlic, onion
dimethyl disulfide	2.339	0.732	2.143	1.514	2.027	0.978	1.263	1.387	1.195	1.588	1.970	1.984	2.626	2.683	2.475	sulfurous, vegetable, cabbage, onion
diallyl sulfide	0.286	0.352	0.428	0.251	0.411	0.539	0.593	0.611	0.539	0.584	0.480	0.476	0.559	0.382	0.474	pungent, sulfurous, onion, garlic, horseradish, metallic
methyl propyl disulfide	0.319	0.204	0.361	0.328	0.511	0.522	0.615	0.392	0.690	0.875	0.700	0.533	0.971	0.993	0.796	sulfurous, alliaceous, radish, mustard, tomato, potato, garlic, sour
methyl propenyl disulfide	0.291	0.149	0.223	0.179	0.136	ND	0.244	0.199	0.269	0.297	0.270	0.247	0.412	0.405	0.352	
allyl methyl disulfide	16.808	12.105	13.738	13.018	18.275	9.743	10.446	13.355	11.494	11.950	11.400	12.173	14.525	13.142	12.103	alliaceous, garlic, onion, green
methyl cis-1-propenyl disulfide	1.748	0.786	0.478	0.755	0.929	1.036	1.239	ND	ND	ND	1.530	1.265	2.024	2.303	1.715	garlic
dipropyl disulfide	0.310	0.148	0.208	0.275	0.160	0.472	0.446	0.359	0.731	1.216	0.640	0.602	1.011	1.042	0.856	sulfurous, alliaceous, fresh, onion, green, scallion, metallic, tropical
dimethyl trisulfide	4.220	1.452	1.424	2.055	1.992	2.814	3.112	2.665	2.999	3.256	3.230	2.924	4.649	3.885	3.792	sulfurous, alliaceous, cooked, savory, meaty, eggy, vegetable, fresh, onion, green
allyl propyl disulfide	2.071	1.170	2.035	1.909	2.099	2.561	3.000	1.380	2.745	2.873	ND	ND	ND	ND	ND	alliaceous, garlic, onion, green
diallyl disulphide isomer	42.166	44.739	47.203	35.638	48.291	42.441	41.769	47.364	38.981	39.108	34.510	36.377	44.298	31.582	33.574	alliaceous, onion, metallic, fresh garlic, hot spicy
diallyl disulphide isomer	5.924	6.238	4.298	4.587	4.834	5.341	5.333	5.930	4.965	5.180	4.950	5.156	6.658	5.333	4.784	alliaceous, onion, metallic, green
dipropyl trisulfide	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.283	0.190	0.211	0.284	0.251	0.214	sulfurous, alliaceous, pungent, green, onion, tropical, vegetable
3-vinyl-[4H]-1,3-dithiin	0.256	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	spicy, garlic
diallyl trisulfide	1.873	0.990	0.624	0.581	0.504	0.958	0.932	0.896	0.616	0.590	0.760	0.877	1.055	0.808	0.702	garlic, onion, green, metallic, sulfurous
aldehydes (5)																
Acetaldehyde	0.098	0.080	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	pungent, ethereal, aldehydic, fruity
2-Heptenal, (Z)-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.100	ND	0.147	0.093	ND	
(2E,4E)-hepta-2,4-dienal	ND	0.086	ND	ND	ND	0.216	0.229	0.208	ND	0.284	ND	ND	ND	ND	ND	fatty, green, oily, aldehydic, vegetable, cinnamon
Z-Citral	0.157	0.151	0.129	0.176	0.095	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	sweet, citrus, lemon, lemon, peel
E-Citral	0.139	0.134	0.082	0.222	0.075	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	citrus, lemon

