

PLANT&FOREST

Effects of film liners, ethylene scrubber, alcohol releaser and chlorine dioxide on the berry quality during simulated marketing in 'Campbell Early' grapes

Sung-Joo Kim¹, Cheol Choi², Young-Jik Ahn³, Byung-Sun Lim⁴, Jong-Pil Chun^{1,*}

¹Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³Department of Horticultural Forestry, Paichai University, Daejeon 35345, Korea

⁴National Institute of Horticultural & Herbal Science, Jeonju 55365, Korea

*Corresponding author: jpchun@cnu.ac.kr

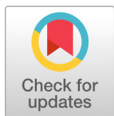
Abstract

This study investigated the effects of an ethylene scrubber (ES) with a micro-perforated polypropylene (MP-PP, 30 μm) or a high density polyethylene (MP-HDPE, 30 μm) film liner for the export carton packaging box in 'Campbell Early' grapes. Rachis browning was highest in the untreated group, followed by MP-PP and MP-HDPE for 14 days of simulated marketing at 20°C. The combination treatment of ES with the film liners showed a partial inhibition of the rachis browning regardless of the film liners. The effects of an alcohol releaser (AR) sachet or chlorine dioxide (CD) diffuser co-packaging were also investigated in the 'Campbell Early' grapes packed with the MP-HDPE (40 \times 99 pin hole $\cdot\text{m}^{-2}$) film liner. The CD 1 g treatment showed a very limited weight loss of 1.1%, which was significantly lower than the 4.7% of the untreated control after 14 days of simulation marketing at 20°C. The berry shatter was 0.7% for the MP-HDPE + CD 1 g treatment and 1.8% for the MP-HDPE + CD 5 g treatment on the 10th day of the simulated marketing, which was significantly lower than the 8.9% of the control. The stem browning was significant suppressed until the 10th day of the simulated marketing. In particular, the CD 1 g treatment in combination with the MP-HDPE showed a low rachis and pedicel browning index of 2.0, which is 50% and 40% lower than that of the untreated control and the MP-HDPE single treatment, respectively. In addition, the CD 1 g treatment group showed a higher decay reduction effect than the CD 5 g treatment group, which caused high concentration damage.

Keywords: berry decay, berry quality, Campbell Early, shatter, stem browning

Introduction

'캠벨얼리' 포도는 우리나라에서의 재배비중이 약 70%에 달하며, 2018년 기준 포도수출액 13,884천달러의 약 40%를 차지하고 있는 주요 품종이다(KATI, 2020).



OPEN ACCESS

Citation: Kim SJ, Choi C, Ahn JY, Lim BS, Chun JP. 2020. Effects of film liners, ethylene scrubber, alcohol releaser and chlorine dioxide on the berry quality during simulated marketing in 'Campbell Early' grapes. Korean Journal of Agricultural Science 47:415-424. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200031>

Received: May 15, 2020

Revised: May 31, 2020

Accepted: June 24, 2020

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

포도는 유통 중 증산에 의한 수분배출의 지속으로 과경건조, 과립위조, 탈립 등이 발생하고 압상이나 눌림 등에 의해 과립이 파손되고 부패균의 오염으로 인한 상품성 상실이 발생한다(Prange and DeEll, 1997; Centioni et al., 2014). 감모율을 줄이기 위한 박스내부의 필름 라이너 사용은 포도의 품위유지를 위해 매우 효과적인 것으로 보고(Lichter et al., 2008)되었으며, 필름소재 및 두께(Watharkar et al., 2017), 사용한 필름의 천공유무에 따라 달라져 무천공 필름의 경우, 천공 필름에 비해 포장 내 CO₂ 농도가 높고 O₂ 농도가 낮게 유지되며 감모율이 낮으므로 과립의 정도가 높게 유지된다(Martinez-Romero et al., 2003).

에틸렌은 포도의 과숙갈변 및 감모율 증가 등 품질 저하의 원인으로 작용(de Almeida et al., 2014)하는데, 이는 과립보다는 송이축과 열매자루의 호흡량 증가 유발과 관련이 있고 인위적으로 이산화탄소를 처리하여 호흡률을 감소시킨 경우, 수축의 갈변이 경감된다(Rosales et al., 2013). 포도는 호흡형이 비급등형 과실로 분류되지만 착색기 직전 내생에틸렌이 증가하여 성숙 중 에틸렌의 영향을 받으며(Chervin et al., 2004), 외부 에틸렌에 반응, 갈변과 탈립을 유발하므로 적극적인 에틸렌 제거 작업이 요구되는데 에틸렌작용억제제 1-methylcyclopropene 처리는 다수의 과실에서 에틸렌 제어를 입증하였고(Watkins, 2006), '툼슨씨드리스' 포도의 수축 및 과실자루의 갈변을 지연하는 효과를 보이는 것으로 보고된 바 있다(Li et al., 2015).

한편, 포도는 유통 중 부패가 가장 심한 작물에 속하며, 이를 제어하기 위한 수확 후 수출포장 내 SO₂ 패드의 사용은 포도의 부패를 방지하고 포장 내 품위유지를 위해 매우 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Lichter et al., 2008). 그러나, 수축 및 과립에 고농도 장애를 유발(Crisosto and Mitchell, 2002) 하거나, 급속한 기화에 따른 과립의 표백장애가 일어나며, 아황산염 과민성(Taylor, 1993) 및 잔류 SO₂ 로 인한 이취가 발생하는 문제점을 내재하고 있어 SO₂ 의 대체물질로 오존(Cayuela et al., 2009), 초산(Moyls et al., 1996), 염소(Zoffoli et al., 1999), 에탄올(Lichter et al., 2002; Lurie et al., 2006) 등이 검토된 바 있다. 이산화염소는 강력한 산화능을 가지고 있어 포도를 비롯한 여러 작물에 있어 다수의 미생물활성을 저하(Kou et al., 2009; Islam et al., 2017) 시키며 포도에 대해 이산화염소 가스를 10 mg·m⁻³ 농도로 30분간 처리하였던 경우, 부패균의 생장을 유의하게 억제시켰다는 결과가 보고된 바 있다(Jin et al., 2011).

