

## PA와 LLDPE 필름을 이용한 딸기 저장용 Modified Atmosphere Pallet Packaging 연구

김진세\* · 정현경 · 남소영 · 손재용 · 박석호 · 최동수 · 김용훈 · 이수장 · 박찬완  
농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

### Effect of Pallet Size Modified Atmosphere Packaging Using Polyamide Film and Linear Low Density Polyethylene Film on the Shelf Life of Strawberries

Jinse Kim\*, Hyun Kyung Jung, So Young Nam, Jae Yong Son, Seok Ho Park,  
Dong Soo Choi, Yong Hoon Kim, Soo Jang Lee, and Chun Wan Park

*Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA*

#### Abstract

For the vessel export of strawberries, modified atmosphere package (MAP) using polyamide (PA) film and linear low density polyethylene (LLDPE) film was investigated to extend the shelf life of strawberries. Because the temperature and relative humidity changes of the MAP were lower than the changes of the control, the weight loss of the MAP were lower than that of the control. The low oxygen level and high carbon dioxide level were effective to decrease the fungal decay rate and to increase the hardness of strawberries. The Hunter's color differences before and after storage showed no distinct difference between the MAP and the control. The lightness had a tendency to decrease while the redness increased. There were no significant changes of the soluble solids during the storage. The shelf life of strawberries could be extended to 16 days using the MAP considering the weight loss and the fungal decay rate. Thus, this MAP method using PA film and LLDPE film was effective to extend the shelf life of strawberries.

**Key words:** modified atmosphere packaging, pallet, strawberry, shelf life

## 서 론

농림수산식품 수출입 동향 및 통계에 따르면 딸기는 2017년 채소류 중 세 번째로 높은 금액인 43,978천불이 수출되었다(aT, 2018). 딸기의 주요 수출 대상국은 홍콩, 싱가포르, 태국, 말레이시아 등이며, 선도유지기간이 짧은 딸기의 특성상 3-10일이 소요되는 선박보다는 12시간 이내로 소요되는 항공수출이 주로 사용되고 있다. 항공운송비는 aT 한국농수산식품유통공사의 지원에 의해 50% 감면되고 있으나 선박운송비에 비해 10배 정도이며, WTO DDA 협상에 따라 2023년부터 항공운송할인을 포함한 수출보조금이 폐지되어 운송비용 격차는 더 커질 것으로 전망된다(WTO, 2015). 따라서 수출 증대와 운송비 절감을 위해 냉

장 컨테이너에서 14일 이상 신선도를 유지할 수 있는 기술에 대한 개발이 필요한 실정이다.

딸기의 선도유지기간은 물러짐과 곰팡이에 의해 좌우되는데, 수출시 발생하는 클레임도 이 두 가지가 주요 원인이다. 물러짐을 억제하기 위해서 재배 중 칼슘-키토산 처리를 하는 방법과(Ahn et al., 2014), 수확 후 고농도 CO<sub>2</sub> 처리를 하는 방법이 연구되었다(Smith & Skog, 1992; Hwang et al., 2012; Kim et al., 2016). 고농도 CO<sub>2</sub> 처리에 의한 딸기의 경도 향상은 세포벽을 구성하는 고분자와 칼슘 결합의 변화에 영향을 주어 생기는 것으로(Wang et al., 2014), 수확전 칼슘 시비와 수확후 CO<sub>2</sub> 처리가 중요하다고 보여진다. 곰팡이 발생을 억제하기 위해서는 미생물 살균에 효과가 있는 O<sub>3</sub>, ClO<sub>2</sub>, ethyl pyruvate (EP) 등을 처리하거나(Aday & Caner, 2014; Park & Jeong, 2015; Bozkurt et al., 2016), 포장 내부의 산소농도를 낮추고 CO<sub>2</sub> 농도를 높이는 기체조성 포장(Modified Atmosphere Package, MAP)이 사용되었다(Nielsen et al., 2008; Kim et al., 2017). MAP의 경우 포장 내부의 CO<sub>2</sub> 농도를 높게 유지할 수 있기 때문에 경도향상에도 효과가 있을 것으로 판단되지만,

\*Corresponding author: Jinse Kim, Division of Postharvest Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, Jeollabuk-do, 54875, Korea  
Tel: +82-63-238-4127; Fax: +82-63-238-4105  
E-mail: ferroj@korea.kr  
Received January 8, 2019; revised February 11, 2019; accepted February 15, 2019

Kim et al. (2017)의 연구에 따르면 12-1월 딸기의 MAP 처리 시 경도 향상 효과가 미미하나 3-4월 딸기의 경우 경도 향상 효과가 있었다. Ca과 같은 무기 양분의 흡수는 농산물의 근권부 온도가 높을수록 증가하는데(Jang et al., 1992), 추운 12월 생산된 딸기는 Ca 흡수가 적어서 CO<sub>2</sub> 처리에 따른 경도 향상 효과가 미미했던 것으로 판단되며, 물러짐과 곰팡이가 문제인 3-5월에는 MAP를 이용하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