첫날 대채 부재료가 김치의 품질에 미치는 영향

Table 3. Continued

Compound Name	0 day					14 day					28 day					Odor description
	Area %					Area %					Area %					
	Control	Salted ferment ed fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetabl e extract	Control	Salted ferment ed fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetabl e extract	Control	Salted ferment ed fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetabl e extract	
ketones (2)																
3-hydroxybutan-2- one	ND	ND	ND	ND	ND	0.370	ND	0.072	ND	ND	0.100	ND	0.801	ND	ND	sweet, buttery, creamy, dairy, milky, fatty
6-methyl-5-heptene-2-one	0.052	0.111	0.093	0.096	0.097	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	citrus, fruity, apple, musty, ketonic, creamy, cheesy, banana
thiocyanates (4)																
allyl isothiocyanate	0.143	2.273	0.719	2.395	0.678	0.411	0.882	0.687	0.403	0.407	0.430	0.916	2.013	1.916	0.757	pungent, mustard, sulfurous
3-butenyl isothiocyanate	0.089	0.585	0.134	0.592	0.191	0.107	0.268	0.317	0.271	0.229	0.300	0.332	0.324	0.244	0.369	aromatic pungent
heptyl isothiocyanate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.130	0.118	0.197	0.103	0.106	
2-phenylethyl isothiocyanate	1.055	3.163	1.500	3.655	1.137	2.171	2.040	2.222	1.712	2.108	2.460	2.442	3.515	2.583	2.572	green, horseradish, gooseberry, watercress, floral, musty, raddish
N-containing compounds (3)																
4-butenitrile	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.097	0.164	ND	0.093	
5-hexenenitrile	0.168	0.260	0.302	0.266	0.272	ND	ND	0.561	ND	ND	1.120	0.784	1.067	0.719	1.073	
3-phenylpropionitrile	0.520	1.034	0.774	0.479	0.793	1.310	0.852	1.229	0.698	1.577	1.920	1.343	2.097	1.262	1.799	
terpenes (8)																
camphene	0.075	0.076	0.179	0.135	0.119	ND	ND	ND	ND	ND	0.130	0.138	0.164	0.107	0.121	camphoreous, cooling, pine, woody, terpenic, citrus, green, minty, spicy, herbal, fir, needle
dl-limonene	0.069	ND	0.242	0.111	0.108	ND	ND	ND	ND	ND	0.180	0.170	0.230	0.148	0.141	citrus, herbal, terpenic, camphoreous
sabinene	0.254	0.261	0.520	0.414	0.407	0.340	0.333	0.309	0.295	0.313	0.550	0.630	0.729	0.466	0.509	woody, spicy, citrus, terpenic, green, oily, camphoreous, pine
eucalyptol	0.175	0.229	0.288	0.227	0.239	ND	0.261	0.291	0.246	ND	0.210	0.180	0.248	0.162	0.192	eucalyptus, herbal, camphoreous, medicinal
zingiberene	1.239	1.127	2.306	2.162	1.927	2.012	1.169	1.150	2.013	1.390	2.740	2.731	2.803	1.995	2.379	spicy, fresh, sharp
bisabolene	0.503	0.402	0.654	0.530	0.513	0.914	0.774	0.682	0.928	0.777	0.920	0.876	1.309	0.963	0.882	woody, citrus, fruity, tropica,l terpenic, green, banana, balsamic, spicy
farnesene	0.274	0.221	0.424	0.384	0.328	0.497	0.328	0.333	0.453	0.348	0.560	0.539	0.686	0.469	0.509	woody, green, vegetable, floral, herbal, citrus,
curcumene	0.591	0.638	0.994	0.793	0.721	1.118	1.147	0.895	1.068	0.886	1.380	1.313	1.728	1.225	1.227	herbal
alcohols (8)																
ethanol	0.688	1.032	6.435	0.628	2.021	1.069	1.562	1.758	1.534	2.056	1.860	1.993	2.286	1.398	2.068	strong, alcoholic, ethereal, medical, sweet

Table 3. Continued

Compound Name	0 day					14 day					28 day					Odor description
	Area %					Area %					Area %					
	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract	Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract	
2-heptanol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.120	0.086	0.138	0.254	0.107	fresh, lemongrass, herbal, sweet, floral, fruity, green, citrus
1-hexanol	ND	ND	ND	ND	ND	0.916	0.950	0.534	0.961	1.185	0.110	ND	ND	ND	ND	pungent, ethereal, fusel, oily, fruity, alcoholic, sweet, green
cis-3-hexen-1-ol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.126	0.085	ND	green, grassy, melon, rind, pungent
2,3-Butanediol	ND	ND	ND	ND	ND	0.330	0.384	0.637	0.428	0.594	0.810	0.411	0.779	0.474	0.561	fruity, creamy, buttery
2-Octyn-1-ol	ND	ND	ND	ND	ND	0.674	0.535	0.482	0.575	0.712	0.200	0.122	0.205	0.103	0.187	
(1S,Alphas)-alpha-[(5S,6S)-5-(Benzoyloxy)-6-methyl-6-[(Z)-1-propenyl]-1-cyclohexenyl]-1-hydroxy-2,2,4-trimethyl-3-vinyl-3-cyclohexene-1-methanol	0.049	ND	0.084	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.120	0.098	ND	0.093	0.092	lilac floral terpenic
nerol	0.050	0.084	0.122	0.191	0.118	0.419	0.334	0.345	0.356	0.465	0.430	0.330	0.497	0.342	0.335	fresh, citrus, floral, green, sweet, lemon, lime, waxy, spicy
acids (4)																
acetic acid	ND	ND	1.265	0.852	0.118	3.150	3.411	3.054	4.834	4.703	6.280	4.899	8.082	6.474	5.394	sharp, pungent, sour, vinegar
3-sulfanyl-2-(sufanylmethyl)propanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	0.248	0.393	0.211	0.446	0.462	0.350	0.272	0.590	0.561	0.458	
butanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.172	ND	ND	ND	sharp, acetic, dairy, cheesy, buttery, fruity
pentanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.441	ND	ND	ND	acidic, sharp, cheesy, sour, rancid, milky, tobacco, fruity
esters (4)																
ethyl acetate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.300	0.283	0.319	0.249	0.333	ethereal, fruity, sweet, grape, rummy, green, weedy
geraniol formate	ND	ND	0.084	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	floral, green, fruity, apple, peach, tropical, fresh, rose, neroli, tea
isopentyl formate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.086	ND	ND	ND	sharp, green, estery apple waxy
Dimethyl citraconate	3.963	14.440	4.206	15.226	5.722	4.299	4.383	5.157	6.166	2.527	3.200	4.078	4.543	2.943	4.164	
aromatic compounds (2)																
benzaldehyde	0.066	0.210	0.095	0.079	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	almond, fruity, powdery, nutty, cherry, maraschino
alpha-muurolene	ND	ND	ND	ND	ND	0.271	0.249	0.254	0.263	ND	0.290	0.286	0.419	0.266	0.269	woody
miscellaneous compounds (1)																
2,3-Dihydrofuran	0.164	0.137	0.081	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

