

저장기간에 따른 마(*Dioscorea batatas*)를 첨가하여 만든 김치의  
품질 특성양경미<sup>1</sup> · 공현주<sup>2</sup> · 권지은<sup>3</sup> · 윤인정<sup>4</sup><sup>1</sup>대구의대학교 한방식품조리영양학부 교수, <sup>2</sup>대구의대학교 한방식품조리영양학부 초빙교수, <sup>3</sup>대구의대학교 한방식품조리영양학부 조교수, <sup>4</sup>대구공업대학교 호텔외식조리계열 겸임교수Quality Characteristics of Kimchi Prepared with *Dioscorea batatas*Kyung-Mi Yang<sup>1</sup> · Hyun-Joo Kong<sup>2</sup> · Ji-Eun Kwon<sup>3</sup> · In-Jeong Yun<sup>4</sup><sup>1</sup>Faculty of Cousine and Nutrition, Daegu Hanny University, Professor; <sup>2</sup>Faculty of Cousine and Nutrition, Daegu Hanny University, Visiting Professor; <sup>3</sup>Faculty of Cousine and Nutrition, Daegu Hanny University, Assistant Professor; <sup>4</sup>Division of Hotel Culinary Arts, Daegu Technical University, Adjunct Professor

## Abstract

In this study, we produced kimchi with cooked *Dioscorea batatas* yam based on the its outstanding nutritional value, biological activity, and pharmacological action. Sliced kimchi cabbage, processed white radish kimchi (kkakdugi), and whole kimchi cabbage were prepared with 3% *Dioscorea batatas*, and the physicochemical and bioactivity characteristics were analyzed. In three kinds of *Dioscorea batatas*. The pH of the kimchi decreased and its acidity increased as the storage period was extended. The period of the maximum total viable cell count of the sliced cabbage and the processed white radish kimchi (kkakdugi) was 14 days, while the period for whole kimchi cabbage was 21 days. The period of maximum lactic acid bacteria count was 14 days for all three kinds. For physiological activities, polyphenol and flavonoid contents and DPPH elimination were highest immediately after production of the kimchi. Also, anthocyanin content increased as the storage period extended. The pH, acidity, total viable cell count, lactic acid bacteria count, and physiological activities were shown to be different according to the type of kimchi and the storage period.

## Keywords

*Dioscorea batatas*, kimchi, fermentation, quality characteristics

## 서론

우리나라 사람들의 대표적인 소울푸드(soul food)인 김치는 건강 기능성 발효식품으로서 반찬뿐만 아니라 다양한 음식으로 만드는데 이용되어 왔다. 김치의 특징은 주재료인 채소류를 절인 다음에 젓갈류와 향신료 등의 양념이 가미되어 젖산균에 의한 젖산발효작용으로 상큼한 맛, 감칠맛 및 특유의 깊은 종합적인 맛을 만들어 낸다(Yang et al., 2003). 특히 한국인은 김치를 통한 채소 섭취량이 많은데(Kwon et al., 2005), 김치의 효능으로는 정장작용과 변비 예방 효과, 혈청 콜레스테롤과 중성지방 수치 감소, 위장기능 증진, 면역체계 향상 및 대장암의 위험을 줄인다고 알려졌다(Kim & Kim, 2014; Moon, et al., 2007; Yoon et al., 2006).

김치는 배추, 무, 파, 갓, 부추, 오이, 동아 등의 주재료 및 고춧가루, 마늘, 생강 등의 향신료, 황각, 청각, 순무, 당근, 미나리 등의 양념 채소류, 찹쌀, 밀가루, 현미, 좁쌀 등의 곡류, 그리고 굴, 낙

Received: March 15, 2021  
Revised: April 27, 2019  
Accepted: May 12, 2021

## Corresponding Author:

Kyung-Mi Yang

Faculty of Cousine and Nutrition, Daegu  
Hanny University, 285-10, Eobongi-gil,  
Gyeongbuk, 38578, Korea  
Tel: +82-53-819-1490  
Fax: +82-53-819-1494  
E-mail: jiboosin@dhu.ac.kr

지, 조기, 젓갈, 전복 등의 동물성 식품 부재료 자체에 함유된 polyphenol, flavonoids, phytochemicals 등의 성분에 의해 면역이나 항산화 활성 등의 여러 가지 생리활성을 보여준다(Cho et al., 2005; Jo & Choi, 2014). 그리고 발효 과정 중에 김치의 주재료와 부재료의 종류 및 혼합비율, 첨가 물질, 숙성 조건 등에 따라 생성된 성분들의 복합적인 작용으로 김치의 품질 특성 및 상승효과에 영향을 미친다(Kim & Kim, 2014). 최근 들어 건강에 관한 관심이 증가하면서 한약재, 해조류 및 기타 기호식품을 첨가한 김치의 품질 특성을 기반으로 영양적 가치, 기호성 및 기능성이 향상된 김치에 관한 관심이 높아지고 있다. 김치의 품질 특성에 관한 연구로는 흑삼(Mo et al., 2010), 맥문동(Kang, 2015), 한약재 열수추출액(Lee & Kwon, 2015), 수국차 잎 추출액(Lee & Kim, 2011), 개뽕썩 추출물, 솔잎 추출액(Oh et al., 1998), 꽃게(Kim & Park, 2014), 미삼과 오미자즙(Cho et al., 2005), 다시마(Chang, 2007) 등을 첨가한 김치의 일반성분, 이화학적 성분, pH, 산도, 총 세균수, 젖산균 수 및 물성 변화 등이 있다.

한약재 중에서 우리나라에 분포되어 있는 마는 모양에 따라 장마, 단마, 둥근마로 나누고 있으며, 다년생 덩굴식물로 백합목 마과 마속에 속한다. 한방에서 마는 서여(蓐菌) 또는 산약(山藥)이라고 부르며 약용작물로서 재배 가치가 높다. 맛의 특징은 약간 달고 담백하며, 마 특유의 냄새가 난다(Kang et al., 2003). 마는 20%의 전분과 비타민 B<sub>1</sub>과 C 등과 Na, K, Fe, Zn 등의 무기성분이 풍부한 알칼리성 식품이다(Bonire et al., 1991). 괴근 내부의 끈끈한 점액질인 mucin의 주성분은 당단백질과 mannan이며, allantoin, uronic acid, chellidonic acid, sitosterol, steroid성 saponin인 dioscin과 비배당체 diosgenin, yonogenin, kryptogenin, batasin, arginine과 choline, polyphenol 등과 같은 기능성 약리 성분들은 항산화를 포함한 다양한 효능을 지니고 있다(Kum et al., 2006). 한방에서 마는 자양(滋養), 강장(強壯), 익정(益精), 지사(止海), 지갈(止渴), 진해(鎮安), 폐결핵, 소염, 해독, 거담, 신경통 및 류머티즘 이외에 당뇨와 고혈압 등에 유효하게 이용되어 왔다(Kim & Byun, 2009; Lee, 1996; Kim et al., 2015).

이에 본 연구에서는 마가 가지고 있는 우수한 영양적 가치, 생리활성 및 약리작용을 활용한 마죽을 양념으로 한국인이 즐겨 먹는 맛김치, 깍뚜기, 포기배추김치를 제조한 다음 3종류 마김치의 저장 기간별 이화학적 및 생리활성 특성을 분석하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 실험에 사용한 배추, 무, 마는 2020년 10월 안동에서 재배한 것을 사용하였다. 고춧가루는 2020년산 태양초 고춧가루를 사용하였으며 소금은 99% 정제염(주식회사, 한주)으로 사용하였다. 젓갈은 멸치진젓(약목참 액체육젓, 식염 23%, 2020), 멸치액젓(대상식품, 식염 23%, 2020), 새우젓(한성기업, 식염 23%, 2020)은 마트에서 구입한 제품을 사용하였다. 백설탕은 삼양설탕 제품을, 당도가 56 brix인 매실즙은 가정에서 담근 것을 사용하였다. 마늘, 생강은 재래시장(대구광역시 칠성시장)에서 구매하여 이용하였다.

