

## 배추 렉광 품종의 저장 중 1-MCP에 대한 반응

홍세진<sup>1</sup> · 김병섭<sup>1</sup> · 김병삼<sup>2</sup> · 엄향란<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강릉원주대학교 식물생명과학과

<sup>2</sup>한국식품연구원

## Responses to 1-MCP during Storage of Kimchi Cabbage Ryouckgwang Cultivar

Sae Jin Hong<sup>1</sup>, Byung-Sup Kim<sup>1</sup>, Byeong-Sam Kim<sup>2</sup>, and Hyang Lan Eum<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Plant Science, College of Life Sciences, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Republic of Korea

<sup>2</sup>Korea Food Research Institute, 245, Nongsaeangmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea

**Abstract.** The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in the storability of kimchi cabbage at cold storage condition was investigated. Kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. cv Ryouckgwang) was divided four groups, forced air cooling (FAC), FAC + 0.03 mm linear low density polyethylene liner (Liner), FAC + 2  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP (1-MCP), and FAC + 1-MCP + Liner. After each treatment kimchi cabbage was stored at 2°C, 95% RH. Quality parameters were weight loss, soluble solids content (SSC), firmness, and color (CIE L\*, a\*, b\*, chroma, hue angle). Weight loss during storage was showed significant difference by Liner treatment. In particular FAC + 1-MCP + Liner treatment showed 12.5% reduction after 6 weeks of storage period and minimized the weight loss rate compared to other treatments. SSC of kimchi cabbage was 2.5 °Brix at harvest and FAC + 1-MCP + Liner treatment maintained the SSC until 3 weeks, while in other treatments gradually were increased. The firmness of kimchi cabbage was 24.0 N immediately after harvest and the firmness at harvest time tended to be maintained at 22.6 N after 6 weeks of storage in FAC + 1-MCP + Liner treatment. During the storage period, the color change of the kimchi cabbage leaf can be confirmed by CIE a\* and hue angle value. 1-MCP treatment alone did not affect the color change, however 1-MCP + Liner treatment was able to maintain the chromaticity at harvest time while minimizing the change of CIE a\* and hue angle. These results suggest that 1-MCP treatment is not effective for the storage of kimchi cabbage but can be maintained for up to 6 weeks when treated with Liner.

**Additional key words :** CIE L\*, forced air cooling, hue angle, liner treatment, weight loss

### 서 론

배추(*Brassica rapa* var. *pekinensis*)는 우리나라의 주요 채소작물이며, 2015년 총 생산량은 60억 USD로 이중 67% 정도는 가을에 편중되고, 뒤를 이어 봄(14%), 가을(14%), 그리고 여름 고랭지 지역(7%) 순이다(Lee et al., 2016; MAF Statistics, 2015). 배추는 수확 후 바로 시장에 출하되므로 생산량에 따라 가격의 변동이 심하다(Lee and Kang, 1998; Statistics Korea, 2017). 따라서 시장에 유통되는 배추의 수급안정화를 위한 저장기술이 요구된다. 배추의 저장력 향상을 위한 방법은 저장 전처리 기술, modified atmosphere package(MAP) 기술 등이

보고 되고 있다(Bae et al., 2015; Eum et al., 2013). 특히 여름에 재배되는 배추는 외기의 온도가 급격히 상승하는 7월-9월경에 수확되므로 호흡열이 높아 수확 후 품질에 직접적인 영향을 미친다(Bisbis et al., 2018). 원예작물의 호흡증가는 다양한 대사활동을 유도함으로써 저장력을 감소시킨다. 저장기간 동안 호흡의 증가는 수분 손실과 함께 원예작물의 품질저하와 손실률을 야기시키는 주요 요인이다(Watkins, 2006). 수확하는 동안 발생하는 호흡열을 제거시키기 위한 방법인 예냉처리 중 차압 예냉은 여름에 재배된 배추의 경우 저장 전 처리기술로 보고되고 있다(Eum et al., 2013). 차압예냉처리는 배추의 수확 후 발생하는 높은 호흡열을 제거시켜 여름에 재배된 배추의 저장성을 향상시키는데 효과적이었다. 또한 저장 전 처리기술 중 1-methylcyclopropene(1-MCP) 처리는 원예작물의 호흡률을 저하시켜 품질을 유지하는 기술으로써 사과 Delicious 품종의 저장 중 호흡률을 낮추

