



저장용기에 따른 김치의 이화학적 특성 비교

우나리아¹ · 이혜순¹ · 고성희^{2*}

¹호서대학교 식품공학 전공 및 기초과학연구소, ²성신여자대학교 식품영양학과

Comparison of Physicochemical Properties of *Kimchi* according to Storage Containers

Nariyah Woo¹, Hye-Soon Lee¹ and Seong-Hee Ko^{2*}

¹Dept. of Food and Biotechnology, Hoseo University, Asan 31499, Republic of Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Sungshin University, Seoul 01133, Republic of Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the possibility of the development and application of *Kimchi* storage containers as one of the conditions for optimizing the quality of *Kimchi* during fermentation and storage. First, *Kimchi* storage containers (antimicrobial polypropylene container: APP) were prepared using polypropylene materials with natural antimicrobial plant extracts, after which the contents of the *Kimchi* storage container (PP), conventional polypropylene containers (PP), stainless steel containers (ST), and porcelain containers (PC) were evaluated. The physicochemical properties of *Kimchi* were investigated by comparing the physicochemical characteristics of *Kimchi* and the possibility of using antimicrobial containers developed by adding natural native plants. Physicochemical properties were compared based on pH, acidity, vitamin C content, color, hardness, salinity and reducing sugar content. The experimental results showed that *Kimchi* stored in APP containers aged more than that stored in commercial PP, ST and PC containers. After 30 days of storage, the vitamin C content of *Kimchi* stored in the APP container was steadily maintained over three commercial vessels and remained at or above 80%(17.93 mg/100 g) after 50 days of storage.

Key words: *kimchi*, storage containers, physicochemical properties, polypropylene containers, antimicrobial polypropylene container

서론

김치는 우리나라의 대표적인 발효식품으로 배추나 무 등의 채소를 주원료로 하여 여러 가지 부재료와 함께 발효시킨 채소절임식품의 일종으로 사용하는 주재료 및 담그는 방법에 따라 많은 종류가 있다. 김치는 밥을 주식으로 하는 우리 조상들에게 맛과 영양상 조화를 이루고 한국인의 기호에 알맞은 우리나라 대표적인 전통음식이며, 채소류가 재배되지 않는 긴 겨울을 대비하는 수단으로서 12~3월의 귀중한 식물성 식품의 공급원이자 겨울 한철의 소중한 양식이었다(Choi HS 2002; Lee HJ 2000). 김치는 이처럼 계절에 상관없이 1년 내내 먹는 가장 중요한 부식이다. 김치의 가식기간은 발효 속도와 깊은 관련이 있는데, 냉장고가 발달하지 않았던 시절에는 김치의 발효 속도를 조절하기 위하여 다양한 방법이 사용되었다(Lee EW 2012). 여름철에는 흐르는 냉수에 향

아리를 담가 저장성을 높이고 우물 속에 향아리를 매달아 온도를 관리하는 방법이 보편적이었고, 겨울철에는 장기발효·숙성하기 위해 땅속에 독을 묻고 저온에서 젖산발효를 유도하였다(Lee HJ 2000).

김치의 발효는 김치의 종류, 첨가한 재료, 발효 온도 및 시간, 저장 용기 등에 따라 다르게 일어나며, 또한 이들은 김치 맛과 저장성에도 영향을 미치게 된다(Choi MW 등 1997; Han HU 등 1990; Lee CW 등 1992).

김치는 저장 기간 동안 발효와 숙성이 진행된다. 이처럼 김치는 발효 숙성과정에서 성분의 변화가 pH, 산도, 환원당 등의 이화학적 변화와 미생물학적 변화를 일으키고, 이러한 변화를 통해서 김치의 숙성도를 알 수 있다. 적숙기의 김치는 발효가 진행되면서 맛, 향기, 조직감 등이 조화롭게 풍미를 지니게 된다. 적숙기를 지난 김치는 미생물과 효소에 의해 발효가 진행되어 과도한 유기산이 생성되고 펙틴질이 분해되어 조직이 연화되면서 불쾌취가 생겨 품질이 저하된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 인공 합성보존료의 혼합, 방사선 조사, pH 조정제 및 열처리 등과 같은 많은 시도가 있

* Corresponding author : Seonghee Ko, Tel: +82-2-920-7273, Fax: +82-2-920-7200, E-mail: kosh0220@sungshin.ac.kr

었으며, 최근에는 소비자들의 선호도를 반영하는 천연물질을 사용한 저장성 연장에 관한 연구가 많이 진행되었다(Park WP & Chang DK 2003).

이처럼 김치의 발효 숙성과정에는 여러 요인들이 영향을 미칠 수 있으며, 그 결과 김치의 품질에도 차이가 생길 수 있다. 이에 김치의 품질을 최적화하기 위해서 김치의 저장용기에 따른 품질변화에 관한 선행 연구들도 진행된 바 있으나, 아직 미흡한 실정이다(Lim JW 등 2004; Han KI 등 2013; Lee EJ 등 2010). 김치의 저장용기로는 전통적으로 옹기를 사용하였는데, 옹기는 김치 외에 발효식품인 장류나 술을 발효하거나 저장하는 데에도 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 옹기가 무겁고 깨지기 쉬운 단점, 그리고 주거공간의 변화로 플라스틱, 폴리프로필렌(polypropylene; PP), 스테인레스 스틸(stainless steel; ST), 도자기(pocerine; PC) 등 다양한 소재들이 사용되고 있다. 이 중 폴리프로필렌 재질은 김치냉장고 용기의 소재로 많이 사용되고 있는 것은 물론 사용 편리성에 의해 일반적인 밀폐용기의 소재로 많이 사용되고 있다.

본 연구는 김치의 발효 및 저장 중 품질을 최적화 할 수 있는 조건 중의 하나로 김치 저장용기의 개발과 활용 가능성을 알아보기 위하여 진행되었다. 먼저 선행연구(Woo N 등 2018)에서 개발된 항균력이 있는 자생식물 추출물이 첨가된 폴리프로필렌을 소재로 김치 저장용기를 제작하고, 본 제작 용기와 기존의 폴리프로필렌 용기, 스테인레스 용기, 도자기 용기에 저장하면서 김치의 이화학적 특성을 비교 실험하였다.

실험 재료 및 방법

1. 김치의 제조 및 저장조건

실험에 사용된 김치는 동일한 조건으로 제조하여 저장실험에 사용하였는데, 재료 배합비와 제조 공정은 각각 Table 1 및 Fig. 1과 같다. 실험에 사용된 배합비는 한식진흥원의 한식 레시피 중 배추김치의 레시피를 기준으로 작성하였다(Korean Food Promotion Institute 2017).