### 2. 시료제조

김치의 제조는 Kim과 Park (2014), 그리고 Park과 Lim (2008)의 방법에 따라 Table 1의 비율로 제조하였다. 마맛김치 제조 방법은 절임 배추를 3시간 동안 자연탈수 시킨 다음 3×3 cm<sup>2</sup> 크기로 잘랐다. 양념 재료인 풀국, 마즙, 버섯물, 무즙, 고춧가루, 새우젓, 멸치액젓, 다진 마늘과 생강, 매실액, 설탕을 일정 비율로 골고루 혼합한 다음 자른 절임 배추와 함께 버무렸다. 마 깍뚜기 김치의 제조 방법은 제공받은 절임 형태의 무는 소쿠리에 건져 물기를 제거시킨 다음 껍질째 사방 2cm 크기로 정육면체로 깍둑썰기를 하였다. 양념 재료인 풀국, 버섯물, 마즙, 고춧가루, 새우젓, 멸치액젓, 다진 마늘과 생강, 매실액, 설탕을 일정 비율로 골고루 혼합한 다음 깍둑썰기 한 무와 함께 버무렸다. 마포기 배추김치 제조방법은 절임 배추를 3시간 동안 자연탈수 시켰다. 그런 다음 양념 재료인 풀국, 버섯물, 마즙, 무즙, 고춧가루, 새우젓, 멸치액젓, 멸치진젓, 다진 마늘과 생강, 매실액, 설탕을 일정 비율로 골고루 혼합한 후 양념소인 무채, 대파를 넣어 버무렸다. 그런 다음 양념소와 포기배추를 함께 버무렸다. 절임배추 및 무 1 kg을 기준으로 마의 첨가 비율은 3%(w/w)로 제조하였다. 실험을 위하여 제조한 김치는 1 kg씩 지퍼백에 담아 4℃에서 28일간 냉장 보관하였다.

김치의 품질 특성 분석을 위한 김치 시료 준비는 일주일 간격으로 일정량의 김치를 채취하였다. 그런 다음 김치의 고형물과 국물을 10g 채취하여 증류수 90 mL와 함께 blender(Nessei AM-7 Homogenizer, Nihonseiki, Kaisha Ltd., Japan)에 5분간 분쇄하고 멸균된 거즈를 이용하여 여과한 후 여과지(Whatman No. 1)로 걸러낸 여과액을 시료로 이용하였다.

Table 1. The Ingredients Ratio of Kimchi Prepared with 3% *Dioscorea batatas*.

DCK			DRK			DCPK		
Ingredients	Weight (g)	Ratio (%)	Ingredients	Weight (g)	Ratio (%)	Ingredients	Weight (g)	Ratio (%)
Salted kimchi cabbage (80.97%)	1,000	80.97	Salted raddish (87.56%)	1,000	87.41	Salted kimchi cabbage (72.9%)	1,000	72.9
Seasonig (19.03%)			Seasonig (12.45%)			Seasonig (31.8%)		
Sliced raddish	-	-	Sliced raddish	-	-	Sliced raddish	22.8	1.66
Welsh onion	-	-	Welsh onion	-	-	Welsh onion	11.6	0.85
Cooked rice	22.0	1.78	Cooked rice	10.0	0.87	Cooked rice	26.0	1.89
Muchroom juice	21.0	1.70	Muchroom juice	9.2	0.80	Muchroom juice	24.5	1.78
Cooked Jangma	37.0	3.00	Cooked Jangma	34.3	3.00	Cooked Jangma	41.2	3.00
Raddish juice	-	-	Raddish juice	-	-	Raddish juice	44.5	3.24
Red pepper powder	30.0	2.43	red pepper powder	19.7	1.72	red pepper powder	46.0	3.35
Salted shrimp extract	41.2	3.34	Salted shrimp extract	13.1	1.15	Salted shrimp extract	40.3	2.94
Salt anchovy juicet	41.2	3.34	Salt anchovy juicet	13.1	1.15	Salt anchovy juicet	40.3	2.94
Salt whole anchovy extract	-	-	Salt whole anchovy extract	-	-	Salt whole anchovy extract	10.8	0.79
Crushed galic	19.8	1.6	Crushed galic	13.2	1.15	Crushed galic	22.9	1.67
Crushed ginger	3.8	0.31	Crushed ginger	3.2	0.28	Crushed ginger	2.3	0.17
Plum liquid	9.5	0.77	Plum liquid	13.1	1.15	Plum liquid	19.4	1.41
Sugar	9.5	0.77	Sugar	13.1	1.15	Sugar	19.4	1.41
			Salt	2	0.17			
Subtotal		235	Subtotal		144	Subtotal		372
Total	1,235	100.0	Total	1,144	100.0	Total	1,372	100.0

Note. DCK: sliced Kimchi cabbage prepared with 3% *Dioscorea batatas*, DRK: processed white radish Kimchi (kkaktugi) with 3% *Dioscorea batatas*, DCPK: whole Kimchi cabbage prepared with 3% *Dioscorea batatas*.

### 3. 특성분석

#### 1) pH 및 산도

pH는 김치 여과액 20 mL에 증류수 80 mL를 가하여 만든 시료를 균질화시켜 pH meter (Starter 3100, Ohaus, China)로 실온에서 3회 반복 측정하였다. 산도는 pH 측정시 사용한 시료와 같이 처리 후 pH meter (Stater3100, Ohaus, China) 전극을 담고 pH가 8.3이 되는 시점까지 중화시키는 데 소비된 0.05 N NaOH 용량을 lactic acid 함량(% w/w)으로 환산하여 일정공식에 따라 계산하였다

#### 2) 총 생균수와 젖산균수의 측정

총 생균수는 희석액 200 µL를 petri dish에 첨가한 뒤 PCA(plate count agar, Difco, New Jersey, MD, USA)를 적절한 양을 부어 주었다. 젖산균은 평판도말법을 이용하여 MRS agar 배지에 희석액 100 µL를 첨가한 뒤 도말하였다. 총 생균수와 젖산균은 30°C에서 48시간 동안 배양한 다음 colony 수를 계수(log

CFU/mL)하였다.

#### 3) 총 polyphenol 함량

총 polyphenol 함량은 Folin-Denis 법에 준하여 측정하였다. 시료액 50 µL에 Folin-ciocalteu's phenol 시약 50 µL 첨가한 후 혼합하여 3분간 반응 후 반응액에 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 50 µL 첨가한 후 혼합하고 실온에서 60분간 방치하였다. 그런 다음 분광광도계 (Thermo Fisher, USA, Multiskan Sky)로 725nm에서 측정하였다. 총 polyphenol 함량은 tannic acid(Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 작성한 표준곡선을 이용하여 김치에 함유된 poly phenolic 화합물 함량을 구하였다.

#### 4) 총 flavonoids 함량

시료 50 µL에 diethylene glycol 100 µL 첨가한 후 충분히 혼합한 다음 반응액에 NaOH 10 µL 첨가한 후 혼합하고 60분간 반응시켰다. 그런 다음 분광광도계(Thermo Fisher, USA, Multiskan Sky)로 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 총

flavonoids 함량은 표준물질로 rutin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 산출하였다.

