

Pallet Unit MAP 포장과 플라즈마 복합처리가 봄배추의 선도 연장에 미치는 효과

이해옥 · 이영주 · 김지영 · 김병삼*

한국식품연구원

Effect of Combined Pallet Unit MAP and Plasma Treatment for Extending the Freshness of Spring Kimchi Cabbage

Hye-Ok Lee, Young-Joo Lee, Ji-Young Kim, and Byeong-Sam Kim*

Korea Food Research Institute, Jeonbuk 55365, Korea

*Corresponding author: bskim@kfri.re.kr

Abstract

This study investigated the effects of the application of pallet unit modified atmosphere packaging (MAP) and plasma on the freshness of spring Kimchi cabbage 'Chungwang'. Kimchi cabbage were cultivated and harvested in Pyeongchang, Gangwondo, Korea, placed in plastic boxes, and pre-cooled at 8°C for 24 hours. Kimchi cabbages were then kept in pallet units and stored in one of two low temperature conditions at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$; one with a plasma generator installed and the other without plasma (control). Kimchi cabbages pretreated after harvest were divided into four groups and placed into boxes covered with one of four types of packaging: PVC wrap, LDPE film (\varnothing 20 mm punched), newspaper, or no packaging. Kimchi cabbages in the control group lost 13% of their weight during the storage period, while those in all three of the treatment groups lost less than 7% during the same period, thus demonstrating suppressed weight loss. Kimchi cabbages in the control group exhibited 10-19% trimming loss during the storage period. The plasma-treated group without any covering lost less than the control group, thus it is presumed that plasma treatment somewhat affects storage. The plasma-treated group covered with LDPE film after applying moisture absorption paper lost less than 9% until 9 weeks after storage. In the 12th week after storage, it showed about 13% trimming loss the lowest of all the treated groups. As a result of this sensory evaluation, most of the treated groups lost their marketability at 3-6 weeks after storage, but the treated group covered with LDPE film after applying moisture absorption paper and stuffing the product scored more than 7 points - 6 points is the minimum acceptable score for cabbage suitable for making kimchi, thus this proves that spring Kimchi cabbage can be stored for a long time. We conclude that the combination of pre-cooling, moisture absorption paper, packaging with LDPE film in a pallet unit, and the use of plasma, can extend the storability of spring Kimchi cabbage.

Additional key words: *Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*, forced air cooling, LDPE film, PVC, quality characteristics

Received: March 7, 2017

Revised: June 16, 2017

Accepted: June 30, 2017

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
36(2):224-236, 2018
URL: <http://www.kjhst.org>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2018 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농림축산식품부와 농림수산물기술기
획평가원에서 추진한 과학기술기반 채소류 수급 유
통 고도화 사업단의 지원에 의해 수행되었음.

서언

배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)는 대부분 노지에서 약 95% 이상이 생산되기에 기상조건의 영향을 많이 받는 전형적인 밭작물이다(Lee et al., 2015). 최근 기후 온난화로 인하여 점차적으로 온도가 상승하고 잦은 이상기상으로 인하여 작황이 매우 불안정하다(Lee et al., 2011; Lee et al., 2012). 그래서 연차 간에 수급이 불안정하고 가격 차이가 심한데, 신선채소 가격이 연일 폭등하던 2010년에는 배추 가격이 2009년에 비해 197%까지 급등하기도 했다(Yu et al., 2014). 배추는 생산량 변동에 따라 가격편차가 매우 크기 때문에 10% 정도의 생산량 변동만으로도 가격은 3배까지 차이가 날수가 있다(Kim et al., 2015). 특히 소비자가 겨울철 김장으로 확보한 김치가 소진되는 시점인 7월 말에서 8월까지가 배추 시세가 최고를 이루기 때문에 봄배추 저장에 가장 민감하다고 할 수 있다. 따라서 시세하락으로 인하여 산지에서 폐기되거나, 작황불량 등으로 인한 경우 가격이 급격히 폭등이 되는 경우 등 수급 불안정에 대한 대비를 위하여 6월 중하순 전후의 봄배추를 2개월에서 길게는 3개월까지 저장할 수 있는 기술이 필요하다. 배추의 저장성 향상을 위한 기존의 연구를 보면 포장 및 적재방법(Kim et al., 2001a), 적입 방법(Kim et al., 2001b), 예열처리(Kim et al., 2014b), 저온저장 방법(Lee et al., 2007), 예냉 및 예건처리(Eum et al., 2013), MA(modified atmosphere) 포장(Lee et al., 2001), CA(contolled atmosphere) 저장(Park et al., 1999), 필름커버 및 흡습지 처리(Kim et al., 2013b), 배추 및 절임배추의 위생화를 위한 오존살균 기술 이용(Lee, 2008) 등이 보고되었다. 그러나 이와 같은 많은 연구들이 수행되었으나, 현장에서 실제로 적용하기에는 어려움이 있다.

특히 원예산물의 상품성 유지를 위하여 가장 많이 사용하는 MAP(modified atmosphere packaging) 포장기술은 배추 선도 유지를 위해서 다양한 종류의 선도유지용 필름을 적용하고 있으나, 상자 단위의 MAP 저장은 작업 비효율성으로 현장 적용성이 떨어져 pallet 단위의 MAP 적용기술 개발이 요구되고 있다.

플라즈마란 미국의 물리학자 'Langmuir'에 의해서 1928년에 처음으로 사용된 용어로서 높은 에너지를 갖는 전자와의 충돌에 의해 기체분자 혹은 원자에 에너지가 가해지면 다수의 이온과 전자로 분리되면서 이들이 갖는 에너지가 서로 평형을 이루는 상태를 말한다(Park et al., 2008). 전리된 가스 상태인 플라즈마에는 전자, 양이온, 음이온, 자유 라디칼, 그리고 자외선 광자 등을 포함한 활성종(reactive species)이 존재하고 있다(Oh et al., 2015). 이러한 플라즈마는 높은 반응성을 가진 라디칼(-OH, -H, -HO₂, H₂O₂) 및 오존 등을 생성하여 살균력을 가지며 공정 중 열이 발생하지 않는 특성이 있어 선진 외국을 비롯하여 식품산업에 새롭게 떠오르는 기술이다(Kim et al., 2013a). 현재 플라즈마를 실제 농수산물에 적용한 연구는 발표된 바가 거의 없으므로 새로운 저장 기술로 적용하여 저장성 증대 효과를 기대해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 봄배추의 수급안정을 위한 저장기간 연장을 목표로 저장 현장에서 적용할 수 있는 플라스틱 필름을 이용한 pallet형 MAP 처리와 플라즈마를 적용하여 수행하였다.

