

저장조건을 달리한 봄배추로 제조한 김치의 숙성 중 품질 변화

방혜열 · 조순덕 · 김병삼* · †김건희

덕성여자대학교 식물자원연구소, *한국식품연구원 스마트유통시스템연구단

Quality Change in *Kimchi* made of Spring *Kimchi* Cabbage during Fermentation under Different Storage Conditions

Hye-Yeol Bang, Sun-Duk Cho, Byeong-Sam Kim* and †Gun-Hee Kim

Plant Resources Research Institute, Duksung Women's University, Seoul 01369, Korea

*Research Group of Smart Food Distribution System, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea

Abstract

To stabilize the supply of *kimchi* by extending the storage period of spring *kimchi* cabbage, this study manufactured *kimchi* from spring *kimchi* cabbage under varying storage conditions and periods, and analyzed their quality and sensory characteristics following the maturing period. Trimming loss was lowest in the group of plasma+reverse direction+pre-drying+HDPE film processing. The salting yield of spring *kimchi* cabbage stored for 12 weeks was lower than that of spring *kimchi* cabbage stored for 6 weeks, and the *kimchi* yield was low in the pre-treatment group of spring *kimchi* cabbage stored for 12 weeks. The firmness was slightly different according to the storage period from one month of maturation. From the perspective of pH and acidity, the maturation in the reverse direction+pre-drying+HDPE film processing group was slower than that in the normal group (<0.05). In the sensory evaluation, the preference was increased in the low temperature storage processing group as the maturation period was increased (<0.05).

Key words : spring *kimchi* cabbage, *kimchi*, quality characteristics, sensory evaluation

서 론

김치는 한국인이 쌀과 우유 다음으로 많이 먹는 주요 부식이며, 밥상에 빠져서는 안 될 찬류로 세계에 우리나라를 알리는 대표적인 음식 중 하나이다. 또한 김치는 식이섬유와 페놀성 화합물 함량이 높고, 각종 비타민 성분과 칼슘을 비롯한 무기질의 주요 공급식품으로 알려져 있으며, 항암, 정장 및 항염증효과, 항노화 등 다양한 기능성 효과가 보고된 바 있다 (Kim 등 2002; Bong 등 2013; Park 등 2013; Park 등 2014). 김치의 주재료인 배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*)는 십자화과에 속하는 두해살이 잎줄기채소로 주로 한국, 일본, 중국

에서 많이 재배되어 봄, 여름, 가을에 생산되며, 우리나라에서 소비량이 가장 많은 채소 중의 하나이다(Park 등 2013; Kim 등 2014). 김장철에 특히 수요가 급증하여 매해 가격 변동 및 수급의 어려움이 있는 실정임으로(Kim 등 2012; Kim 등 2014), 이를 해소하고자 전통적으로 배추를 주재료로 하지 않고, 지역산물과 계절작물 등 다양한 채소를 이용한 김치가 개발 전수되어 왔으나, 김치 자체뿐 아니라, 찌개, 국, 볶음, 찜 등 요리의 주·부재료로 폭넓게 이용되는 배추김치의 수요는 여전히 큰 비중을 차지하고 있다(Kim 등 2012). 계절과 기후 변화에 좌우되는 배추 수급변동의 안정화를 위해서는 저장성이 높은 가을배추에 비하여 그 이용이 상대적으로 저조한

† Corresponding author: Gun-Hee Kim, Plant Resources Research Institute, Duksung Women's University, Seoul 01369, Korea, Tel: +82-2-901-8496, Fax: +82-2-901-8474, E-mail: ghkim@duksung.ac.kr

봄배추의 활용도를 높일 수 있도록 봄배추의 최적 저장기간과 저장조건을 확립할 필요가 있다. 또한, 김장철에 집중되는 김치제조 시기가 분산될 수 있도록 배추 자체뿐 아니라, 김치로 제조되었을 때의 저장성 및 품질의 변화에 대한 연구가 필수적이다.

김치관련연구는 재료부터 품질, 가공, 발효, 식품화학, 영양 및 기능성에 이르기까지 다양하게 수행되고 있으며(Kim & Lee 2014), 소비자의 건강 지향적 욕구 증가에 따라 미더덕, 녹차, 키토산, 뽕잎추출액 등 다양한 부재료를 첨가하여 기능성을 높인 김치에 대한 연구결과가 보고되었다(Lee & Rho 2014). 최근에는 각 가정에서 김장을 할 때 절임배추의 사용이 크게 증가함에 따라 절임시간과 염도에 관한 연구(Ryu 등 2014) 및 절임배추의 제조 시 살균기술(Lee KH 2008), 절임기술(Lee 등 2009), 계절별 절임배추의 품질특성(Ku 등 2014) 등 신선식품인 배추의 저장기간을 연장시키고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 배추 자체의 품질변화 속도를 억제하고, 저장기간 연장을 위한 연구로는 CA저장(Park 등 1999), polyethylene film 포장 및 저온저장(Chung DS 1997), 예건 및 저온저장(Lee 등 2001), 예냉 등 저장 및 전처리 방법을 달리한 연구가 진행되고 있으며, 대부분 월동배추를 대상으로 하고 있다. 적재방향과 관련하여 봄배추를 대상으로 진행된 연구에는 Park 등(2013)의 한국산 및 일본산 봄배추로 제조한 김치의 품질 및 기능성 비교와 Kim & Kim(2000)이 연구한 품종별 봄배추 김치의 품질특성에 관한 연구 등이 수행된 바 있다. 월동배추를 대상으로 한 연구에 비해 봄배추를 대상으로 한 연구는 많이 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 문헌고찰 및 선행연구를 통해 저장기간 연장에 효과가 있는 것으로 보고된 전처리 방법 중 역방향 적입과 예건(Eum 등 2013) 및 저온저장(Chung DS 1997), HDPE 필름포장(Han ES 1998)과 살균 및 노화억제로 신선도 유지에 효과적인 저장조건으로 알려진 플라즈마 큐어링(Oh 등 2015), 광촉매처리(Choi YJ 2007)를 병용하는 등 다양한 저장방법으로 기간의 차이를 두고 저장한 봄배추로 김치 제조 후 숙성 중 품질특성의 변화를 비교함으로써, 봄배추 저장에 적합한 조건 및 기간을 확립하고, 김치 적성 향상을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 김치제조