본 실험에 사용된 배추는 가을배추로 포기당 평균 2.5 kg 정도 크기의 것이며, 2017년 9월 아산시 소재 N마트에서 구입하여 사용하였다. 절임에 사용된 소금은 천일염(한여름눈꽃, ㈜샘표, 전남 신안)이며, 김치 담금 재료로서 고춧가루, 무, 쪽파, 마늘, 생강, 멸치액젓(남해안 멸치액젓, ㈜대상), 설탕(㈜대상), 홍고추, 청고추, 참쌀풀 등은 E마트에서 구입하였다.

제조된 배추김치는 4가지 종류의 저장용기에 각각 250±1.5 g 씩 담아 김치냉장고의 저장온도인 1±1 °C에서 저장하였다. 실험에 사용된 4가지 저장용기는 먼저 자생식물 추출물을 첨가하여 제작한 폴리프로필렌용기(이하 APP), 기존의 폴리프로필렌 용기(이하 PP), 스테인레스 스틸 용기(이하 ST), 그

Table 1. Ingredients ratio of standardized Kimchi

Ingredients	Weight (%)
Cabbage	43.02
Water	35.85
Coarse salt	6.27
Radish	8.96
Chives	1.79
Chili powder	1.17
Anchovy sauce	1.79
Sugar	0.11
Garic	0.72
Ginger	0.32
Total	100

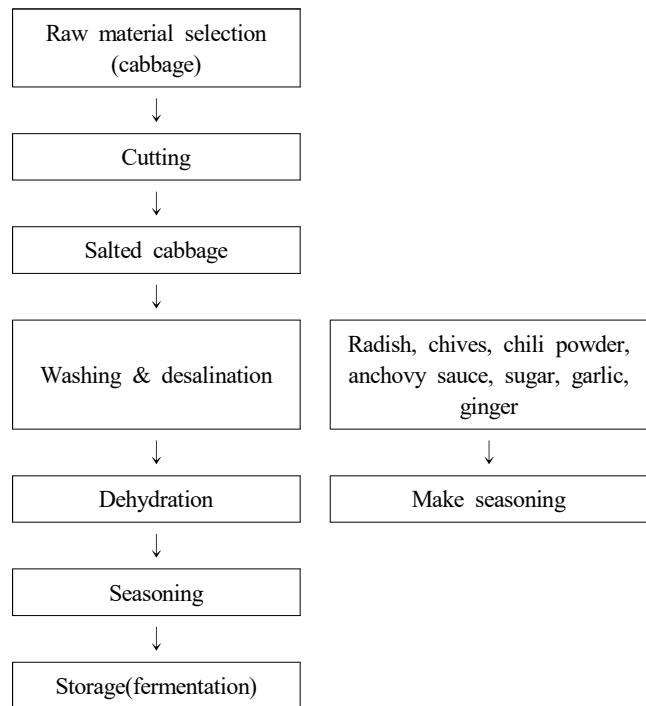


Fig. 1. Manufacturing process of Kimchi.

리고 도자기 용기(이하 PC)였다. 실험에 사용된 네 가지 용기는 가로 125 mm × 세로 195 mm × 높이 60 mm의 동일한 사이즈인 것을 사용하였다(Fig. 2). APP의 경우, 기존 시판 용기 3가지(PP, ST, PC)와 비교 실험을 하기 위하여 항균력이 있는 자생식물을 첨가하여 제조된 것을 사용하였는데, 선행 연구(Woo N 등 2018)에서 자생식물 중 항균 용기 제작에 적합하다고 했던 어성초, 유근피, 솔잎, 녹차, 황련 추출물을



Fig. 2. Storage containers used in the experiment.

5% 첨가하여 제조된 것이었다.

배추김치의 저장기간은 약 50일간이었으며, 5일마다 김치 시료를 채취하여 김치의 이화학적 특성을 비교 관찰하였다.

2. 김치의 저장 중 pH 및 산도 변화

pH는 김치 시료 10 g 채취하여 증류수 90 mL와 함께 마쇄한 후 현탁액을 여과지(No.1)로 걸러내 pH meter(STAR TER3100, OHAUS, China)로 실온에서 측정하였으며, 각각의 시료는 총 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다(Ko MS, 2015).

산도는 pH와 같은 방법으로 시료를 채취하여 마쇄한 후 걸러낸 여액 10 mL를 4배 희석하여 0.1% phenolphthalein을 지시약을 첨가하고 0.1 N-NaOH 용액으로 적정하여 분홍색을 나타내는 점을 종말점으로 하였다. 적정값은 소비된 0.1 N-NaOH의 mL 량을 구한 후 다음 식으로 계산하여 acidity(%)로 나타내며, 각각의 시료는 총 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다(Jeon YS 등 1999; Jang HL 등 2016).

$$\text{Acidity}(\%) = \frac{0.009 \times \text{mL of 0.1N NaOH} \times F \times \text{Dilution factor}}{\text{Sample(g)}} \times 100$$

3. 김치의 저장 중 비타민 C 변화

김치 시료 각각 10 g에 2 % meta-phosphoric acid 10 mL를 첨가하여 균질화한 후 100 mL까지 정용하며, 원심분리(5,000 rpm, 15 min)를 행하여 얻어진 상등액을 취하여 Syringe filter로 걸러내어 이를 분석 시료로 하였다. YMC-Pack pro C18 (250 × 4.6 mm)이 연결된 HPLC system(Agilent 1100, Agilent Technologies Inc., CA, USA)을 사용하며, 이동상은 0.05 M KH₂PO₄과 acetonitrile을 990:10(v/v)의 비율로 섞어서 사용하였다. 유속은 0.4 mL/min으로 유지시켰으며, 검출기는 UV detector(254 nm)을 이용하였다(Jang HL 등 2016; Korean

Food Code 2017; Table 2).

4. 김치의 저장 중 색도 변화

시료를 마쇄한 후 여과한 김치액을 취한 후 색도계(Colorimeter, JUKI, Model JC 801S, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 측정값은 Hunter L, a, b 값으로 표시하였다. 이때 색도의 측정값을 나타내는 L값은 밝기(lightness)를, a값은 적색도(redness), b값은 황색도(yellowness)의 정도를 각각 나타내었다.

5. 김치의 저장 중 염도 변화

김치의 염도는 김치 10 g을 마쇄한 후 여과하여 염도계(Hand Refractometer, Atago, S-28E, Japan)를 사용하여 측정하였다(Hur SW 2015).

6. 김치의 저장 중 경도 변화

각각의 시료의 경도(hardness)를 측정하기 위하여 시료를 가로 3 cm × 세로 3 cm로 균일하게 자른 다음, 물성분석기(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, UK)를 이용하여 측정하였다. TPA(Texture Profile Analysis)를 이용하

Table 2. HPLC conditions for vitamin C analysis of Kimchi

Instrument	HPLC Agilent 1100(USA)
Column & temperature	YMC-Pack pro C18(250 × 4.6 mm), 25°C
Detector	Agilent 1100 DAD, 254 nm, spectrum (190~400 nm)
Run time	10 min
Flow rate	0.4 mL/min
Mobile phase	0.05M KH ₂ PO ₄ : Acetonitrile(990: 10v/v)
Injection volume	10 µL

여 2회 반복 압착 시험(2nd bite compression test)을 5회 반복 측정하였으며, 각각의 시료는 총 5회 반복 측정하여 가장 큰 값과 가장 작은 값을 제외한 3 회 값의 평균값을 구하였다(Ko MS 2015). 측정 후 얻어진 힘-거리 곡선(forcedistance-curve)으로부터 경도(hardness)의 TPA 특성치를 텍스처 전문 소프트웨어(texture expert software)로 분석하였다(Table 3).