본 논문에서는 포도 수출포장 내부에 대한 필름 liner 처리 효과를 에틸렌흡수제 병용처리 효과와 비교 검토하였다. 또한, 알콜휘산제, 이산화염소의 필름 liner 포장 내 병용처리효과를 검토하였다. 이를 통하여 도출된 결과들은 추후 우리나라의 포도수출 물량 증대를 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

Materials and Methods

과실 재료

경기도 화성시 소재 수출선과장에서 1차 선별한 '캠벨얼리' 포도를 2018년 9월 10일 충남대학교 실험실로 옮기고 1일간 음건한 후, 재선별하여 실험에 이용하였다. 과방을 수출포도용 미세천공처리(micro-perforated, 60 × 74 pin hole·m⁻²) 필름백(polypropylene, PP; 20 μm)으로 날개포장한 후 2 kg 들이 종이박스에 각각 5 - 6개씩 담고 1°C에서 21일간 모의수송 및 20°C에서 14일간 모의유통하였다.

필름라이너 및 inner pack 처리

필름라이너 처리는 ① 무처리, ② MP-PP: 미세천공(micro-perforated, 99×99 pin hole- m^2) 처리된 polypropylene (PP, $30\mu m$ thickness) 필름(Jinwon Corp., Daegu, Korea) 및 ③ MP-HDPE: 미세천공(micro-perforated, 40×99 pin hole- m^2) 처리된 HDPE (high density polyethylene, $30\mu m$ thickness) 필름(Jinwon Corp., Daegu, Korea)을 사용하여 실시하였다. 에틸렌흡수제(ethylene scrubber, ES)는 (주)탑프레쉬(Topfresh, Seoul, Korea)에서 구조도에 과망간산칼륨을 함침시켜 제조한 Fresh up 3 g 제품(net weight, 2.7 g)을 사용하였다. AR (alcohol releaser) 및 CD (chlorine dioxide) 처리는 MP-HDPE 필름을 내부 liner 처리하고 sachet 형태의 AR (Lipmen, Incheon, Korea) 1개(2 g) 및 2개(4 g) 처리구를 두었고, 디퓨저 형태의 이산화염소(CD, Gel-type, PureO2, Hanam, Korea)는 1 g 및 5 g을 각각 처리하였다.

과실품질 및 저장장해 조사

과방중은 전자저울(CB-3000, A&D, Tokyo, Japan)로 측정하였고 브러쉬 길이 등 형태적 특성은 vernier calipers로 측정하였다. 감모율은 저장 전후의 생체중을 측정하여 백분율로 계산하였다. 과립의 경도는 물성측정기(TMS-Pro, Food technology corp., West Sussex, UK)를 이용하여 측정하여 직경 5 mm 측정봉으로 적도면에 수직으로 5 mm sample move, $100\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ 의 조건으로 최대압력을 측정하였다. 가용성 고형물은 과립 10개를 모아 cheese cloth를 이용하여 착즙한 후 digital refractometer (PR-32a, ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 산 함량은 동일한 방법으로 착즙한 과즙 5 mL를 증류수 35 mL에 희석하여 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 중화 적정한 후 주석산으로 환산하였다. 탈립률은 1과방당 탈립된 과립의 숫자를 전체 과립수로 나누어 계산하였다. 과경의 갈변도 및 부패율은 Kim et al. (2019b)의 방법에 따라 육안으로 전체 과경에 대한 갈변면적을 5단계 지수로 표기 하였다. 지수 1은 전체 과경의 0 - 10% 갈변, 지수 2는 11 - 30% 갈변, 지수 3은 31 - 60%, 지수 4는 61 - 80%, 지수 5는 81% 이상으로 판정하였다. 부패율은 과방당 전체 과립에 대한 부패과립수를 나누어 백분율로 표기하였는데 과립당 부패지수를 조사하여 백분율을 구하였다. 통계분석은 Costat 프로그램(Ver. 6.311, CoHort Software, CA, USA)을 이용하여 95%의 신뢰수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT) 검정을 실시하였다.

Results and Discussion

필름 liner 및 에틸렌흡수제 처리 효과

'캠벨얼리' 2 kg 포도박스에 대한 필름라이너 및 ES 투입효과 실험을 위해 박스 내부에 MP-PP ($30\mu m$)와 MP-HDPE ($30\mu m$)를 각각 처리하고 ES 처리 유무에 따른 효과를 비교하였다. 각각 9반복 처리 후 $1^\circ C$ 에서 21일간 모의 수출기간을 부여한 후 $20^\circ C$ 에서 14일간 모의유통한 후 과실품질요인을 분석한 결과는 다음과 같다.