5) Anthocyanin 함량

일정량의 시료를 병에 넣은 다음 추출용매로 1.5 N HCl과 95% 에탄올과 혼합 용액(15:85, v/v) 45 mL를 첨가하여 추출하였다. 4 °C 냉장 온도의 암 상태에서 하루 동안 방치한 후 시료를 여과(whatman, No 4)한 여과액을 이용하여 535 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 anthocyanin 안토시아닌 함량(mg/100 g)은 흡광도 × (45/시료무게) × 희석배수 × 1.54 공식을 이용하여 구하였다. 시료 6 mL에 100 % methanol 10 mL를 가한 후, 실온에서 15 h 동안 교반하여 추출한 후, 원심분리를 하여 상등액만을 취하여 분석용 시료로 사용하였다. 분석 시료용액 1 mL에 0.2 M sodium acetate (pH 1.0) 9 mL를 넣고 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다

6) DPPH radical 소거능

시료를 10배의 증류수로 수욕상에서 1시간 초음파 추출한 후, 여과지로 여과한 여액을 시험용액으로 사용하였다. 양성대조군으로는 BHA(Butylated Hydroxy Anisole)를 사용하였다. 원액 시료액 100 µL와 0.2mM DPPH 용액 50 µL을 혼합하여 30분간 반응시킨 후, UV 분광광도계(Thermo Fisher, USA, Multiskan Sky)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. 통계처리

모든 통계분석은 SPSS Statistics(ver. 25.0, IBM Corp., Chicago, IL, USA)를 사용하여 실시하였다. 모든 실험은 3회 연속실험으로 이루어졌으며, 이들 값의 기술은 평균값과 표준편차로 나타내었으며, one-way ANOVA test 및 Duncan's multiple range test를 통하여 군 간 유의적인 차이를 검증하였다( $p < 0.05$ ).

결과 및 고찰

1. 마김치의 pH

4°C에서 저장되는 동안 3종류의 마김치 pH의 변화는 Table 2와 같다. 3종류 김치의 pH는 담금 직후에는 6.00~6.18 이었으나, 저장 기간이 길어질수록 pH는 낮아졌다. 일반적으로 국내 시판 김치의 담금 직후의 pH는 5.00~5.19 수준으로 알려졌다. 본 연구에서는 28일 저장 기간 중에서 28일에 맛김치는 4.04, 마작뚜기는 4.38, 마포기배추김치는 4.41의 pH를 보였다. 김치의 pH는 주재료와 부재료 종류 및 혼합비율, 저장온도 및 기간, 환원당 함량, 미생물 균수 등에 의해 영향을 받는다(Park & Lim, 2008). Namkyung과 Cho(1982)는 작두기와 배추김치를 25°C에서 13일 동안 저장 후 pH를 측정하였을 때, 저장 기간이 증가하면서 작두기 pH는 계속 감소하였으나 배추김치의 pH는 저장 중기부터 다시 상승했다가 말기에 다시 감소한다고 보고하였다. 이렇게 김치의 주원료인 배추와 무의 발효양상에 따라 pH가 다르다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서도 숙성되는 동안 3종류의 마김치의 종류에 따라 pH가 각각 다르게 나타났다.

마 전분과 같이 탄수화물 함량이 높은 김치의 부재료로서 마늘의 함유량을 5%까지 높게 첨가할수록 상대적으로 김치의 pH가 더 높게 유지되었다고 Shin 등(2012)은 보고하였다. 그러나 첨가된 마늘의 종류는 김치의 숙성 과정에 따른 pH에 별다른 영향을 미치지 못한다는 연구결과도 있다. 생마늘을 사용한 대조군의 저장기간에 따른 pH 변화를 보면 저장 1일차에는 오히려 약간 pH가 증가하였고, 그 후부터는 급격히 감소하였으며, 저장 10일차 이후부터는 서서히 감소하여 저장 15일에는 pH 4.45로 나타났다. 흑마늘을 첨가한 실험군의 경우 대조군에 비하여 다소 낮은 pH로 시작하였지만, 저장기간에 따른 pH 변화는 대조군과 유사한 경향이였다(Yu et al., 2016). 생리활성 물질이 풍부한 꽃게를 첨가한 김치의 품질 특성 연구(Kim & Park, 2014)에서는 꽃게 농도에 따른 김치 시료별로 15일 숙성 김치의 pH는 4.00~4.10, 30일 숙성 김치의 pH는 4.09~4.25로 본 실험의 결과와 비슷한 수준의 pH를 보였다. 꽃게첨가 김치의 pH와 감소 속도가 대조군

Table 2. Changes of pH of Kimchi Prepared with *Dioscorea batatas* during fermentation

Group <sup>1)</sup>	Fermented period (days)			F value
	0	14	28	
DCK	6.12±0.12 <sup>2)a3)</sup>	4.43±0.22 <sup>b</sup>	4.04±0.17 <sup>c</sup>	121.39 <sup>***</sup>
DRK	6.00±0.20 <sup>a</sup>	4.52±0.22 <sup>b</sup>	4.38±0.23 <sup>b</sup>	98.92 <sup>***</sup>
DCPK	6.18±0.50 <sup>a</sup>	4.92±0.90 <sup>b</sup>	4.41±0.92 <sup>b</sup>	7.83 <sup>†</sup>

Note. <sup>1)</sup> See the legend of Table 1. <sup>2)</sup> Mean±SD (N=3). <sup>3)</sup> Values in the same column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

**Table 3.** Changes of acidity of Kimchi prepared with *Dioscorea batatas* during fermentation (Unit: %)

Group <sup>1)</sup>	Fermented period (days)			F value (p value)
	0	14	28	
DCK	0.21±0.03 <sup>2)(c)</sup>	0.62±0.13 <sup>b</sup>	0.83±0.00 <sup>a</sup>	492.25 <sup>***</sup>
DRK	0.21±0.04 <sup>c</sup>	0.56±0.11 <sup>b</sup>	0.63±0.00 <sup>a</sup>	306.51 <sup>***</sup>
DCPK	0.21±0.04 <sup>c</sup>	0.52±0.00 <sup>b</sup>	0.88±0.13 <sup>a</sup>	153.45 <sup>***</sup>

**Note.** <sup>1)</sup> See the legend of Table 1. <sup>2)</sup> Mean±SD (N=3). <sup>3)</sup> Values in the same column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

배추김치에 비해 완만하게 변화한 것은 꽃게의 유리아미노산 등 단백질의 완충작용인 것으로 판단하였다. Kim과 Park (2014)은 김치의 적숙기 상태는 pH 4.0~4.5 범위로 판단하였으며, 본 연구에선 마맛김치는 14~29일, 마깍뚜기와 마포기김치는 28일이 적숙기 인 것으로 나타났다.

**2. 마김치의 산도**

4°C에서 저장되는 동안 3종류의 마김치 김치의 산도 변화는 Table 3과 같다. 3종류 김치의 마김치 산도는 저장 기간이 길어 질수록 증가세를 보였다. 김치 담금 직후부터 저장기간 28일까지 마맛김치의 산도 범위는 0.21~0.83, 마깍뚜기는 0.21~0.63, 마포기배추김치는 0.21~0.88이었다. 14일에는 마포기배추김치, 마깍뚜기, 마맛김치 순으로, 28일에는 마깍뚜기, 마맛김치, 마배추포기김치 순으로 높은 산도 수치를 보였다. 그러나 김치 적숙기 상태의 산도가 pH 0.4~0.75% 범위이며, 0.75~1%는 숙성의 최종단계이고 1%가 넘으면 섭취가 어려운 것으로 알려져 있는 것 (Lee & Yang, 1970)을 감안한다면 본 실험에서 마맛김치와 마포기배추김치는 14일 전후에, 그리고 마깍뚜기는 28일까지 좀 더 오랜기간 동안 적숙기로 판단된다.

김치는 숙성되면서 젖산 발효 때문에 생성되는 유기산 함량 등의 여러 가지 물질의 생성으로 pH와 산도가 크게 변화되며, 이들 변화는 김치의 품질 지표로 가장 널리 사용되고 있다(You & Kim, 2013). 3종류 마김치에서 14일 이후에 나타난 pH의 저하와 총 산도의 증가는 김치의 발효가 진행되면서 lactic acid나 acetic acid와 같은 유기산 생성에 의한 결과로 파악된다. Shin 등(2012)의 보고에 의하면 마 전분과 같이 탄수화물 함량이 높은 마늘의 함유량을 5%, 10%, 15%, 20% 첨가한 군에서의 산도는 대조군에 비해 상대적으로 낮은 산도를 보였다. 마와 같은 한약재 추출물도 김치의 품질에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 맥문동 첨가량을 달리하여 담근 맥문동 첨가 김치를 5°C에서 28일간 발효시킨 결과 담근 직후 김치의 산도는 대조군과 비슷하였다. 21일째 맥문동 처리구의 산도가 대조군에 비해 비교적 낮은 산도를 보여 맥문

동 첨가가 배추김치의 적정산도 유지기간을 연장하였다고 하였다 (Kang, 2015). 본 연구에서는 저장 기간 14일에 마를 첨가한 3종류의 김치 모두 적합한 품질의 산도 범위 내에 있었으므로, 3종류의 마김치를 담그고 난 뒤 14일 전후 기간 동안 섭취하기에 적절한 숙성을 가진 것으로 판단된다. 특히 마맛김치나 마포기김치에 비해 마깍뚜기는 적절한 산도 범위가 28일까지 지속되는 것으로 나타났다.