¹⁾ ND: not detected.

발효 28일에 모든 시료에서 검출되었으나, 그 외 부재료로부터 유래하는 ester류는 발효가 진행되면서 감소하기 때문일 것으로 생각된다. 특히, dimethyl citraconate는 담근 직후 젓갈과 해산물추출물에서 매우 높은 비율로 검출되었는데, 이는 해산어류에서 유래한 물질일 것으로 추정된다.

주성분 분석을 통한 발효·숙성 기간에 따른 휘발성 성분 변화

Fig. 1은 GC 분석 결과를 principal component analysis (PCA)를 통하여 나타낸 결과이다. 대조구(control, 젓갈 또는 젓갈 대체 재료 무첨가 시료)와 젓갈 또는 젓갈 대체 재료(고기추출물, 해산물추출물, 채소추출물)를 첨가하여 제조된 총 5종류의 김치를 4°C에서 28일 동안 저장하면서 제조 당일(0일)과 제조 후 14일, 28일에 검출된 향기 성분의 주성분 분석 결과, 제1주성분 값의 기여율은 42.23%였고, 제2주성분 값의 기여율은 32.83%로 김치 향은 2개의 주성분으로 약 75% 정도 구분이 가능하다는 것을 의미한다.

다. 실험 결과에 따르면 첨가된 재료에 따른 향기 성분의 차이보다는 숙성기간에 따른 차이가 있음을 알 수 있었다. 제조 당일은 주성분 1의 양의 값과 주성분 2의 양의 값에 분포되어 있고, 14일 이후에는 주성분 1의 음의 값과 주성분 2의 양의 값에 분포되었다. 28일 이후에는 주성분 1의 음의 값과 주성분 2의 음에 값에 분포하여 대조구(control)와 시험구(젓갈 및 젓갈 대체 재료를 첨가하여 제조된 김치) 모두에서 숙성 중 김치 향의 차이가 숙성기간에 따라 구분됨을 보였다. 숙성 전과 후는 제1주성분 값으로 구분이 되며 숙성 중의 김치 향의 차이는 주로 제2주성분 값으로 구분이 가능할 것으로 판단된다. 전체적으로 김치의 향기 성분 패턴은 숙성이 진행됨에 따라 제1주성분과 제2주성분은 각각 positive에서 negative로 이동하는 경향을 보였다. 이러한 결과로 김치의 숙성 과정 중 생성되는 향기 성분 패턴을 활용하여 숙성 정도를 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