본 연구에서는 3월 60%와 80% 속도로 수확된 선향 딸기를 Kim et al. (2018)이 토마토와 파프리카에 적용한 pallet MAP 방법을 활용하고 초기 CO<sub>2</sub> 농도를 15-20%로 하여 2°C에서 16일간 저장하며 경도와 곰팡이 발생률을 포함한 품질분석을 수행하였다. 이를 통해 14일 이상 소요되는 동남아시아 국가로의 수출 가능성을 구명하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 저장

MA 포장을 위해 본 실험에서는 한교아이씨(주)(Seoul, Korea)에서 구입한 폭 1,400 mm, 두께 15 μm의 PA 필름과 오공(주)(Incheon, Korea)에서 구입한 폭 500 mm 두께 20 μm의 LLDPE 필름을 사용하였다. PA 필름은 산소와 이산화탄소 투과도가 LDPE 필름에 비해 낮으나, 수분투과도가 높아서 결로 억제효과가 있으며, LLDPE 필름은 LDPE 필름의 특성과 비슷하나 늘어나는 성질로 인해 포장에 용이하다(Mangaraj et al., 2009; Kim et al., 2015). Kim et al. (2018)의 토마토 파프리카에 대한 pallet MAP 포장방법과 동일하게 쌓여진 박스 하단은 PA 필름 2겹, 상단은 PA 필름 1겹을 사용하였으며, 측면은 상부와 하부에 LLDPE 2겹을 미리 감은 뒤, 상부와 하부의 PA 필름을 절곡하여 붙이고, 측면을 LLDPE 필름으로 2겹이상 겹쳐 감아서 완벽한 기밀이 유지되도록 하였다.

경상남도 산청의 딸기수출 농업회사법인 (주)조이팜(Sancheong, Korea)에서 2018년 3월 20일에 수확한 '선향' 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)에 대해 pallet 단위 MAP 저장 실험을 하였다. 딸기 250 g 플라스틱 용기 8개가 들어 있는 2 kg 박스를 한 층에 4박스 씩 7단으로 쌓아서 총 4개의 pallet MA 포장을 하였다. Kim et al. (2017)의 연구에 따르면 선별장에서 농가에서 입고된 딸기가 순차적으로 포장되며 박스 단위로 품질차이가 크게 달라지는 특성이 나타났는데, 이를 개선하기 위해 MA 포장 전에 한 박스에 있는 8개의 플라스틱 용기 포장을 각각의 실험구 및 대조구에 1개씩 위치하도록 섞어서 배치하였다. 플라스틱 용기에 1-1부터 8-8까지 표기하고, a-b와 b-a를 교체하는 방식으로 섞어진 80%와 60% 속도 딸기 총 32박스가 실험구와 대조구에 배치하였다. 품질조사는 4일 간격으로 수행하였으며, MAP와 대조구의 속도별 2박스를 조사하였다.

### 온습도 측정

각 실험구의 포장 상부와 저장고에 무선온습도센서(TR-73U, T&D, Nagano, Japan)를 장착하여 저장 기간 동안 온습도를 측정하였다. 무선온습도센서 TR-73U의 상대습도 신뢰범위는 10-95% 이나, 사전 성능 실험시 10-97% 범위에서는 정상 측정이 되었으며, 상대습도 97%이상에서는 99%로 표시되었다.

### MAP를 위한 초기 기체조성 및 천공

저장 초기의 이산화탄소를 15-20% 정도로 주입하는 active MA 방법을 사용하였다. 저장 중 농산물의 호흡에 의해 산소 농도가 2% 이하로 내려가지 않도록 호흡구를 천공하였으며, 천공 면적은 다음의 Kim 등(Kim et al., 2017)의 계산식을 활용하여 수행하였다.

$$A_{\text{hole}}(\mu\text{m}^2) = c \times M(\text{kg}) \times R_{\text{CO}_2} \left( \frac{\text{mgCO}_2}{\text{kg} \cdot \text{h}} \right) \quad (1)$$

천공면적  $A_{\text{hole}}$ 은 저장 농산물의 중량 M과 저장온도에서의 호흡속도  $R_{\text{CO}_2}$ 의 곱과 비례관계를 갖으며, 비례상수 c는 실험적 측정값인 6110을 사용하였다(Kim et al., 2017). 2°C에서의 딸기의 호흡속도는 Gross et al. (2016)의 0, 10, 20°C의 호흡속도 16, 75, 150을 기준으로 내삽하여 2°C 기준 26 (mgCO<sub>2</sub>/kg·h)을 적용하였다. 2 kg 단위 28 박스를 포장하였으므로 총 중량이 56 kg가 되며, 계산식에 대입하여 천공면적을 계산하면 약 8.89 mm<sup>2</sup>의 면적이 나와서 가로, 세로 3 mm의 정사각형 형태의 호흡구를 천공하였다.