과립경도는 전체적으로 2.75 - 3.06 N으로 조사되었는데 필름라이너 종류별로 보면 무처리구와 MP-PP 단용처리구는 2.75 N, MP-HDPE 단용처리구는 2.99 N으로 조사되었고, ES 병용처리의 경우에는 무처리구 및 MP-HDPE 처리구는 각각 2.95 N 및 2.99 N, MP-PP 처리구는 3.06 N으로 ES를 병용처리한 경우, 통계적인 유의차는 없었으나 경도가 다소 높은 경향이였다(Table 1). 가용성고형물함량은 무처리구는 ES 처리와 관계없이 $15.8^\circ Brix$ 로 조사되었고, 필름라이너 처리구는 ES를 병용처리한 경우 가용성고형물이 낮게 조사되었다. MP-HDPE처리구는 필름라이너 단용처리구 및 ES 병용처리구에서 각각 16.3 및 $15.6^\circ Brix$, MP-PP 처리구는 각각 16.0 및 $15.7^\circ Brix$ 로 조사되었다. 한편, 산함량을 조사한 결과, 무처리구에서는 ES 처리구가 0.39%로 다소 낮은 경우를 제외하고 필름종류별 및 ES 병용처리 유무에 따른 유의한 차이를 찾아볼 수 없었다(Table 1).

Table 1. Effects of film liners and ethylene scrubber co-packing on the fruit quality indices in 'Campbell Early' grapes stored for 14 days of simulated marketing at a room temperature ($20 \pm 1^\circ\text{C}$, 70% RH) after 21 days of refrigeration ($1 \pm 1^\circ\text{C}$, 80% RH).

Treatments		Berry firmness (N)	SSC ($^\circ\text{Brix}$)	TA (%)	Weight loss (%)	Rachis weight (g)
Liner	ES					
-	-	2.77a	15.8a	0.48a	5.90a	4.18c
-	+	2.95a	15.8a	0.39b	4.99a	4.65bc
MP-PP	-	2.75a	16.0a	0.45a	3.50b	4.85bc
MP-PP	+	3.06a	15.7a	0.45a	2.41bc	5.97ab
MP-HDPE	-	2.99a	16.3a	0.44a	1.07c	5.82ab
MP-HDPE	+	3.01a	15.6a	0.45a	1.72c	6.61a

RH, relative humidity; MP-PP, micro perforated polypropylene; MP-HDPE, micro perforated high density polyethylene; ES, ethylene scrubber; SSC, soluble solids content, TA, titratable acidity.

a - c: Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

감모율은 무처리구에서 모의유통 14일 후 5.9%로 급격히 감모가 증가하였고, ES 처리는 감모율에 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 필름라이너 중에서는 미세천공수가 많은 MP-PP 처리구(99×99 pin hole- m^2)가 필름단용 처리구 3.50% 및 ES 병용처리구 2.41%의 감모율을 보였고, MP-HDPE 처리구(40×99 pin hole- m^2)는 필름단용 처리구가 1.08%, ES 병용처리구가 1.72%로 상대적으로 낮게 조사되었다(Table 1). 한편, 과립을 제외한 수축(rachis)의 무게는 과방의 감모율과 역의 관계를 보여 감모율이 낮았던 MP-HDPE 처리에 ES 병용처리구에서 통계적으로 유의하게 높았다(Table 1). 이 같은 결과는 Ramin and Khoshbakhat (2008)가 라임 과실을 대상으로 미세천공 처리된 30 μm 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 필름 처리의 효과를 비교한 실험에서 미세천공 필름 처리 과실의 감모율은 무처리 과실에 비해 유의하게 감모율을 낮추었고 그 정도는 처리된 천공수에 따라 달라졌다는 보고와 일치하는 것이었다.

과립의 탈립률을 조사한 결과, 무처리구는 7.2%로 가장 높았고, MP-HDPE 단용처리구는 3.1%, MP-PP 2.4%로 나타나 필름라이너 처리구에서 탈립률이 낮았는데, ES 병용처리 효과는 일정하게 나타나지 않아 무처리구에서는 ES 처리구가 5.9%로 탈립을 다소간 경감하였으나, MP-PP와 MP-HDPE 처리구에서는 필름단용처리구에 비해 다소 높게 나타나 탈립에 미치는 ES 병용처리의 일관적인 효과는 찾아볼 수 없었다(Table 2). 이와 같은 결과는, 필름라이너 처리에 의한 과습으로 인한 부패율 증가와 부분적으로는 관련이 있는 것으로 이해되었는데 이는 *Botrytis cinerea*, *Cladsporium herbarum*, *Stemphyllium* sp. 와 같은 균들이 과립자루의 부착부위에서 과립을 분리해 내는 습식탈립(wet-shatter)을 유도하였다는 Nelson (1991)의 결과를 감안하면 수분함량이 높은 포도 품종에 대한 포장시 필름라이너 사용에 따른 문제점을 시사하고 있다. 한편, '캠벨얼리'에 있어 브러쉬의 길이 차이는 크지 않았으며 ES 처리의 경우, 브러쉬의 길이가 다소 길게 조사되었으나 탈립에 미치는 브러쉬 길이의 영향은 찾아볼 수 없었다(Table 2).

Table 2. Effects of film liners and ethylene scrubber co-packing on the occurrence of storage disorders in 'Campbell Early' grapes stored for 14 days of simulated marketing at a room temperature ($20 \pm 1^\circ\text{C}$, 70% RH) after 21 days of refrigeration ($1 \pm 1^\circ\text{C}$, 80% RH).