재료 및 방법

재료 및 처리 조건

본 연구에서의 실험재료는 강원도 평창에서 2016년 04월 10일에 정식하여 관행적으로 재배한 후 2016년 06월 14일에 수확한 봄배추 '춘광'을 이용하였다. 수확된 배추는 즉시 플라스틱 상자(W: 55cm × D: 37cm × H: 32cm)에 4-5포기씩 세워 적입하였고 각 pallet마다 플라스틱 상자를 6개씩(2×3개) 7단으로 적재한 후 산지형 저장시설로 운송하였으며 품온을 낮추기 위해 예냉을 실시하였다. 배추의 초기 품온은 22-23°C였으며 차압식 예냉장치의 냉기온도 8°C로 24시간 냉각하였다. 예냉 처리한 배추는 저장성을 향상시키기 위해 폭이 50mm인 PVC(poly vinyl chloride)랩(Samyoung chemical Co., Seoul, Korea)과 0.03mm LDPE(low density polyethylene) 필름(Ø 2mm perforation, Wiz freshtek Co., Ltd., Seoul, Korea)으로 포장하였다(Fig. 1). 포장 처리하지 않은 처리구, PVC 랩 처리구, LDPE 필름 처리구, 그리고 보습지로 신문지를 넣고 적입한 후 LDPE 필

름 처리구는 플라즈마(Water link Co., Gyeonggi, Korea)가 설치된 저온저장고($1 \pm 0.5^\circ\text{C}$)에 분류한 후 12주간 보관하면서 실험을 수행하였다. 이때 플라즈마 효과의 대조구로서 포장 처리하지 않은 처리구를 플라즈마가 설치되지 않은 저온저장고에 동일한 조건으로 보관하였다(Table 1). 플라즈마(공기 중 헬륨, 산소, 질소 가스에 에너지를 가하여 이온화된 가스를 생성)는 5시간 작동, 1시간 미작동을 24시간 기준으로 저장기간 동안 반복하여 처리하였다. 모든 처리구의 상대습도는 thermo recorder (TR-72, T&D Co., Japan)를 이용하여 7단으로 적재된 플라스틱 상자 중간 위치를 측정하였다.

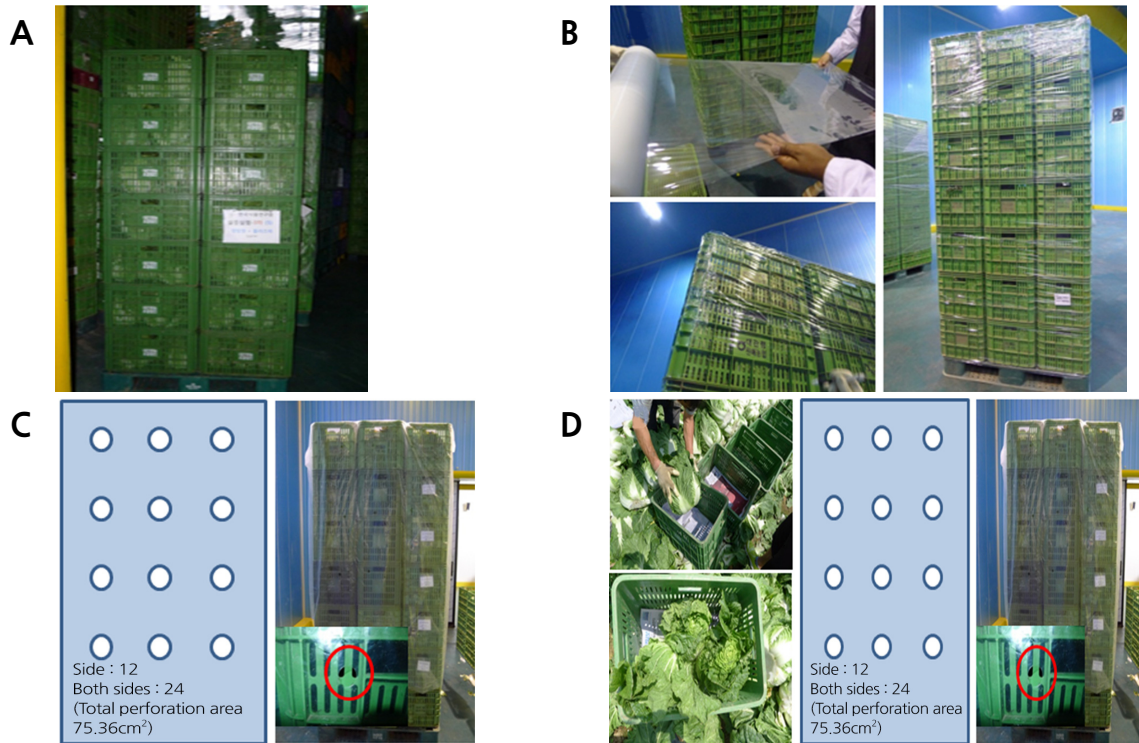


Fig. 1. Appearance of pallet unit modified atmosphere packaging treatment. (A) Uncovered treatment; (B) PVC wrap; (C) 0.03 mm LDPE film (\varnothing 20 mm perforation); (D) moisture absorption paper + 0.03 mm LDPE film (\varnothing 20 mm perforation).

Table 1. Specification of the plasma

Division	O_3 ($3.0 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$)
Input voltage	220 V
Output voltage	3.5 kV
Input frequency	60 Hz
Output frequency	18 kHz
Plasma discharge method	Dielectric barrier discharge
Dielectric substance material	Alumina 99.9% ceramics
Discharger material	pCu + Pt

MAP 처리에 따른 대기조성 변화

포장 내 대기조성(산소, 이산화탄소, 에틸렌)은 가스측정 장치(Ripening Gas Monitor Airwell Plus, Kinsco Technology Co., Seoul, Korea)를 이용하여 7단으로 적재된 플라스틱 상자 중간 위치를 측정하였다.

공중미생물에 대한 플라즈마의 저감효과 측정

공중미생물 측정을 위하여 plate count agar(PCA, BD, USA)를 선택적으로 작업장 내 5곳에 플레이트의 뚜껑을 열어 10분간 방치하여 균을 채취하였다. 채취한 균은 항온용 아이스박스에 보관하여 실험장소까지 운반하였고, $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 배양기 (ThermoStable™ IR-150, Daihan Scientific Co., Gangwon-do, Korea)에서 48-72시간 배양시킨 후 colony 수를 측정하였으며 colony forming unit(CFU/plate)으로 표시하였다.

중량감모율

초기 중량과 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

정선손실률

신선도 및 상품화 가능성 파악을 위해 저장기간이 경과한 후 무게와 김치 제조에 이용이 불가능한 잎을 제거한 후 무게를 측정하여 정선손실률을 나타내었다.

가용성 고형물

정선된 배추를 단축경(심)을 기준으로 1/4로 절단하여 착즙기(HH-SBF11, Hurom Co., Gyeongnam, Korea)로 착즙하였다. 착즙액은 굴절당도계(PR-1, Atago, Japan)로 측정 후 °Brix로 표시하였다.

수분함량

정선된 배추를 단축경(심)을 기준으로 1/4로 절단하여 줄기와 잎을 채취하였다. 줄기와 잎을 1:1 비율로 채취한 후 105°C 상 압건조법으로 drying oven(MOV-212F, Sanyo, Japan)을 이용하여 건조 중량이 항량이 될 때까지 건조하여 측정하였다.