저장고에 보관한 딸기 MAP 내부의 기체조성은 휴대용 가스센서(CheckPoint, Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 1일 간격으로 측정하였다. 센서의 측정범위는 기체 농도 0-100%이며, 상대적인 정확도는 3%, 해상도는 0.1%이다.

### 감모율 및 곰팡이 발생률

저온저장한 딸기가 상온에 노출되면 공기중의 수분이 이슬로 달라붙어서 정확한 중량 측정이 어려우므로, 중량은 저온저장고 안에서 측정하였다. 250 g 플라스틱 팩단위로 각각 중량을 측정 후, 저장 전과 후의 측정값을 이용하여 다음의 식에 따라 감모율을 산출하였다.

$$\text{Weight loss rate (\%)} = ((W_1 - W_2)/W_1) \times 100 \quad (2)$$

( $W_1$ =저장 전 중량,  $W_2$ =저장 후 중량)

곰팡이 발생률은 속도별 각각의 실험구 250 g 단위 16팩에 대해 각각 곰팡이가 발생한 개수 비율을 계산하여 16팩 부패율에 대한 통계분석을 하였으며, 평균값은 총 부패개수/총개수의 백분율로 나타내었다.

### 색도 및 경도

실험구 별 각 플라스틱 팩의 딸기를 2개씩 각각 10개 선정하여 착색이 덜 진행된 부위를 지정하여 색차계(CM-700D, Konica Minolta, Tokyo, Japan)로 Hunter L, a, b 값을 3반복으로 측정하였다. Hunter L, a, b 값은 명도(lightness)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a 값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값 의미한다. 측정된 위치는 플라스틱 팩에 표시하고 동일한 위치를 저장후에 측정하여 저장 전과 후에 변화된 색차값( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ )을 비교하였다.

딸기의 경도도 마찬가지로 각 실험구 별 플라스틱 팩의 딸기를 2개씩 선정하였으며 세로방향으로 1/2 절단한 뒤 절단면을 아래로하여 시료의 가장 볼록한 중간부분을 물성 분석기(TA-XT2 texture analyser, Stable Micro System Ltd., Godalming, UK)로 측정하였다. 측정 탐침은 지름 3 mm probe를 사용하였으며, 0.3 mm/sec의 속도로 5 mm까지의 최대 압축 강도를 측정하여 N 단위로 나타내었다.

### 가용성 고형분 및 적정산도 분석

실험구 별 각각의 플라스틱 팩에서 임의로 5개씩의 딸기를 선정하여 착즙망(Whirl-pak B01248WA, Nasco, Fort Atkinson, WI, USA)으로 착즙한 추출액에 대하여 디지털 굴절당도계(RX-5000 $\alpha$ , Atago Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 당도를 측정하고 °Brix 단위로 나타내었다. 또한 딸기 추출액 5 mL을 취하여 45 mL의 증류수에 희석한 후 자동 적정기(TitroLine 500, Si Analytics, Mainz, Germany)를 이용하여 pH 8.3이 될 때까지 0.1 N NaOH 용액으로 적정하였다. 각 실험구당 16개의 시료에 대하여 측정된 평균값을 citric acid로 환산하여 나타내었다.

### 통계분석

모든 분석결과는 실험구당 3회 반복 이상 실험한 결과로부터 평균값과 표준편차로 나타내었으며 통계분석은 IBM SPSS Statistics (25, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 ANOVA test와 Duncan's multiple range test를 통해서 시료 간 유의적 차이( $p < 0.05$ )를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 포장 내부의 온습도 분포 및 기체조성

딸기의 저장기간 동안 MA 포장과 저장고 내부의 온습도를 측정하였다(Fig. 1). MA 포장 전에 저장온도까지 예냉이 되지 않아서 저장 4일까지 온도가 감소하였다. 안정화된 MA 포장 내부의 온도는 저장고 온도편차의 제일 높은 지점인 4°C 인근에서 일정하게 나타났으며, 그 편차는 저장고에 비해 1/10정도로 크게 줄었다. 이러한 특성은 Kim et al. (2018)의 토마토와 파프리카에 대한 pallet