7. 김치의 저장 중 환원당 변화

환원당 분석은 DNS 법(Lim JW 등 2004)을 이용하였다. 일정하게 희석한 시료 0.5 mL에 DNS 시약 0.5 mL를 혼합하여 100°C의 water bath에서 5분간 반응시킨 후 냉각시켜 증류수 4 mL를 넣어준 다음, UV-Spectrophotometer를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정한다.

결과 및 고찰

1. 김치의 저장 중 pH 변화

김치는 발효과정 중 원재료에 함유된 각종 효소와 미생물

의 작용에 의해 성분이 분해, 발효된다. 특히 배추의 주 성분인 탄수화물의 분해, 발효에 의해서 주요 성분이 분해되고 재합성되어 각종 유기산들이 만들어져 김치 특유의 신선한 신맛을 주게 되므로 김치의 pH 및 산도는 김치의 주요한 품질지표라고 할 수 있다(Kim MK 등 1994).

김치를 용기별로 1±1°C의 김치 냉장고에서 50일간 발효시키면서 나타난 pH 변화는 Table 4와 같다. 저장 초기의 pH 5.98에서 저장 15일 동안 김치의 pH의 변화(5.75~5.82)는 큰 차이가 없었으나, 저장기간이 길어질수록 서서히 감소하는 경향을 보였는데, 이는 미생물의 증식에 의한 유기산 생성에 의한 결과로 pH의 감소현상은 발효단계에서의 산도 증가를 유도하는 현상으로 김치의 저장성을 향상시키는 바람직한 현상이라고 할 수 있다(Yook SH 2013).

본 실험에서는 김치의 발효 숙성 과정에서 pH는 저장 15일차부터 20일차까지 급격한 감소를 나타내었으며, 그 이후부터는 다소 완만하게 감소하였다. 이와 같은 결과는 김치 발효 과정에 젖산균의 활성으로 인해 유기산이 생성되기 때문이며, 보통 김치 발효기간이 길수록 pH가 낮아져 특유의 감칠맛과 신맛을 내는 원인이라 할 수 있다(Han KI 등 2013). 김치의 숙성 적기는 pH 4.2~4.6, 산도 0.5~0.7% 범주일 때 가장 맛있는 김치로 알려져 있으며, 김치의 재료 및 부재료의 첨가, 숙성온도 등 여러 가지 인자에 의해 그 적기는 다르게 나타날 수 있다(Park SK 등 1995). 용기별로 저장된 김치의 발효 숙성 과정에서 최적 pH와 비교하였을 때 ST 용기는 저장 40일 이후 4.33~4.19, KPP는 50일 후 4.22로 최적 숙기를 넘긴 반면에 APP 용기는 50일까지 4.51, 그 다음으로 PC는 4.40으로 나타나 용기에 따라 발효 숙성의 정도를 조절할 수 있으며, 이는 김치의 맛과 저장성이 유지될 수 있는 저장

Table 3. Texture analyzer condition for *Kimchi*

Pre-test speed (mm/s)	1.0
Test speed (mm/s)	1.0
Post-test speed (mm/s)	1.0
Distance (mm/s)	8.0
Time (s)	5.0
Trigger force (g)	3.0

Table 4. Changes in pH of during storage in *Kimchi*

Container	Days										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
KAPP	5.98 ±0.02 ^a	6.09 ±0.01 ^c	6.13 ±0.02 ^a	5.80 ±0.01 ^{ab}	4.98 ±0.02 ^a	4.78 ±0.02 ^c	4.70 ±0.01 ^d	4.63 ±0.02 ^c	4.58 ±0.02 ^d	4.58 ±0.03 ^d	4.51 ±0.03 ^c
KPP	5.98 ±0.02 ^a	6.03 ±0.02 ^{ab}	6.07 ±0.02 ^b	5.78 ±0.03 ^b	4.61 ±0.01 ^b	4.53 ±0.06 ^a	4.40 ±0.02 ^b	4.44 ±0.02 ^a	4.41 ±0.02 ^b	4.37 ±0.03 ^b	4.22 ±0.03 ^a
KST	5.98 ±0.02 ^a	6.01 ±0.02 ^b	6.05 ±0.02 ^b	5.75 ±0.01 ^c	4.58 ±0.01 ^c	4.44 ±0.03 ^b	4.36 ±0.02 ^a	4.43 ±0.04 ^a	4.33 ±0.03 ^a	4.20 ±0.01 ^a	4.19 ±0.02 ^a
KPC	5.98 ±0.02 ^a	6.05 ±0.01 ^a	6.10 ±0.01 ^a	5.82 ±0.01 ^a	4.65 ±0.01 ^d	4.55 ±0.04 ^a	4.53 ±0.02 ^c	4.51 ±0.02 ^b	4.48 ±0.04 ^c	4.46 ±0.17 ^c	4.40 ±0.01 ^b

KAPP: *Kimchi* stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: *Kimchi* stored in polypropylene container.

KST: *Kimchi* stored in stainless steel container.

KPC: *Kimchi* stored in porcelain container.

^{a~d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

요인이 될 것으로 판단되었다.

2. 김치의 저장 중 산도 변화

저장 중 김치의 산도는 발효 숙성 중 점차적으로 증가하면서 발효 과정 동안 증가하는 추세를 보였다(Table 5). 저장 기간이 길어짐에 따라 산도가 증가하는 것은 유기산의 생성에 의한 것인데, 특히 젖산과 초산의 양에 의해 가장 크게 영향을 받는다(Ryu JY 등 1984). APP 용기에 저장된 김치의 경우 다른 용기에 비해 산도가 서서히 증가하였고, 저장 40-50일까지 최적 산도 조건으로 판단되는 0.5~0.7%의 범위로 측정되었다. 나머지 3개의 시판 용기의 경우 ST는 20~

25일, PP는 25~30일, PC는 35~40일의 순으로 해당 저장일의 산도가 최적 산도 범위로 측정됨으로써 APP의 경우가 나머지 3개의 기준 용기에 비해 저장 50일차까지 적정 산도를 유지하고 있음을 알 수 있었다. 이로써 APP 용기에 김치를 저장할 경우 시판 PP, ST, PC 용기 보다 숙성을 연장할 수 있는 용기로 판단된다.

3. 김치의 저장 중 비타민 C 함량 변화

김치의 저장 기간 중 비타민 C 함량의 변화는 Table 6과 같다. 김치 담금 직후의 비타민 C 함량은 22.72 mg/100 g이었으나, 저장기간에 따라 감소하는 경향을 관찰할 수 있었다.