색도

색도는 색도계(CR-400, Minolta Co., Japan)를 이용하여 정선된 배추의 최외각 중록부위와 잎의 중간 부위를 일정하게 측정하였다. 측정 전 표준백판($L=97.75$, $a=0.49$, $b=1.96$)으로 보정한 후 사용하였으며 L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness) 값으로 나타내었다.

경도

배추의 최외각 줄기 중간 부위를 골라 두께가 약 0.5cm인 것을 선별하여 동일한 면적으로 절단한 후(4×6cm) texture analyzer(TA-XT Express, Stable Micro System, UK)를 사용하였고, puncture test를 시행하였다. 배추 표면의 중앙 부분에서 부터 100% 관통하면서 받는 최대 강도(hardness)를 측정하였고, 이때 조건은 probe 직경 1mm, pre-test speed $5.00\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, test speed $2.00\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, post-test speed $5.00\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 하였다.

관능검사

배추의 관능검사를 위해 품질특성에 대한 교육과 예비검사를 통해 훈련된 패널 요원 중 선정하였으며 연구목적과 취지에 대해 인지하도록 충분히 설명하고 관능검사를 실시하였다. 외관, 색, 이취, 조직감, 신선도 등을 고려한 전반적인 기호도로 9단계 평정법으로 품질 차이 특성에 대하여 아주 좋음(9점), 좋음/marketable(7점), 보통/김치제조가능(5점), 나쁨(3점), 아주 나쁨(1점)으로 평가하였다.

통계처리

분석된 결과에 대한 통계처리는 SAS/PC+(SAS, 1999)의 Duncan's multiple range test를 이용하여 평균값 간의 유의성을 검정($p < 0.05$)하였다.

결과 및 고찰

MAP 처리에 따른 대기조성 변화

MA 저장은 필름의 가스 투과도와 산물의 호흡에 의해 자연스럽게 조성된 대기 조건을 통해 저장 기한을 연장시키는 방법으로 산물의 호흡에 영향을 미치는 환경적 요소에 따라 대기 조성이 크게 변화될 수 있다(Kang et al., 2008).

포장 내 대기조성 중 산소의 농도는 pallet 단위의 모든 처리구가 20-21%로 비슷한 수준을 나타내었다(Table 2). 이산화탄소의 농도는 포장 처리하지 않은 대조구와 플라즈마 처리구, 포장 처리구 중에 보습지를 넣고 적입한 후 LDPE 필름으로 포장한 처리구는 0.09% 수준으로 나타났고 PVC 처리구와 LDPE 필름으로 포장한 처리구는 각각 0.14%와 0.11%로 약간 높은 수준을 보였다. 이처럼 전반적으로 포장 내 산소와 이산화탄소 농도는 대기와 비슷한 수준으로 나타나 처리구별로 큰 차이를 보이지 않았다.

에틸렌의 농도는 모든 처리구 중에 PVC 랩으로 포장한 경우가 2.80ppm으로 가장 높게 나타났고, 반면에 포장하지 않은 플라즈마 처리구가 1.20ppm으로 가장 낮은 수준을 보였다. 일반적으로 엽채류의 에틸렌에 대한 민감도는 0.1-1ppm의 수준으로 일정 수준 이상의 에틸렌은 식물조직의 노화와 품질 저하를 유발한다(Bae et al., 2005). 본 실험에서 PVC 랩으로 포장한 경우 저장하는 동안 짓무름이 발생하는 것으로 보아 처리구 중에 높았던 에틸렌의 농도가 품질변화에 어느 정도의 영향을 미치는 것으로 생각되며 밀폐 상태의 PVC 랩으로 포장하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단된다.

따라서 포장 내 대기조성의 산소, 이산화탄소 및 에틸렌을 고려하였을 때 밀폐 상태의 PVC 랩 포장보다는 유공 LDPE 필름이 적절할 것으로 여겨진다.

Table 2. Atmosphere concentration of pallet unit modified atmosphere packaging treatment

Treatment	Atmosphere concentration		
	O ₂ (%)	CO ₂ (ppm)	C ₂ H ₄ (ppm)
Control	20.86 ± 0.05 ^z	0.09 ± 0.00	1.80 ± 0.45
Plasma	20.94 ± 0.09	0.09 ± 0.00	1.20 ± 0.45
Plasma + PVC	20.92 ± 0.04	0.14 ± 0.00	2.80 ± 2.59
Plasma + LDPE	21.04 ± 0.05	0.11 ± 0.00	1.80 ± 1.10
Plasma + moisture absorption paper + LDPE	20.94 ± 0.09	0.09 ± 0.00	1.40 ± 0.89

^zValues are presented as means ± SD (standard deviation, n = 5).

공중미생물에 대한 플라즈마의 저감효과 측정

원물 자체의 미생물 저감효과를 측정해 보았지만 원물에 흙이 부착되어 있어 일정한 결과를 제시할 수 없어 저장고 내의 공중미생물에 대한 플라즈마의 저감효과를 측정하였다. 공중미생물에 대한 플라즈마의 저감효과를 측정해 본 결과 일반 저장고의 경우 저장 초기부터 12주 동안 10¹CFU/plate 범위를 유지하였다(Fig. 2). 반면에 플라즈마를 처리한 저장고의 경우에는 저장 초기의 10¹CFU/plate에서 저장 3주부터는 10⁰CFU/plate 수준으로 유지되는 결과를 보여주어 어느 정도 공중미생물이 저감화 되는 것으로 나타났다.

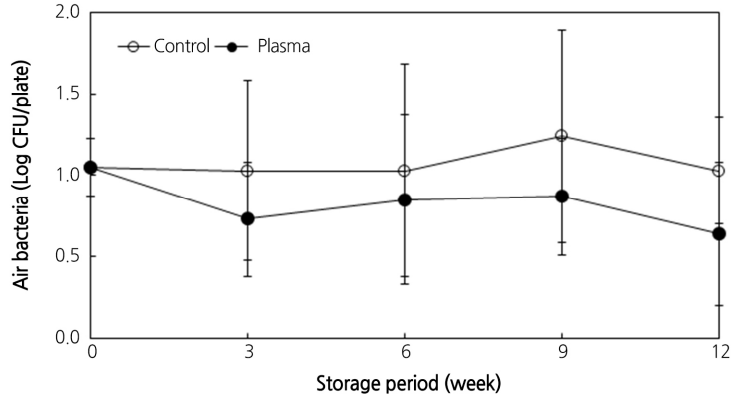


Fig. 2. Changes in the bacterial levels in the air inside the warehouse where spring Kimchi cabbages were stored at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Values are presented as means \pm SD (standard deviation, $n = 5$).

플라즈마에는 다양한 활성종이 존재하는데 이러한 활성종은 미생물 세포막을 통해 확산되면서 세포막의 지질과 단백질, 그리고 세포 내의 DNA와 같은 거대분자들과 반응하여 미생물 세포를 손상시키는 것으로 알려져 있다(An et al., 2016).