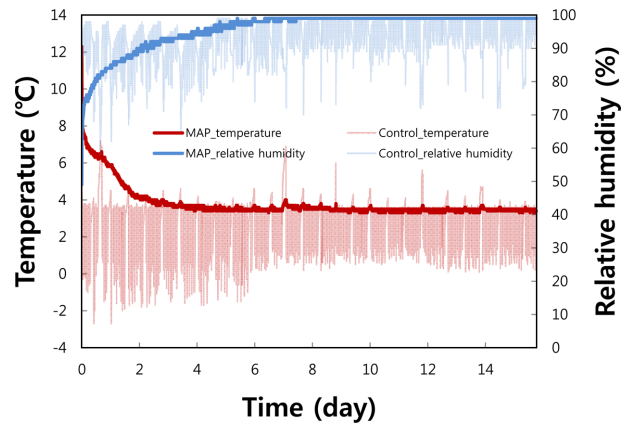


Fig. 1. Temperature and relative humidity Changes of the MAP and the control strawberries.

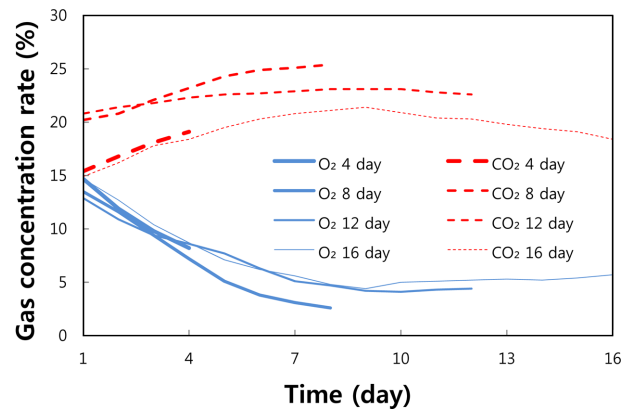


Fig. 2. Gas concentration rate changes in MAP of strawberries.

MAP와 유사하게 나타났으며, 농산물의 호흡열에 의해 pallet MAP 내부가 더 높은 온도로 유지되나, 필름 포장이 온도변화를 완충하여 편차는 줄어든 것으로 판단된다. 저장고 내부의 상대습도가 70-100%로 높은 범위에 있었기 때문에 MA 포장 내부의 습도도 높게 유지되었다. 센서로는 99%로 측정되었으나, 필름 내부에 결로가 생기지는 않았고, 센서에 대한 예비실험시 97% 이상은 99%로 측정되었으므로, MA 포장 내부는 상대습도 97-99% 범위에서 유지되었다고 판단된다.

4개의 MA 포장은 4일 주기로 한 개씩 품질분석에 사용되었기 때문에 각각 4, 8, 12, 16일 동안 기체조성을 측정하였다(Fig. 2). 이산화탄소를 주입하여 기체조성을 한 뒤 3시간 정도 경과후 확산이 완료되었을때의 측정값을 초기농도로 하였기 때문에 초기 기체조성을 완벽하게 일치시키기는 어려웠다. 저장에 따라 딸기의 호흡속도가 감소하기 때문에 초기에는 산소농도가 낮아지고 이산화탄소는 증가하나 안정화된 이후에는 다시 산소농도는 천천히 증가하고 이산화탄소 농도는 천천히 감소하는 특성을 보였다. 8일차에 실험한 MAP의 경우 다른 처리구에 비해 급격한 산소농도 저하를

보였는데, 하나의 pallet 위에서 예냉을 한 뒤, 4개의 실험구로 나누는 과정에서, 예냉이 덜 된 박스들이 8일차 MAP에 많이 포함되어서 이러한 차이가 나타났을 것으로 추정된다.

저장 품질 분석

MA 포장된 딸기와 대조구의 저장기간에 따른 감모율 및 곰팡이 발생률을 조사하였다(Fig. 3). MA 포장 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮은 감모율을 보였다. 특히 60% 속도의 딸기는 80% 속도의 딸기에 비해 낮은 감모율을 나타냈는데, 12일차 MA 포장을 제외하고 대부분 60% 속도의 감모율이 80% 속도에 비해 낮게 나타났으며, 모든 처리구에서 MA 포장이 대조구에 비해 감모율이 낮게 추

정되었다. 12일차 MA 포장 처리구 60% 속도의 딸기 박스는 농가에서 중량 측정시 맨 위에 노출되서 감모가 더 진행된 것으로 추정된다. 곰팡이 발생률의 경우 60% 속도가 80% 속도에 비해 낮게 측정되었으며, 16일차 대조구의 경우 60% 속도의 딸기가 80% 속도의 딸기의 절반 수준인 31.5%의 곰팡이 발생률을 나타내었다. MA 포장 처리구의 곰팡이 발생률은 16일의 저장에도 1% 안쪽을 유지하였다. 16일차 MA 포장 처리구와 대조구의 곰팡이 형상을 비교하면 MA 포장 처리구는 딸기 외부에 곰팡이 균사가 보이지 않았으나 대조구는 곰팡이 균사와 포자가 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다(Fig. 4). Fig. 4D와 같이 MA 포장 처리구의 80% 속도 4 kg에서 변색된 딸기가 한 개 나