\*Corresponding author: eumhl@hanmail.net

Received January 31, 2018; Revised March 22, 2018;

Accepted April 10, 2018

고 호흡급등현상을 지연시켰다(Fan et al., 1999; Yoo et al., 2013). 1-MCP는 식물체 조직에서 생성되는 에틸렌 receptor와 결합함으로써 노화호르몬인 에틸렌의 활성을 저해시키는 물질로써 에틸렌과는 경쟁관계에 있다(Sisler and Serek, 1997). 그러므로 과일과 채소에서 성숙과 노화를 억제시키는 것이 1-MCP의 주요 기능 중의 하나이다(Cefola et al., 2010; Liu et al., 2013; Meyer and Terry, 2010). 숙성단계를 거치면서 에틸렌이 지속적으로 생성되는 과일들과는 달리 엽채류인 배추는 에틸렌 발생량이 적으며,  $0.1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  이하의 낮은 에틸렌 농도에 의해서도 민감하게 반응하므로 1-MCP 처리에 의해서 에틸렌에 의해서 매개된 다양한 생리적 반응들을 억제시킬 수 있다고 보고되고 있다(Wills et al., 1999).

본 연구는 여름에 재배된 배추 력광 품종의 장기저장을 위한 방안으로 1-MCP 처리 효과를 확인하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 연구의 공시재료인 배추 력광 품종은 강릉원주대학교 농장에서 재배하여 2016년 6월 14일에 수확한 배추를 이용하였다. 수확된 배추는 즉시 실험실로 옮겨와 초기 품질인지를 조사한 다음 4개의 그룹으로 분류하였다. 4개의 그룹은 차압예냉(forced-air cooling, FAC) 처리구, FAC + 0.03mm LLDPE film (Liner) 처리구, FAC +  $2\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP(1-MCP) 처리구, FAC + 1-MCP + Liner 처리구로 분류하였다. FAC 처리를 위해서 배추는 농산물 적재 및 유통에 일반적으로 이용되는 플라스틱 박스( $52\text{cm} \times 37\text{cm} \times 32\text{cm}$ )에 3.4포기씩 세워서 담아 준비하였다. 배추는 플라스틱 박스를 6개씩(2개  $\times$  3개) 7단으로 적재한 팔레트 분량을 본 실험에 이용하였다. 배추의 FAC 처리는 5°C에서 차압예냉용 비닐커버를 씌워 간이 차압식예냉기(FOX-S1004, DSFOX, Korea)를 이용하여 감모율이 3% 이상 되도록 24시간 처리하였다. 수확직후 배추의 품온은 20°C 내외였고 외기 온도는 25°C 정도였다. 1-MCP 처리는 1-MCP 발생기(FreshLong™, Ecoplants Co., Korea)를 이용하여 농도가  $2\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이 되도록 설정하여 FAC 처리와 동시에 수행하였다. 1-MCP 처리는 자연확산에 의한 처리가 아닌 FAC를 진행하는 동안 1-MCP 발생기를 가동시켜 배추 조직으로의 침투를 조장하였다. Liner 처리는 FAC 단독 처리 또는 FAC와 1-MCP를 동시에 처리한 다음 10cm 간격으로 미세 천공이 있는 0.03mm linear low density polyethylene (LLDPE) 필름을 이용하여 팔레트단위로 씌워 저장하였다. 각각의 처리구는 2°C와 상대습도 95% 정도에 저장하였다.