**3. 마김치의 총균수와 젖산균수**

4°C에서 저장되는 동안 3종류 마김치의 총 세균수 및 유산균수의 변화는 Table 4, 5와 같다. 총 세균수에서는 담금 직후에서 21일까지 마맛김치는  $4.2 \times 10^6$  CFU/g에서  $1.1 \times 10^8$  CFU/g, 마포기배추 김치는  $7.5 \times 10^5$  CFU/g에서  $3.1 \times 10^7$  CFU/g까지 급격히 증가하였고, 그 이후에는 감소하였다. 그러나 마깍뚜기는 담금 직후에서 14일까지는  $3.6 \times 10^5$  CFU/g에서  $1.4 \times 10^7$  CFU/g까지 급격한 증가를 하였고, 그 이후에 감소하였다. 그리고 3종류의 마김치 중에서 맛김치에서 가장 높은 총 세균수를 보인 반면에, 마포기배추김치에서 낮은 총 총세균수를 보였다. 유산균수에서는 3종류의 마김치 모두 14일째까지 급격히 증가하였다가 그 이후에는 감소하는 경향을 보였다. 담금 직후부터 14일까지 마맛김치에서는  $4.5 \times 10^6$  CFU/g에서  $3.9 \times 10^7$  CFU/g, 마깍뚜기는  $8.7 \times 10^5$  CFU/g에서  $6.9 \times 10^6$  CFU/g, 그리고 마포기배추김치에서는  $1.0 \times 10^5$  CFU/g에서  $1.30 \times 10^7$  CFU/g의 유산균수를 보였다.

김치의 숙성 중 발효과정을 통해 생성된 젖산균은 식중독균과 같은 유해균을 감소시키고 정장작용으로 변비와 대장암을 예방하는 데 효과적이다(Kim et al., 2019). 김치의 맛은 고춧가루의 매운맛과 젓갈의 감칠맛 외에 숙성 과정 중 젖산 발효때문에 생성되는 유기산의 신맛에 의해 크게 좌우된다(Park & Lim, 2008). 그러나 김치류는 최적의 숙성 시기에는 맛이 있지만 완숙기가 지나 과발효로 김치가 일어나면 시어져 불쾌한 맛을 줄 수 있다. 이는 김치 중의 젖산균이 계속 자라면서 생성된 젖산을 비롯한 각종 유기산 때문이다(Yang et al., 2003). 김치의 젖산균 증식은

Table 4. Changes of Total Bacteria Cell Count of Kimchi Prepared with *Dioscorea batatas* during Fermentation (Unit: CFU/g)

Group <sup>1)</sup>	Fermented period(days)					F value (p value)
	0	7	14	21	28	
DCK	0.42±0.002 <sup>2)(c3)</sup>	1.30±0.019 <sup>c</sup>	7.20±0.026 <sup>b</sup>	11.0±2.00 <sup>a</sup>	6.10±0.024 <sup>b</sup>	68.32 <sup>***</sup>
DRK	0.036±0.001 <sup>d</sup>	0.51±0.061 <sup>c</sup>	1.40±0.086 <sup>a</sup>	0.76±0.098 <sup>b</sup>	0.56±0.034 <sup>c</sup>	165.59 <sup>***</sup>
DCPK	0.0075±0.001 <sup>d</sup>	0.083±0.010 <sup>d</sup>	1.30±0.150 <sup>b</sup>	3.10±0.174 <sup>a</sup>	0.85±0.007 <sup>c</sup>	409.61 <sup>***</sup>

Note. <sup>1)</sup> See the legend of Table 1. <sup>2)</sup> Mean±SD (N=3). <sup>3)</sup> Values in the same column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

Table 5. Changes of Lactic Acid Bacteria Cell Count of Kimchi Prepared with *Dioscorea batatas* during Fermentation (Unit: CFU/g)

Group <sup>1)</sup>	Fermented period(days)					F value (p value)
	0	7	14	21	28	
DCK	0.45±0.031 <sup>2)(d3)</sup>	1.10±0.158 <sup>c</sup>	3.90±0.150 <sup>a</sup>	2.60±0.260 <sup>b</sup>	1.20±0.175 <sup>c</sup>	196.32 <sup>***</sup>
DRK	0.087±0.006 <sup>d</sup>	0.56±0.036 <sup>b</sup>	0.69±0.003 <sup>a</sup>	0.32±0.026 <sup>c</sup>	0.037±0.0008 <sup>c</sup>	417.03 <sup>***</sup>
DCPK	0.010±0.0009 <sup>c</sup>	0.080±0.003 <sup>c</sup>	1.30±0.110 <sup>a</sup>	0.21±0.019 <sup>b</sup>	0.087±0.007 <sup>c</sup>	344.62 <sup>***</sup>

Note. <sup>1)</sup> See the legend of Table 1. <sup>2)</sup> Mean±SD (N=3). <sup>3)</sup> Values in the same column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

김치 주재료와 부재료의 종류, 형태와 품종, 첨가 식품, 저장 혹은 숙성 온도, 염분 종류와 농도 등에 의해 영향을 받는다(Kim & Kim, 2014).

맛김치와 포기김치는 배추 형태에 따른 차이로 김치의 pH, 산도 및 총 세균수와 유산균수에 영향을 미쳐 김치의 품질을 좌우하는 것으로 나타났다. Park 등(1997)은 맛김치는 비슷한 형태의 절임배추 조각이 부재료 양념과 잘 혼합되지만, 포기김치는 양념이 맛김치 보다 균일하게 혼합되지 않아서 발효 기간이 경과하면서 이들 김치 간에 일어난 미생물 군집의 차이로 pH, 적정 산도 등과 같은 품질 특성의 차이가 나타난다고 하였다. 그 결과, 발효 3일 후 두 김치는 품질 특성의 차이를 보였는데, 맛김치를 담글 때 표면적이 포기배추김치보다 커서 총 세균수와 젖산균의 생육이 촉진되어 그 수가 많아져 맛김치의 발효가 촉진되는 것으로 보고되었다. Kang (2015)은 김치의 기능성 첨가 재료로 백문동을 3%, 5%, 7%, 10% 수준별로 첨가했을 때 발효 말기까지 적당한 수의 젖산균을 유지함으로써 다양한 유기산의 생성을 촉진해 적숙기의 맛을 발효 말기까지 유지해주는 것으로 판단하였다. 또한 세균수의 변화 경향에서 Chang 등(2011)은 김치를 10°C에서 10일간 숙성하면서 세균수를 살펴본 결과 숙성 2~4일 사이에 세균수가 가장 왕성하였고, 그 후 6일~8일경에 최고 균수에 도달한다고 하였다.