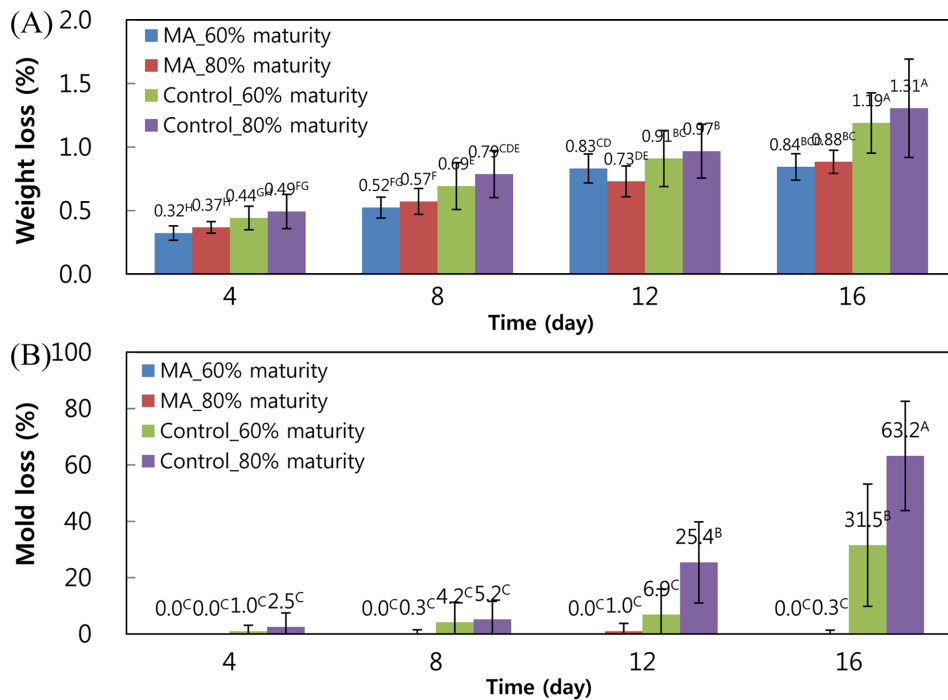


Fig. 3. Weight loss changes (A) and fungal decay rate changes (B) of strawberries during 16 days of storage.

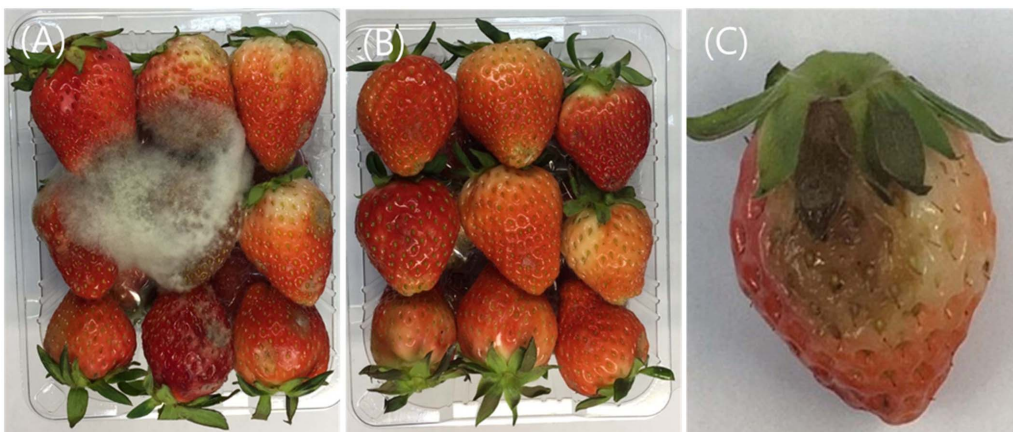


Fig. 4. Fungal growth differences between the control (A) and the MAP (B and C).

타났는데, 이러한 곰팡이 형상은 Kim et al. (2017)의 곰팡이 균사가 딸기 내부로 자라서 갈색으로 변화된 것과 동일하다. 낮은 산소와 높은 이산화탄소 농도가 딸기 외부에 균사가 자라는 것을 억제하여 MA 포장 처리구가 대조구에 비해 낮은 곰팡이 발생율을 보이는 것으로 판단된다.