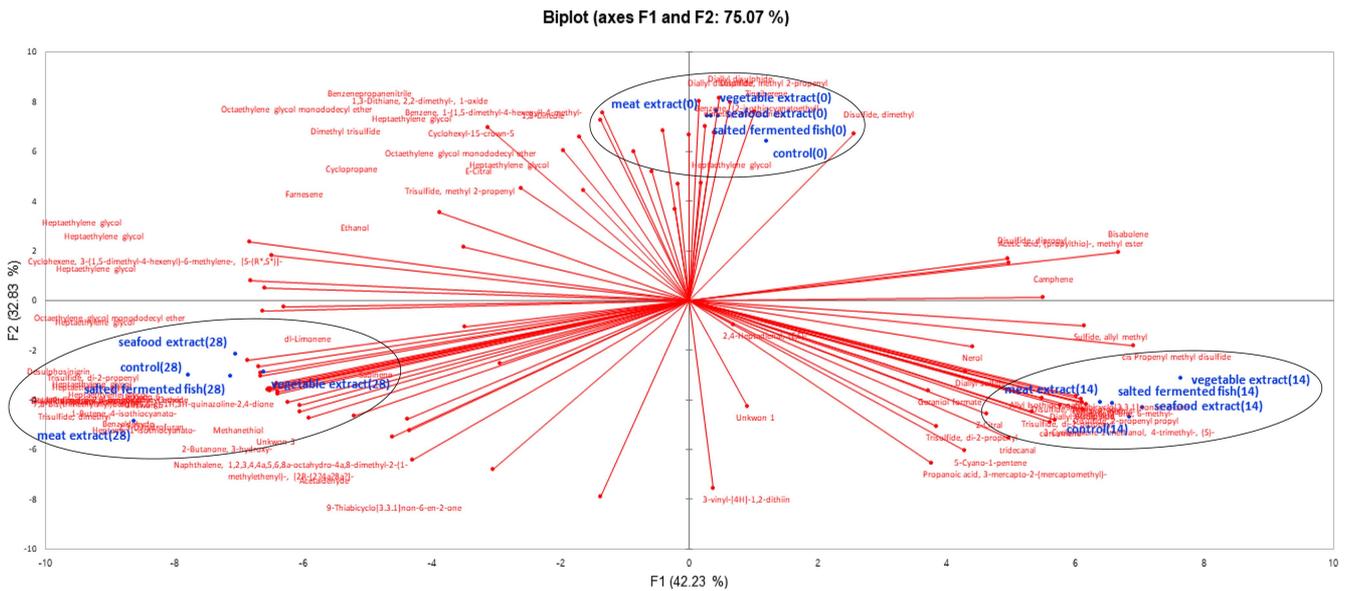


Fig. 1. Principle component analysis (PCA) bi-plot of volatile compounds for 5 different kimchi at 4°C for 28 day fermentation.

Table 4. Changes in sensory properties of kimchi during fermentation (7-point hedonic scale)

Attributes	Fermentation period (days)	Samples				
		Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract
Appearance	0	3.91±1.58 ^a	4.64±0.67 ^a	6.27±1.19 ^b	7.73±1.01 ^c	7.18±1.33 ^b
	14	6.91±1.81 ^b	5.27±1.35 ^a	5.28±1.08 ^{ab}	6.27±1.10 ^{ab}	6.91±0.94 ^b
	28	6.91±1.14 ^b	6.36±1.80 ^b	5.91±1.87 ^{ab}	5.45±1.97 ^{ab}	4.64±1.36 ^a
Smell	0	4.09±2.30 ^a	3.73±2.05 ^a	5.91±1.58 ^b	5.91±1.58 ^b	4.27±1.85 ^{ab}
	14	2.91±1.30	2.27±1.35	3.18±2.40	3.36±1.63	2.73±1.49
	28	5.36±1.96	3.64±2.01	5.18±1.99	5.36±2.34	4.82±1.94
Salty	0	3.00±0.89 ^a	6.27±1.90 ^c	4.27±2.15 ^{ab}	4.73±2.15 ^{bc}	4.91±1.92 ^{bc}
	14	4.64±1.80	4.36±2.16	4.18±1.47	4.00±1.67	4.36±1.75
	28	5.91±1.14	5.09±1.76	4.91±1.76	4.64±1.91	5.45±1.57