따라서 플라즈마 처리가 배추 원물자체의 특성상 미생물 저감효과에 대한 결과를 제시할 수는 없었지만, 저장고 내의 공중미생물을 저감화시킬 수 있으며 이는 원물에도 영향을 주어 저장성 증대 효과가 어느 정도는 있을 것으로 생각된다.

중량감모율

일반적으로 수분손실은 원예산물에 직접적으로 양적인 손실을 야기할 뿐만 아니라 외관과 영양학적인 손실을 초래하므로 품질저하를 나타내는 지표로 이용된다(Adel, 2002). 중량감모율은 대조구의 경우 저장 초기인 3주에 이미 무게 손실이 5% 정도를 보였고, 저장 12주에는 13% 이상을 나타내었다(Fig. 3). 또한 포장 처리하지 않은 플라즈마 처리구는 저장 초기인 3주에 4%, 저장 12주에 12% 이상으로 큰 차이는 아니지만 대조구보다 약간 낮은 감모율을 나타내어 플라즈마 처리가 어느 정도 영향을 미치는 것으로 보인다.

모든 pallet 단위 포장 처리구는 저장 3주에는 2-3%의 무게 손실을 보였으며, 저장 12주에는 7% 이하로 나타나 포장 처리하지 않은 처리구에 비하여 증가 폭이 현저히 낮게 나타났다. Kim et al.(2001a)에 의하면 배추는 주로 저장고 내의 공기과 증기압 차이에 의해 건조되며 증발기 표면에서 응결 제습되어 중량감모가 일어난다고 하였는데, 본 실험에서는 저장 중에 포장함으로

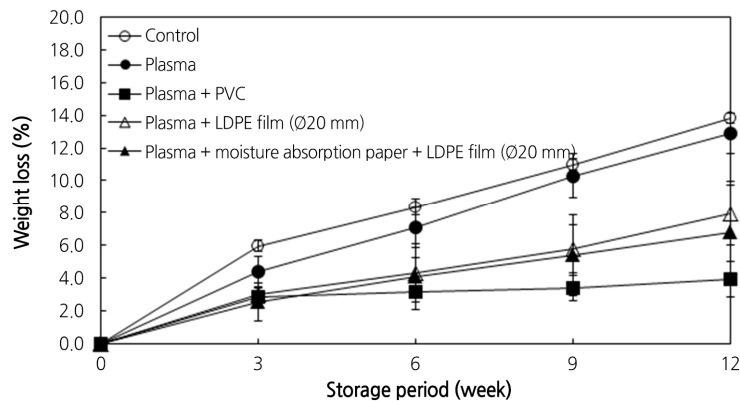


Fig. 3. Changes in weight loss of spring Kimchi cabbages during storage at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Values are presented as means \pm SD (standard deviation, $n = 3$).

써 이를 방지할 수 있는 것을 확인하였다. 특히 포장 처리구 중에 PVC를 이용한 경우는 저장기간 동안 중량감모율이 3% 정도로 가장 낮게 나타나 가장 효과적인 포장방법으로 나타났다. 이는 원예산물에서 중량감모의 주원인은 증산작용에 따른 수분감소인데 저장환경의 상대습도에 크게 영향을 받으며 수증기 투과도가 낮은 재질의 포장구에서 높은 상대습도가 유지되어 중량 감소가 억제되는 것으로 보인다(Choi et al., 2008). 그러나 거의 밀폐된 상태의 포장 내에 과습상태로 인하여 PVC 랩에 결로가 생겨 짓무름이 발생하는 문제점이 있다. 그러므로 이처럼 밀폐된 상태보다는 적당한 유공처리를 하는 것이 중량감모율과 품질적인 측면에 효과적일 것으로 여겨진다.

따라서 본 실험결과 MAP 처리에 따라 중량감모와 위조 상태에 확연한 차이를 보여, 냉기가 배추에 직접 접촉하지 않으면서 습도 조절과 가스조성 변화를 위한 유공 LDPE 필름을 이용한 MAP 처리를 하여 저온장해를 방지하고 증산작용을 억제하여 저장성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

정선손실률

건조되거나 부패된 외부엽을 제거한 후 실제 이용할 수 있는 배추를 기준으로 조사된 정선손실률은 대조구의 경우 저장 3주에 10% 이상을 보였고, 저장 12주에 19%를 나타내었다(Fig. 4). 또한 포장 처리하지 않은 플라즈마 처리구는 저장기간 동안 대조구보다 약간 낮은 손실률을 나타내어 플라즈마 처리가 어느 정도 영향을 미치는 것으로 생각된다. Lee(2008)에 의하면 배추에 오존처리가 오존처리 하지 않은 대조구에 비해 총균수, 효모 및 곰팡이가 낮은 균수로 시작하여 저장기간 내내 낮은 균수를 유지하였다고 보고하였다. 이는 플라즈마의 오존에 의하여 배추에 존재하는 미생물들이 저감화되어 저장기간 중에도 그 효과가 유효한 것으로 생각된다.

Pallet 단위 포장 처리구 중에 LDPE 필름과 PVC를 이용한 경우는 저장 3주와 6주에 7%, 저장 9주에 11%, 그리고 저장 12주에는 각각 17%, 20%의 손실률을 보였다. PVC로 포장한 처리구는 저장 9주에서 12주에 약 2배 정도로 정선손실률이 증가하였는데, 앞에서도 언급했듯이 거의 밀폐된 상태의 포장 내에 과습 상태로 인하여 PVC 랩에 결로가 생겨 짓무름 발생으로 인한 것으로 보인다. 반면에 보습지를 넣고 적입한 후 LDPE 필름으로 포장 처리한 경우에는 저장 3주부터 저장 9주까지 9% 미만이었으며, 저장 마지막인 12주에는 약 13%로 모든 처리구 중에 가장 낮은 정선손실률을 나타내었다. PVC 포장 처리구와 신문지를 넣고 적입한 후 LDPE 필름으로 포장 처리구의 습도는 저장기간 동안 95% 내외로 비슷하게 유지되었지만 PVC와는 다르게 보습지는 포장 내에 과습 상태일때는 습기를 제거하여 수분이 적절하게 유지해주는 역할을 하므로 배추의 선도 연장에 어느 정도 효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 5). Lee et al.(2007)에 의하면 배추를 저장방법을 달리하여 저장하였을 때 플라스틱 필름 포장에 다른 처리보다 손실량이 적었다는 결과와 본 실험과 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 PVC 랩처럼 밀봉포장은 지나친

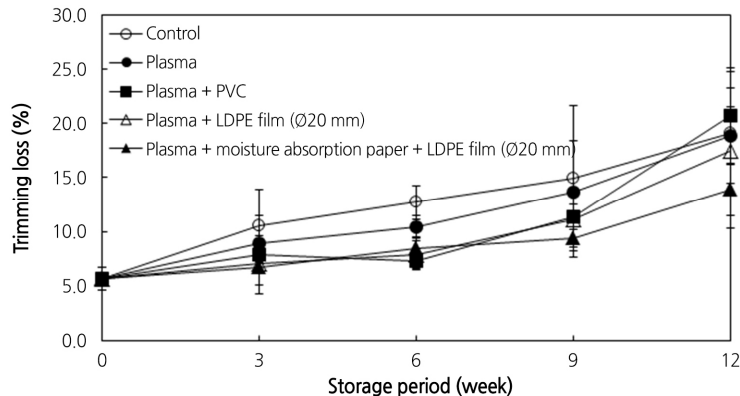


Fig. 4. Changes in trimming loss of spring Kimchi cabbages during storage at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Values are presented as means \pm SD (standard deviation, $n = 6$).