딸기의 착색이 덜 진행된 부위의 저장 전과 후의 색도의 차이인 색차를 측정하였다(Table 1). 딸기는 펜으로 표시하는 것으로도 쉽게 물러지기 때문에 딸기 표면이 아니라 플라스틱 포장에 측정위치를 표시하여 실험하였다. 이로 인해 저장 전과 후에 동일한 위치의 색도를 측정하기 어려웠고, 높은 표준편차를 통해 정확한 위치의 측정에 실패한 것을 확인하였다. 60%와 80% 속도의 딸기를 28°C에서 2일간 저장하였을 때 Fig. 5와 같이 전반적으로 붉게 변하며 lightness는 감소하고, redness는 증가한다. 2°C 저장에서는 28°C에 비해 색변화가 미미하기 때문에 색차의 변화보다 측

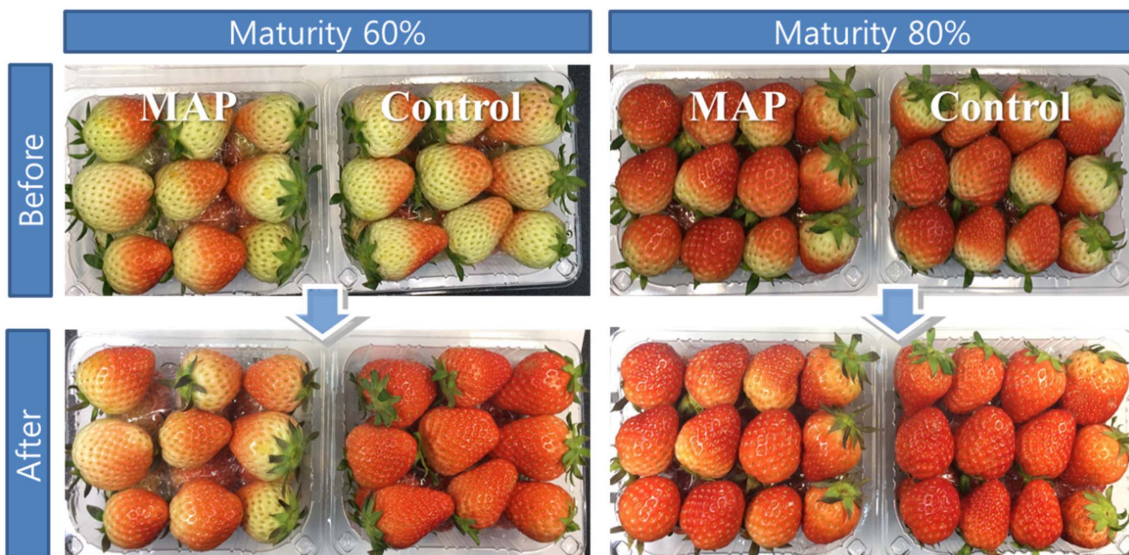
정의 오차가 더 크게 작용하였다. 다만, 대체로 60% 속도의 딸기의 경우  $\Delta L$  (lightness change)는 음수값을,  $\Delta a$  (redness change)는 양수값을 나타내어 상온에서의 색변화와 유사한 형태로 색이 변하는 것을 알 수 있다.

MA 포장 처리구 및 대조구의 경도, 가용성 고형분, 적정산도를 측정하였다(Fig. 6). 이산화탄소를 주입한 MA 포장 처리구의 경우 대조구에 비해 높은 경도를 유지하였는데, 이는 딸기에 15% 정도의 이산화탄소를 48시간 처리하여 경도 향상 효과를 얻은 Smith & Skog (1992)의 연구 결과와 일치한다. 8일차 MA 포장 처리구의 경우 다른 처리구에 비해 높은 이산화탄소 농도가 측정되었는데, 포장을 열었을때의 최종 이산화탄소 농도와 측정된 경도의 평균값은 비슷한 경향성을 나타내었다. 처리된 이산화탄소 농도가 높을수록 경도는 향상되지만, 너무 높을 경우 이취의 주요 성분인 acetaldehyde가 증가하여 문제가 될 수 있