Table 4. Continued

Attributes	Fermentation period (days)	Samples						
		Control	Salted fermented fish	Meat extract	Seafood extract	Vegetable extract		
Smell	sweetness	0	4.73±2.05 ^b	2.18±0.06 ^a	3.82±1.89 ^b	4.27±2.41 ^b	3.09±1.38 ^{ab}	
		14	3.55±2.02	2.00±1.26	3.18±1.54	2.64±1.75	3.00±1.90	
		28	3.55±2.16	3.18±1.40	4.18±1.99	4.36±1.75	3.64±1.50	
	acidic	0	1.73±0.47 ^a	3.09±1.58 ^b	2.27±0.90 ^{ab}	2.73±1.10 ^{ab}	3.00±1.26 ^b	
		14	5.82±2.44	7.00±1.90	5.82±2.36	6.55±1.37	6.27±1.56	
		28	6.90±1.38	4.18±2.75	2.55±1.86	5.09±6.07	2.55±1.63	
	fishy	0	2.73±1.35 ^a	4.91±2.12 ^b	3.09±1.38 ^a	3.73±1.56 ^{ab}	3.91±2.12 ^{ab}	
		14	1.82±0.87	3.91±1.97	2.27±1.68	2.00±2.19	3.00±1.67	
		28	2.36±1.75	4.18±2.75	2.55±1.86	5.09±6.07	2.55±1.63	
	moldy	0	2.00±1.00 ^a	4.64±1.96 ^b	3.27±1.62 ^{ab}	3.91±1.97 ^b	3.27±2.05 ^{ab}	
		14	2.09±1.14 ^a	5.27±1.27 ^b	4.27±2.33 ^b	4.82±2.32 ^b	4.73±1.90 ^b	
		28	3.91±2.51	5.27±2.41	4.00±2.10	4.91±2.26	4.00±2.45	
	off-smell	0	2.00±1.18 ^a	4.64±1.96 ^b	2.82±1.99 ^a	2.91±2.21 ^a	2.73±1.90 ^a	
		14	1.64±1.29	4.00±2.05	3.18±2.56	3.36±2.25	3.73±2.28	
		28	2.45±2.34	4.18±2.32	2.55±1.63	3.82±2.60	3.09±3.36	
	Taste	freshness	0	6.82±2.32 ^b	4.09±1.76 ^a	6.00±2.41 ^b	7.27±1.01 ^b	4.09±1.45 ^a
			14	4.55±2.16	3.00±1.84	4.73±2.87	3.64±2.20	3.55±1.69
			28	3.55±1.75	4.00±2.45	4.91±1.70	4.73±2.45	4.55±1.75
salty		0	3.18±1.60 ^{ab}	6.27±1.42 ^c	2.91±1.45 ^a	2.18±1.08 ^a	4.27±1.56 ^b	
		14	4.09±1.30	5.64±1.12	3.91±1.51	4.36±1.91	4.82±1.72	
		28	5.36±1.50	5.91±1.30	5.45±1.13	5.64±1.96	5.64±1.50	
sweet		0	4.82±2.14 ^b	2.91±0.94 ^a	4.91±2.51 ^b	6.09±1.87 ^b	4.82±1.72 ^b	
		14	3.18±1.83	2.82±1.33	3.73±2.10	2.73±1.68	3.55±1.69	
		28	4.18±1.60	3.73±1.79	4.00±1.18	4.27±1.95	3.91±2.07	
sour		0	1.73±0.65 ^a	2.27±1.35 ^{ab}	2.00±0.89 ^a	2.00±0.89 ^a	3.18±1.72 ^b	
		14	5.27±2.24	6.55±2.02	4.91±2.39	6.91±1.70	6.73±1.56	
		28	6.00±1.73	6.36±1.63	5.45±1.86	6.09±1.97	5.91±1.70	
bitter		0	2.00±1.10	3.09±1.04	3.73±2.28	2.91±1.97	2.64±1.50	
		14	2.55±1.75	3.55±2.02	3.91±2.59	2.91±1.58	3.55±2.58	
		28	3.27±1.95	3.82±2.27	4.55±2.77	3.91±2.70	4.09±2.43	
umami		0	3.09±1.87 ^a	4.00±2.00 ^{bc}	2.91±1.14 ^{ab}	2.27±1.56 ^{ab}	4.73±1.74 ^c	
		14	4.36±1.69	4.91±1.70	3.82±1.99	3.73±1.90	4.00±2.10	
		28	5.91±1.51	5.64±1.91	5.82±1.72	5.91±1.51	5.73±1.27	
carbonated	0	3.82±1.33 ^c	2.64±0.92 ^{ab}	3.00±1.48 ^{bc}	1.82±0.98 ^a	3.91±1.22 ^c		
	14	5.91±1.81	4.91±1.81	4.82±1.47	3.73±1.95	4.73±2.00		
	28	6.45±1.81	5.36±1.96	6.18±2.36	5.73±1.49	5.55±1.63		
spicy	0	3.91±1.64 ^{abc}	4.73±1.35 ^{bc}	3.73±1.74 ^{ab}	3.09±1.64 ^a	5.27±1.56 ^c		
	14	4.55±2.07	4.18±1.94	3.82±2.04	5.09±2.12	4.36±1.80		
	28	5.00±1.84	4.55±1.81	4.18±1.83	4.36±2.16	4.55±1.92		
off-taste	0	2.64±1.69	4.00±1.84	4.09±2.84	3.82±2.44	2.82±1.83		
	14	1.73±1.01	2.91±1.38	3.55±2.25	2.91±1.58	3.45±2.21		
	28	2.09±1.45	3.82±2.82	2.55±2.25	4.64±3.23	3.45±2.98		
Texture	crispiness	0	6.27±1.35 ^b	5.82±1.40 ^b	5.64±2.06 ^b	6.00±1.26 ^b	4.00±0.89 ^a	
		14	6.73±1.27	6.09±1.92	6.55±1.97	6.55±1.97	5.27±2.20	
		28	6.45±1.37	5.64±1.69	6.82±1.33	6.18±1.89	6.00±1.48	
	toughness	0	4.64±1.50	3.82±1.47	2.55±1.64	3.82±2.61	3.09±3.37	
		14	4.18±1.40	4.64±1.86	4.27±1.35	3.55±1.04	4.27±1.85	
		28	4.27±1.35	5.09±1.22	4.27±1.49	4.45±1.75	4.91±1.22	
Preference	overall acceptability	0	3.91±1.58 ^b	4.91±1.51 ^{bc}	3.55±1.97 ^b	1.73±0.79 ^a	5.82±2.36 ^c	
		14	5.29±2.69	5.00±1.90	5.09±2.26	4.64±2.34	3.64±1.75	
		28	6.09±1.58	5.27±2.10	5.73±1.79	5.27±2.69	5.36±1.91	