Table 5. Changes in acidity of during storage in Kimchi

(%)

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	0.18 ±0.00 ^a	0.18 ±0.00 ^a	0.24 ±0.10 ^a	0.24 ±0.10 ^a	0.30 ±0.10 ^a	0.30 ±0.10 ^a	0.48 ±0.21 ^a	0.48 ±0.21 ^b	0.54 ±0.00 ^a	0.60 ±0.10 ^a	0.66 ±0.10 ^a	
KPP	0.18 ±0.00 ^a	0.24 ±0.10 ^a	0.30 ±0.10 ^a	0.36 ±0.00 ^a	0.48 ±0.21 ^a	0.60 ±0.21 ^a	0.50 ±0.21 ^a	0.72 ±0.00 ^{ab}	0.78 ±0.10 ^b	0.78 ±0.10 ^b	0.84 ±0.27 ^a	
KST	0.18 ±0.00 ^a	0.24 ±0.10 ^a	0.36 ±0.00 ^a	0.48 ±0.21 ^a	0.54 ±0.18 ^a	0.60 ±0.10 ^a	0.72 ±0.00 ^a	0.84 ±0.21 ^a	0.84 ±0.15 ^b	0.84 ±0.10 ^b	0.90 ±0.18 ^a	
KPC	0.18 ±0.00 ^a	0.24 ±0.10 ^a	0.24 ±0.10 ^a	0.30 ±0.10 ^a	0.30 ±0.10 ^a	0.48 ±0.21 ^a	0.48 ±0.21 ^a	0.54 ±0.18 ^{ab}	0.60 ±0.10 ^a	0.72 ±0.00 ^{ab}	0.78 ±0.21 ^a	

KAPP: Kimchi stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: Kimchi stored in polypropylene container.

KST: Kimchi stored in stainless steel container.

KPC: Kimchi stored in porcelain container.

^{a-d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p<0.05$).

Table 6. Changes in vitamin C content of during storage in Kimchi

(mg/100 g)

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	22.72 ±0.08 ^a	22.71 ±0.01 ^b	21.50 ±0.01 ^c	18.68 ±0.03 ^a	18.73 ±0.21 ^a	18.51 ±0.02 ^b	19.79 ±0.01 ^b	18.25 ±0.35 ^d	17.89 ±0.01 ^d	18.05 ±0.07 ^d	17.93 ±0.04 ^d	
KPP	22.72 ±0.08 ^a	22.06 ±0.11 ^a	21.01 ±0.01 ^a	17.32 ±0.25 ^b	17.45 ±0.06 ^b	18.06 ±0.08 ^a	17.95 ±0.01 ^a	16.58 ±0.04 ^b	16.41 ±0.04 ^b	16.52 ±0.05 ^b	16.42 ±0.04 ^b	
KST	22.72 ±0.08 ^a	21.92 ±0.04 ^a	20.99 ±0.03 ^a	17.11 ±0.01 ^b	17.37 ±0.07 ^b	17.99 ±0.01 ^a	17.93 ±0.04 ^a	16.07 ±0.06 ^a	15.82 ±0.06 ^a	15.51 ±0.01 ^a	15.43 ±0.04 ^a	
KPC	22.72 ±0.08 ^a	22.68 ±0.04 ^b	21.21 ±0.01 ^b	18.46 ±0.05 ^a	19.04 ±0.03 ^a	19.13 ±0.03 ^c	18.98 ±0.04 ^c	17.57 ±0.04 ^c	17.01 ±0.01 ^c	17.10 ±0.14 ^c	17.18 ±0.04 ^c	

KAPP: Kimchi stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: Kimchi stored in polypropylene container.

KST: Kimchi stored in stainless steel container.

KPC: Kimchi stored in porcelain container.

^{a-d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p<0.05$).

김치 숙성 중 비타민 C 함량은 저장 중 초기에 감소하다가, 일시적으로 증가한다는 다수의 연구가 있다(Lee TY 등 1982). 이는 김치의 주재료인 배추의 pectin이 효모, 곰팡이에 의해 분비되는 polygalacturonase로 인해 분해되어 생성된 galacturonic acid가 비타민 C의 생합성을 촉진시키는데, 이러한 생합성은 김치 재료 중의 효소작용에 기인하고(Jo JS 2000), 그리고 적숙기 및 그 이후부터 계속 감소한다는 보고도 있다(Choi HS 2004). 한편, 김치의 비타민 C 함량은 주재료와 부재료의 품종, 담그는 방법, 발효 및 저장조건에 따라서 비타민 C 함량이 감소되거나, 파괴가 억제되고 증가되기도 한다(Jo JS 2000).

저장 30일 이후 3가지의 시판 용기보다 APP 용기에 저장된 김치의 비타민 C 함량이 꾸준히 유지되어 저장 50일에 17.93 mg/100 g으로 약 80% 이상의 잔존율을 유지하였다. 반면 PP, ST, PC 용기는 각각 16.42 mg/100g, 15.48 mg/100g, 17.18 mg/100g으로 약 67.89~75.59%의 비타민 C 잔존율을 유지하여 APP 용기에 비해 높은 비타민 C 손실이 일어났다. 즉, 장기간 저장에서 APP 용기가 비타민 C 함량이 높게 측정되었다.

4. 김치의 저장 중 색도 변화

색도의 측정은 발효조건별 저장기간에 따른 묵은 김치의 명도 L값(lightness), 적색도 a값(+ redness/(-) greeness)과 황색도 b값(+ yellowness/(-) blueness)을 측정하였다.

김치의 색은 주로 고춧가루의 적색과 배추의 엽록소에 의한 녹색에 의해 결정되는데, 이들의 색이 변하는 것은 김치의 숙성과정에서 용출된 착색물질의 분해와 pH 변화에 따른

천연색소의 변화 그리고 고형분의 분해가 투명도의 증가에 영향을 주기 때문이다(Yoo MJ 2002).

김치의 발효 및 저장기간에 따른 색도의 변화는 다음과 같다(Table 7~9). 담근 직후 명도(L)는 39.36이었고, 시판 용기에 비해 APP 용기에서 명도(L) 값이 저장 50일까지 33.42로 높게 유지되었는데, 이것은 미생물 효소 분해 작용의 속도가 느린 것으로 보여진다. Shin DH 등(1996)에 의하면 명도(L)는 발효가 진행되면서 미생물의 작용으로 가용성 물질들이 용출되어 이들이 빛의 투과를 방해하여 명도(L)가 감소하는 것으로 보인다고 하였다.

적색도를 나타내는 a값의 경우는 김치의 초기 적색도(a) 값이 7.02의 수준을 보였으며, 저장 기간이 길어짐에 따라 적색도(a) 값이 8.08~8.30으로 증가하는 경향을 보였다. 적색도(a)가 급격히 증가한 이유는 a값에 가장 많은 영향을 주는 재료인 고춧가루의 carotenoid 색소가 숙성과 함께 부분적으로 균질화되거나 용출되어 다른 재료의 조직에 침착되기 때문으로 판단된다(Han HU 등 1990).