**Table 1. Color changes during the storage of strawberries**

| Storing day      |     | 4           |            |            | 8          |            |            |
|------------------|-----|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Color difference |     | $\Delta L$  | $\Delta a$ | $\Delta b$ | $\Delta L$ | $\Delta a$ | $\Delta b$ |
| Control          | 80% | -2.89±2.59* | -2.60±2.25 | -2.00±1.31 | -1.48±2.45 | -0.80±2.14 | -1.34±1.87 |
|                  | 60% | -1.01±3.43  | 0.35±3.85  | 0.26±1.19  | -4.21±3.14 | 0.22±4.81  | -1.30±0.89 |
| MAP              | 80% | -0.09±2.45  | 0.32±0.62  | 0.27±1.13  | -1.42±2.75 | 0.18±1.85  | -1.17±1.13 |
|                  | 60% | -3.99±7.98  | -2.68±6.74 | -1.49±3.35 | -1.77±3.13 | 3.78±3.92  | -1.36±1.86 |
| Storing day      |     | 12          |            |            | 16         |            |            |
| Color difference |     | $\Delta L$  | $\Delta a$ | $\Delta b$ | $\Delta L$ | $\Delta a$ | $\Delta b$ |
| Control          | 80% | -2.96±2.51  | -2.09±3.37 | -2.38±1.99 | -1.93±0.91 | -1.48±1.72 | -1.65±1.39 |
|                  | 60% | -1.95±4.18  | -0.45±4.1  | -0.77±1.18 | -2.77±4.61 | 0.87±4.28  | -1.88±1.62 |
| MAP              | 80% | 1.86±1.61   | -1.74±3.66 | 0.94±2.34  | 1.88±1.43  | -0.11±2.46 | 0.97±1.55  |
|                  | 60% | -3.19±5.68  | -1.16±3.48 | -1.21±2.06 | -3.25±1.74 | 1.49±3.81  | -0.82±1.66 |

\*The values represent mean±SD for triplicate experiments.



**Fig. 5. Color changes of strawberries from two days storage at 28°C.**

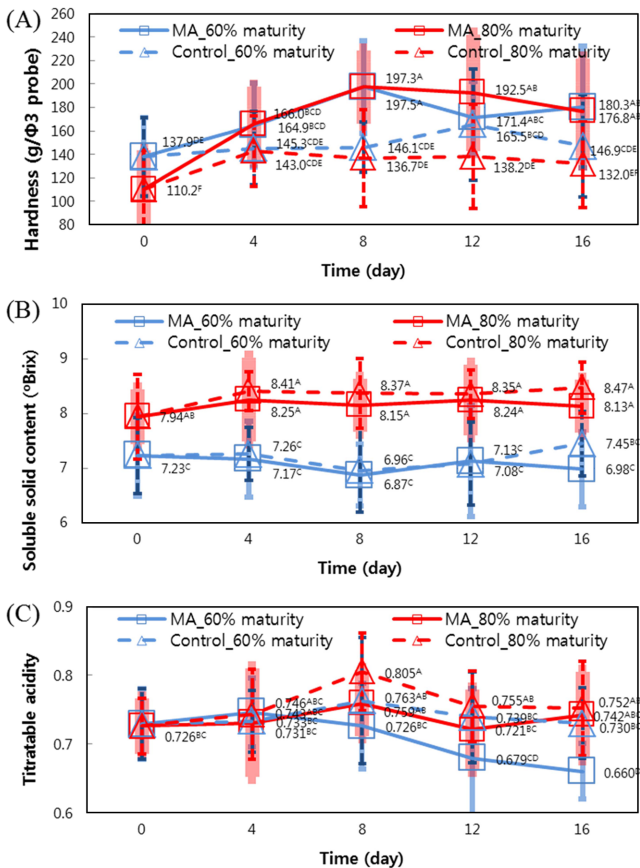


Fig. 6. Hardness, soluble solid content and titratable acidity changes during 16 days of storage.

다(Larsen & Watkins, 1995). 저온 저장은 상온 저장 대비 이산화탄소 농도에 따른 이취발생도가 낮으며, Larsen & Watkins (1995)의 20°C 실험에서 20-24%의 이산화탄소 농도 범위에서 acetaldehyde가 급격히 증가하였다고 보고되었기 때문에, 2°C 저장에서 15-20% 범위의 이산화탄소 농도를 유지하는 것은 경도 향상과 이취 발생 면에서 적절한 이산화탄소 농도로 판단된다. 당도는 2°C에서 저장하였기 때문에 저장기간에 따라 그 변화가 크지 않았으며, 대조구의 높은 감모율을 고려할 때 동일 속도의 딸기에서 당도는 통계적인 차이가 없는 수준으로 변화하였다. 적정산도의 경우 MA 포장 8일차 실험구가 높게 측정되었고 60% 속도의 MA 포장 처리구에서 더 빠르게 감소하였다. 높은 이산화탄소 농도는 탄산을 형성하며 세포벽과 칼슘의 결합을 촉진하고, 세포벽 분해 효소인 pectate lyase의 활성도를 낮게 하여 경도를 향상시키는데(Wang et al., 2014), 8일차 MA 처리구에 가장 높은 적정산도와 경도가 측정된 것은 이산화탄소 농도가 높았기 때문으로 판단된다.