연구에 사용된 봄배추는 2015년 6월 전라북도 순창에서 노지 재배된 대통품종으로 수확 후 바로 플라스틱 컨테이너(55×37×32 cm)에 3~4포기씩 정방향(배추 뿌리를 아래로 하고 잎이 위를 향하게) 또는 역방향(배추 잎을 아래로 하고 뿌리

가 위를 향하게)으로 각각 적입한 후 저장조건에 따라 저온 저장고(1±0.5℃), 플라즈마 큐어링(Water link Co., Gyeonggi, Korea) 저장고(온도 5℃ 이하, 습도 90±5% 유지), 광촉매 발생기(Wizfresh Co., Seoul, Korea)를 사용한 저장고(온도 5℃ 이하, 습도 75±5% 유지)로 각각 나누어 저장하였으며(대관령 원예농협 무·배추 출하조절시설 내 저장고 이용), 이 중 일부는 10℃에서 팬을 사용하여 1일간 예건(Eum 등 2013) 후, 20 μm HDPE(high density polyethylene) film(Bae 등 2015)을 덮어 각 저장조건에 따라 12주간 저장하였다. 본 실험에서는 저장 6주와 12주 후에 대관령에서 출고된 봄배추를 이용하여 각각의 김치를 제조하였으며, 저장 조건 등은 Fig. 1과 같다. 배추 출고 후 손상된 겉잎을 제거하고, 2절하여 15% 소금물(천일염, 신안) 17시간 침지한 후, 3회 세척하고 2시간 탈수한 뒤 미리 준비해 둔 양념소를 이용하여 김치를 제조하였다. 양념소는 농촌진흥청 김치종합양념소의 제조 비율에 따라 절임배추 100 g에 대하여 고춧가루(괴산, 태양초) 4.5 g, 마늘(서산) 2.0 g, 생강(서산) 1.0 g, 멸치액젓(CJ) 5.0 mL, 백설탕(백설) 0.5 g 등으로 하였으며, 부재료인 무(제주) 10 g, 양파(무안) 5 g과 함께 마쇄하여 제조하였다(Cho 등 2016). 제조된 김치는 polyethylene bag에 약 1포기씩 각각 밀봉 포장한 후, 4℃ 저장고에 8주 동안 저장하면서 숙성기간에 따른 품질 및 관능적 특성을 비교 분석하였다.

2. 정선손실률, 절임수율 및 김치수율

서로 다른 저장조건과 기간의 경과에 따른 봄배추의 품질 저하 정도를 비교하기 위해 건조되거나, 부패되어 이용이 불가능한 겉잎을 제거한 후, 중량을 측정(Jeong 등 2011)하여 아래와 같이 정선손실률을 계산하였다. 또한 각 시료의 김치 활용가능성을 파악하기 위하여 산업체에서 상용하는 방법에

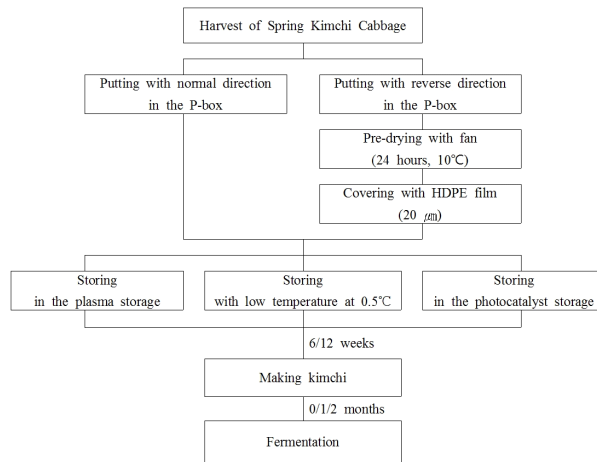


Fig. 1. Procedure preparing kimchi made of spring kimchi cabbage under different storage conditions and periods.

따라 절임 후 중량과 김치 제조 후 총량을 각각 측정하여 정선 후 중량 대비 절임 후 중량을 백분율로 환산하여 절임수율을, 김치수율은 원재료 중량 대비 김치 총량을 백분율로 환산하여 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{정선손실률(\%)} = ((\text{원재료 중량} - \text{정선 후 중량}) / \text{원재료 중량}) \times 100$$

$$\text{절임수율(\%)} = (\text{절임 후 중량} / \text{정선 후 중량}) \times 100$$

$$\text{김치수율(\%)} = (\text{김치 총량} / \text{원재료 중량}) \times 100$$

3. 품질특성

경도는 제조된 김치의 겉잎으로부터 7번째 엽을 절단하여 줄기부분 단축경으로 부터 5 cm 지점의 중륵이 가장 두꺼운 부분을 texture analyser(LLOYD Instrument, Ametek, Inc., Fareham, Hants, UK)를 이용하여 speed 60 mm/min, trigger 0.5 N으로 측정(Cho 등 2016)하였다. 엽도 측정을 위해 제조된 김치시료를 녹즙기(Do9901, Dongaoscar, Korea)를 이용하여 착즙한 후 디지털 엽도계(SB-2000, Gimisangung, Korea)를 이용하여 측정(Yun 등 2014)하였다. pH 및 적정산도는 제조된 김치시료를 녹즙기(Do9901, Dongaoscar, Korea)를 이용하여 착즙한 후 automatic titrator(Titroline easy, Schott Instruments, Mainz, Germany)를 사용하여 측정하였다.