Treatments		Berry shatter (%)	Brush length (mm)	Rachis browning (0 - 5)	Berry decay (%)
Liner	ES				
-	-	7.21a	5.1a	3.3a	1.7a
-	+	5.94a	5.1a	3.0a	0.9a
MP-PP	-	2.39a	5.6a	2.4a	1.9a
MP-PP	+	4.13a	6.0a	2.1a	0.7a
MP-HDPE	-	3.10a	5.3a	2.0a	2.4a
MP-HDPE	+	3.75a	5.7a	1.4a	3.1a

RH, relative humidity; MP-PP, micro perforated polypropylene; MP-HDPE, micro perforated high density polyethylene; ES, ethylene scrubber.

a: Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

수축갈변은 무처리구에서 지수 3.3으로 가장 높았고 30 μm MP-PP 단용처리구가 2.4, 30 μm MP-HDPE 단용처리구 2.0으로 필름라이너 처리에 따른 차이점을 발견할 수 있었다(Table 2). 이같은 결과는 필름라이너 처리에 따른 과방의 감모율 저감(Table 1)과 직접적인 관련이 있는 것으로 생각되었다. 한편, ES처리의 경우, 통계적으로 유의하지 않았으나 필름라이너 처리 유무 및 라이너 재질에 관계없이 수축갈변을 다소간 억제하는 경향을 보였는데 이는 '톰슨씨드리스' 포도에 있어 수축의 갈변은 저장 중 에틸렌 노출에 의해 크게 증가되며 에틸렌작용억제제인 1-methylcyclopropene 처리로 수축 및 열매자루의 갈변을 지연하는 효과를 보였다는 Li et al. (2015)의 결과와 유사한 것이었다. 수축의 갈변에 미치는 감모의 영향은 품종에 따라 다르게 나타나는데 'Superior' 포도에 있어서는 상관관계가 낮았으나 'Thompson' 품종에 있어서는 온도에 관계없이 고습도 처리에 의해 감모율이 낮아진 경우 갈변이 현저히 억제되었다고 보고(Lichter et al., 2011)된 바 있는 등 품종에 따라 갈변에 미치는 감모의 영향이 다르게 나타나며, 본 실험에서 이용한 '캠벨얼리'의 경우, 적절한 필름라이너 사용 및 에틸렌흡수제 처리를 통한 감모율 및 수축 및 열매자루의 갈변 저감효과를 기대할 수 있는 품종으로 이해되었다.

과립의 부패율을 조사한 결과, 라이너를 사용하지 않고 저장, 유통하였던 무처리구는 5.1%, MP-PP 처리구는 5.5%로 나타났고 ES 병용처리는 각각 2.6 및 2.0%로 다소 낮았으며, MP-HDPE 단용처리구는 7.2%, ES 병용처리구는 9.3%로 상대적으로 부패율이 높았다. 이는 MP-HDPE 처리구의 다른 처리에 비해 천공수가 적어 감모량(Table 1) 낮았던 결과에 기인하는 것으로 추정되었다.

결론적으로, '캠벨얼리' 포도에 대한 수출포장 시 30 μm 두께의 미세천공 처리한 HDPE 필름을 2 kg 포장상자 내부에 라이너 처리한 경우, 과방의 감모율 및 수축갈변의 저감에 일부 효과를 보였고 에틸렌흡수제(ES) 병용처리는 수축의 건조 및 갈변억제에 부분적인 효과를 보였지만 Kim et al. (2019a)이 '캠벨얼리' 포도에 대해 수확 후 salicylic acid와 1-methylcyclopropene 복합처리를 통한 갈변억제 효과에 비해서는 다소 효과가 떨어지는 것으로 판단되었다.

알콜취산제 및 이산화염소 처리 효과

'캠벨얼리' 포도의 수출포장 내 부패저감 및 품질에 미치는 알콜취산제(AR)와 이산화염소(CD) 처리 효과를 검토한 결과는 다음과 같다. 처리 후, 1°C에서 21일간 모의수송한 후 20°C에서 14일간 모의유통 후 조사한 무처리구의 감모율은 모의유통 4일 후 1.92%, 10일 후 3.49%, 14일 후 4.68%로 급격히 감모가 증가하였고, 필름라이너(MP-HDPE) 처리구는 유통 14일 후에도 전체 처리구에서 2% 이내로 감모율이 유의하게 낮았는데, 특히 CD 1 g (CD1)을 처리한 경우, 모의유통 4일 후 0.1%, 10일 후 0.6%, 14일 후 1.1%로 감모가 극히 제한된 결과를 보여 필름라이너 처리에 따른 과실의 생체중 유지효과가 현저한 결과를 보였다(Table 1).

과립경도는 유통 14일 후, 무처리구 2.82 N, MP-HDPE 단용처리구의 3.07 N에 비하여 AR 2 g (AR1) 및 4 g (AR2)을 병용처리한 경우, 각각 3.30 N 및 3.62 N이었고 CD 1 g (CD1) 및 5 g (CD5) 처리구는 각각 3.37 N 및 3.36 N으로 조사되어 과립경도를 무처리구에 비해 높게 유지된 결과를 보였다(Table 3). 이 같은 결과는 Sun et al. (2017)이 체리토마토를 대상으로 ClO₂를 2 mg·L⁻¹ 농도로 유지하였을 때, 20°C 유통 15일간 경도를 높게 유지했다는 보고와 유사한 것이었다. 한편, 과립의 경도는 상온유통기간을 경과하면서 다소간 증가하는 경향을 보였는데, 이는 과립의 감모율 증가에 따른 과피의 탄력성이 저하되어 경도 측정의 오차로 작용한 것과 14일 유통기간 중 발생한 탈립 과립과 부패가 발생한 과립을 배제하고 측정한 결과에 기인하는 것으로 보여진다.