## 요 약

딸기에 대해 pallet 상부와 하부는 PA 필름으로, 측면은

LLDPE 필름으로 MAP 처리를 할 경우 포장 내부의 온습도 편차를 줄이며, 산소 농도 3-6%, 이산화탄소 농도 15-25%로 안정화하여 감모율이 향상되고, 곰팡이 발생률이 억제되는 것을 확인하였다. 경도향상과 이취를 고려하였을 때 적정 이산화탄소 농도는 15-20%이며, 이러한 높은 이산화탄소 농도는 경도를 21-40% 수준으로 높이는데 영향을 준 것으로 판단된다. 대조구의 경우 60% 속도 딸기의 경도가 80% 속도에 비해 높았으나, MAP 처리구의 경우 12일차를 제외하고 60%와 80% 속도의 경도는 통계적인 차이 없이 높은 수준으로 유지되었다. MAP 처리 시 80% 속도는 60% 속도에 비해 감모율, 곰팡이 및 경도 차이가 0.7-2.4 °Brix 높은 당도가 유지되었다. 따라서, pallet MAP를 사용할 경우 동남아시아 국가로 선박 수출하기 위한 14일 동안의 선도유지가 가능하고, 80% 이상의 높은 속도로 딸기를 수출하여 품질 경쟁력도 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2018년도 농촌진흥청 기관과유사업(과제번호: PJ01259604)의 지원에 의해 이루어진 것으로 감사드립니다.

## References

- Aday MS, Caner C. 2014. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *Food Sci. Technol.* 57: 344-351.
- Ahn SE, Lee AY, Wang MH, Hwang YS. 2014. Increase of strawberry fruit shelf-life through preharvest spray of calcium-chitosan and post-harvest treatment with high pressure CO<sub>2</sub>. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 32: 636-644.
- aT. 2018. Trends and statistics of the import and export for agro-fisheries and food in 2017. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, Naju, Korea, pp. 10.
- Bozkurt F, Tornuk F, Toker OS, Karasu S, Arici M, Durak MZ. 2016. Effect of vaporized ethyl pyruvate as a novel preservation agent for control of postharvest quality and fungal damage of strawberry and cherry fruits. *Food Sci. Technol.* 65: 1044-1049.
- Gross KC, Wang CY, Saitveit M. 2016. The commercial storage of fruit, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Agriculture Handbook number 66, Agriculture Research Service, Washington DC, USA, pp. 7-9.
- Hwang YS, Min JH, Kim DY, Kim JG, Huber DJ. 2012. Potential mechanisms associated with strawberry fruit firmness increases mediated by elevated pCO<sub>2</sub>. *Hort. Environ. Biotechnol.* 53: 41-48.
- Jang BC, Hong YP, Chun JC. 1992. Effect of root-zone temperature in hydroponics on plant growth and nutrient uptake in vegetable crops. *J. Korean Soc. Sci. Fert.* 25: 242-248.
- Kim JG, Choi JW, Park MH. 2016. Effect of different days of postharvest treatment and CO<sub>2</sub> concentrations on the quality of 'Seolhyang' strawberry during storage. *Korean J. Food Preserv.*

- 23: 12-19.
- Kim JS, Jung HK, Kim JH, Lee YH, Park SH, Choi DS, Kim YH, Lee SJ, Park CW, Cho BK. 2018. Effect of pallet size MAP using PA film and LLDPE film on the shelf life of tomatoes and paprika. *Food Eng. Prog.* 22: 100-109.
- Kim JS, Park JW, Park SH, Choi DS, Choi SR, Kim YH, Lee SJ, Park CW, Lee JS, Cho BK. 2015. Study of pallet scale modified atmosphere packaging films for reducing water condensation. *J. Biosyst. Eng.* 41:98-107.
- Kim JS, Park JW, Park SH, Choi DS, Kim YH, Lee SJ, Park CW, Cho BK. 2017. Effects of modified atmosphere packaging (MAP) and vaporized ethyl pyruvate (EP) treatment for the shelf life of 'Seolhyang' strawberries. *Korean J. Food Preserv.* 24: 351-360.
- Larsen M, Watkins CB. 1995. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. *Postharvest Biol. Tec.* 5: 39-50.
- Mangaraj S, Goswami TK, Mahajan PV. 2009. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. *Food Eng. Rev.* 1:133-158.
- Nielsen T, Leufven A. 2008. The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries. *Food Chem.* 107: 1053-1063.
- Park DS, Jeong CS. 2015. Effect of CO<sub>2</sub> and ClO<sub>2</sub> gas pre-treatment for maintain shelf-life of summer strawberries. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 33: 705-711.
- Smith RB, Skog LJ. 1992. Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. *Hort. Sci.* 27: 420-421.
- Wang MH, Kim JG, Ahn SE, Lee AY, Bae TM, Kim DR, Hwang YS. 2014. Potential role of pectate lyase and Ca<sup>2+</sup> in the increase in strawberry fruit firmness induced by short-term treatment with high-pressure CO<sub>2</sub>. *J. Food Sci.* 79: S685-692.
- WTO. 2015. Nairobi package. 10<sup>th</sup> WTO Ministerial conference, Geneva, Switzerland.