4. 관능평가

김치의 관능평가를 위해 8명의 훈련된 패널을 선정하였으며, 외관(appearance), 냄새(overall smell), 맛(taste), 조직감(texture) 그리고 전반적인 기호도(overall acceptability)에 대하

여 Kim 등(2014)의 방법에 따라 5점 기호척도법(1=매우 싫음, 5=매우 좋음)을 이용하여 평가하였다.

5. 통계처리

모든 실험은 3번 이상 반복하여 평균값과 오차를 나타내었고, 각 항목의 측정값은 SPSS Win program(Version 19.0, Chicago, IL, USA)을 이용하였다. ANOVA 분석을 실시하여 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였으며, Pearson's correlation에 따라 품질요인 간의 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 정선손실률, 절임수율 및 김치수율

저장조건과 저장기간의 차이에 따른 봄배추와 이를 이용한 절임배추, 김치의 정선손실률과 절임수율, 김치수율을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 배추의 품질변화를 나타내는 정선손실률은 저장 6주 배추에 비하여 저장 12주 배추의 손실률이 크게 증가하여 저장기간 경과에 따른 품질저하를 나타냈으나, 이 중 플라즈마+역방향+예건+HDPE film 처리구의 경우, 저장 6주와 12주에 각각 처리구 중 가장 낮은 손실률을 보여, 예건 후 HDPE film 커버를 한 처리구가 무처리구에 비해 저장기간 전반에 걸쳐 낮은 무게손실을 보인 Eum 등(2013)의 결과와 유사한 경향을 보였으며, 저장고별로는 플라즈마 저장이 가장 우수한 선도를 유지하였던 것을 알 수 있었다. 절임수율의 경우, 91.65~97.92%로 처리구별 차이가 적은 저장 6주 배추에 비하여 저장 12주 배추의 수율이 49.30

Table 1. Trimming loss (%), brined spring kimchi cabbage yield (%) and kimchi yield (%) of spring kimchi cabbage under different storage conditions and periods

Storage period (weeks)	Storage condition	Trimming loss (%)	Brined spring kimchi cabbage yield (%)	Kimchi yield (%)	
6	Plasma	Normal	25.59	96.14	91.57
		Reverse+pre-drying+HDPE film	16.49	91.65	97.96
	Low temperature (0.5°C)	Normal	19.60	92.39	95.08
		Reverse+pre-drying+HDPE film	25.42	94.49	90.20
	Photocatalyst	Normal	24.55	97.89	94.55
		Reverse+pre-drying+HDPE film	25.33	97.92	93.58
12	Plasma	Normal	34.18	49.30	41.54
		Reverse+pre-drying+HDPE film	26.61	67.12	63.05
	Low temperature (0.5°C)	Normal	39.65	55.58	42.93
		Reverse+pre-drying+HDPE film	41.71	86.54	64.57
	Photocatalyst	Normal	44.22	59.41	42.42
		Reverse+pre-drying+HDPE film	32.35	64.80	56.11

Table 2. Changes of firmness (kgf) in kimchi made of spring kimchi cabbage under different storage conditions and periods during fermentation for 2 months at 4°C

Storage period (weeks)	Storage condition	Fermentation period (months)			
		0	1	2	
6	Plasma	Normal	14.01±1.21 ^{1)a2)}	4.76±0.52 ^{ab}	5.01±0.56 ^a
		Reverse+pre-drying+HDPE film	14.25±1.81 ^a	4.99±1.08 ^{ab}	3.50±0.36 ^c
	Low temperature (0.5°C)	Normal	13.67±1.05 ^a	4.17±0.54 ^b	4.15±0.76 ^{bc}
		Reverse+pre-drying+HDPE film	14.21±0.61 ^a	4.01±0.70 ^b	4.40±0.45 ^{ab}
	Photocatalyst	Normal	12.96±1.38 ^a	5.33±1.17 ^a	4.87±0.49 ^a
		Reverse+pre-drying+HDPE film	12.94±1.05 ^a	4.20±0.93 ^b	3.80±0.46 ^{bc}
12	Plasma	Normal	7.03±0.86 ^{ab}	4.32±0.45 ^{cd}	4.45±0.69 ^b
		Reverse+pre-drying+HDPE film	7.46±1.82 ^{ab}	5.00±0.66 ^{abc}	4.86±0.60 ^{ab}
	Low temperature (0.5°C)	Normal	7.19±1.32 ^{ab}	5.74±1.13 ^a	5.42±0.51 ^a
		Reverse+pre-drying+HDPE film	8.10±1.30 ^{ab}	4.60±0.70 ^{bcd}	4.30±0.44 ^b
	Photocatalyst	Normal	6.39±1.09 ^b	3.83±0.57 ^d	4.55±0.35 ^b
		Reverse+pre-drying+HDPE film	8.44±1.43 ^a	5.54±1.28 ^{ab}	4.79±0.81 ^{ab}

¹⁾ Each value represented mean±S.D. (n=6)

²⁾ The values with different letters (^{a-d}) within same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

~86.54%로 크게 감소한 것을 볼 수 있었는데, 이는 저장기간이 긴 배추가 엽질임시 펙틴과 셀룰로오스 사이의 수소결합 해제로 인해 물질 이동이 상대적으로 높아진 결과로 판단된다(Lee 등 2009; Yun 등 2014). 저장 12주 배추에서는 각 저장고의 역방향+예건+HDPE film 처리구가 정방향 처리구

에 비하여 높은 수율을 나타내었으나, 이 중 저온+역방향+예건+HDPE film 처리구만이 상업적으로 판매 가능한 한계절임율(critical salting ratio) 이상을 유지하였다. 김치수율은 절임수율에 비하여 저장 12주 배추에서 크게 감소하였으며, 이는 절임수율과 달리 김치수율의 경우, 원재료 대비 김치 총량을