¹⁾All values are the mean ± SD of the three replicate.

²⁾Mean sharing different letter (a-c) in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

관능적 특성의 차이

숙성기간에 따라 젓갈 또는 젓갈 대체 재료의 첨가 유무가 관능적 요인에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 김치 제조 당일에 실시한 결과는 외관(붉은 정도), 냄새(풋내, 짠냄새, 단냄새, 신내, 비린내, 이취), 맛(생배추맛, 짠맛, 단맛, 신맛, 감칠맛, 시원한맛, 매운맛), 조직감(아삭함)과 전반적인 기호도에서 유의적인 차이를 나타냈다. 제조 당일부터 숙성기간 내내 쓴맛과 이미 그리고 질긴 정도는 유의적인 차이가 없었다. 또한 외관의 붉은 정도는 제조 당일부터 숙성 14일과 28일 모두에서 유의적인 차이를 보였으며, 균덕내는 제조 당일과 숙성 14일에만 유의적인 차이가 있었다. 김치의 휘발성 성분은 관능적 특성 및 기호도에 가장 큰 영향을 미치는 요소로 알려져 있다(Jeong & Ko 2010). 본 연구결과에 따르면, 담금 직후(발효·숙성 전)에는 각각의 다양한 부재료로부터 유래되는 향미 물질이 관능적으로 영향을 주어 젓갈 및 젓갈 대체물질에 첨가에 따라 관능적 특성에 대한 차이가 있었다. 그러나 발효 및 숙성이 진행됨에 따라 김치의 휘발성 성분이 유사한 패턴으로 변화하는 양상을 나타내어 발효 및 숙성이 진행될수록 휘발성 향기 성분 및 관능적 특성에 대한 젓갈 및 젓갈 대체물질에 첨가에 따른 영향이 나타나지 않았다. 그러므로 김치 제조 시 다양한 젓갈 대체 소재들이 최종 김치의 관능적 특성에 큰 영향을 주지 않고 젓갈을 대체 할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 김치에 사용되는 젓갈을 대체할 수 있을 것으로 예상되는 천연 소재들(고기추출물, 해산물추출물, 채소추출물)이 김치의 휘발성 향기 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 모든 실험군에서 김치가 발효·숙성되면서 원재료에서 유래되는 황화합물이나 aldehyde류는 감소하고, alcohol류와 acid류 등과 같은 발효산물이 증가하여 김치의 휘발성 향미를 이루었다. 발효·숙성 28일째에 젓갈을 첨가한 김치에서 휘발성 물질 중 acetic acid가 가장 낮은 비율(4.90%)로 검출되었으며 채소추출물(5.39%), 대조구(6.28%), 해산물추출물(6.47%), 고기추출물(8.08%)을 첨가한 김치 순서로 acetic acid가 높은 비율을 나타내었다. Acetic acid 비율이 증가함에 따라 산도가 증가하고 pH는 감소하였는데, 젓갈을 첨가한 김치는 숙성 28일에 가장 낮은 산도와 가장 높은 pH(산도 0.80, pH 4.37)를 나타내었으며, 그 다음으로는 채소추출물을 첨가한 김치(산도 0.84, pH 4.32), 고기추출물을 첨가한 김치(산도 0.89, pH 4.31), 대조구(산도 0.93, pH 4.27), 해산물 추출물을 첨가한 김치(산도 0.97, pH 4.23) 순서였다. 산도와 pH의 변화 그리고 발효산물인 acetic acid나 alcohol의 함량 비율로 볼 때, 김치에 첨가되는 젓갈 및 젓갈을 대체한 부재료는 발효·숙성