CO₂ 장애나 포장 내 과다 수분 축적과 이에 따른 각종 미생물 번식에 의해 급속히 부패시키는 원인이 될 수 있으므로 유공 LDPE 필름처럼 적절한 공기와 수분의 이동 통로를 만들어 줄 필요가 있다(Yang et al., 1993).

따라서 보습지를 넣고 적입한 후 LDPE 필름으로 포장 하여 플라즈마 처리 한다면 배추 내 초기의 미생물을 줄일 수 있어 저장성을 연장시킬 수 있을 것으로 여겨진다.

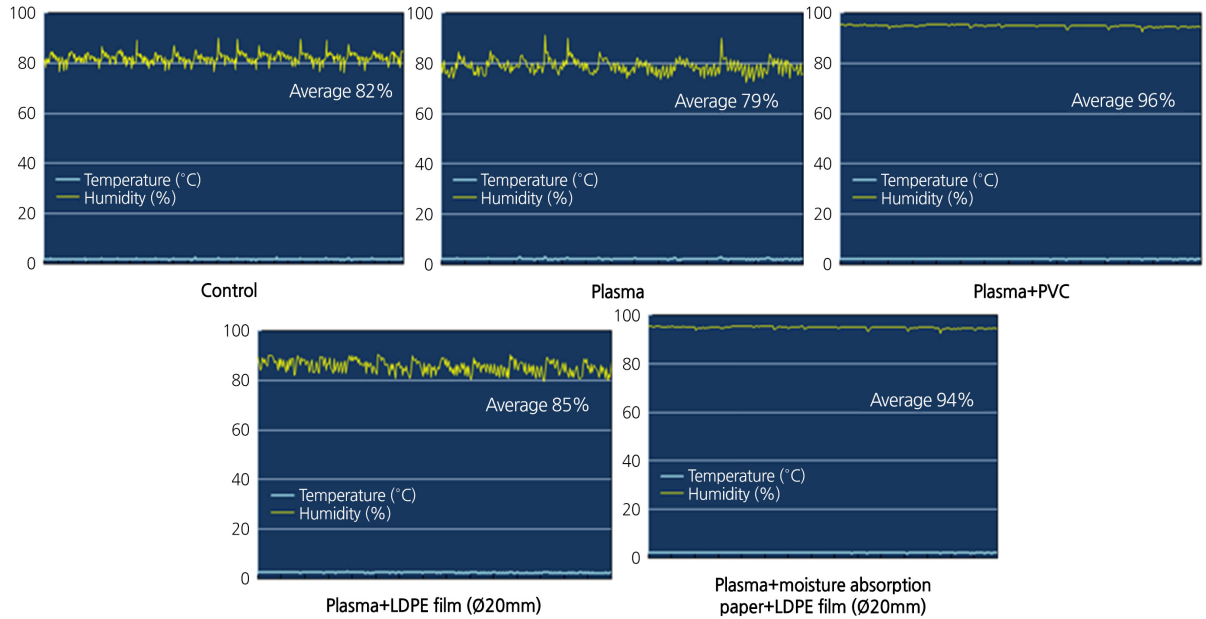


Fig. 5. Changes in relative humidity levels of spring Kimchi cabbages during storage at 1 ± 0.5°C.

가용성 고형물

수확 후 예냉 처리한 봄배추의 pallet-unit MAP 포장과 플라즈마 처리한 결과 저장 중 가용성 고형물 변화는 모든 처리구에서 저장기간 동안 4-5°Brix로 Lee et al.(2013)에 의한 봄배추 품종별 품질 특성 비교 연구에서 보고한 춘광 3.37°Brix보다는 상대적으로 높은 함량을 나타내었으나, 사람이 단맛을 감지하기에는 너무 낮은 함량이다(Fig. 6). 또한 저장기간 동안 모든 처리구에서 고형물 함량이 초기와 비슷하게 유지되거나 약간 증가와 감소를 반복하는 등 일정한 경향을 보이지 않았다. 이는 정선 후의 가용성 고형물을 측정하기 때문에 정선되는 정도에 따라서 다를 수 있으며, 개체 간의 차이로 인한 것으로 보인다.

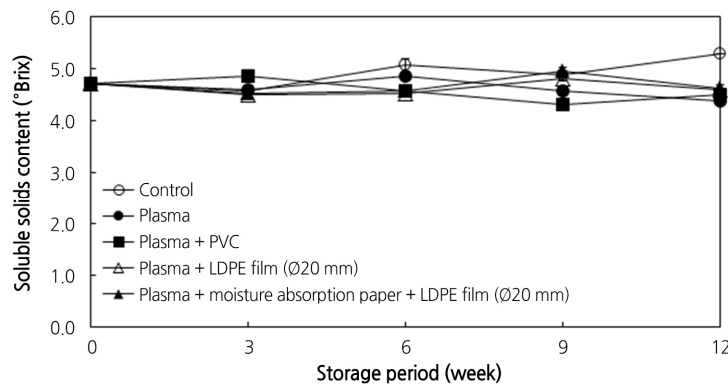


Fig. 6. Changes in soluble solids content of spring Kimchi cabbages during storage at 1 ± 0.5°C. Values are presented as means ± SD (standard deviation, n = 3).

따라서 수확 후 예냉 처리한 봄배추의 pallet unit MAP 포장과 플라즈마 처리는 가용성 고형물에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

수분함량

배추와 같은 채소류는 저장기간이 경과되면서 증발과 조직 내 수분이 외부로 빠져나가는 증산작용에 의해서 수분손실이 발생되는데, 3-10% 정도 무게 감소가 발생되면 신선도가 급격히 저하되어 품질에 영향을 준다(Robinson et al., 1975). 수분함량은 저장기간 12주 동안 모든 처리구에서 94-95%를 나타내어 Cho et al.(2016)에 의한 봄배추의 수확시기가 김치의 품질 특성에 미치는 영향 연구에서 93-94%로 Lee et al.(2008)에 의한 봄배추 재배방법 및 품종에 따른 생육 및 절임 특성에 관한 연구에서 95%로 보고한 수치와 비슷하게 나타났다(Fig. 7).

본 연구에서는 수확 후 예냉 처리한 봄배추의 pallet unit MAP 포장과 플라즈마 처리 등으로 저장 초기부터 저장 마지막인 12주까지의 저장기간 경과와 처리구에 따라 뚜렷한 경향은 보이지 않았지만, 저장기간 동안 일정범위의 수분이 잘 유지된 것을 알 수 있었다.