김치의 황색도(b)는 배추의 엽록소가 pheophytin으로 변화하여 황녹색을 띠면서 증가하게 된다. Chlorophyll은 산에 불안정한 화합물이기 때문에 산성에서 쉽게 분해되어 Mg^{2+} 이 이탈되어 pheophytin으로 변화되어 녹갈색화 되는데, 김치의 숙성말기에 황색도(b)값이 증가하는 것은 김치 내 생성된 젖산에 의하여 배추의 chlorophyll을 분해하는 pheophytin을 생성하고(Chang JY 등 2011), 발효가 더욱 진행되어 pH가 낮아져서 chlorophyll이 황색의 pheophytin으로 변하기 때문이다(Jung JL 등 1994).

색도는 시료 채취 방법과 실험방법에 의하여 측정 결과가

Table 7. Changes in L value of during storage in Kimchi

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	39.36 ±0.04 ^a	39.32 ±0.02 ^d	35.56 ±0.01 ^c	31.67 ±0.02 ^d	32.06 ±0.09 ^d	32.58 ±0.03 ^d	32.85 ±0.06 ^d	33.13 ±0.04 ^d	33.41 ±0.09 ^d	33.40 ±0.07 ^d	33.42 ±0.01 ^d	
KPP	39.36 ±0.04 ^a	38.10 ±0.13 ^c	34.02 ±0.02 ^a	29.76 ±0.06 ^b	30.58 ±0.03 ^b	30.90 ±0.01 ^b	31.06 ±0.08 ^b	31.28 ±0.08 ^b	31.60 ±0.08 ^b	31.64 ±0.02 ^b	31.63 ±0.01 ^b	
KST	39.36 ±0.04 ^a	37.16 ±0.03 ^a	32.20 ±0.01 ^b	28.91 ±0.04 ^a	29.80 ±0.04 ^a	30.20 ±0.03 ^a	30.70 ±0.04 ^a	31.05 ±0.06 ^a	31.33 ±0.01 ^a	31.32 ±0.02 ^a	31.33 ±0.01 ^a	
KPC	39.36 ±0.04 ^a	37.45 ±0.04 ^b	33.99 ±0.01 ^a	30.01 ±0.02 ^c	31.07 ±0.11 ^c	31.95 ±0.06 ^c	32.10 ±0.16 ^c	32.50 ±0.04 ^c	32.94 ±0.06 ^c	33.00 ±0.00 ^c	33.00 ±0.01 ^c	

KAPP: Kimchi stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: Kimchi stored in polypropylene container.

KST: Kimchi stored in stainless steel container.

KPC: Kimchi stored in porcelain container.

^{a~d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

Table 8. Changes in a value of during storage in *Kimchi*

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	7.02 ±0.02 ^a	6.80 ±0.03 ^a	6.52 ±0.05 ^a	7.10 ±0.01 ^c	7.35 ±0.01 ^b	7.77 ±0.03 ^b	7.99 ±0.01 ^c	8.20 ±0.02 ^c	8.37 ±0.01 ^c	8.32 ±0.01 ^c	8.30 ±0.01 ^c	
KPP	7.02 ±0.02 ^a	6.72 ±0.04 ^{ab}	6.44 ±0.01 ^{ab}	6.61 ±0.03 ^a	7.04 ±0.09 ^a	7.74 ±0.04 ^{ab}	7.92 ±0.01 ^{ab}	8.09 ±0.01 ^{ab}	8.14 ±0.04 ^a	8.11 ±0.01 ^a	8.09 ±0.01 ^a	
KST	7.02 ±0.02 ^a	6.68 ±0.03 ^b	6.42 ±0.02 ^b	6.57 ±0.04 ^a	6.96 ±0.08 ^a	7.66 ±0.04 ^a	7.90 ±0.01 ^b	8.02 ±0.04 ^a	8.08 ±0.02 ^a	8.07 ±0.02 ^a	8.08 ±0.01 ^a	
KPC	7.02 ±0.02 ^a	6.79 ±0.02 ^a	6.47 ±0.04 ^{ab}	6.98 ±0.01 ^b	7.28 ±0.06 ^b	7.76 ±0.03 ^{ab}	7.95 ±0.01 ^a	8.17 ±0.04 ^{bc}	8.25 ±0.01 ^b	8.23 ±0.04 ^b	8.21 ±0.01 ^b	

KAPP: *Kimchi* stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: *Kimchi* stored in polypropylene container.

KST: *Kimchi* stored in stainless steel container.

KPC: *Kimchi* stored in porcelain container.

^{a~d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

Table 9. Changes in b value of during storage in *Kimchi*

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	16.83 ±0.07 ^a	16.42 ±0.03 ^a	16.34 ±0.05 ^c	17.05 ±0.09 ^a	17.33 ±0.01 ^b	17.97 ±0.02 ^d	18.35 ±0.03 ^c	18.56 ±0.01 ^a	18.99 ±0.01 ^d	18.97 ±0.03 ^d	18.95 ±0.00 ^c	
KPP	16.83 ±0.07 ^a	16.40 ±0.01 ^a	16.01 ±0.01 ^a	16.32 ±0.01 ^b	16.62 ±0.09 ^a	16.75 ±0.03 ^a	17.92 ±0.05 ^a	18.54 ±0.06 ^a	18.83 ±0.02 ^c	18.83 ±0.00 ^c	18.81 ±0.01 ^a	
KST	16.83 ±0.07 ^a	16.34 ±0.01 ^b	15.99 ±0.01 ^a	16.52 ±0.04 ^c	16.64 ±0.02 ^a	17.35 ±0.03 ^b	17.87 ±0.02 ^a	18.04 ±0.06 ^b	18.11 ±0.01 ^a	18.10 ±0.00 ^a	18.05 ±0.07 ^b	
KPC	16.83 ±0.07 ^a	16.42 ±0.01 ^a	16.21 ±0.01 ^b	17.00 ±0.01 ^a	17.31 ±0.04 ^b	17.69 ±0.01 ^c	18.05 ±0.06 ^b	18.48 ±0.06 ^a	18.77 ±0.02 ^b	18.73 ±0.04 ^b	18.75 ±0.00 ^a	

KAPP: *Kimchi* stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: *Kimchi* stored in polypropylene container.

KST: *Kimchi* stored in stainless steel container.

KPC: *Kimchi* stored in porcelain container.

^{a~d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

달라지기 때문에 연구마다 일정한 값을 나타내기 어려운 것으로 판단된다.