가용성고형물함량은 무처리구의 경우 유통 14일간 15.0 °Brix 이상 유지되었고, 필름라이너 단용처리구는 15.4 - 16.3 °Brix로 무처리구에 비해 높게 조사되었다. MP-HDPE 처리구에 있어서는 15.4 °Brix에서 16.3 °Brix로 유통기간이 증가함에 따라 가용성고형물이 증가하는 경향이였다(Table 3). AR처리구는 처리량과 관계없이 감소하는 경향을 보여 유통 14일에 AR1과 AR2에서 각각 14.7 및 14.9 °Brix로 조사되었고 CD 처리구의 경우 CD1과 CD5 처리구에서 각각 15.3 및 15.9 °Brix로 가용성고형물 함량이 높게 유지된 결과를 보였다(Table 3). 산함량을 조사한 결과, 유통기간 중 0.4 - 0.5% 수준으로 유지하여 큰 변화가 없었는데 유통기간이 경과함에 따라 경시적으로 낮아지는 경향을 보였으며 CD1 처리구의 경우, 0.47 - 0.50%로 전체 처리구 중 가장 높은 산함량을 유지하고 있었는데, 이는 감모율이 낮았던 것이 원인으로 작용한 것으로 생각되었다(Table 3).

Table 3. Effects of alcohol releaser or chlorine dioxide co-packing with film liner on the changes of fruit quality indices in 'Campbell Early' grapes stored for 14 days of simulated marketing at a room temperature (20 ± 1°C, 70% RH) after 21 days of refrigeration (1 ± 1°C, 80% RH).

Treatments		Simulated marketing (Days at 20°C)	Weight loss (%)	Berry firmness(N)	SSC (°Brix)	TA (%)
MP-HDPE	Inner pack					
-	-	4	1.92a	2.50b	15.60a	0.48a
+	-		0.76b	2.63ab	15.43a	0.49a
+	AR1		0.69b	3.00a	15.57a	0.49a
+	AR2		0.19b	2.83ab	15.13a	0.49a
+	CD1		0.05b	2.65ab	14.83a	0.50a
+	CD5		0.57b	2.47b	15.03a	0.41b
-	-	10	3.49a	2.82a	15.20a	0.49a
+	-		1.24b	2.89a	16.03a	0.48a
+	AR1		1.23b	2.99a	15.70a	0.48a
+	AR2		0.77b	2.95a	15.70a	0.46a
+	CD1		0.55b	3.10a	15.57a	0.50a
+	CD5		1.14b	3.10a	15.97a	0.42b
-	-	14	4.68a	2.82b	15.07c	0.44ab
+	-		1.60b	3.07ab	16.33a	0.40b
+	AR1		1.59b	3.30ab	14.67c	0.41b
+	AR2		1.38b	3.62a	14.87c	0.40b
+	CD1		1.12b	3.37ab	15.27bc	0.47a
+	CD5		1.59b	3.36ab	15.87ab	0.47a

RH, relative humidity; MP-HDPE, micro perforated high density; AR, alcohol releaser sachet 1 (2 g), 2 (4 g); CD, chlorine dioxide diffuser 1 (1 g), 5 (5 g); SSC, soluble solids content; TA, titratable acidity.

a - c: Mean separation within column for each storage date by Duncan's multiple range test at 5% level.

과방으로부터의 탈립율을 조사한 결과, 상온유통 10일 후 무처리구 8.9%, MP-HDPE 단용처리구는 2.0%, AR1 병용처리구 3.7%, CD1 병용처리구 0.7%, CD5 병용처리구 1.8%로 전체 처리구 중 무처리구의 탈립률이 유의하게 높게 조사되었다(Fig. 1A). CD 처리구의 경우, CD1 병용처리구는 유통 10일에 0.7%, 유통 14일에 9.7%로 가장 낮은 탈립률을 보이는 등 '캠벨얼리' 포도의 탈립률 저하에 현저한 효과를 보였다. 한편, MP-LDPE에 AR2를 병용처리한 경우, 유통 10일에 21.0%, 유통 14일에 65.9%로 가장 높은 탈립률을 보여 저온수송 후 상온유통 10일만에 상품성을 완전히 상실하였는데, 이는 sachet에서 방출된 에탄올 농도가 지나치게 높아 고농도장해를 유발하였기 때문으로 추정되었다.