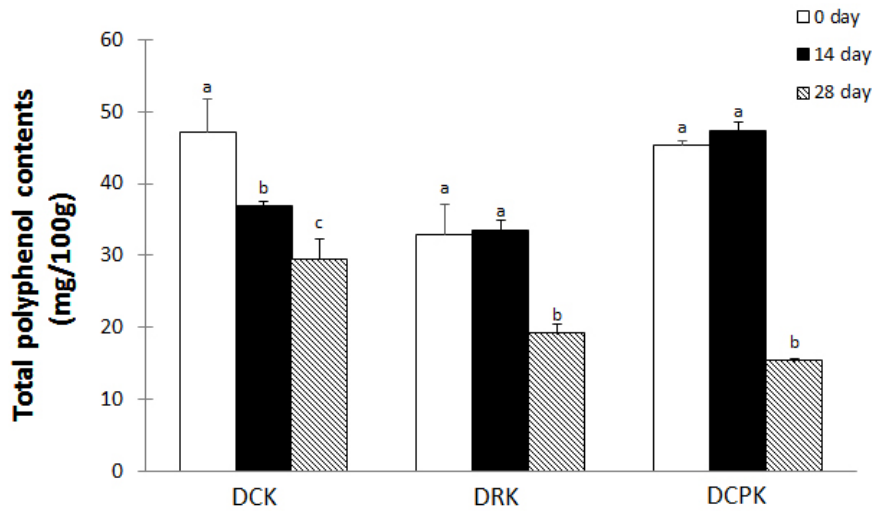
본 연구에서는 총 세균수의 최대 적수기는 맛김치와 마포김치는 21일이지만 마꼭두기는 14일, 그리고 유산균수가 최대인 적수기는 3종류의 마김치 모두 14일인 것으로 나타났다. 그리고 7일에서 14일 이후에 마배추김치, 마꼭두기, 맛김치 순으로 총

생균수와 유산균수가 많아 마포기배추김치에 비해 마맛김치와 마꼭두기 김치의 발효가 더 많은 것으로 여겨진다.

#### 4. 마김치의 총 polyphenol 함량

4°C에서 저장되는 동안 3종류 마김치의 polyphenol 함량 변화는 Figure 1과 같다. 마맛김치는 저장 기간이 길어질수록 감소하였다. 시료 100 g당 polyphenol 함량은 담금 직후에는 47.03 g, 14일에는 36.85 g, 21일에는 29.52 g 이었다. 마꼭두기의 polyphenol 함량은 담금 직후에는 32.81 g, 14일에는 33.49 g로 14일까지 유의적인 변화는 없었으나, 28일 19.16 g로 14일 이후  $p < 0.05$  수준에서 유의적인 감소를 하였다. 이러한 현상은 마포기배추김치에서도 비슷한 양상을 보였다. 담금 직후에는 45.26 g, 14일에는 47.35 g로 14일까지 유의적인 변화는 없었으나, 28일 15.37 g으로 유의적으로 낮은 함량을 보였다.

김치 각각의 재료는 천연의 생리활성물질을 함유하고 있으며, 그 가운데 항산화 기능성 물질도 함유하고 있다. 배추의 푸른 부분에 많이 함유된 chlorophyll, 배추나 무의 flavonoids, 고추의 capsaicin, 생강의 gingerol, ginerone 및 shogaol, 파의 녹색 부분 등은 대부분 항산화와 관련이 있다(Jang et al., 1991; Kim & An, 1993; Lee & Choi, 1994). 그리고 이들 김치 재료가 혼합되면서 ascorbic acid, carotenoids, phenolic compounds, flavonoids, chlorophyll, 함황 물질이 존재하고 이런 물질의 혼합으로 항산화 상승효과를 보여준다(Park & Hong, 2019). 특히, 식물체에 널리 분포된 polyphenol 화합물은 다양한 구조와



Note. DCK: sliced baechu cabbage Kimchi prepared with 3% *Dioscorea batatas*, DRK: processed white radish Kimchi (kakttugi) with 3% *Dioscorea Batatas*, DCPK: whole baechu cabbage Kimchi prepared with 3% *Dioscorea batatas*. Bars within different column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Figure 1. Changes of total polyphenol contents of Kimchi prepared with *Dioscorea batatas* during fermentation.

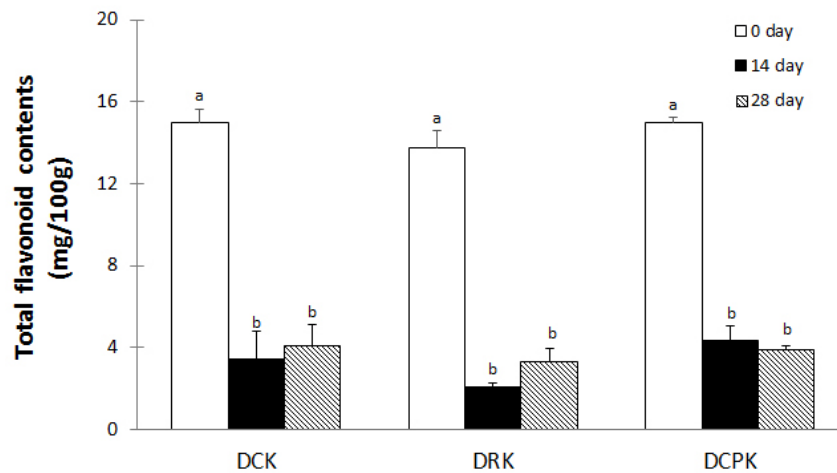
분자량을 가진 이차 대사산물로 free radicals를 제거함으로써 산화를 억제하여 활성산소의 소거 및 산화적 스트레스를 막아 항노화, 항암, 항균 및 심장질환을 비롯한 다양한 성인병을 예방하는 등의 생리활성물질로 알려졌다(Cheng et al., 1993; Koshiura et al., 1985; Liu et al., 2005; Madsen et al., 1996). 또한 첨가재료를 톳가루이나 경엽식물로 감잎을 첨가하여 제조한 배추김치의 polyphenol 함량은 증가되었으며, 그 시기는 담근 지 14일 이후에 일어났다고 보고하였다(Moon & Lee, 2011; Park et al., 2010). Kim과 Kim (2003)의 연구에서 김치의 적숙기에 총 polyphenol 함량은 증가한다고 보고하였다. 그 이유는 phenolic acid가 미생물 반응 때문에 phenol의 ethyl 또는 vinyl 유도체를 생성하기 때문으로 설명하였다. 그러나 이와는 상반되게 나타난 정확한 기전은 설명할 수 없으나 본 연구에서는 3종류의 마김치 polyphenol 함량 변화는 맛김치는 담근 직후 이후부터, 그리고 마깍뚜기와 마포기배추김치는 14일 이후부터 감소 현상을 보였다. 또한 담근 직후에는 마맛김치와 마포기배추김치, 그리고 14일에는 마깍뚜기, 마맛김치, 마포기배추김치 순으로 polyphenol 함량의 높은 수치를 보였다.

### 5. 마김치의 총 flavonoids 함량

4°C에서 저장되는 동안 3종류 마김치의 flavonoids 함량 변화는 Figure 2와 같다. 3종류의 마김치 모두 담근 직후부터 14일까지는  $p < 0.05$  수준에서 유의적인 감소를 하였으며 14일과 28

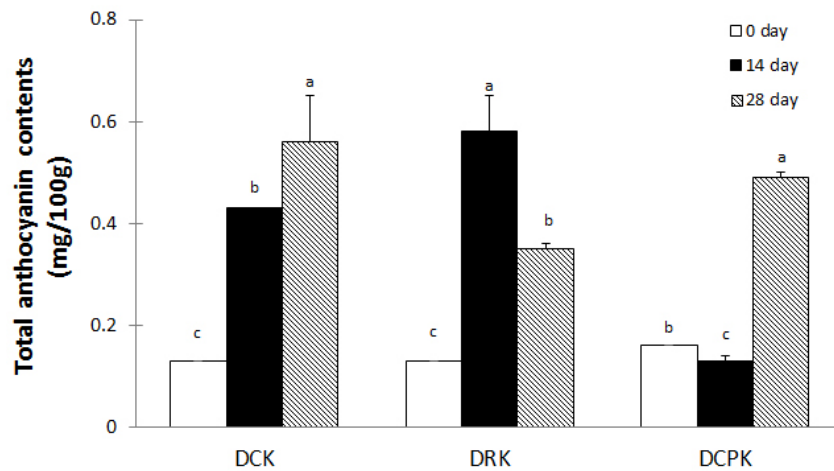
일의 flavonoids 함량은 유의적인 차이가 없었다. 마맛김치의 시료 100 g당 flavonoids 함량은 담근 직후에는 14.96 g, 14일에는 3.43 g, 21일에는 4.08 g 이었다. 마깍뚜기의 flavonoids 함량은 담근 직후에는 13.76 g, 14일에는 2.09 g, 21일에는 3.30 g 이었다. 마포기배추김치의 flavonoids 함량 담근 직후에는 15.00 g, 14일에는 4.35 g, 21일에는 3.87 g 이었다.