품질평가는 처리구별로 팔레트에서 두 상자씩 선택하여 조사하였다. 저장 중 배추의 무게변화는 저장기간 동안 초기 무게에 대한 감모율을 백분율로 나타내었다. 분석에 이용된 배추 잎은 무결점의 잎을 사용하기 위해 겹잎 1-2엽 바로 아래 잎을 선택하였다. 가용성고형물 함량은 잎을 착즙한 후 굴절당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다. 경도는 잎의 중륜 부위에  $120\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$  crosshead speed 조건으로 물성분석기(EZ Test/CE-500N, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 직경 5mm probe를 이용하여 측정 후 N(newton)로 표시하였다. 색도는 배추잎의 중륜 부위와 녹색 부위를 색차계(CR-400, Minolta, Osaka, Japan)로 측정하여 CIE L\*, a\* 및 b\* 값으로 표기하였다. Chroma 값은  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ 로 계산하였으며, hue angle 값은  $1/\tan(b^*/a^*)$ 로 계산하였다.

데이터 분석은 SAS system(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며, Duncan의 다중검정(DMRT)을 이용하여  $p \leq 0.05$  수준에서 각 시비간의 유의성을 검증하였다. 모든 처리구는 배추 한 포기씩을 반복구로 하여 항목에 따라 5반복 이상의 실험으로 조사하였다.

## 결과 및 고찰

24시간 동안 FAC 처리는 배추 초기무게에 대해 약 3% 가량의 감모율을 초래하였다(Table 1). 저장기간 동안 각 실험구의 감모율은 Liner 처리에 의해서 감소하였다. FAC 처리구와 FAC + 1-MCP 처리구는 저장기간 3주가 경과했을 때 각각 14.7%와 13.5%의 감모율이 발생한 반면 FAC + Liner 처리구, FAC + 1-MCP + Liner 처리구는 각각 10.4%와 5.9%의 감모율이 발생하였다. 저장기간 6주가 경과되면 FAC + 1-MCP + Liner 처리구는 12.5%의 감모율을 보이면서 다른 처리구들에 비해서 감모율을 최소화하였다. 그러나 1-MCP 처리는 중량감소에는 영향을 미치지 않았으며, Liner 처리가 중량 감모율을 최소화하는데 효과적이었다. 원예산물의 저장기간 동안 발생하는 중량감소는 대부분이 수분손실에 의해 야기되며 적은 양의 수분손실 만으로도 색, 조직감에는 미묘한 품질의 변화를 야기시킨다(Nunes and Emond, 2007). 또한 일반적으로 엽채류들은 수분손실에 굉장히 취약하며 3-10%의 수분손실이 발생하면 시장에서 판매가 불가능하다(Robinson et al., 1975). 본 실험에서는 FAC + 1-MCP + Liner 처리구를 제외한 모든 처리구에서는 저장 3주가 경과된 후 10% 이상의 중량 감모율을 보이면서 상품성이 저하되었다. 저장 6주후에는 모든 처리구에서 10% 이상의 중량 감모율을 보였다. 배

**Table 1.** Changes in weight loss of spring Kimchi cabbage Ryouckgwang cultivar treated with force air cooling(FAC) and affected by different condition(with/without 2 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 1-MCP, with/without Liner of 0.03mm LLDPE micro-perforated film) during storage at 2°C for 6 weeks.

Postharvest treatment	Storage period (week)		
	after cooling	3	6
	(%)		
FAC	3.4a <sup>z</sup>	14.7a	22.9a
FAC + Liner	3.4a	10.4b	22.3a
FAC + 1-MCP	3.1b	13.5ab	21.7a
FAC + 1-MCP + Liner	3.1b	5.9c	12.5b

<sup>z</sup>Mean separation within columns among cultivars by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

**Table 2.** Changes in soluble solids content of spring Kimchi cabbage Ryouckgwang cultivar treated with force air cooling(FAC) and affected by different condition(with/without 2 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 1-MCP, with/without Liner of 0.03mm LLDPE micro-perforated film) during storage at 2°C for 6 weeks.