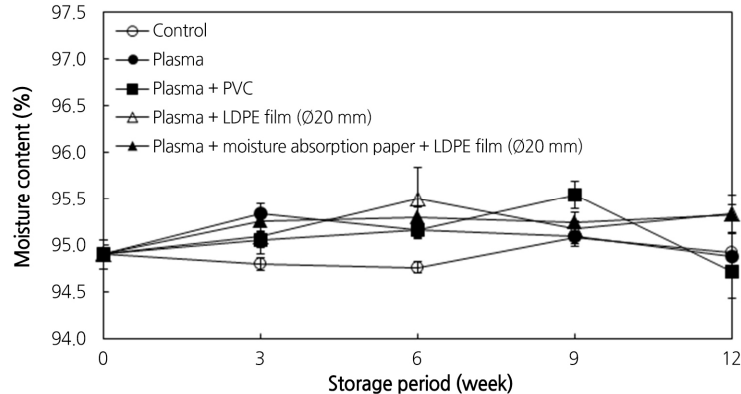


Fig. 7. Changes in moisture content of spring Kimchi cabbages during storage at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Values are presented as means \pm SD (standard deviation, $n = 3$).

색도

식품에 있어서 색은 맛, 향 및 영양성과 함께 그 식품의 가치를 나타내는 중요한 품질특성이다(Lee et al., 2011). 표면 색택 변화 중 밝기를 나타내는 L값은 모든 처리구의 중록과 잎에서 저장 초기에 비하여 저장기간 동안 증가하는 결과를 보였으나, 저장기간 동안 증가와 감소를 반복하는 경향을 나타내어 전반적으로 일정한 경향은 나타나지 않았다(Fig. 8). 적색 및 녹색을 나타내는 a값은 대부분의 처리구에서 중록의 경우 저장 초기에 비하여 저장기간 동안 증가하는 경향을 보였고, 잎의 경우 저장 초기에 비하여 저장 9주까지는 감소하다가 저장 12주에는 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 노란색 및 청색을 나타내는 b값은 모든 처리구에서 중록의 경우 저장 초기에 비하여 저장기간 동안 감소하는 경향을 보였으나, 잎의 경우 반대되는 경향을 나타내었다. 배추의 색도 측정은 손상된 겉잎을 3-4매 제거한 후 측정하기 때문에 저장일수가 경과되면 손상되는 겉잎의 수가 많아져 내부의 색 또한 차이가 있으리라 예상했으나, 본 실험에서는 처리 간 차이를 확인하기 어려웠다.

따라서 대부분의 처리구에서의 색도 변화는 저장 초기에 비하여 저장 3주부터는 값의 변화가 있는 것으로 나타났지만, 저장기간과 처리구 간에 증가와 감소를 반복하는 등 뚜렷한 경향을 보이지는 않았다.

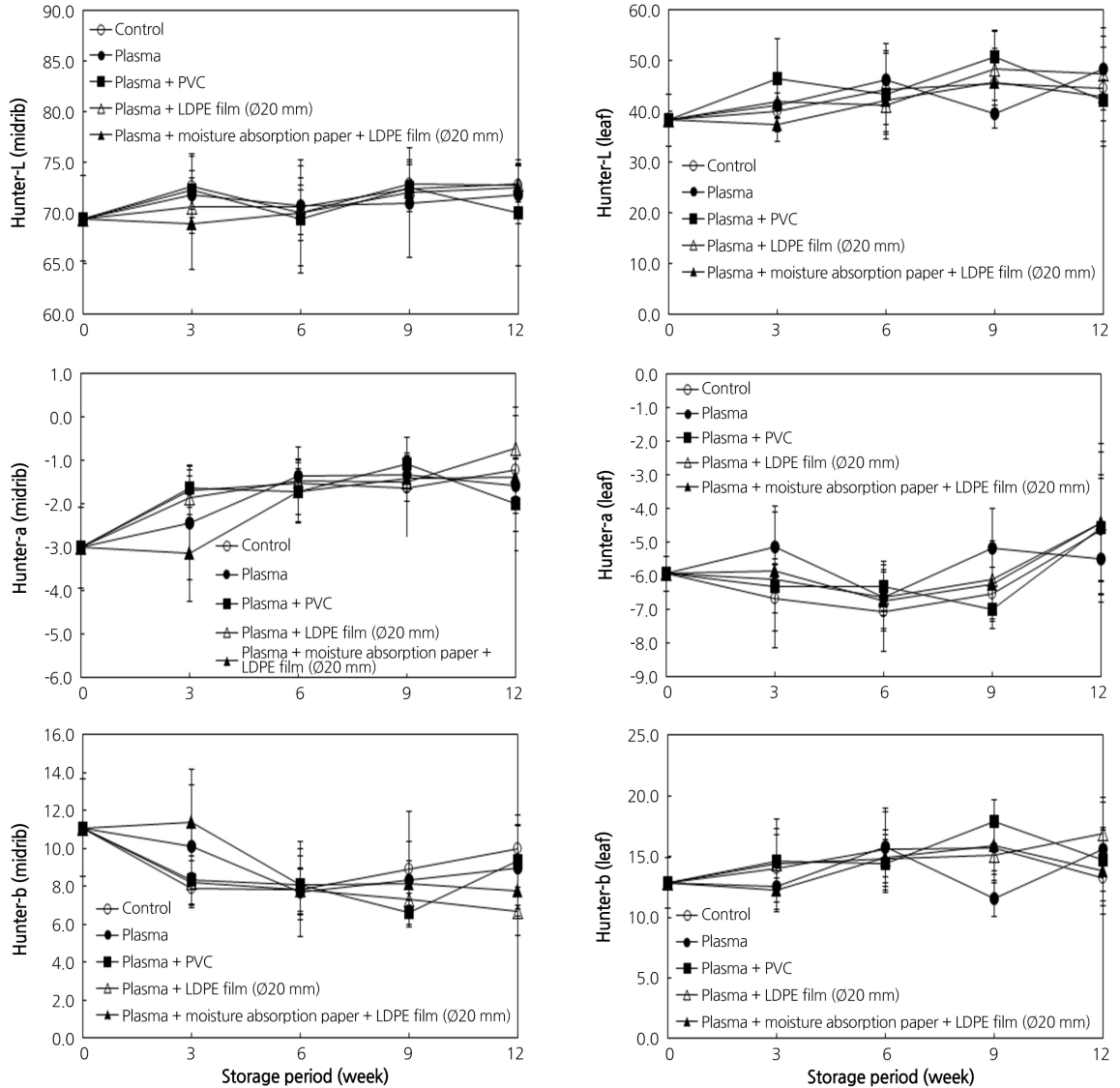


Fig. 8. Changes in Hunter color values of spring Kimchi cabbages during storage at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Values are presented as means \pm SD (standard deviation, $n = 6$).