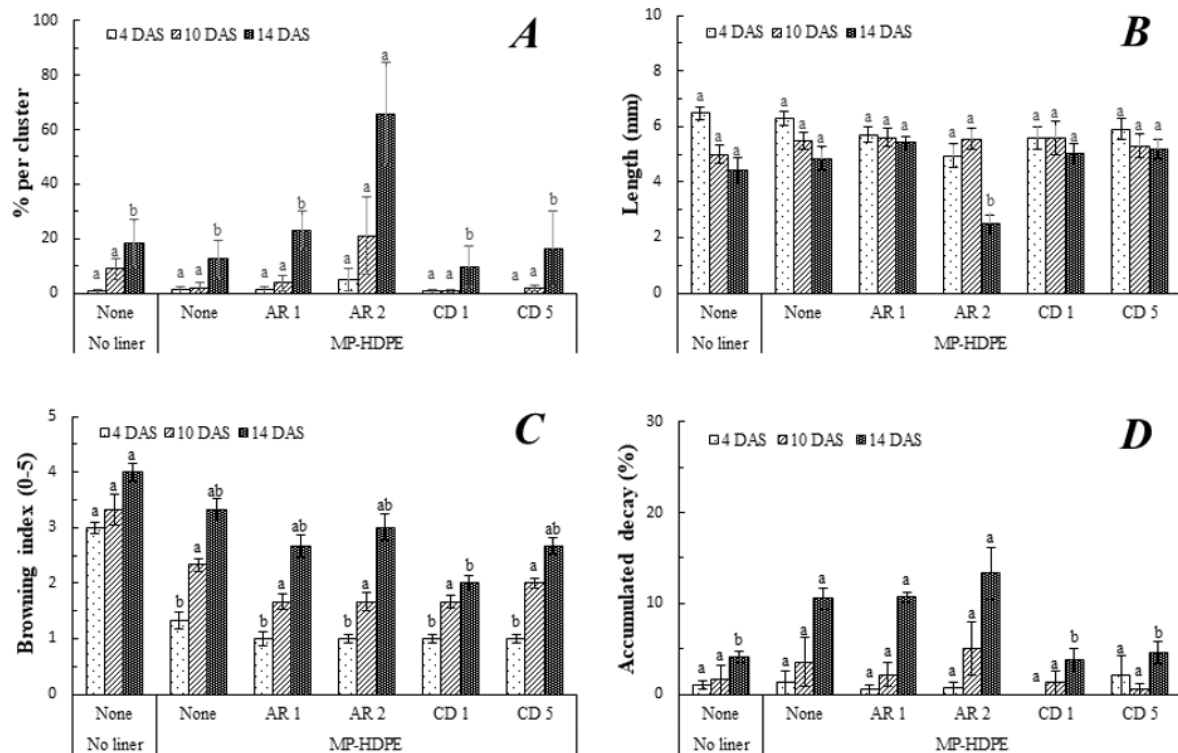


Fig. 1. Effects of alcohol releaser or chlorine dioxide co-packing with film liner on the occurrence of berry shatter (A), brush length (B), rachis browning index (C), and berry decay rate (D) in 'Campbell Early' grapes stored for 14 days of simulated marketing (DAS) at a room temperature ($20 \pm 1^\circ\text{C}$, 70% RH) after 21 days of refrigeration ($1 \pm 1^\circ\text{C}$, 80% RH). RH, relative humidity; MP-HDPE, 30 μm of micro-perforated high density polyethylene; AR, alcohol releaser; CD, chlorine dioxide. a, b: Different letters for each storage date represent significant differences at the 5% level by Duncan's multiple range test.

한편, '캠벨얼리'에 있어 브러쉬의 길이는 상온 유통기간이 경과함에 따라 짧아지는 경향이었는데, 전체 처리구에서 탈립률이 상대적으로 낮았던 상온유통 4일 후 조사결과 6.5 - 5.0 mm, 유통 10일에 5.6 - 5.0 mm, 유통 14일에 5.4 - 4.4 mm로 경시적으로 길이가 짧아졌으므로 브러쉬길이의 단축은 상온유통 10일까지는 일정 부분 탈립에 영향을 미치는 것이 분명한데, 그러나, 고농도장해를 유발하였던 AR2 처리구를 제외하고는 상온유통 14일후 급격히 탈립률이 증가하더라도 브러쉬의 길이 단축은 크지 않은 것으로 조사되어(Fig. 1B), '캠벨얼리'에서 나타난 탈립의 유형은 장기유통 후 브러쉬가 완전히 말라 소실되는 'Thompson Seedless' 포도의 건식탈립(Nelson, 1991)과는 달리 습식탈립이 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

수축갈변은 박스 내부에 필름라이너를 사용하지 않은 처리구에서 높게 조사되어 상온유통 4일에 갈변지수 3.0으로 MP-HDPE 처리구에 비해 2배 이상으로 조사되었다(Fig. 1C). MP-HDPE 처리구의 경우 상온유통 10일까지 무처리구 대비 유의한 갈변억제 효과가 나타났는데 특히 CD1 병용처리구의 경우 상온유통 14일에도 지수 2.0으로 무처리구 4.0의 50% 수준, MP-HDPE 단용처리구의 40% 수준으로 낮게 조사되어 수축 및 열매자루의 갈변억제 효과가 인정되었다. AR1 병용처리구는 상온유통 10일에 갈변지수 1.7로 갈변저감 효과를 보였으나 상온유통 14일에는 각각 2.7, 3.0으로 MP-HDPE 단용 처리구 3.3에 비해 갈변 경감효과는 크게 나타나지 않는 것으로 조사되었다 (Fig. 1C).

일반적으로 포도에서 포장 내 과경갈변의 발생은 감도가 증가함에 따라 발생정도가 증가하며(Crisosto et al., 2001), 필름 천공유무에 따라 달라진다(Martinez-Romero et al., 2003). 본 실험 결과 포장박스 내부에 필름라이너를 사용하지 않은 과실의 갈변율이 상온유통 초기부터 급격히 증가한 것은 필름라이너 처리구들과는 다른 높은 감도율(Table 3)이 직접적으로 작용한 것으로 보여진다. 일반적으로 에탄올 vapor를 고농도($4 - 5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$) 처리하면 과경의 갈변을 초래하며(Chervin et al., 2005; Lurie et al., 2006), 이는 에탄올이 표피의 왁스층을 녹여 과경의 건조를 유발하고 산소부족으로 생성된 아세트알데히드가 과경의 건조를 유발하기 때문인 것으로 알려졌다. 그러나, 본 연구에서 사용한 AR 제제의 경우, 과실 2 kg당 병용사용량은 2 g (AR1) 및 4 g (AR2)을 사용하였으므로 앞에서 보고한 갈변 유도 농도($10 \text{ mL} \cdot 2 \text{ kg}^{-1}$) 보다는 현저히 낮은 것이었고 사용한 필름라이너도 미세천공 처리가 되어 있어 산소부족을 유발할 수준의 밀폐도를 제공하지는 않은 것이었다. 따라서, 에탄올이 과도하게 축적되는 경우에는 장기 저장 시 과경갈변도가 심화되고 심한 경우 과립의 갈변까지 유발(Lurie et al., 2006)될 것으로 예상되므로 반드시 천공필름을 사용하여 필름 내부가 과도하게 밀폐되지 않도록 주의해야 할 것으로 생각된다.