Table 3. Change of salinity (%) in kimchi made of Spring kimchi cabbage under different storage conditions and periods during fermentation for 2 months at 4°C

Storage period (weeks)	Storage condition	Fermentation period (months)			
		0	1	2	
6	Plasma	Normal	1.67±0.06 ^{1)c2)}	1.33±0.03 ^b	1.38±0.04 ^d
		Reverse+pre-drying+HDPE film	1.80±0.26 ^{bc}	1.33±0.02 ^b	1.50±0.03 ^b
	Low temperature (0.5°C)	Normal	2.03±0.06 ^{ab}	1.44±0.11 ^a	1.43±0.02 ^c
		Reverse+pre-drying+HDPE film	2.03±0.06 ^{ab}	1.41±0.05 ^{ab}	1.60±0.02 ^a
	Photocatalyst	Normal	1.80±0.10 ^{bc}	1.22±0.02 ^c	1.22±0.02 ^c
		Reverse+pre-drying+HDPE film	2.07±0.12 ^a	1.44±0.01 ^a	1.35±0.01 ^d
12	Plasma	Normal	1.46±0.02 ^d	1.57±0.02 ^a	1.40±0.04 ^c
		Reverse+pre-drying+HDPE film	1.55±0.03 ^{bc}	1.58±0.04 ^a	1.96±0.02 ^{ab}
	Low temperature (0.5°C)	Normal	1.56±0.02 ^{bc}	1.27±0.04 ^b	1.27±0.04 ^c
		Reverse+pre-drying+HDPE film	1.74±0.03 ^a	1.58±0.04 ^a	1.70±0.28 ^b
	Photocatalyst	Normal	1.59±0.04 ^b	1.53±0.02 ^a	1.70±0.23 ^b
		Reverse+pre-drying+HDPE film	1.51±0.06 ^{cd}	1.53±0.02 ^a	2.04±0.02 ^a

¹⁾ Each value represented mean±S.D. (n=6)

²⁾ The values with different letters (^{a-c}) within same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

나타내므로, 정선손실률이 높은 저장 12주 배추의 경우, 김치 수율에 큰 영향을 받은 것을 알 수 있었다. 저장 6주 배추의 경우, 90% 이상의 안정적인 김치수율을 보여주었으나, 저장 12주 배추에서는 절임수율의 결과와 같이 각 저장고의 역방향+예건+HDPE film 처리구가 50% 이상으로 비교적 높은 수율을 나타내었으며, 정방향 처리구는 50% 이하의 수율을 나타내어 김치 상품화 가능성은 매우 낮게 평가되었다.

2. 품질특성

각 시료의 경도(firmness)를 측정하여 분석한 결과, 저장 6주 배추의 경우, 김치 제조 직후 12.9~14.3 kgf에서 숙성 1개월째 4.0~5.3 kgf으로 크게 감소하였고, 숙성 2개월째에는 큰 차이를 보이지 않았다(Table 2). 제조직후와 달리 숙성 1개월째부터는 광촉매+정방향 처리구가 유의적으로 가장 높은 경도를 나타내었다. 저장 12주 배추의 경우, 김치제조직후 6.4~8.4 kgf로 저장 6주 배추에 비해 낮은 경향을 보였으며, 숙성 1, 2개월째에는 저장 6주 배추와 달리 저온저장(0.5°C)+정방향 처리구가 5.73 kgf와 5.42 kgf로 각각 유의적으로 가장 높은 경도를 나타내었다($p<0.05$). 저장기간이 긴 배추가 김치 제조 직후에는 경도의 차가 크나 숙성기간이 길어질수록 그 차이가 감소하는 것은 저장기간이 긴 배추의 탄력성이 숙성기간의 증가에 따라 빠르게 감소하는 것으로 나타난 Yun 등 (2014)의 연구결과와 상반된 것으로 보이나, 탄력성과 달리 기계적 조직감의 경우, 세포벽의 파괴와 중첩으로 절단면에 해당하는 섬유소의 수가 증가하고, 밀도가 높아지게 되어 (Park MK 2002) 초기 조직이 더 단단했던 저장 6주 배추에

비해 저장 12주 배추의 경도 감소폭이 크지 않은 것으로 사료된다.

저장 6주 배추의 염도는 제조직후와 숙성 1, 2개월 모두 광촉매+정방향 처리구가, 저장 12주 배추의 염도는 제조직후 가장 낮은 절임수율을 나타냈던 플라즈마+정방향 처리구가 가장 낮았다(Table 3). 숙성 1, 2개월에는 가장 높은 경도를 나타낸 저온저장(0.5°C)+정방향 처리구가 가장 낮은 염도($p<0.05$)를 나타내었는데, 이는 절임과정에서 삼투압에 의한 배추조직으로부터의 수분 용출과 조직손상을 통해 발효가 촉진되므로(Kim & Kim 2000), 처리구별 조직 강도에 따른 염도의 차이를 초래한 것으로 판단되었다.