Postharvest treatment	Storage period (week)			
	at harvest	after cooling	3	6
	(°Brix)			
FAC	2.5a <sup>z</sup>	2.8a	3.5b	4.3a
FAC + Liner	2.5a	2.8a	3.0c	3.8b
FAC + 1-MCP	2.5a	2.9a	3.8a	4.4a
FAC + 1-MCP + Liner	2.5a	2.9a	2.9c	3.4c

<sup>z</sup>Mean separation within columns among cultivars by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

추를 저장할 경우에는 산지에서 수확할 때 겉잎을 제거하지 않은 채 저장이 이루어 지지만, 시장에 출하할 때는 겉잎은 제거된다. 따라서 FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 중량 감모율이 10% 이상 발생되었음에도 불구하고, 겉잎을 제거하면 배추의 상태는 유통이 가능한 품질이었다. 배추와 같은 엽채류의 경우 수확할 때 산지에서 이루어지는 정선과정 동안 발생하는 손실률이 수분손실에 의한 중량 감모율에 비해서 수확후 손실에 더 큰 영향을 미친다고 보고되었다(Eum et al., 2013; Porter et al., 2005)

가용성 고형물의 함량은 수확시에 2.5°Brix였으며, 차압예냉 처리후 2.8-2.9°Brix로 다소 증가하였다. 저장기간이 3주 경과되면서 FAC + 1-MCP, FAC, FAC + Liner, FAC + 1-MCP + Liner 처리 순으로 처리간 유의적 차이를 보이며 FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 2.9°Brix로 가장 낮은 가용성 고형물의 함량을 보였다. 저장기간 6주가 경과되면 FAC와 FAC + 1-MCP 처리구는 4.3-4.4°Brix로 가장 높은 함량을 보였다. 반면 Liner 처리구는 가용성 고형물의 함량이 낮았으며, 특히 FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 가장 낮았다. 그러나 FAC + 1-MCP 처리는 배추의 저장기간 동안 가용성 고형물의 증감에 영향을 미치지 않았다. 처리간 가용성

고형물의 증감하는 경향은 중량 감모율(Table 1)의 결과와 연관성을 보이는데, 중량 감모율은 저장기간 3주가 경과되었을 때 FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 가장 낮았으며, 저장기간 6주까지 지속되었다. 국내에서 재배되는 배추의 가용성 고형물의 함량은 재배계절에 영향을 받는다고 보고되며(Shim et al., 1990), 봄배추는 1.2-3.4°Brix, 가을배추는 3.8-6.6°Brix로 본 실험에 이용된 여름배추의 경우는 봄배추의 가용성 고형물의 함량 범위에 속한다. 배추의 신선중은 대부분이 수분이 차지하고 있으며, 건물중의 90%정도는 탄수화물이 차지하고 있다. 이 중 1/3이 섬유질이고, 2/3가 저분자 탄수화물인 당류가 차지하며, 당류는 포도당과 과당이 주를 이룬다(Hong et al., 2017; Park and Yoon, 2015). 기존의 보고에서도 가용성 고형물의 함량 변화에 미치는 1-MCP 처리 효과는 다양하다. 동일한 사과 Gala 품종을 이용한 저장 중 품질변화에 관한 연구에서 가용성 고형물의 함량은 사과의 재배 조건 및 실험 조건에 따라서 증가되거나 감소되는 다른 양상을 보였다(Fan and Mattheis, 1999; Fan et al., 1999; Wawrzyńczak et al., 2007). 일반적으로 배추는 전분을 함유하지 않은 non-starchy vegetable로 분류되지만, 전분을 함유한 starchy vegetable과 과일류 들에서는 전분의 당화현상이 발생한다

**Table 3.** Changes in firmness of spring Kimchi cabbage Ryouckgwang cultivar treated with forced air cooling (FAC) and affected by different condition (with/without 2 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 1-MCP, with/without Liner of 0.03mm LLDPE micro-perforated film) during storage at 2°C for 6 weeks.

Postharvest treatment	Storage period (week)			
	at harvest	after cooling	3	6
	(N)			
FAC	24.0a <sup>z</sup>	23.8b	22.6b	17.2d
FAC + Liner	24.0a	23.8b	25.4a	17.9c
FAC + 1-MCP	24.0a	25.1a	21.3c	18.6b
FAC + 1-MCP + Liner	24.0a	25.1a	21.1c	22.6a

<sup>z</sup>Mean separation within columns among cultivars by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

**Table 4.** Changes in CIE L\* value of midrib and leaf of spring Kimchi cabbage Ryouckgwang cultivar treated with force air cooling (FAC) and affected by different condition (with/without 2 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 1-MCP, with/without Liner of 0.03mm LLDPE micro-perforated film) during storage at 2°C for 6 weeks.