과립의 부패율을 조사한 결과, 라이너를 사용하지 않고 저장, 유통하였던 무처리구는 14일간의 누적부패율이 6.7%로 낮았는데, 이는 감모량 증가(Fig. 1D)에 따른 높은 줄기갈변(Fig. 1C)을 유발할 정도로 여타의 필름라이너 처리에 비해서 습도가 낮아 감모율이 높았던 결과로 추정되었다(Table 3). MP-HDPE에 AR2 병용처리구의 경우에는 상온유통 4일 이후 급격한 과립부패를 유발하여 14일간 18.9%의 누적부패율을 보였는데, 이는 Candir et al. (2012)이 '레드글로브' 포도에 대해 MP-PE 및 MAP-PE조건에서 3 - 9 g powder를 ethanol generating sachet 형태로 처리하고 0°C에서 4개월간 저장 한 경우, 천공 PE + 8 g powder처리구에서 대조구인 SO₂ 패드 처리구와 유사한 정도의 부패경감 효과를 보여 1개월 정도의 단기저온저장 기간 중에는 SO₂ 패드를 대체할 수 있을 것으로 보고한 결과와는 상이한 것이었다. 그러나 본 실험에서 '캠벨얼리'를 대상으로 ethanol sachet 처리 후 21일간 저온저장 후 14일간 상온에 방치한 과방에 대한 부패율을 조사하였기 때문에 상온에서의 에탄올 축적이 지나쳐 장애가 발생한 것으로 추정되며, 이는 AR1 및 AR2 처리구에서 상온유통 4일까지는 부패율이 무처리구에 비해 유의하게 낮았던 점을 감안하면 저온저장 이후에는 포장 내부의 AR을 제거하고 상온유통기간을 부여해야 할 것으로 판단되었다.

CD 처리구의 경우, 1 g 병용처리구 내의 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 농도(calculated data)는 5 g 처리구에 비해 부패경감 효과도 탁월하게 높게 나타나 유통 4일까지는 전혀 부패되지 않았고 유통 14일간 5.0%의 누적부패율을 보여 필름라이너 무처리구의 6.7% 및 MP-HDPE 단용처리구의 10.5%에 비해 현저히 낮은 부패율을 보였다(Fig. 1D). 이와 같은 결과는 Zoffoli et al. (1999)이 'Thompson Seedless' 포도에 대하여 이산화염소 처리 농도별 부패에 미치는 영향을 조사한 결과, 저속발산형 염소발생제 처리 시 1.4 g 처리가 5.4 g 처리에 비해 부패과립 발생률이 낮았다고 보고한 결과와 유사한 것이었고 Chen et al. (2018)이 제시한 이산화염소 적정치 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 보다는 낮은 농도였다. 본 연구에서 포장 내 ClO₂ 농도를 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 유지한 CD1 처리보다 농도가 지나치게 높아지는 경우에는 부패경감에 미치는 효과가 오히려 저감되는 것으로 추정되었으므로, 추후 포도 품종별 이산화염소의 적정 적용농도 구명에 관한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각되었다.

이상의 결과를 종합할 때, MP-HDPE 소재의 필름라이너 내부에 알콜취산제를 병용사용하는 경우에는 2 kg 포장 내 2 g 이하로 처리하고 모의수출 후 상온(20°C) 유통기간을 10일 이내로 설정해야만 소정의 품질보전 효과를 기대할 수 있으며 과도한 양의 알콜취산제의 사용 및 상온유통 기간의 연장은 급격한 품위 저하를 초래할 위험이 있는 것으로 판단되었다. 한편, 동일 포장 내 1 g의 이산화염소를 투입하여 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 을 유지한 경우, 저온저장 후 상온유통 중 과립의 탈립, 과경의 갈변 및 과방 부패를 효과적으로 저감하는 효과를 보였다. 따라서, 추후 수출 포도 품종별로 포장 내 알콜취산제 및 이산화염소의 시용 적정량이 구명된다면 현재 포도의 수출입 과정에서 과다 사용 중인 유황(sodium metabisulfite) 패드를 대체하여 우리나라 수출포도에 대한 효과적인 수확 후 처리제로 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

Aknowlegement

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원수출전략 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(617070-05-4).