숙성 중 생성되는 유기산으로 김치의 숙성지표가 되는 pH와 적정산도의 분석 결과는 Table 4와 같다. 저장 6주 배추의 경우, 광촉매+역방향+예건+HDPE film 처리구의 pH는 가장 낮고 산도는 가장 높은 것으로($p<0.05$) 측정되어 숙성이 보다 빨리 진행되었음을 알 수 있었으며, 숙성 2개월째에는 역방향+예건+HDPE film 처리구의 산도가 동일 저장고의 정방향 처리구에 비해 더 낮은 것으로 나타나, Kim 등(2001)이 배추의 포장 및 적재 방법이 환원당이나 비타민 C 등의 품질특성에 영향을 미친다고 연구한 바와 마찬가지로 배추의 적입 및 전처리 방법이 숙성속도에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되었다. 김치숙성 최종단계의 산도를 0.75~1%로 볼 때 (Shin 등 2012), 저장 12주 배추의 pH 및 적정산도는 제조직후에 가장 높은 pH와 낮은 산도를 보였던 저온저장(0.5°C)+정방향 처리구가 숙성 1개월 후부터 가장 낮은 pH와 높은 산도를 기록하여 숙성의 빠른 진행을, 반대로 플라즈마+역방향+

Table 4. Changes of pH and titratable acidity (%) in kimchi made of spring kimchi cabbage under different storage conditions and periods during fermentation for 2 months at 4°C

Storage period (weeks)	Storage condition	Fermentation period (months)				
		0	1	2		
pH	Plasma	Normal	5.22±1.21 ^{1)a2)}	5.54±0.52 ^b	4.42±0.56 ^c	
		Reverse+pre-drying+HDPE film	5.15±1.81 ^d	5.00±1.08 ^d	4.72±0.36 ^a	
	Low temperature (0.5°C)	Normal	5.20±1.05 ^b	4.63±0.54 ^c	4.17±0.76 ^c	
		Reverse+pre-drying+HDPE film	4.97±0.61 ^c	4.89±0.70 ^a	4.19±0.45 ^b	
	Photocatalyst	Normal	5.06±1.38 ^b	4.94±1.17 ^c	4.35±0.49 ^c	
		Reverse+pre-drying+HDPE film	5.26±1.05 ^e	5.32±0.93 ^f	4.48±0.46 ^c	
	Plasma	Normal	5.47±0.04 ^{ab}	4.28±0.03 ^d	4.30±0.10 ^{ab}	
		Reverse+pre-drying+HDPE film	5.37±0.03 ^b	5.18±0.03 ^a	4.34±0.09 ^a	
	12	Low temperature (0.5°C)	Normal	5.61±0.03 ^a	4.20±0.05 ^c	4.16±0.07 ^c
			Reverse+pre-drying+HDPE film	5.36±0.03 ^b	4.36±0.02 ^c	4.18±0.03 ^{bc}
		Photocatalyst	Normal	5.33±0.21 ^b	4.24±0.02 ^{de}	4.20±0.05 ^{bc}
			Reverse+pre-drying+HDPE film	5.37±0.01 ^b	5.13±0.02 ^b	4.26±0.05 ^{abc}

Table 4. Continued

Storage period (weeks)	Storage condition	Fermentation period (months)				
		0	1	2		
Titratable acidity (%)	Plasma	Normal	0.31±1.21 ^{bc}	0.38±0.52 ^d	0.75±0.56 ^a	
		Reverse+pre-drying+HDPE film	0.29±1.81 ^c	0.51±1.08 ^b	0.76±0.36 ^b	
	Low temperature (0.5 °C)	Normal	0.33±1.05 ^{bc}	0.73±0.54 ^c	1.18±0.76 ^a	
		Reverse+pre-drying+HDPE film	0.39±0.61 ^{bc}	0.61±0.70 ^e	1.16±0.45 ^b	
	Photocatalyst	Normal	0.42±1.38 ^{ab}	0.53±1.17 ^b	1.01±0.49 ^a	
		Reverse+pre-drying+HDPE film	0.33±1.05 ^a	0.46±0.93 ^a	0.93±0.46 ^a	
	12	Plasma	Normal	0.35±0.02 ^b	0.82±0.03 ^b	1.05±0.01 ^b
			Reverse+pre-drying+HDPE film	0.48±0.02 ^a	0.37±0.01 ^e	0.95±0.01 ^c
		Low temperature (0.5 °C)	Normal	0.33±0.01 ^b	0.93±0.02 ^a	1.22±0.02 ^a
			Reverse+pre-drying+HDPE film	0.49±0.01 ^a	0.62±0.01 ^c	1.03±0.02 ^b
		Photocatalyst	Normal	0.46±0.03 ^a	0.80±0.02 ^b	1.02±0.07 ^{bc}
			Reverse+pre-drying+HDPE film	0.47±0.08 ^a	0.48±0.02 ^d	0.95±0.06 ^c

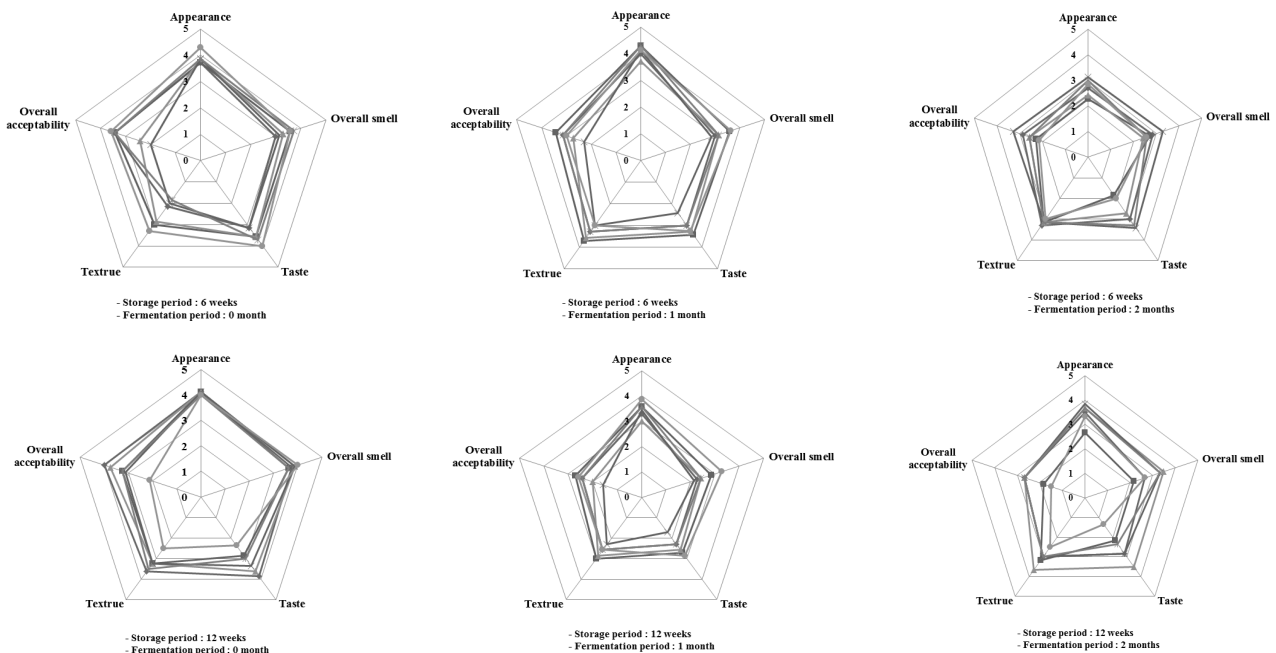
1) Each value represented mean±S.D. (n=6)