김치의 영양성분과 생리활성 물질의 변화는 품종, 성장조건, 비료사용 여부나 종류, 기후, 수확 시기, 저장방법 및 기간, 가공절차 등 다양한 요인에 따라 큰 영향을 받는 것으로 나타났다(Selma et al., 2010). 김치의 생리활성물질 변화를 유도하는 품종으로 Jung 등(Jung et al., 2014)은 일반 열무김치 보다 유기농법으로 생산한 유기농 열무김치의 총 polyphenol과 flavonoids 함량이 높았으며, 일반 열무김치 및 유기농 열무김치 모두 발효 초기와 비교하면 발효가 진행되면서 이들 생리활성물질의 함량이 증가한다고 밝혔다. 그 정도는 발효 초기 일반 열무김치의 총 polyphenol과 flavonoids 함량의 1.5~3배의 증가세를 보였다. 또한 김치의 핵심 재료인 항산화 식품으로 고춧가루의 함량이 높을수록 flavonoids 함량이 증가되는 결과는 보였다(Sim & Han, 2008). 그러나 본 연구에서는 첨가된 고춧가루 함량이 많은 마포기배추김치와 고춧가루 함량이 적은 마깍뚜기 김치 간에 유의적인 차이는 없었다. 본 연구에서는 3종류 마김치의 flavonoids 함량은 담근 직후부터 14일까지 급격한 감소 현상을 보였으며, 저장 기간에 따른 3종류 마김치의 flavonoids 함량은 비슷한 수치를 보였다.



Note. DCK: sliced baechu cabbage Kimchi prepared with 3% *Dioscorea Batatas*, DRK: processed white radish Kimchi (kkaktugi) with 3% *Dioscorea batatas*, DCPK: whole baechu cabbage Kimchi prepared with 3% *Dioscorea batatas*. Bars within different column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Figure 2. Changes of total flavonoids contents of Kimchi prepared with *Dioscorea batatas* during fermentation.



Note. DCK: sliced baechu cabbage Kimchi prepared with 3% *Dioscorea Batatas*, DRK: processed white radish Kimchi (kkaktugi) with 3% *Dioscorea batatas*, DCPK: whole baechu cabbage Kimchi prepared with 3% *Dioscorea batatas*. Bars within different column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Figure 3. Changes of total anthocyanin contents of Kimchi prepared with *Dioscorea batatas* during fermentation.

### 6. 마김치의 Anthocyanin 함량

4°C에서 저장되는 동안 3종류 마김치의 anthocyanin 함량 변화는 Figure 3과 같다. 3종류의 마김치 모두 담금 직후와 비교하면 28일에는 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 시료 100 g 당 anthocyanin 함량은 담금 직후에는 0.13 g, 14일에는 0.43 g, 28일에는 0.56 g으로 28일에  $p < 0.05$  수준에서 가장 높은 함량을 보였다. 마갯뚜기에서는 담금 직후에는 0.13 g, 14일에는 0.58 g, 28일에는 0.35 g으로 28일에  $p < 0.05$  수준에서 담금 직후 < 28일 < 14일 순으로 높은 함량을 보였다. 마포기배추김치에

서는 담금 직후에는 0.16 g, 14일에는 0.13 g, 28일에는 0.49 g으로 담금 직후와 비교하면  $p < 0.05$  수준에서 14일에 감소했다가 28일에 급격한 증가를 보였다.

Kim (2000)은 청순무와 적순무 김치를 실온에서 24시간 방치 후 70일간 숙성시킨 뒤 anthocyanin 함량 변화를 살펴본 결과, 적순무김치가 청순무김치에 비해 많았고, 적순무김치의 anthocyanin 함량은 숙성 45일 이후 급격히 증가하였다가 60일 이후 감소하였다고 하였다. 숙성이 진행될수록 anthocyanin 함량이 증가하는 것은 pH가 낮아져 anthocyanin 색소가 안정된 결



**Table 6.** Changes of DPPH Radical Scavenging Effects of Kimchi Prepared with *Dioscorea batatas* during Fermentation (Unit: %)

Group <sup>1)</sup>	Fermented period (days)			
	0 day	14 day	28 day	F value
DCK	71.77±8.89 <sup>2)a3)</sup>	37.84±1.03 <sup>b</sup>	30.54±0.94 <sup>b</sup>	52.3 <sup>***</sup>
DRK	68.66±1.19 <sup>a</sup>	41.81±0.78 <sup>b</sup>	29.61±0.55 <sup>c</sup>	1546.7.02 <sup>****</sup>
DCPK	66.14±1.57 <sup>a</sup>	39.60±0.68 <sup>b</sup>	28.52±1.45 <sup>c</sup>	680.2 <sup>***</sup>
BHT	89.91±0.16	76.99±1.38	81.21±5.41	

Note. <sup>1)</sup>See the legend of Table 1. <sup>2)</sup>Mean±SD (N=3). <sup>3)</sup>Values in the same column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

과이며, 감소하는 원인은 anthocyanin 색소의 파괴로 나타난 결과라고 설명하였다. 또한, Yang 등(2005)은 배추, 흰색 양배추 및 자색양배추를 20℃에서 숙성시키면서 측정한 anthocyanin 함량은 자색양배추에서 높았으며, 배추와 흰색양배추에서는 비슷한 함량 수준을 보였다. 뿐만 아니라 숙성 2일 또는 3일 후에는 본 실험의 결과와 마찬가지로 anthocyanin 함량의 증가 현상이 관찰되었으며, 이는 숙성이 진행됨에 따라 미생물에 의해 조직 중의 결합 anthocyanin 색소가 유리되어 국물로 용출된 결과로 해석하였다.

본 연구에서는 저장 기간에 따른 anthocyanin의 함량 변화 양상은 모두 다르게 나타났다. 그 기전은 정확하게 설명할 수 없으나 3종류 마김치의 anthocyanin 함량 변화는 마맛김치는 담금 직후부터 증가하여 28일 최고 증가 현상을 보였다. 마깍뚜기 역시 담금 직후부터 28일까지 증가현상을 보였으나 14일 최고 함량을 보였다. 그러나 마포기배추김치에서는 담금 직후와 비교하면 14일에 감소하였다가 28일에 최고 높은 함량을 보였다. 따라서 3종류 마김치의 anthocyanin 함량 저장 기간이 길수록 증가되며, 마김치의 종류에 따라 최고 증가시점은 다른 것으로 나타났다.

### 7. DPPH radical 소거능

4℃에서 저장되는 동안 3종류 마김치의 DPPH 소거능은 Table 6과 같다. 3종류 마김치 모두 시료에서 저장 기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였다. 마맛김치의 DPPH 소거능은 담금 직후에 71.77%로 가장 높았으며, 이는 BHA의 79.8%의 DPPH 소거능을 보였다. 4℃에서 저장되는 동안 마깍뚜기 김치의 DPPH 소거능이 가장 높은 담금 직후에 원액은 68.66%로 BHA의 76.4%의 DPPH 소거능을 보였다. 4℃에서 저장되는 동안 마포기배추김치의 DPPH 소거능이 가장 높은 담금 직후에 68.14%이었으며 BHA의 73.6%의 DPPH 소거능을 보였다. 저장기간 중 3종류의 마김치는 모두 비슷한 DPPH 소거능을 보였다.