Postharvest treatment	Storage period (week)			
	at harvest	after cooling	3	6
	(CIE L* value of midrib)			
FAC	79.3a <sup>z</sup>	79.7a	76.9b	80.1b
FAC + Liner	79.3a	79.7a	77.1b	80.3a
FAC + 1-MCP	79.3a	77.9b	77.4ab	80.0b
FAC + 1-MCP + Liner	79.3a	77.9b	77.7a	80.4a
	(CIE L* value of leaf)			
FAC	47.2a	47.8b	39.2c	55.9b
FAC + Liner	47.2a	47.8b	44.5b	58.1a
FAC + 1-MCP	47.2a	50.1a	44.4b	56.6b
FAC + 1-MCP + Liner	47.2a	50.1a	47.5a	53.9c

<sup>z</sup>Mean separation within columns among cultivars by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

다. 전분의 당화현상은 1-MCP 처리에 의해서 지연될 수도 있다. 사과와 경우 1-MCP 처리는 높은 가용성 고형물의 함량을 유지 시켰는데, 이는 전분이 당화되어 호흡 기질로 이용되는 것을 지연시켰기 때문이다(Fan et al., 1999; Fan and Mattheis, 2001).

배추의 경도는 수확 직후 24.0N이었으며, 저장기간 6주가 경과되면서 경도는 전반적으로 감소하였다(Table 3). FAC 단독 처리구에서 경도의 감소가 가장 컸으며, FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 저장 6주 경과 후 22.6N으로 수확 당시의 경도가 유지되는 경향을 보였다. 일반적으로 필름으로 감싸는 Liner 처리를 하면 무게손실률이 줄며 경도가 유지되는데(Ben-Yehoshua and Rodov, 2003), 본 실험에서는 FAC + 1-MCP + Liner 처리구의 무게손실률이 저장 6주 경과 후 12.5%로 가장 낮았으며, 경도의 감소도 다른 처리구에 비해서 효과적으로 낮출 수 있었다.

배추의 중륵 부분과 초록색 잎 부분의 색도를 측정함으로써 저장 중 배춧잎의 색 변화를 확인하였다. CIE L\* 값은 밝기를 나타내며 수치가 커질수록 점점 밝아져 흰색에 가까워 지는 것을 의미하며 최대값은 100이다. 중륵 부분의 CIE L\* 값은 모든 처리구에서 저장 기간이 경과 되면서 수확 시 보다 약 0.7-1.1 정도 증가한 80.0-80.4 값을 보였다(Table 4). 처리간의 통계적 유의성을 살펴보면 Liner 처리구에서 유의적으로 값이 높았으나 약 0.7-1.1로 값의 차이는 미미하다고 판단된다. 배춧잎의 CIE L\* 값도 수확 시 보다는 증가하였다. 배추의 중륵부분이 흰색인 것과는 달리 녹색을 많이 띠는 잎부분의 CIE L\* 값은 약 53.9-58.1 정도로 중륵에 비해 낮았으며, 처리간의 유의성은 FAC + Liner 처리구에서 가장 높았고, FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 가장 낮았다.

녹색을 띠는 배춧잎의 색 변화는 CIE a\*와 b\* 값을

측정함으로써 황변 정도를 확인할 수 있다. CIE a\* 값으로는 빨강과 초록색 중 어느 쪽으로 치우쳤는지를 확인할 수 있으며, 음의 값이 클수록 좀더 초록색을 나타낸다(Meléndez-Martínez et al., 2003). CIE a\* 값은 처리간 차이가 뚜렷하였다(Table 5). FAC 단독처리는 저장 6주 경과 후 -14.9로 값이 가장 높은 반면 Liner 처리구인 FAC + Liner와 FAC + 1-MCP + Liner 처리구는 -17.0으로 수확 시의 -16.8과 차이가 없었다. 이는 Liner 처리가 배춧잎의 초록색을 저장 6주 기간 동안 유지시키는데 효과적이라는 것을 의미한다. CIE b\* 값은 노랑과 파랑을 나타내며, 양수이며 노란색을 의미한다. 처리간 통계적 유의성을 살펴보면 모든 처리구에서 수확 초