2) The values with different letters (^{a-c}) within same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

예건+HDPE film처리구의 경우, 김치 숙성의 진행이 완화된 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 이는 에탄올의 첨가로 인해 미생물에 의한 발효억제 및 숙성 지연효과를 보인 Kang 등 (2015)의 연구결과와 유사하여 플라즈마에 의한 식품살균효

과에 의한 숙성 지연으로 사료되나 향후, 미생물 등의 연구가 병행되어 이를 검증할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

3. 관능평가



—○— plasma+normal —■— plasma+reverse+pre-drying+HDPE film —▲— low temperature(0.5 °C)+normal
 —◇— low temperature(0.5 °C)+reverse+pre-drying+HDPE film —×— photocatalyst+normal —*— photocatalyst+reverse+pre-drying+HDPE film

Fig. 2. Sensory evaluation of kimchi made of spring kimchi cabbage under different storage conditions and periods during fermentation for 2 months at 4 °C.

저장 6주 배추와 12주 배추의 숙성기간별 관능평가결과를 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 저장 6주의 배추의 경우, 김치제조 직후 외관 및 냄새와 맛에서 유의적 차이를 발견할 수 없었으나, 질감 및 전반적인 기호도에서는 광촉매+역방향+예건+HDPE film처리구가 가장 높은 점수를 얻었으며($p < 0.05$), 숙성 1개월 후에는 외관, 냄새, 맛, 질감 모두 유의적 차이 없이 전반적인 기호도에서만 플라즈마+역방향+예건+HDPE film처리구가 가장 높은 점수를 얻었고($p < 0.05$), 숙성 2개월 후에는 외관, 냄새, 질감, 전반적인 기호도에서 모두 유의적 차이 없이 맛에서 저온저장+역방향+예건+HDPE film처리구와 광촉매+정방향 처리구에서 가장 높은 점수를 나타냈다($p < 0.01$). 저장 12주 배추에서는 김치제조 직후 외관, 냄새, 맛, 질감 모두 유의적 차이가 없었고, 전반적인 기호도에서만 저온저장 및 플라즈마의 정방향 처리구가 가장 높은 점수를 얻었으며($p < 0.05$), 숙성 1개월 후에는 모든 항목에서 유의적 차이가 없었으며, 숙성 2개월 후에는 외관에서 저온저장+역방향+예건+HDPE film처리구가, 냄새에서 저온저장 및 광촉매의 정방향 처리구가, 맛에서는 저온저장+정방향 처리구가 가장 높은 점수를 얻었다($p < 0.05$). 저장 6주 배추의 김치제조 직후와 숙성 1개월째에는 가장 낮은 기호도를 나타냈던 저온저장(0.5°C)+역방향+예건 처리구가 숙성 2개월에 가장 높은 기호도를 나타낸 반면($p < 0.05$), 김치제조 직후 외관, 맛, 질감, 전반적인 기호도에서 가장 높게 평가되었던 광촉매+역방향+예건 처리구와 플라즈마+역방향+예건 처리구는 숙성 2개월째에 맛 항목을 포함하여($p < 0.05$) 확연히 낮은 점수를 나타내었다. 저장 12주 배추의 경우, 김치제조 직후($p < 0.05$)에는 저장 6주 배추와 상반되게 맛과 질감, 전반적인 기호도에 있어 광촉매+역방향+예건 처리구가 낮은 점수를 나타냈으나, 숙성 1개월 후에는 광촉매+역방향+예건 처리구와 플라즈마+역방향+예건 처리구가 우수한 점수를 얻었으며, 숙성 2개월 후에는 저온저장(0.5°C)+정방향 처리구가 가장 높은 점수를 얻었다($p < 0.05$).

4. 품질특성간의 상관관계분석

김치 제조 후 숙성기간에 따른 저장조건별 및 저장기간별 품질특성간의 상관성을 확인하기 위해 통계분석을 실시하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다. 분석 결과, 저장기간을 제외하고 제조직후나 숙성 1개월 후에 비하여 숙성 2개월 후의 물리적 및 관능적 특성의 유의적인 상관성이 크게 감소하였다. 제조직후 정도는 Ku 등(2014)의 연구결과와 같이, 염도와 pH, 산도 등 이화학적 특성과 0.5 이상의 높은 유의적 상관성을 보였고, 김치의 숙성과 관련된 pH와 산도는 숙성 1개월 이후부터 0.5 이상의 높은 유의적 상관성($p < 0.01$)을 나타내어 pH가 낮을수록 산도가 높음을 확인하였다. 관능적 특성 간의

상관관계 분석 결과, 제조 직후에는 맛과 질감에서 전반적인 기호도와 0.5 이상의 높은 유의적 상관성($p < 0.01$)을 보였으나, 숙성 1개월 후에는 질감과 외관, 맛이 높은 상관관계를 나타냈으며, 냄새와 맛 역시 높은 유의적 상관성을 나타냈다($p < 0.01$). 또한 냄새와 맛 모두 전반적인 기호도와 높은 상관성이 있음을 나타내고 있다($p < 0.01$). 숙성 2개월 후에는 관능적 특성 간의 상관관계가 유의적으로 높지 않아 맛과 질감 및 전반적인 기호도만 유의적 상관성($p < 0.01$)을 보였으며, 이중 맛과 전반적인 기호도만이 0.75의 높은 상관성을 보여 맛이 좋을수록 전반적인 기호도가 높은 것을 확인할 수 있었다($p < 0.01$).