김치의 건강 기능성에 대한 in vitro, 세포실험 및 동물실험은 산화적 스트레스 개선 효과에 관한 다양한 연구 결과들이 보고되

었다(Kim et al., 2018). 마의 경우 열수 및 70% 에탄올 추출물의 전자공여능 및 아질산 소거능과 같은 항산화 효과가 일부 보고되었다(Park et al., 2006). Hwang과 Kwak (2017)은 제조 당일 마 분말을 첨가한 쌀약과의 DPPH 소거능은 마 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높았으며, 40% 마첨가구는 대조군의 20배나 높았다고 보고하였다. 이러한 결과는 마에 함유된 polyphenol 화합물에 의해 마 분말 첨가량이 증가함에 따라 DPPH 소거능이 증가하였으며, 저장 기간이 증가하여도 대조군에 비해 높은 소거 활성능을 가진다고 설명하였다. Kim과 Byun (2009)은 마의 ethyl acetate 분획 추출물에서 DPPH 소거능 평가 결과, acetoacetate 분획이 80.5 µg/mL의 IC<sub>50</sub>으로 우수한 소거능을 나타내었으며, 이는 ethyl acetate가 다른 분획물에 비해 상대적으로 높은 polyphenol 함량을 나타내므로 DPPH 소거능은 마의 polyphenol 성분에서 기인한다고 추측하였다.

김치에서도 DPPH radical 소거능은 관찰되었다. 배추, 흰색 양배추 및 자색양배추를 이용하여 물김치를 담근 후 20℃에서 숙성하면서 측정한 radical 소거능은 자색양배추 < 배추김치 < 흰색 양배추순으로 높았으며, 배추김치는 자색양배추 더 높은 free radicals 소거능을 보였다(Yang et al., 2005). 본 연구에서는 3종류 마김치의 DPPH radical 소거능은 담금 직후에 가장 높은 활성을 보였으며, 그 이후에는 감소현상을 보였다. 담금 직후 활성 정도는 마맛김치는 BHT의 79.8%, 마깍뚜기는 76.4%, 그리고 마포기배추김치는 68.14%로 마맛김치, 마깍뚜기, 마포기배추김치 순으로 낮은 활성을 보였다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 마의 영양적 가치, 생리활성 및 약리작용을 활용하여 마죽을 양념으로 한 마김치를 제조하였다. 마의 농도는 3%(w/w)로 하여 마맛김치, 마깍뚜기, 마포기김치를 만든 다음

마김치의 이화학적 및 생리활성 특성을 분석하였다. 3종류 마김치의 pH 상태는 저장 기간이 길어질수록 감소하였으며, 담금 직후에서 28일에 마맛김치는 6.12에서 4.04, 마깍뚜기는 6.18에서 4.38, 그리고 마포기배추김치는 6.18에서 4.41로 떨어졌다. 김치의 적숙기 상태는 pH 4.0~4.5 범위인데 저장 14일에서 28일까지 마맛김치와 마깍뚜기는 적숙기 pH 상태이었으며, 마포기배추김치는 다른 김치보다 숙성이 지연되는 것을 관찰할 수 있었다. 3종류 김치의 마김치 산도는 저장 기간이 길어질수록 증가세를 보였다. 총 세균수의 최대 적숙기에서 마깍뚜기는 14일이지만 마맛김치와 마포기배추김치는 21일, 그리고 유산균수의 최대 적숙기는 3종류의 마김치 모두 14일인 것으로 나타났다. 총 생균수와 유산균수에서 살펴보면 마포기배추김치에 비해 마맛김치와 마깍뚜기 발효가 더 많이 진행된 것으로 여겨진다.

4°C에서 저장되는 동안 3종류 마김치의 polyphenol 함량 변화는 맛김치는 담금 직후 이후부터, 마깍뚜기와 마포기배추김치는 14일 이후부터 감소 현상을 보였다. 3종류 마김치의 flavonoids 함량은 담금 직후에 가장 높은 함량을 보였으며, 이 이후에는 급격한 감소 현상을 보였다. 저장 기간에 따른 3종류 마김치의 flavonoids 함량은 비슷한 수치를 보였다. 3종류 마김치의 anthocyanin 함량 변화는 마맛김치는 담금 직후부터 증가하여 28일 최고 증가 현상을 보였다. 그러나 마포기배추김치에서는 담금 직후에 비해 14일에 감소하였다가 28일에 최고 높은 함량을 보였다. 마김치의 DPPH radical 소거능은 담금 직후에 가장 높은 활성을 보였으며, 그 이후에는 감소 현상을 보였다. 담금 직후 활성 정도는 마맛김치는 BHT의 79.8%, 마깍뚜기는 76.4%, 그리고 마포기배추김치는 73.4%로 마맛김치, 마깍뚜기, 마포기배추김치 순으로 낮은 활성을 보였다.

따라서 본 연구에서 제조한 3종류의 3% 마김치를 4°C에서 저장시킨 다음 pH, 산도, 총 생균수 및 유산균수 데이터를 분석한 결과 14일이 김치의 맛과 유산균에 의한 기능성 활성의 적기로 보인다. 3종류의 마김치에서는 생리활성의 적기로는 polyphenol 및 flavonoids 함량과 DPPH 소거능이 높은 시기는 김치를 담금 직후이었으며, anthocyanin 함량은 28일에 높은 것으로 나타났다.

## Declaration of Conflicting Interests

The authors declare no conflict of interest with respect to the authorship or publication of this article.

## References

- Bonire, J. J., Jalil, N. N. S., & Lori, J. A. (1991). Iron, nickel, copper, zinc and cadmium content of two cultivars of white yam (*Dioscorea rotundata*) and their source soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57(3), 431-436. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740570314>
- Chang, S. K. (2007). Fermentation properties and in vitro anticancer effect of Kimchi prepared with potato. *Korean Journal of Food Cookery Science*, 23(2), 227-234.
- Chang, J. Y., Choi, Y. R., & Chang, C. C. (2011). Change in the microbial profiles of commercial Kimchi during fermentation. *Korean Journal of Food Preservation*, 18(5), 786-794. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2011.18.5.786>
- Cheng, J. T., Hsu, F. L., & Chen, H. F. (1993). Antihypertensive principles from the leaves of *Melastoma candidum*. *Planta Medica*, 59(5), 405-406. <https://doi.org/10.1055/s-2006-959719>
- Cho, I. Y., Lee, H. R., Lee, H. R., & Lee, J. M. (2005). The quality changes of less salty Kimchi prepared with extract powder of fine root of ginseng and *Schinandra Chinensis* juice. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 20(3), 305-314.
- Hwang, H. J., & Kwak, E. J. (2017). Quality characteristics and oxidative stability of rice Yackwa added with Yam powder. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 27(3), 304-312. <https://doi.org/10.17495/easdl.2017.6.27.3.304>
- Jang, K. S., Kim, M. J., Oh, Y. A., Kang, M. S., & Kim, S. D. (1991). Changes in carotene content of Chinese cabbage Kimchi containing various submaterials and lactic acid bacteria during fermentation. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 20(1), 5-12.
- Jo, J. S., & Choi, I. S. (2014). Historical review on the ingredients of Kimchi. *Korean Academy Foodservice Industry and Management*, 10(1), 83-98.
- Jung, S. J., So, B. O., Shin, S. W., Noh, S. O., Jung, E. S., & Chae, S. W. (2014). Physicochemical and quality characteristics of young radish (Yulmoo) Kimchi cultivated by organic farming. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 43(8), 1197-1206. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.8.1197>
- Kang, D. K., Kondo, T., Shin, J. H., Shin, H. Y., Sung, J. H., Kang, S. G., et al. (2003). Chinese yam necrotic mosaic virus isolated from Chinese Yam in Korea. *Research in Plant Disease*, 9(3), 107-115. <https://doi.org/10.5423/RPD.2003.9.3.107>
- Kang, K. S. (2015). The quality characteristics of Baechukimchi added with Broadleaf Liriope (*Liriope platyphylla*). *Journal of Digital Convergence*, 13(11), 391-398. <https://doi.org/10.14400/JDC.2015.13.11.391>
- Kim, B. K., Mun, E. G., Kim, D. Y., Kim, Y., Park, Y. S., & Lee, H. J. (2018). A