기값에 비해서는 증가는 경향을 보였고, FAC + Liner 처리구에서 CIE b\* 값이 가장 높았으며, FAC 단독 처리에서 가장 낮았다. 처리간에 CIE a\*와 b\* 값의 차이는 Chroma와 hue angle 값으로 변형해 계산함으로써 색 변화를 뚜렷하게 확인할 수 있다. Chroma 값은 채도를 나타내며 값이 높을수록 색이 선명함을 의미하고, hue angle 값은 색상을 의미한다((Meléndez-Martínez et al., 2003). 처리간의 chroma 값은 수확 시에 비해 모두 증가하였으며, 처리간에는 FAC + Liner 처리구가 가장 높고 FAC 단독 처리구에서 낮았다. 1-MCP 처리는 chroma 값에는 큰 영향을 미치지 않았으며, Liner 처리 유무에 따라서도 경향을 파악하기 어려웠다(Table 6).

**Table 5.** Changes in CIE a\* and b\* value of leaf of spring Kimchi cabbage Ryouckgwang cultivar treated with force air cooling (FAC) and affected by different condition (with/without 2 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 1-MCP, with/without Liner of 0.03mm LLDPE micro-perforated film) during storage at 2°C for 6 weeks.

Postharvest treatment	Storage period (week)			
	at harvest	after cooling	3	6
<i>(CIE a* value of leaf)</i>				
FAC	-16.8a <sup>z</sup>	-15.9a	-14.4a	-14.9a
FAC + Liner	-16.8a	-15.9a	-15.3b	-17.0c
FAC + 1-MCP	-16.8a	-17.2b	-15.5c	-15.5b
FAC + 1-MCP + Liner	-16.8a	-17.2b	-15.6c	-17.0c
<i>(CIE b* of value leaf)</i>				
FAC	26.3a	25.6b	22.2d	28.8c
FAC + Liner	26.3a	25.6b	24.1c	32.0a
FAC + 1-MCP	26.3a	30.0a	25.2b	29.5bc
FAC + 1-MCP + Liner	26.3a	30.0a	26.1a	30.3b

<sup>z</sup>Mean separation within columns among cultivars by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

**Table 6.** Changes in chroma and hue angle of leaf of spring Kimchi cabbage Ryouckgwang cultivar treated with force air cooling (FAC) and affected by different condition (with/without 2 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 1-MCP, with/without Liner of 0.03mm LLDPE micro-perforated film) during storage at 2°C for 6 weeks.

Postharvest treatment	Storage period (week)			
	at harvest	after cooling	3	6
<i>(Chroma of leaf)</i>				
FAC	31.1a <sup>z</sup>	30.2b	26.5d	32.4d
FAC + Liner	31.1a	30.2b	28.0c	36.3a
FAC + 1-MCP	31.1a	34.6a	29.6b	33.3c
FAC + 1-MCP + Liner	31.1a	34.6a	30.4a	34.8b
<i>(Hue angle (°) of leaf)</i>				
FAC	122.4a	121.7a	123.7a	118.1b
FAC + Liner	122.4a	121.7a	122.6b	118.5b
FAC + 1-MCP	122.4a	119.8b	121.7c	118.1b
FAC + 1-MCP + Liner	122.4a	119.8b	121.3d	119.5a

<sup>z</sup>Mean separation within columns among cultivars by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

Hue angle 값은 수확 시에 122.4°로 초록색을 나타냈으며, 저장 기간이 경과됨에 따라 값이 감소하면서 118.1-119.5°의 다소 yellowish-green으로 변화하였다. 처리간 차이는 FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 유의적으로 높아 감소의 폭이 좁았으나, 다른 처리구에서는 유의적 차이가 없었다. 따라서 1-MCP 처리의 효과는 미미하며, 1-MCP를 처리한 다음 Liner 포장을 실시하여 저장하면 저장 기간 경과 후 yellowish-green으로 변하는 현상이 다소 경감될 수 있다고 판단된다. 기존의 보고에 의하면 필름포장을 통한 MAP와 함께 에틸렌의 활성을 억제하는 1-MCP 처리를 함께 할 경우 저장 효과는 배가되는데, 특히 호흡급등형 과실에서는 숙성을 지연시키고, 채소의 경우 갈변, 연화, 그리고 노화와 같은 품질저하 현상을 억제시켰다(Blankenship and Dole, 2003; Watkins, 2006).