요 약

본 연구는 한국인의 주요 부식 김치의 주재료인 배추의 연중 수급 안정화를 목적으로 봄배추 저장기간 연장의 최적조건을 확립하고자 수행되었다. 저장조건 및 기간별 김치를 제조하여 숙성 중 변화를 연구한 실험 결과, 정선손실률은 저장 12주차에 크게 증가하였으며, 저장 6주와 12주 배추 모두 플라즈마+역방향+예건+HDPE film 처리구의 손실률이 가장 낮았다. 저장 12주 배추의 절임수율과 김치수율은 저장방법에 있어 정방향 처리구에 비하여 역방향+예건+HDPE film 처리구가 높게 나타났으나, 전반적인 수율이 저장 6주와 비교할 때 급격히 저하되어 상업적 가치는 낮은 것으로 판단되었다. 경도는 제조직후에 비하여 숙성 1개월부터는 저장기간에 따른 차이가 미미하였으나, 이 중 저장 6주 배추는 숙성 1개월부터 광촉매+정방향 처리구가, 저장 12주 배추는 저온저장+정방향 처리구가 가장 높았다($p < 0.05$). 숙성 2개월째에 저장 6주의 광촉매+정방향 처리구와 12주의 플라즈마와 저온저장의 정방향 처리구가 염도의 변화가 적은 것으로 나타났으며, pH와 산도는 역방향+예건+HDPE film 처리구의 변화가 적어 정방향 처리구보다 숙성이 느리게 진행되는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 관능평가 결과, 전반적으로 적입 및 전처리 방법에 있어서 정방향 처리구에 비해 역방향+예건+HDPE film 처리구가 우수한 점수를 얻었으며, 저장방법에 있어서는 저장 6주와 12주 배추 모두 플라즈마와 광촉매 저장기술을 이용한 처리구의 평가가 저온저장고(0.5°C)에서 저장한 처리구에 비해 높았으며, 특히 김치의 적숙기로 볼 수 있는 숙성 1개월째에는 플라즈마, 광촉매, 저온저장 순으로 높은 점수를 기록하여 플라즈마 및 광촉매 등 고도화 기술의 이용이 유용할 것으로 사료되었다. 다만 숙성기간이 길어질수록 질감에는 큰 차이가 없었으나, 냄새, 맛, 전체적인 기호도에 있어 저온저장(0.5°C) 처리구의 점수가 높아진 것으로 나타나, 장기 숙성을 요하는 묵은지 제조 등에는 저온저장(0.5°C)이 더 적합할 것

Table 5. Correlation coefficients between quality and sensory characteristics in the kimchi made of Spring kimchi cabbage under different storage conditions and periods during fermentation for 2 months at 4 °C

Fermentation period (months)	Storage period (weeks)	Firmness (kgf)	Salinity (%)	pH	Titrateable acidity (%)	Appearance	Overall smell	Taste	Texture	Overall acceptability	
0	Storage period (weeks)	1									
	Firmness (kgf)	-0.920**	1								
	Salinity (%)	-0.747**	0.656**	1							
	pH	0.691**	-0.639**	-0.667**	1						
	Titrateable acidity (%)	0.713**	-0.663**	-0.392*	0.186	1					
	Appearance	0.146	0.140	-0.254	0.385*	0.218	1				
	Overall smell	0.227*	-0.196	-0.253	0.083	0.335*	0.366**	1			
	Taste	-0.178	0.253*	-0.020	-0.024	-0.264	0.295**	0.304**	1		
	Texture	0.327**	-0.270*	-0.204	0.034	0.109	0.148	0.210*	0.406**	1	
	Overall acceptability	0.096	-0.114	-0.361*	0.140	0.028	0.201	0.380**	0.639**	0.602**	1
	1	Storage period (weeks)	1								
Firmness (kgf)		0.130	1								
Salinity (%)		0.588**	-0.300	1							
pH		-0.605**	-0.077	-0.204	1						
Titrateable acidity(%)		0.502**	-0.109	0.019	-0.916**	1					
Appearance		-0.361**	-0.086	-0.045	0.217	-0.157	1				
Overall smell		-0.319**	-0.294*	-0.050	0.280	-0.222	-0.010	1			
Taste		-0.326**	0.012	-0.122	0.151	-0.072	0.131	0.623**	1		
Texture		-0.414**	-0.031	-0.267	0.166	-0.119	0.526**	0.183	0.630**	1	
Overall acceptability		-0.328**	0.025	-0.142	0.166	-0.100	0.233*	0.580**	0.768**	0.483**	1
2		Storage period (weeks)	1								
	Firmness (kgf)	0.305**	1								
	Salinity (%)	0.500**	0.014	1							
	pH	-0.553**	-0.456**	-0.043	1						
	Titrateable acidity(%)	0.433**	0.459**	-0.294	-0.751**	1					
	Appearance	0.413**	-0.135	-0.037	-0.354	0.301	1				
	Overall smell	0.115	0.063	-0.052	0.115	-0.158	0.198	1			
	Taste	-0.098	0.179	-0.252	0.117	-0.004	0.179	0.197	1		
	Texture	-0.053	0.018	-0.373*	0.326	-0.178	0.118	-0.046	0.343**	1	
	Overall acceptability	-0.124	0.103	-0.157	0.187	-0.160	0.007	0.227*	0.753**	0.311**	1

* significant at $p < 0.05$, ** significant at $p < 0.01$

으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다(514002-03).