- survey of research paper on the health benefits of Kimchi and Kimchi lactic acid bacteria. *Journal of Nutrition and Health*, 51(1), 1-13. <https://doi.org/10.4163/jnh.2018.51.1.1>
- Kim, D. M., & Kim, K. H. (2014). Growth of lactic acid bacteria and quality characteristics of Baechu Kimchi prepared with various salts and concentration. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 29(3), 286-297. <https://doi.org/10.7318/KJFC/2014.29.3.286>
- Kim, D. H., Lee, S. M., & Ro, H. K. (2019). Effects of fermented *Dendropanax moribifera* extract on the quality of Kimchi during fermentation. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 48(10), 1120-1126. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2019.48.10.1120>
- Kim, E. J., & An, M. S. (1993). Antioxidative effect of Ginger extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 9(1), 37-42.
- Kim, J. S., & Byun, G. I. (2009). Making fish paste with Yam (*Dioscorea japonica* Thumb) powder and its characteristics. *Culinary Science and Hospital Research*, 15(2), 57-69.
- Kim, K. H., & Park, G. S. (2014). Quality characteristics of Kimchi added with blue crab. *Culinary Science and Hospital Research*, 20(2), 246-259.
- Kim, K. M., Kang, M. K., Kim, J. S., Kim, G. C., & Choi, S. Y. (2015). Physicochemical composition and antioxidant activities of Korean *Dioscorea* species. *J East Asian Soc Dietary Life*, 25(5), 880-886. <https://doi.org/10.17495/easdl.2015.10.25.5.880>
- Kim, M. K., & Kim, S. D. (2003). Fermentation characteristics of Kimchi treated with different method of green tea water extracts. *Korean Journal of Food Preservation*, 10(3), 354-359.
- Kim, M. R. (2000). Physicochemical and sensory properties of Turnip Kimchi during fermentation. *Korean Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 16(6), 568-576.
- Koshiura, R., Miyamoto, K., Ikeya, Y., & Taguchi, H. (1985). Antitumor activity of methanol extract from roots of *Agrimonia pilosa* Ledeb. *The Japanese Journal of Pharmacology*, 38(1), 9-16. <https://doi.org/10.1254/jjp.38.9>
- Kum, E. J., Park, S. J., Lee, B. H., Kim, J. S., Son, K. H., & Shon, H. Y. (2006). Antifungal activity of phenanthrene derivatives from aerial bulbils of *Dioscorea batatas* Decne. *Journal of Life Science*, 16(4), 647-652. <https://doi.org/10.5352/JLS.2006.16.4.647>
- Kwon, J. H., Shim, J. E., Park, M. K., & Paik, H. Y. (2005). Evaluation of fruits and vegetables intake for prevention of chronic disease in Korean adults aged 30 years and over: Using the third Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES ). *Journal of Nutrition and Health*, 42(2), 146-157. <https://doi.org/10.4163/kjn.2009.42.2.146>
- Lee, J. S., & Choi, H. S. (1994). Characteristics and antioxidant activity of plant phenolics as a free radical scavenger. *Journal of Life Science*, 4(1), 11-18.
- Lee, K. J., & Kim, H. Y. (2011). The physico-chemical and sensory characteristics of Kakdoogi containing *Hydrangea serrata* seringe extract. *The Korean Journal of Community Living Science*, 22(2), 211-222. <https://doi.org/10.7856/kjcls.2011.22.2.211>
- Lee, S. S., & Kwon, D. J. (2015). Quality characteristics of Kimchi with *Artemisia annua* extracts. *Korean Journal of Food Preservation*, 22(5), 666-673. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2015.22.5.666>
- Lee, I. S. (1996). *Characteristics and functionalities of biologically active substances from yam (Dioscorea batatas DECENE)* (Unpublished doctoral dissertation). Kyung Hee University, Seoul, Korea.
- Lee, Y. H., & Yang, I. W. (1970). Studies on the packaging and preservation of Kimchi. *Applied Biological Chemistry*, 13(3), 207-218.
- Liu, R., Ye, M., Guo, H. J., Bi, K. S., & Guo, D. A. (2005). Liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry for the characterization of twenty-three flavonoids in the extract of *Dallberga odorifera*. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 19(11), 1557-1565. <https://doi.org/10.1002/rcm.1936>
- Madsen, H. L., Nielsen, B. R., Bertelsen, G., & Skibsted, L. H. (1996). Screen of antioxidant activity of spices. A comparison between assays based on ESR spin trapping and electro-chemical measurement of oxygen consumption. *Food Chemistry*, 57(2), 331-337. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00248-0](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00248-0)
- Mo, E. K., Kim, S. M., Yun, B. S., Yang, S. A., Jegal, S. A., Choi, Y. S., et al. (2010). Quality properties of Baechu Kimchi treated with Black Panax ginseng extracts during fermentation at low temperature. *Korean Journal of Food Preservation*, 17(2), 182-189.
- Moon, S. W., & Lee, M. K. (2011). Effects of added harvey powder on the quality of Yulmoo Kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 40(3), 435-443. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.3.435>
- Moon, S. W., Park, J. E., & Jang, M. S. (2007). The effects of added ripened tomato on the quality of Baechu Kimchi. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 17(5), 678-688.
- Namkung, S., Cho, J. H., & Shin, K. S. (1982). Effect of storage on pH and the contents of nitrate of various *Kimchi*. *Journal of Nutrition and Health*, 15(1), 39-46.
- Oh, Y. A., Kim, S. D., & Kim, K. H. (1998). Effect of addition of water extract of pine needle on tissue of Kimchi. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*, 27(3), 461-470.
- Park, C. S., Yang, K. M., & Kim, M. L. (2006). Functional properties of medicinal plant extracts. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 23(5), 720-727.
- Park, E. I., Choi, A. U., Woo, H. J., Rhee, S. K., Chae, H. J. (2010). Effects of sclerophyllous plant leaves addition on fermentative and sensory characteristics of Kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 39(4), 580-586. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.4.580>

- jkfn.2010.39.4.580
- Park, K. Y., & Hong, G. H. (2019). Kimchi and its functionality. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 34(2), 142-158. <https://doi.org/10.7318/KJFC/2019.34.2.142>
- Park, S. H., & Lim, H. S. (2008). The correlation of physicochemical quality index and sensory index of Kakdugi. *Culinary Science and Hospitality Research*, 14(3), 136-142.
- Park, W. P., Ahn, D. S., & Lee, D. S. (1997). Comparison of quality characteristics of whole and sliced *Kimchi* at different fermentation temperature. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 29(4), 784-789.
- Selma, M. V., Martinez-sanchez, A., Allende, A., Ros, M., Hernandez, M. T., & Gil, M. I. (2010). Impact of organic soil amendments on phytochemicals and microbial quality of rocket leaves (*Eruca sativa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8331-8337. <https://doi.org/10.1021/jf1016187>
- Shin, J. H., Kim, R. J., Kang, M. J., Kim, G. M., & Sung, N. J. (2012). Quality and fermentation characteristics of garlic-added Kimchi. *Korean Journal of Food Preservation*, 19(4), 539-546. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2012.19.4.539>
- Sim, K. H., & Han, Y. S. (2008). Effect of red pepper seed on Kimchi antioxidant activity during fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 17(2), 295-301.
- Yang, J. H., Park, S. H., Yoo, J. H., Lim, H. S., Jo, J. S., & Hwang, S. Y. (2003). Effect of freezing methods for *Kimchi* storage stability on physical properties of Chinese cabbage. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 18(2), 105-110.
- Yang, Y. H., Park, S. H., Ann, S. M., Kim, K. M., & Kim, M. R. (2005). Physicochemical and sensory characteristics of *Mul-Kimchi* (water Kimchi) prepared with red cabbage. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 15(5), 574-581.
- Yoon, K. Y., Woodams, E., & Hang, Y. D. (2006). Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria. *Bioresource Technology*, 97(12), 1427-1430. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.06.018>
- You, B. R., & Kim, H. J. (2013). Quality characteristics of Kimchi added with *Allium hookeri* root. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 42(10), 1649-1655. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.10.1649>
- Yu, K. W., Hwang, J. H., Keum, J. H., & Lee, K. H. (2016). Quality characteristics of Kimchi seasoning with black garlic. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 29(5), 677-683. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2016.29.5.677>