경도

국제식품규격에 의하면 김치의 품질은 정상적인 색상, 맛 그리고 조직감을 가지고 있어야 하며, 이중 조직감은 ‘적당히 단단하고 아삭아삭하고 씹는 맛이 있어야 한다’라고 표기되어 있다(Jeong et al., 2012). 본 실험에 사용된 cylinder probe는 조직을 파쇄하는데 소요되는 힘의 최고치로 조직의 질감 정도나 물렁하거나 유연한 정도를 나타낸다. 저장 초기에는 0.74kg·force로 나타났고 저장 3주부터 12주 동안은 모든 처리구에서 0.40-0.69kg·force의 경도를 유지하였다(Fig. 9). 저장 초기에 비하여 저장 3주부터는 경도가 감소하는 추세를 보였지만, 모든 처리구가 저장기간 동안 증가와 감소를 반복하여 일정한 경향은 나타나지 않았다. 원예작물은 저장기간이 경과될수록 수분증발 및 증산에 의해서 수분손실이 야기되면서 과피가 질겨지는 현상이 나타나는데, 본 연구에서는 1% 내외의 수분감소 변화만 보이므로 경도 변화는 크게 나타나지 않은 것으로 생각된다.

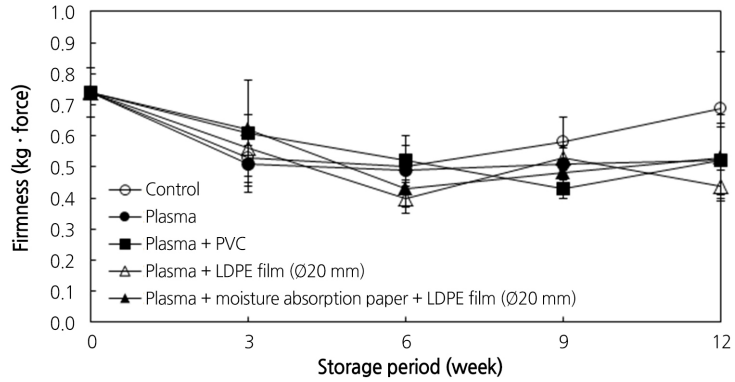


Fig. 9. Changes in firmness of spring Kimchi cabbages during storage at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Values are presented as means \pm SD (standard deviation, $n = 6$).

따라서 처리구 간에 뚜렷한 경향은 보이지 않았지만, 저장기간 동안 경도가 어느 정도 잘 유지가 되어 김치 가공에 적합할 것으로 여겨진다.

관능검사

배추를 저장하는 동안 관능검사 항목 중 외관은 저장 중 품질을 결정하는 중요한 인자이다. 배추의 저장기간 동안 품질 변화는 가용성 고형물과 경도 등 이화학적 특성만으로 품질을 평가하는 데 한계가 있으므로 관능평가를 병행 실시하여 품질을 비교하였다(Table 3). 저장 3주까지 모든 처리구에서 전반적인 기호도가 7점 이상으로 평가되어 상품성이 유지되는 것으로 나타났으며, 특히 대조구와 포장 처리하지 않은 플라즈마 처리구에 비해서 pallet 단위 포장 처리구가 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 저장 6주부터는 LDPE 필름 처리구와 보습지를 넣고 적입한 LDPE 필름 처리구를 제외한 나머지 처리구는 잎과 줄기에 색 변색이 발생하여 상품성이 감소하기 시작하였다. 이는 저장기간이 증가함에 따라 호흡 등과 같은 대사작용으로 외엽의 황화 현상이 발생하고 압상과 같은 물리적 요인에 의한 짓무름 등으로 중록의 변색이 발생한 것으로 생각된다. 대조구, 포장 처리하지 않은 플라즈마 처리구, 그리고 PVC 포장 처리구는 저장 6주부터 LDPE 필름 처리구는 저장 9주부터 원물 상태로서 상품성은 없으나 김치 제조가 가능한 것으로 나타났다. 반면에 보습지를 넣고 적입한 LDPE 필름 처리구는 저장 9주까지 원물 자체로서 상품성이 있는 것으로 나타났으며 처리구 중에서도 유의적으로 가장 높게 나타나 2개월 이상 저장이 가능한 것으로 판단된다($p < 0.05$).

Table 3. Changes in sensory evaluation scores of spring Kimchi cabbage during storage at $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$

Treatment	Storage period (week)				
	0	3	6	9	12
Control		7.00 \pm 0.50Bb	6.11 \pm 0.33Bc	5.67 \pm 1.50Bc	4.33 \pm 0.50Bd
Plasma		7.11 \pm 0.60Bb	5.56 \pm 1.13Cc	5.44 \pm 0.53Bc	4.33 \pm 1.50Bd
Plasma + PVC	8.78 ^z \pm 0.44 ^y A ^x a ^w	7.78 \pm 0.44Ab	6.78 \pm 1.30ABc	5.67 \pm 0.71Bd	4.44 \pm 0.88Be
Plasma + LDPE		7.78 \pm 0.44Ab	7.11 \pm 0.93Abc	6.78 \pm 0.67Ac	5.33 \pm 1.12Bd
Plasma + moisture absorption paper + LDPE		7.89 \pm 0.33Ab	7.33 \pm 0.50Abc	7.22 \pm 0.44Ac	6.44 \pm 1.13Ad

⁹9 = excellent, 7 = good/marketable, 5 = moderate, 3 = poor, 1 = very poor.

^zValues are presented as means \pm SD (standard deviation, $n = 9$).

^xMeans with the same letter in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

^wMeans with the same letter in each row are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

따라서 외관, 색, 이취, 조직감, 신선도 등의 전반적인 품질 요소들을 종합하여 전반적인 기호도를 조사한 결과 보습지를 넣고 적입한 후 LDPE 필름으로 포장 하여 플라즈마 처리하면 배추의 품질이 어느 정도 잘 유지되는 것으로 나타났다.

초 록

본 연구는 봄배추의 수급안정을 위한 저장기간 연장을 목표로 저장 현장에서 적용할 수 있는 플라스틱 필름을 이용한 pallet 형 MAP 및 플라즈마 처리가 배추 ‘춘광’의 신선도에 미치는 효과를 구명하기 위해 수행되었다. 대조구는 저장기간 동안 13%의 감모가 발생한 반면 모든 pallet 단위 포장 처리구는 저장기간 동안 7% 이하로 나타나 중량손실이 억제되었다. 정선손실률은 대조구의 경우 저장기간 동안 10-19%였으며 포장 처리하지 않은 플라즈마 처리구는 대조구보다 낮은 손실률을 나타내어 플라즈마 처리가 어느 정도 영향을 미치는 것으로 생각된다. 반면에 보습지를 넣고 적입한 후 LDPE 필름으로 포장한 처리구는 저장 9주까지 9% 미만이었으며, 저장 12주에는 약 13%로 모든 처리구 중에 가장 낮은 정선손실률을 나타내었다. 관능검사 결과 대부분의 처리구는 저장 3-6주 이후 상품성을 상실한 반면 보습지를 넣고 적입한 후 LDPE 필름으로 포장한 처리구는 저장 9주 후 marketable cut off인 7점 이상으로 평가되었고 저장 12주까지 김치가공이 가능한 6점 이상으로 나타나 봄배추의 장기 저장이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 수확 후 예냉 처리한 봄배추를 보습지를 넣고 적입한 후 pallet 단위로 LDPE 필름으로 포장 후 플라즈마 처리를 할 경우 저장성이 연장 될 것으로 예상된다.