이상의 결과를 종합하면 배추 력광 품종은 저온저장 기간 동안 품질유지를 위한 방안으로 1-MCP 처리는 효과가 미미하다고 판단된다. 그러나 1-MCP를 처리한 다음 PE film으로 감싸는 Liner 처리는 배추를 저장하는 동안 중량감모율, 가용성 고형물의 함량, 그리고 배춧잎의 초록색을 유지시키는 것에는 다소 효과가 있었다. FAC 처리를 한 배추에 1-MCP와 Liner를 함께 처리할 경우 력광 품종은 6주까지 품질유지가 가능하였다.

## 적 요

배추를 저장하는 동안 품질을 유지하기 위한 방안으로 1-methylcyclopropene(1-MCP) 처리효과를 확인하였다. 수확된 배추는 즉시 실험실로 옮겨와 4개의 그룹(차압예냉 (forced-air cooling, FAC) 처리구, FAC + 0.03mm LLDPE film(Liner) 처리구, FAC + 2 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 1-MCP(1-MCP) 처리구, FAC + 1-MCP + Liner 처리구)으로 분류하여 각각의 처리를 실시한 후 2°C, 95% RH 저온에서 저장하였다. 저장중 품질변화는 무게 감모율, 가용성 고형물 함량, 경도, 그리고 색도(CIE L\*, a\*, b\*, chroma, hue angle)를 통해 확인하였다. 저장기간 동안 각 실험구의 감모율은 Liner 처리에 의해서 감소하였다. 저장기간 6주가 경과되면 FAC + 1-MCP + Liner 처리구는 12.5%의 감모율을 보이면서 다른 처리구들에 비해서 감모율을 최소화하였다. 가용성 고형물의 함량은 수확 시 2.5°Brix였으며, 저장기간이 3주 경과되면서 FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 수확 시의 값이 유지된 반면, 다른 처리구 들은 증가하였다. 배추의 경도는 수확 직후 24.0N 이었으며, FAC + 1-MCP + Liner 처리구에서 저장 6주 경과 후 22.6N으로 수확 당시의 경도가 유지되는 경향을 보였다. 저장 기간 동안 배춧잎의

색 변화는 CIE a\*와 hue angle 값으로 확인할 수 있으며, 1-MCP 만을 처리할 경우에는 색도 변화에 영향을 미치지 않는 반면 1-MCP를 처리한 다음 Liner 포장을 실시하면 CIE a\*와 hue angle의 변화를 최소화 시키면서 수확 당시의 색도를 유지시킬 수 있었다. 이상의 결과에서 1-MCP 처리는 배추 력광 품종 저장에는 효과가 미비하나, Liner와 함께 처리할 경우 6주까지 품질유지가 가능하였다.

**추가 주제어** : CIE L\*, 차압식 예냉, hue angle, liner 처리, 중량 감모율

## 사 사

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(No.514002-03)

## Literature cited

- Bae, S.J., H.L. Eum, B.S. Kim, J. Yoon, and J.S. Hong. 2015. Comparison of the quality of highland-grown kimchi cabbage 'Choon Gwang' during cold storage after pretreatments. Hort. Sci. Technol. 33:233-241.
- Bis, M.B., N. Gruda, and M. Blanke. 2018. Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality. J. Cleaner Production 170:1602-1620.
- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 28:1-25.
- Cefola, M., M.L. Amodio, R. Rinaldi, S. Vanadia, and G. Colelli. 2010. Exposure to 1-methylcyclopropene delays the effects of ethylene on fresh-cut broccoli raab (*Brassica rapa* L.). Postharvest Biol. Technol. 58:29-35.
- Eum, H.L., S.J. Bae, B. Kim, J. Yoon, J. Kim, and S.J. Hong. 2013. Postharvest quality changes of Kimchi cabbage 'Choongwang' cultivar as influenced by postharvest treatments. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 31:429-436.
- Fan, X.T., S.M. Blankenship, and J.P. Mattheis. 1999. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 124:690-695.
- Fan, X.T. and J.P. Mattheis. 2001. 1-Methylcyclopropene and storage temperature influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. Postharvest Biol. Technol. 23:143-151.
- Hong, S.J., B. Kim, N.I. Park, and H.L. Eum. 2017. Influence of nitrogen fertilization on storability and the occurrence of black speck in spring kimchi cabbage. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 35:727-736.
- Lee, B.S. and J.K. Kang. 1998. Acreage fluctuation and marketing behavior in alpine Chinese cabbage. Kor. J. Food