에 시간적인 차이를 제공하는 것으로 생각된다. 담금 직후(발효·숙성 전)에는 각각의 다양한 부재료로부터 유래되는 향미물질이 관능적 특성에 영향을 줄 수도 있으나, 김치의 휘발성 성분의 구성은 숙성이 진행됨에 따라 유사한 패턴으로 변화하는 양상을 나타내며 부재료에 대한 관능적 영향이 줄어들었다. 본 연구결과에 따르면, 젓갈과 젓갈을 대체하기 위한 천연 소재들은 초기 김치 담금시에 관능적 특성에 영향을 주고 발효·숙성이 진행되는 속도에 영향을 줄 뿐, 최종 김치의 기호도에 영향을 주는 향기 특성과 관능적 특성에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

References

- Cha YJ, Kim H, Cadwallader KR. 1998. Aroma-active compounds in kimchi during fermentation. *J. Agric. Food Chem.* 46(5): 1944-1953.
- Chang JY, Choi YR, Chang HC. 2011. Change in the microbial profiles of commercial kimchi during fermentation. *Korean J. Food Preserv.* 18(5): 786-794.
- Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr.* 34(2): 175-203.
- Choi HS. 2004. *Kimchi: Processing and preservation*. Hoyil Publishing Co., Seoul, Korea.
- Han BJ. 1989. Traditional food. In: *Kimchi*. Daeil Publishing Co. Seoul, Korea. p. 107.
- Hong SP, Lee EJ, Kim YH, Ahn DU. 2016. Effect of fermentation temperature on the volatile composition of kimchi. *J. Food Sci.* 81(11): 2623-2629.
- Hwang JG, Kim YH, Hwang Y, Jeong HS, Lee J, Kim HY, et al. 2012. Changes in quality characteristic of Kimchi added with fresh red pepper (*Capsium annuum L.*). *Korean J. Food Cook. Sci.* 28(2): 167-174.
- Hawer WD. 2001. Volatile odor components of Kimchi. *Science and Technology of Kimchi*. Abstract of 13th symposium of Kimchi research institute, Pusan National University. p 163-176.
- Jang MS, Park HY, Park JI, Byun HS, Kim YK, Yoon HD. 2011. Analysis of nutrition composition of baechu kimchi (chinese cabbage kimchi) with seafoods. *Korean J. Food Preserv.* 8(4): 535-545.
- Jeon CG. 2009. Marketing analysis of imported kimchi and challenges for the domestic kimchi industry. *Korean J. Food Marketing Economics.* 26: 79-101.
- 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 Culture.* 25(5): 607-614.
- Jung MY, Kim TW, Lee CS, Kim JY, Song HS, Kim YB, et al. 2018. Role of jeotgal, a Korean traditional fermented fish sauce, in microbial dynamics and metabolite profiles during kimchi fermentation. *Food Chem.* 265(1): 135-143.
- Kang JH, Lee JH, Min S, Min DB. 2003. Changes of volatile compounds, lactic acid bacteria, pH, and headspace gases in kimchi, a traditional Korean fermented vegetable products. *J. Food Sci.* 68(3): 849-854.