5. 김치의 저장 중 경도 변화

김치의 저장 중 경도(hardness) 변화는 texture analyser를 이용하여 측정하였고, 그 결과는 다음 Table 10과 같다. 저장 이 연장되어 숙성기간이 길어질수록 초기 4,436.38 g에서 저장 50 일경에 3,159.39~3,629.74 g으로 배추김치 시료의 경도는 감소하는 경향을 보였다. 이는 김치가 숙성됨에 따라 조직이 연화되어 경도가 점차 감소한다는 결과들과 일치하였다(Kim KH & Cho HS 2008).

APP 용기에 저장된 김치가 나머지 3개의 기존 용기에 비하여 저장 50일차에 3,629.74 g으로, 초기 경도 값 4,436.38 g과 비교하였을 때, 약 82 %의 경도를 유지하였다. 시판 PP, ST, PC 용기는 김치의 경도가 초기에 비하여 78%, 71%, 80% 정도로 유지되었다. 통계적으로 보았을 때 저장 15일 쯤부터 APP와 PC 용기가 다른 용기들에 비해 유의적으로 높은 값을 보였으며, 저장 50일 동안 유의적으로 높은 경도를 보였다.

김치 조직의 연화 현상은 주로 배추 조직 내 삼투압의 작용으로 조직액의 용출 및 소금의 침투로 인한 조직의 변화, 그리고 효모로 인한 배추 조직 내 펙틴질의 성상 변화가 주요인으로 꼽힌다. 또한 발효 중의 조직감의 변화는 효소작용

Table 10. Changes in hardness of during storage in Kimchi

(g)

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	4436.38 ±39.25 ^a	4390.41 ±98.01 ^a	4336.07 ±197.99 ^a	4320.95 ±237.89 ^b	4307.55 ±87.32 ^c	4331.75 ±265.39 ^b	4292.03 ±248.45 ^b	4092.25 ±189.71 ^b	3836.74 ±81.29 ^a	3762.65 ±117.54 ^a	3629.74 ±106.46 ^a	
KPP	4436.38 ±39.25 ^a	4362.74 ±122.30 ^a	4328.36 ±408.19 ^a	4069.12 ±74.29 ^a	4052.03 ±288.11 ^{ab}	3884.57 ±214.23 ^a	3673.94 ±183.69 ^a	3619.64 ±165.31 ^a	3595.87 ±168.29 ^a	3518.67 ±68.11 ^c	3465.03 ±64.62 ^b	
KST	4436.38 ±39.25 ^a	4331.60 ±88.91 ^a	4292.04 ±348.80 ^a	4002.33 ±110.06 ^a	3974.79 ±55.97 ^b	3755.88 ±210.9 ^a	3493.56 ±145.31 ^a	3389.39 ±72.87 ^c	3348.78 ±160.76 ^b	3282.78 ±83.67 ^b	3159.39 ±125.74 ^c	
KPC	4436.38 ±39.25 ^a	4362.70 ±194.81 ^a	4315.41 ±272.48 ^a	4305.01 ±121.29 ^b	4248.11 ±183.78 ^{ac}	4226.83 ±218.55 ^b	4134.24 ±2054 ^b	3757.08 ±191.57 ^a	3690.08 ±255.39 ^a	3660.07 ±63.74 ^a	3534.67 ±87.61 ^{ab}	

KAPP: Kimchi stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: Kimchi stored in polypropylene container.

KST: Kimchi stored in stainless steel container.

KPC: Kimchi stored in porcelain container.

^{a~d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

으로 인해 protopectin이 수용성 펙틴으로 분해되어 조직이 물러지거나 그 외에도 미생물에 의해 생성된 유기산의 함량에 의해서도 달라진다(Yoo MJ 2002; Chung HJ 등 2005). 따라서 연부미생물의 효소작용에 의해 숙성기간이 길어질수록 김치의 경도는 감소하게 된다. 이는 용기의 항균력이 높아 연부미생물의 생장을 억제하므로, 김치의 품질을 유지시키는 것으로 판단된다.

6. 김치의 저장 중 염도 변화

김치에 있어 소금은 염도의 직접적인 영향을 주며, 미생물 생육을 조절하여 안정된 젖산발효와 함께 바람직하지 못한 미생물에 의한 부패를 줄여주는 역할을 한다(Min TI & Kwon TW 1984).

저장 용기를 달리하여 50일간 저장시킨 김치의 염도 변화는 Table 11과 같다. 김치의 초기 염도는 3.10%이었고, 저장 50일 이후의 염도를 비교한 결과, APP 용기 2.85%, PP 용기 2.00%, ST 용기 1.93%, PC 용기 2.43%로 측정되었다. 염도는 배추와 무의 조직 내외로 소금이 확산되어 탈수와 침투 과정이 반복되는 삼투압현상에 영향을 받는데(Yoo MJ 2002), 본 실험에서는 같은 저장 온도조건에서 이루어지는 것이므로 삼투압 현상에 영향을 받지 않았다. 그러나 염도의 차이가 있는 이유는 미생물의 작용으로 가용성 물질(소금 등)이 용출되어 낮아지는 것으로 판단된다.

따라서 염도도 APP 용기가 경도와 유사한 경향으로 미생물에 의한 연부현상이 지연되어 유지되는 것으로 판단된다.

7. 김치의 저장 중 환원당 변화

김치의 환원당은 김치 발효 시 미생물의 영양분으로 사용

되어 lactic acid, alcohol 및 CO₂로 분해되어 그 함량이 감소하는데, 이러한 환원당 분해에 의해 김치 특유의 맛과 향미를 갖게 되고, 환원당의 변화를 조사함으로써 김치의 숙성정도, 미생물의 생육정도, 향미의 변화 등을 평가할 수 있다(Son YM 등 1995; Cho IY 2005).

김치의 환원당 함량을 측정한 결과는 Table 12와 같으며, 담근 직후는 2.86 mg/mL였다. 본 실험에서 환원당은 저장기간 동안 지속적으로 감소를 보이는데, 저장 용기 모두 저장 초기에 급격한 감소를 나타내고, 저장 후기로 가면서 완만한 감소를 나타냈다. Lee TY & Lee JW(1981)은 김치 발효가 진행됨에 따라 김치의 환원당 함량이 계속적으로 감소한다고 보고하였으며, 어느 정도 저장기간이 길어짐에 따라 환원당 함량의 감소 속도가 늦어지는데, 이는 Kim KO & Kim WH(1994)의 보고와 유사하였다. 3가지의 시판 용기에 저장된 김치는 저장 30일 이후에 산도가 증가하여 환원당 함량이 감소하였으며, APP 용기에 저장된 김치는 저장 35일 이후에도 환원당 함량이 약 1.55 mg/mL로 유지되어 젖산발효 속도를 꾸준히 유지시켜 주므로 저장기간 연장이 가능할 것으로 예상되었다. APP 다음으로는 PC에 저장한 경우가 높은 환원당 함량을 나타내었다.