추가 주요어: *Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*, 차압예냉, LDPE film, PVC, 품질 특성

Literature Cited

- Adel AK (2002) Postharvest biology and technology: An overview, *In*: Postharvest technology of horticultural crops. University of California, USA, pp 39-47
- An HJ, Park KJ, Kim SS (2016) Preservative effect of stored 'Setoka' (*Citrus* sp.) using the noncontacted low temperature atmospheric pressure surface discharged plasma. *Korean J Food Preserv* 23:772-777
- Bae JH, Park KW, Kang HM (2005) Effects of packing materials, light condition and storage temperature on MAP storage of chicon. *J Bio-Environ Control* 14:69-75
- 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. doi:10.7318/KJFC/2016.31.2.188
- Choi MG, Chung HS, Moon KD (2008) Effects of storage temperature and materials on maintenance of quality of *Solidago virgaurea* spp. *gigantea* in modified atmosphere packaging. *Korean J. Food Preserv* 15:804-809
- 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 Hortic Sci Technol* 31:429-436. doi:10.7235/hort.2013.12227
- Jeong JH, Lee YS, Kim JK (2012) Optimizing a method for measuring firmness of Chinese cabbage (*Brassica rapa*) and comparing textural characteristics among cultivars. *Korean J Hortic Sci Technol* 30:700-708. doi:10.7235/hort.2012.12061
- Kang HM, Choi IL, Kim IS (2008) Comparison packing materials for proper MAP of mixed sprout vegetables. *J Bio-Environ Control* 17:226-230
- Kim BS, Kim MJ, Kim OW, Kim GH (2001a) Quality changes of winter Chinese cabbage by different packing and loading during cold storage. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:32-36
- Kim BS, Nahmgung B, Kim MJ (2001b) Effect of packaging and loading conditions on the quality of late autumn Chinese cabbage during cold storage. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:23-29
- Kim KD, Suh JT, Lee JN, Yoo DL, Kwon M, Hong SC (2015) Evaluation of factors related to productivity and yield estimation based on growth characteristics and growing degree days in highland Kimchi cabbage. *Korean J Hortic Sci Technol* 33:911-922. doi:10.7235/hort.2015.15074
- Kim JE, Kim IH, Min SC (2013a) Microbial decontamination of vegetables and spices using cold plasma treatments. *Korean J Food Sci Technol* 45:735-741. doi:10.9721/KJFST.2013.45.6.735
- Kim JG, Choi JW, Kim WB, Park MH, Kim YP, Yoon MK (2013b) Effect of the plastic film and moisture absorption paper on the quality

- of autumn harvest-kimchi cabbage during storage. Korean J Hortic Sci Technol 31:76-77
- Kim SS, Ku KH, Jeong MC, Hong JH, Chung SK** (2014b) Effects of pre-heat treatments on the quality of cut Kimchi cabbages during short-term storage. Korean J Food Preserv 21:776-783. doi:10.11002/kjfp.2014.21.6.776
- Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Yoon DH, Kim BS** (2011) Quality characteristics of frozen welsh onion (*Allium fistulosum*L.) according to various blanching treatment conditions. Korean J Food Sci Technol 43:426-431. doi:10.9721/KJFST.2011.43.4.426
- Lee KH, Kuack HS, Jung JW, Lee EJ, Jeong DM, Kang KY, Chae KI, Yun SH, Jang MR, et al** (2013) Comparison of the quality characteristics between spring cultivars of Kimchi cabbage (*Brassica rapa*L. ssp. *pekinensis*). Korean J Food Preserv 20:182-190. doi:10.11002/kjfp.2013.20.2.182
- Lee IK, Hong SJ, Yeoung YR, Park SW, Ku OS** (2001) Effects of postharvest predrying on storability of 'Norang' Chinese cabbage. Korean J Hortic Sci Technol 19:521-525
- Lee JG, Lee JW, Park SH, Jang YA, Oh SS, Seo TC, Yoon HK, Um YC** (2011) Effect of low night-time temperature during seedling stage on growth of spring Chinese cabbage. J Bio-Environ Control 20:326-332
- Lee JS, Choi JW, Chung DS, Lim CI, Park SH, Lee YS, Lim SC, Chun CH** (2007) Cold storage, packing and salting treatments affecting the quality characteristics of winter Chinese cabbages. Korean J Food Preserv 14:24-29
- Lee JS, Park SH, Lee YS, Lim BS, Yim SC, Chun CH** (2008) Characteristics of growth and salting of Chinese cabbage after spring culture analyzed by cultivar and cultivation method. Korean J Food Preserv 15:43-48
- 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. doi:10.3746/jkfn.2008.37.1.90
- Lee SG, Lee HJ, Kim SK, Choi CS, Park ST, Jang YA, Do KR** (2015) Effects of vernalization, temperature, and soil drying periods on the growth and yield of Chinese cabbage. Korean J Hortic Sci Technol 33:820-828. doi:10.7235/hort.2015.15076
- Lee SG, Seo TC, Jang YA, Lee JG, Nam CW, Choi CS, Yeo KH, Um YC** (2012) Prediction of Chinese cabbage yield as affected by planting date and nitrogen fertilization for spring production. J Bio-Environ Control 21:271-275
- Oh YJ, Lee HN, Kim JE, Lee SH, Cho HY, Min SC** (2015) Cold plasma treatment application to improve microbiological safety of infant milk powder and onion powder. Korean J Food Sci Technol 47:486-491. doi:10.9721/KJFST.2015.47.4.486
- Park JH, Yun SN, Ham YB** (2008) R&D trends in plasma technologies. J Korea Fluid Power Sys Soc 5:23-29
- Park SJ, Lim BS, Hong SS** (1999) Effect of CA storage on postharvest quality of Chinese cabbage grown in summer. Korean J Hortic Sci Technol 17:76-77
- Robinson JE, Brown KM, Burton WG** (1975) Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. Ann Appl Biol 81:339-408. doi:10.1111/j.1744-7348.1975.tb01656.x
- Yang YJ, Jeong JC, Chang TJ, Lee SY, Pek UH** (1993) Marketability affected by cultivars and packaging methods during the long-term storage of Chinese cabbage grown in autumn. Korean J Hortic Sci Technol 34:184-190
- Yu IH, Lee EH, Cho MW, Ryu HR, Moon DG** (2014) Development of rain shelter for Chinese cabbage rainproof cultivation. Protected Hortic Plant Fac 23:293-302. doi:10.12791/KSBEC.2014.23.4.293