- Marketing Economics 15:107-116.
- Lee, S.G., S.K. Kim, H.J. Lee, C.S. Choi, and S.T. Park. 2016. Impacts of climate change on the growth, morphological and physiological responses, and yield of kimchi cabbage leaves. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 57:470-477. doi: 10.1007/s13580-016-1163-9
- Liu, R., T. Lai, Y. Xu, and S. Tian. 2013. Changes in physiology and quality of Laiyang pear in long time storage. *Sci. Hortic.* 150:31-36.
- Meléndez-Martínez, A.J., I.M. Vicario, and F.J. Heredia. 2003. Application of tristimulus colorimetry to estimate the carotenoids content in ultrafrozen orange juices. *J. Agric. Food Chem.* 51:7266-7270.
- Meyer, M.D. and L.A. Terry. 2010. Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food Chem.* 121:1203-1210.
- Ministry of Agriculture, Food and Rura Affairs (MAF). 2015. Primary statistics for agriculture production (<http://www.mafra.go.kr/main.jsp>).
- Nunes, C.N. and J. Emond. 2007. Relationship between weight loss and visual quality of fruits and vegetables. *Proc. Fla. State. Hort. Soc.* 120:235-245.
- Park, S.Y. and K.Y. Yoon. 2015. Enzymatic production of soluble dietary fiber from the cellulose fraction of chinese cabbage waste and potential use as a functional food source. *Food Sci. Biotechnol.* 24:529-535.
- Porter, K.L., A. Klieber, and G. Collins. 2003. Chilling injury limits low temperature storage of 'Yuki' Chinese cabbage. *Postharvest Biol. Technol.* 28:153-158.
- Robinson, J.E., K.M. Browne, and W.G. Burton. 1975. Storage characteristics of some vegetables and soft fruit. *Ann. Appl. Biol.* 81:399-408.
- Sisler, E.C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant* 100:577-582.
- Shim, S.T., K.J. Kim, and K.H. Kyung. 1990. Effect of soluble-solids contents of Chinese cabbages on kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22:278-284.
- Statistics Korea. 2017. [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1ET0028&vw\\_cd=&list\\_id=&scrId=&seqNo=&lang\\_mode=ko&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=K1&path=](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0028&vw_cd=&list_id=&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=K1&path=). Accessed 22 December 2017.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene on fruit and vegetables. *Biotechnol. Advances* 24:389-409.
- Wawrzyńczak, A., Z.B. Józwiak, and K.P. Rutkowski. 2007. The influence of storage conditions and 1-MCP treatment on ethylene evolution and fruit quality in 'Gala' apples. *Vegetable Crops Research Bulletin* 66 66:187-196. DOI: 10.2478/v10032-007-0021-9.
- Wills, R.B.H., V.V.V. Ku, D. Shohet, and G.H. Kim. 1999. Importance of low ethylene levels to delay senescence of non-climacteric fruit and vegetables. *Aust. J. Expt. Agric.* 39: 221-224.
- Yoo, J, D.H. Kim, J. Lee, D.G. Choi, J.S. Han, S.I. Kwon, H.J. Kweon, and I.K. Kang. 2013. Effect of preharvest sprayable 1-methylcyclopropene treatment on fruit quality attributes in cold stored 'Gamhong' apples. *Korean Protected Horticulture and Plant Factory* 22:279-283.