요약 및 결론

본 연구는 김치의 발효 및 저장 중 품질을 최적화 할 수 있는 조건 중의 하나로 김치 저장용기의 개발과 활용 가능성을 알아보기 위하여 진행되었다. 먼저 항균력이 있는 자생 식물 추출물이 첨가된 폴리프로필렌을 소재로 김치 저장용기(APP)를 제작하고, 본 제작 용기와 기존의 폴리프로필렌

Table 11. Changes in salinity of during storage in Kimchi

(%)

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	3.10 ±0.14 ^a	3.05 ±0.07 ^a	3.00 ±0.00 ^a	2.80 ±0.00 ^a	2.75 ±0.07 ^a	2.70 ±0.14 ^a	2.85 ±0.07 ^c	2.70 ±0.14 ^b	2.75 ±0.07 ^a	2.70 ±0.00 ^d	2.85 ±0.07 ^c	
KPP	3.10 ±0.14 ^a	3.00 ±0.14 ^a	2.75 ±0.07 ^c	2.55 ±0.07 ^b	2.70 ±0.14 ^a	2.80 ±0.14 ^a	2.60 ±0.14 ^{ab}	2.50 ±0.14 ^{ab}	2.15 ±0.07 ^b	2.25 ±0.07 ^b	2.00 ±0.00 ^a	
KST	3.10 ±0.14 ^a	2.90 ±0.00 ^a	2.55 ±0.07 ^b	2.65 ±0.07 ^{ab}	2.85 ±0.07 ^a	2.70 ±0.14 ^a	2.68 ±0.16 ^b	2.40 ±0.00 ^a	2.20 ±0.14 ^b	2.10 ±0.00 ^a	1.93 ±0.04 ^a	
KPC	3.10 ±0.14 ^a	3.05 ±0.07 ^a	2.95 ±0.07 ^a	2.75 ±0.07 ^a	2.75 ±0.07 ^a	2.85 ±0.21 ^a	2.75 ±0.07 ^{ac}	2.60 ±0.00 ^{ab}	2.53 ±0.04 ^a	2.40 ±0.00 ^c	2.43 ±0.04 ^b	

KAPP: Kimchi stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: Kimchi stored in polypropylene container.

KST: Kimchi stored in stainless steel container.

KPC: Kimchi stored in porcelain container.

^{a~d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

Table 12. Changes in reducing sugar content of during storage in Kimchi

(mg/mL)

Container	Days											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
KAPP	2.86 ±0.01 ^a	2.45 ±0.01 ^a	2.61 ±0.06 ^a	2.58 ±0.01 ^b	2.39 ±0.01 ^a	2.21 ±0.01 ^c	1.89 ±0.06 ^c	1.55 ±0.01 ^b	1.52 ±0.02 ^d	1.49 ±0.01 ^d	1.47 ±0.03 ^d	
KPP	2.86 ±0.01 ^a	2.83 ±0.02 ^a	2.57 ±0.04 ^a	2.45 ±0.06 ^a	2.24 ±0.04 ^c	1.82 ±0.04 ^a	1.05 ±0.07 ^a	0.83 ±0.04 ^a	0.73 ±0.03 ^b	0.70 ±0.00 ^b	0.70 ±0.00 ^b	
KST	2.86 ±0.01 ^a	2.83 ±0.01 ^a	2.42 ±0.01 ^b	2.31 ±0.04 ^c	2.10 ±0.02 ^b	1.76 ±0.03 ^a	0.92 ±0.03 ^a	0.73 ±0.01 ^a	0.61 ±0.01 ^a	0.59 ±0.01 ^a	0.57 ±0.02 ^a	
KPC	2.86 ±0.01 ^a	2.85 ±0.01 ^a	2.60 ±0.02 ^a	2.54 ±0.01 ^{ab}	2.32 ±0.03 ^a	2.04 ±0.06 ^b	1.72 ±0.03 ^b	1.45 ±0.06 ^b	1.41 ±0.01 ^c	1.40 ±0.00 ^c	1.41 ±0.00 ^c	

KAPP: Kimchi stored in antimicrobial polypropylene container.

KPP: Kimchi stored in polypropylene container.

KST: Kimchi stored in stainless steel container.

KPC: Kimchi stored in porcelain container.

^{a~d} Means with the different letters in same column are significantly different by Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

용기(PP), 스텐인레스 용기(ST), 도자기 용기(PC)에 저장하면서 김치의 이화학적 특성을 비교 실험하며, 천연 자생식물을 첨가하여 개발된 항균 용기의 활용 가능성을 연구하였다.

- 김치의 저장 중 pH는 저장초기 pH 5.98에서 저장 15일 동안 김치 pH의 변화(5.75~5.82)는 큰 차이가 없었으나, 저장기간이 길어질수록 서서히 감소하는 경향을 보였다. 저장 35일 이후에도 개발된 APP 용기에 저장된 김치는 pH 4.5로 유지하여 김치의 품질이 유지되었다.
- 저장 중 김치의 산도는 발효 숙성 중 점차적으로 증가하면서 발효 과정 동안 증가하는 추세를 보였는데, APP 용기에 저장된 김치의 경우 다른 용기에 비해 산도가 서서

히 증가하였고, 저장 40~50일까지 최적 산도 조건으로 판단되는 0.5~0.7%의 범위로 측정되었다.

- APP 용기에 저장된 김치의 비타민 C 함량은 저장 50일에 17.93 mg/100 g으로 시판 용기에 저장된 김치에 비하여 높은 잔존율을 유지하였다. 환원당의 경우에는 APP 용기에 저장된 경우, 저장 35일차 이후에도 약 1.51 mg/mL로 유지되어 APP 용기는 젖산발효 속도를 유지시켜 주므로 저장기간 연장이 가능할 것으로 예상되었다.
- 김치의 초기 염도는 3.10%이었고, 저장 50일 이후의 염도를 비교한 결과, APP 용기 2.85%, PP 용기 2.00%, ST 용기 1.93%, PC 용기 2.43%로 측정되었다.

5. APP 용기에 저장된 김치는 저장 50 일차에 3629.74 g으로, 초기 경도 값 4436.38 g과 비교하였을 때, 높은 경도를 유지하였고, 시판 용기에 저장된 김치에 비하여도 경도가 유지되어 연부현상이 지연되는 것으로 판단되었다.

본 연구는 용기에 따른 김치의 이화학적 특성 비교를 통해 천연 자생식물을 첨가하여 개발된 항균 용기의 활용 가능성에 대해 알아보고자 하였다. 이화학적 특성에 관한 연구로 제한되고 있으나, 자생식물 추출물을 첨가한 항균 용기는 김치를 저온에 저장할 시 최적의 이화학적 품질을 유지함으로써 김치의 품질을 장기간 유지할 수 있는 용기라고 판단이 되는 바이다. 향후에는 김치 외의 식품 저장 및 다른 온도에서의 저장 효과에 관한 연구가 더 진행됨으로써 항균 용기의 실용화 가능성을 뒷받침할 필요가 있다고 사료된다.