References

- Bae SJ, Eum HL, Kim BS, Yoon JR, Hong SJ. 2015. Comparison of the quality of highland-grown *kimchi* cabbage 'Choon Gwang' during cold storage after pretreatments. *Korean J Hort Sci Technol* 33:233-241
- Bong YJ, Jeong JK, Park KY. 2013. Fermentation properties and increased health functionality of *kimchi* by *kimchi* lactic acid bacteria starters. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1717-1726
- Cho SD, Bang HY, Lee EJ, Kim GH. 2016. Quality characteristics of spring napa cabbage *kimchi* harvested at different times. *J Korean Soc Food Cult* 31:188-193
- Choi YJ. 2007. Effects of TiO₂/UV photocatalytic reaction on microbial safety and quality of iceberg lettuce during storage. Graduate School. *Dep of Biotechnology*, Yonsei Univ
- Chung DS. 1997. Low temperature storage of Chinese cabbage. *The Monthly Horticulture*, Sept 135-137
- Eum HL, Bae SJ, Kim BS, Yoon JR, Kim JK, Hong SJ. 2013. Postharvest quality changes of *kimchi* cabbage 'Choongwang' cultivar as influenced by postharvest treatments. *Korean J Hort Sci Technol* 31:429-436
- Jeong JK, Park SE, Lee SM, Choi HS, Kim SH, Park KY. 2011. Quality changes of brined *baechu* cabbage prepared with low temperature stored *baechu* cabbages. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:475-479
- Kang M, Jung H, Seo HY. 2015. Effect of addition of ethanol on the quality of *kimchi* paste. *Korean J Food Cook Sci* 31:725-732
- Kim BS, Kim MJ, Kim OW, Kim GH. 2001. Quality changes of winter Chinese cabbage by different packing and loading during cold storage. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:30-36
- Kim JH, Ryu JD, Lee HG, Park JH, Moon GS, Cheigh HS, Song YO. 2002. The effect of *kimchi* on production of free radicals and anti-oxidative enzyme activities in the brain of SAM. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:117-123
- Kim KJ, Lee KH. 2014. Quality characteristics of *kimchi* with South-East Asian fish sauce. *J East Asian Soc Dietary Life* 24:862-874
- Kim MJ, Kim SD. 2000. Quality characteristics of *kimchi* prepared with major spring Chinese cabbage cultivars. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7:343-348
- Kim SS, Seong GU, Hwang KY, Jeong MC, Chung SK. 2014. The Short-term storage characteristics of cut *kimchi* cabbages treated with Ca²⁺. *Korean J Food Preserv* 21:157-162
- Kim YW, Han SY, Choi HS, Han GJ, Park HY. 2012. Effect of pre-fermentation condition on quality characteristics of small packaged cabbage *Kimchi*. *Korean J Food Cook Sci* 28:391-397
- Ku KH, Choi EJ, Jeong MC. 2014. Comparison of quality characteristics between seasonal cultivar of salted-*kimchi* cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Korean J Food Preserv* 21:512-519
- Lee IK, Hong SJ, Yeoung YR, Park SW, Ku OS. 2001. Effects of postharvest predrying on starability of 'Norang' Chinese cabbage. *Kor J Hort Sci Technol* 19:521-525
- Lee KH. 2008. Effect of ozone treatment for sanitation of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:90-96
- Lee SW, Cho SR, Han SH, Rhee C. 2009. Effects of the low temperature and low salt solution on the quality characteristics of salted Chinese cabbage. *Korean J Food Nutr* 22:377-386
- Lee YS, Rho JO. 2014. A study on quality characteristics of *kimchi* with added mulberry leaves extracts. *J East Asian Soc Dietary Life* 24:827-836
- Oh BY, Jo GS, Lee YS, Kang JH, Jang MH, Hwangbo IS. 2015. Quality change of mini sweet pomplings (suppress cultivation, fall planting) during storage at different conditions. *Korean J Food Preserv* 22:779-787
- Park KB, Kim SG, Oh CH, Jeon JI, Oh SH. 2014. Gastric cancer cell growth inhibitory effects of cabbage *kimchi* by fermentation and storage conditions. *Korean J Food & Nutr* 27:692-698
- Park MK. 2002. Effect of NaCl Concentration on the quality of *kimchi* during fermentation. *J Korean Acad Ind Soc* 3:27-31
- Park SE, Bong YJ, Kim HY, Park KY. 2013. Quality characteristics and functionalities of Korean and Japanese spring *Baechu* cabbages and the *kimchi* prepared with such cabbages. *Korean J Food Preserv* 20:854-862
- Park SJ, Lim BS, Hong SS. 1999. Effect of CA storage on

- postharvest quality of Chinese cabbage grown in summer. *Kor J Hort Sci Technol* 17:647-647
- Ryu JP, Yang JH, Chung YB, Lee SI, Han ES. 2014. Quality characteristics of *Baechu-kimchi* salted at high salt concentration for a short time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1913-1919
- Shin JH, Kim RJ, Kang MJ, Kim GM, Sung NJ. 2012. Quality and fermentation characteristics of garlic-added *kimchi*. *Korean J Food Preserv* 19:539-546
- Yun JY, Jeong JK, Moon SH, Park KY. 2014. Effects of brined *Baechu* cabbage and seasoning on fermentation of *kimchi*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1081-1087
- Han ES, Seok MS, Park JH. 1998. Quality changes of salted *Baechu* with packaging methods during long term storage. *Korean J Food Sci Technol* 30:1307-1311
-
- Received 31 January, 2017
Revised 20 March, 2017
Accepted 21 April, 2017