- Kang KH, Kim SH, Kim SH, Kim JG, Sung NJ, Lee SJ, et al. 2016. Effect of amount and type of *Jeotgal*, a traditional Korean salted and fermented seafood, on N-nitrosodimethylamine formation during storage of kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45(9): 1302-1309.
- Kim EM, Kim YJ, Jeong MK. 2004. Preference and eating activities of Chinese for traditional Korean Kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33(10): 1641-1645.
- Kim HY, Kil JH, Park KY. 2013. Comparing the properties and functional of kimchi made with Korean or Japanese baechu cabbage and recipes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42(4): 520-526.
- Kim J, Chun J, Han HU. 2000. *Leuconostoc kimchi sp. Nov.*, a new species from kimchi. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 50(5): 1915-1919.
- Kim JY, Park EY, Kim YS. 2006. Characterization of volatile compounds in low-temperature and long-term fermented baechu kimchi. *J. Korean Soc. Food Cult.* 21(3): 319-324.
- Kim MK, Kim SY, Woo CK, Kim SD. 1994. Effect of air controlled fermentation of Kimchi quality. *J. Korean Soc. Sci. Food Nutr.* 23(2): 268-273.
- Kim SH, Kim JO. 2002. A study on the strategy to promote export for Korean Kimchi business to Japan. *Collection of Treatises*, Mokwon University. 42: 313-340.
- Ko YT, Hwang JK, Baik IH. 2004. Effects of Jeotgal addition on quality of Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36(1): 123-128.
- Kwon TE, Kim YH. 2019. Standardization of salted fermented fish production to secure the safety of the kimchi. *Studies in Kimchi Industry*. p. 45-74.
- Kye SH, Yoon SI, Lee C. 1986. The development and distribution of Korean traditional food. *Korean Food Industry Association*, Seoul, Korea. p. 278.
- Lee C, Ko C, Ha DM. 1992. Microfloral change of the lactic acid bacteria during kimchi fermentation and identification of the isolates. *Microbio. Biotechnol. Lett.* 20(1): 102-109.
- Lee HJ, Lee MJ, Choi YJ, Park SJ, Lee MA, Min MA, et al. 2021. Free amino acid and volatile compound profiles of *Jeotgal* alternatives and its application to *Kimchi*. *Food*. 10(2): 423. doi: 10.3390/foods10020423.
- Lim C, Park H, Han HU. 1989. Reevaluation of isolation and identification of gram-positive bacteria in kimchi. *Korean J. Microbiol.* 27(4): 404-414.
- Mantis AJ, Karaioannoglou PG, Spanos GP, Panetsos AG. 1978. The effect of garlic extract on food poisoning bacteria in culture media. *LW-Food Sci. Technol.* 11: 26-31.
- Min TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16(4): 443-450.
- Nsongning DS, Procopio S, Sacher B, Becker T. 2016. Flavor of lactic acid fermented malt based beverage: Current status and perspective. *Trends Food Sci. Technol.* 54: 37-51.
- Park DC, Kim EM, Kim EJ, Kim YM, Kim SB. 2003. The contents of organic acid, nucleotides and their related compounds in kimchi prepared with salted-fermented fish products and their alternatives. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35(5): 769-776.
- Park DC, Park JH, Gu YS, Han JH, Byun DS, Kim EM, Kim YM, Kim SB. 2000. Effect of salted-fermented fish products and their alternatives on nitrite scavenging activity of kimchi during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32(4): 942-928.
- Park KY. 1995. The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of Kimchi. *J. Korean Soc. Sci. Food Nutr.* 24(1): 169-182.
- Park KY, Kwon DY, Lee KW, Park S. 2018. *Korean functional foods: Composition, processing and health benefits. Jeotgal (Fermented Fish)*, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, p. 183-209.
- Park SH, Lim HS. 2003. Effect of red pepper, salt-fermented anchovy extracts and salt concentration on the tastes of Kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(2): 346-349.
- 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 leaf mustard-kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 24(1): 48-53.
- Park SU, Chung YB, Park SH, Park HW, Han ES. 2018. Quality characteristics and kimchi processing ability of kimchi cabbage cultivars ‘Chenjincheongmayeop’ and ‘Chunkwang’. *Korean J. Food Reserv.* 25(2): 189-194.
- Park WS, Lee IS, Han YS, Koo YJ. 1994. Kimchi preparation with brined chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26(3): 231-238.
- Ryu JY, Lee HS, Rhee HS. 1984. Changes of organic acids and volatile flavor compounds in kimchi fermented with different ingredients. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 16(2): 169-174.
- Seo HY. 2008. Formation mechanism and dynamics of aroma-active compounds in Baechu Kimchi. *Ph D Dissertation*. Dankook University, Seoul. p.10.
- Shin JH, Kim RJ, Kang MJ, Kim GM, Nak JS. 2012. Quality and fermentation characteristics of garlic-added kimchi. *Korean J. Food Preserv.* 19(4): 539-546.
- Stoll A, Seebeck E. 1951. Chemical investigation of alliin, the specific principle of garlic. *Adv. Enzymol. Relat. Subj. Biochem.* 11: 377-400.
- Swain MR, Anandharaj M, Ray RC, Rani RP. 2014. Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics. *Biotechnol Res Int.* 2014:250424.
- Thunell RK. 1995. Taxonomy of the *Leuconostoc*. *J. Dairy Sci.* 78(11): 2514-2522.
- Wu JJ, Yang JS. 1994. Effect of γ irradiation on the volatile compounds of ginger rhizome (*Zingiber officinale Roscoe*). *J. Agric. Food Chem.* 42(11): 2574-2577.
- Yi JH, Cho Y, Hwang IK. 1998. Fermentative characteristics of kimchi prepared by addition of different kinds of minor ingredients. *Korean J. Food Cook. Sci.* 14(1): 1-8.
- Yoon SJ. 2004. Trend of Korean fermented food. In: *Kimchi with fermented tiny shrimps*. Shinkwang publishing Co., Seoul, Korea. p. 45.
- Yu TH, Wu CM, Ho CT. 1993. Volatile compounds of deep oil fried microwave heated and oven baked garlic slices. *J. Agric. Food Chem.* 41(5): 800-805.

Author Information

안선정: 신한대학교 식품조리과학부 부교수

권태은: 세종대학교 식품생명공학과 박사후연구원