REFERENCES

- Chang JY, Kim IC, Chang HC (2011) Effect of solar salt on the fermentation characteristics of *kimchi*. Korean J Food Preser 18(2): 56-265.
- Choi HS (2002) *Kimchi* Culture and Dietary Life in Korea. Hyoil, Korea. pp 43-52.
- Choi HS (2004) *Kimchi*: Fermentation and Food Science. Hyoil, Korea. pp 345-358.
- Cho IY (2005) The quality changes of less salty *Kimchi* prepared with extract powder of fine root of ginseng and *Schinzandra chinensis* juice during fermentation. MS Thesis Ewha Womans University, Seoul. pp 19-33.
- Choi KC, Kim MY, Jung SK (1995) Quality changes and shelf-life of cut cabbage *Kimchi* under various storage temperatures and packing materials. Korean J Post-Harvest Sci Technol Agri Products 2(2): 277-284.
- Choi MW, Kim KH, Park KY (1997) Effects of *Kimchi* extracts on the growth of Sarcoma - 180 cells and phagocytic activity of mice. J Korean Soc Food Sci Nutr 26(2): 254-260.
- Chung HJ, Kim HR, Yoo MJ (2005) Changes in texture and sensory properties of low-temperature and long-term fermented baechu *kimchi* during the fermentation. Korean J Food Culture 20(4): 426-432.
- Korean Food Code (2017) http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp Assessed September 15, 2017.
- Korean Food Promotion Institute. <http://hansik.or.kr/kr/board/re/view/> Assessed September 15, 2017.
- Han HU, Lim CR, Park HK (1990) Determination of microbial community as an indicator of *kimchi* fermentation. Korean J Food Technol 22(1): 26-32.
- Han KI, Kim MJ, Kwon HJ, Kim YH, Kim WJ, Han MD (2013) The effect of container types on the growth of bacteria during *kimchi* fermentation. Korean J Food & Nutr 26(2): 249-257.
- Hur SW (2015) An optimum fermentation condition and quality properties of rapidly fermented mukeun(long term-fermented) *kimchi* under a different storage conditions. MS Thesis Ewha Womans University, Seoul. pp 5-10.
- Jang HL, Park SY, Lee JH, Hwang MJ, Choi Y, Kim J, Hwang J, Seo D, Kim S, Nam JS (2016) Changes in nutritional composition and physicochemical properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) *kimchi* during fermentation. Korean J Food Nutr 29(5): 706-715.
- Jeon YS, Kye IS, Cheigh HS (1999) Changes of vitamin C and fermentation characteristics of *Kimchi* on different cabbage variety and fermentation temperature. J Korean Soc Food Sci Nutr 28(4): 773-779.
- Jo JS (2000) Research of *Kimchi*. Yoolim-moonwhasa, Korea. pp 268-276.
- Jung JL, Kim MH, Kim MJ, Jang KS, Kim SD (1994) *Kimchi* fermentation and heat treatment under sub-atmosphere. J of the East asian Society of Dietary life 4(1): 85-94.
- Kim KH, Cho HS (2008) Physicochemical and microbiological properties of skate (*Raja kenoeji*) *kimchi* on the market. Korean J Food Culture 23(2): 235-242.
- Kim KO, Kim WH (1994) Changes in properties of *kimchi* prepared with different kinds and levels of salted and fermented seafoods during fermentation. Korean J Food Technol 26(3): 324-330.
- Kim MK, Kim SY, Woo SC, Kim SD (1994) Effect of air controlled fermentation on *kimchi* quality. J Korean Soc Food Sci Nutr 23(2): 268-273.
- Ko MS (2015) The quality properties of rapidly fermented mukeun (long term-fermented) *kimchi* with different salinity and fermented temperature. MS Thesis Ewha Womans University, Seoul. pp 6-15.
- Ku KH, Sunwoo JY, Park WS (2005) Effects of ingredients on the its quality characteristics during *kimchi* fermentation. J Korean Soc Food Scl Nutr 34(2): 267-276.
- Lee CW, Ko CY, Ha DM (1992) Microfloral changes of the lactic acid bacteria during *kimchi* fermentation and identification of the isolates. J Appl Microbiol Biotechnol

- 20(1): 102-109.
- Lee EJ, Park SE, Choi HS, Han GJ, Kang SA, Park KY (2010) Quality characteristics of *kimchi* fermented in permeability-controlled polyethylene containers. Korean J Food Preser 17(4): 793-799.
- Lee EW (2012) Fermentation properties of winter *kimchi* stored under various storage modes in the *kimchi* refrigerator. MS Thesis Pusan National University, Korea. pp 1-3.
- Lee HJ (2000) A study on *kimchi*, or Korean traditional dishes, culture. J Asian Comparative Folklore Society 18(-): 85-99.
- Lee TY, Lee JW (1981) The changes of vitamin C content and the effect of galacturonic acid addition during *kimchi* fermentation. J Korean Agric Soc 24(2): 139-144.
- Lim JW, Moon JS, Kim HD, Na DJ, Son JY (2004) Changes quality characteristics of *kimchi* by storage containers. Korean J Food & Nutr 17(1): 80-85.
- Min TI, Kwon TW (1984) Effect of temperature and salt concentration on *kimchi* fermentation. Korean J Food Technol 16(4): 443-450.
- Park SH, Lim SH (2003) Effects of red pepper, salt-fermented anchovy extracts and salt concentration on the tastes of *kimchi*. J Korean Soc Food Sci Nutr 32(3): 346-349.
- Park SK, Cho YS, Park JS, 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 WP, Chang DK (2003) *Kimchi* quality affected by the addition of grape fruit seed extract powder. Korean Journal of Food Preservation 10(3): 288-292.
- 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.
- Shin DH, Kim MS, Han JS, Lim DK (1996) Changes of chemical composition and microflora in bottled vacuum packed *kimchi* during storage at different temperature. Korean J Food Sci Technol 28(1):127-136.
- Son YM, Kim KO, Jeon DW, Kyung KH (1996) The effect of low molecular weight chitosan with and without other preservatives on the characteristics of *kimchi* during fermentation. Korean J Food Technol 28(5): 888-896.
- Woo N, Lee HS, Ko SH (2018) Antimicrobial activities of native plants' extract and development of antivacterial container with extracts. J East Asian Soc Dietary Life 28(3): 231-238.
- Yoo EJ, Lim HS, Kim JM, Song SH, Choi MR (1998) The investigation of chitosan oligosaccharide for prolongating fermentation period of *kimchi*. J Korean Soc Food Sci Nutr 27(5): 869-874.
- Yoo MJ (2002) Quality properties of the low temperature and long term-fermented *kimchi* during fermentation. Ph D Dissertation Chonnam national university, Gwangju. pp 48, 57, 63-70.
- Yook SH (2013) Optimal condition for *kkakdugi* preparation and its physicochemical properties. MS Thesis Ewha Womans University, Seoul. pp 16-17.

Date Received	Apr. 28, 2018
Date Revised	Jun. 18, 2018
Date Accepted	Jul. 16, 2018