Authors Information

Sung-Joo Kim, <https://orcid.org/0000-0002-4018-7960>

Cheol Choi, <https://orcid.org/0000-0002-7102-0151>

Young-Jik Ahn, <https://orcid.org/0000-0002-7368-3450>

Byung-Sun Lim, National Institute of Horticultural&Herbal Science, Doctor of Philosophy

Jong-Pil Chun, <https://orcid.org/0000-0001-9140-5916>

References

- Candir E, Ozdemir AE, Kamiloglu O, Soylu EM, Dilbaz R, Ustun D. 2012. Modified atmosphere packaging and ethanol vapor to control decay of 'Red Globe' table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 63:98-106.
- Cayuela JA, Vazquez A, Perez AG, Garcia JM. 2009. Control of table grapes postharvest decay by ozone treatment and resveratrol induction. *Food Science and Technology International* 15:495-502.
- Centioni L, Tiberi D, Pietromarchi P, Bellincontro A, Mencarelli F. 2014. Effect of postharvest dehydration on content of volatile organic compounds in the epicarp of Cesanese grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture* 65:333-340.
- Chen S, Wang H, Wang R, Fu Q, Zhang W. 2018. Effect of gaseous chlorine dioxide (ClO₂) with different concentrations and numbers of treatments on controlling berry decay and rachis browning of table grape. *Journal of Food Process and Preservation* 42:e13662. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13662>
- Chervin C, El-Kereamy A, Roustan JP, Latché A, Lamon J, Bouzayen M. 2004. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Science* 167:1301-1305.
- Chervin C, Westercamp P, Monteils G. 2005. Ethanol vapours limit Botrytis development over the postharvest life of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 36:319-322.
- Crisosto CH, Mitchell FG. 2002. Postharvest handling systems: Small fruits. pp. 223-231. In: Kader AA (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. 3rd Ed. University of California, Agriculture and Natural Resources, Oakland, USA.
- Crisosto CH, Smilanick JL, Dokoozlian NK. 2001. Table grapes suffer water loss, stem browning during cooling delays. *California Agriculture* 55:39-42.
- de Almeida FC, de Camargo Cham JFL, Ham BL, Ferreira SM, Gabbardo M, del Aguila JS. 2014. Use of plant growth regulators in the conservation of grapes "Italy" as aids in post-harvest. *Bio Web of Conferences* Vol. 3. 37th World Congress of Vine and Wine and 12th General Assembly of the OIV (Part 1). DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20140301003>
- Islam MZ, Mele MA, Park JM, Kim IS, Kang HM. 2017. Chlorine dioxide gas retain postharvest quality and shelf life of tomato during modified atmosphere packaging storage. *Agrivita Journal of Agricultural Science* 39:233-238.
- Jin RY, Hu SQ, Chi ZC. 2011. Effect of chlorine dioxide gas treatment on surface sterilization of grape. *Advanced Materials Research* 236-238:2939-2944.
- KATI. 2020. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. Accessed in www.kati.net/product/basisinfo on 5 March 2020. [in Korean]

- Kim SJ, Noh SI, Choi C, Lim BS, Ahn YJ, Chun JP. 2019a. Effects of salicylic acid and 1-methylcyclopropene on physiological disorders and berry quality in 'Campbell Early' table grapes. *Protected Horticulture and Plant Factory* 28:218-224.
- Kim SJ, Noh SI, Lim BS, Chun JP. 2019b. Comparison of the change in quality indices during distribution period by import season in three grape cultivars. *Korean Journal of Agricultural Science* 46:45-56. [in Korean]
- Kou L, Luo Y, Ding W, Liu X, Conway W. 2009. Hot water treatment in combination with rachis removal and modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *HortScience* 44:1947-1952.
- Lichter A, Kaplunov T, Zutahy Y, Daus A, Alchanatis V, Ostrovsky V, Lurie S. 2011. Physical and visual properties of grape rachis as affected by water vapor pressure deficit. *Postharvest Biology and Technology* 59:25-33.
- Lichter A, Zutkhy Y, Sonogo L, Ben-Arie R. 2002. Ethanol controls postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 24:301-308.
- Lichter A, Zutkhy Y, Sonogo L, Dvir O, Kaplunov T, Lurie S. 2008. Evaluation of table grape storage in boxes with sulfur dioxide-releasing pads with either an internal plastic liner or external wrap. *HortTechnology* 18:206-214.
- Li L, Kaplunov T, Zutahy Y, Daus A, Porat R, Lichter A. 2015. The effects of 1-methylcyclopropene and ethylene on postharvest rachis browning in table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 107:16-22.
- Lurie S, Pesis E, Gadiyeva O, Feygenberg O, Ben-Arie R, Kaplunov T, Zutahy Y, Lichter A. 2006. Modified ethanol atmosphere to control decay of table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 42: 222-227.
- Martinez-Romero D, Guillen F, Castillo S, Valero D, Serrano M. 2003. Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *Journal of Food Science* 68:1838-1843.
- Moys AL, Sholberg PL, Gaunce AP. 1996. Modified-atmosphere packaging of grapes and strawberries fumigated with acetic acid. *HortScience* 31:414-416.
- Nelson KE. 1991. Quality and preservation of fruits. Chapter 7. The grape. (Eds. Eskin EAM). CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Prange RK, DeEll JR. 1997. Preharvest factors affecting postharvest quality of berry crops. *HortScience* 32:824-830.
- Ramin AA, Khoshbakhat D. 2008. Effects of microperforated polyethylene bags and temperatures on the storage quality of acid lime fruits. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 3:590-594.
- Rosales R, Fernandez-Caballero C, Romero I, Escribano M, Merodio C, Sanchez-Ballesta M. 2013. Molecular analysis of the improvement in rachis quality by high CO₂ levels in table grapes stored at low temperature. *Postharvest Biology and Technology* 77:50-58.
- Sun X, Zhou B, Luo Y, Ference C, Baldwin E, Harrison K, Bai J. 2017. Effect of controlled-release chlorine dioxide on the quality and safety of cherry/grape tomatoes. *Food Control* 82:26-30.
- Taylor SL. 1993. Why sulfite alternatives? *Food Technology* 47:14.
- Watharkar RB, Burbade RG, Landge KC. 2017. Effect of packaging material on shelf life and quality attributes of grapes (*Vitis Vinifera* L.). *International Archive of Applied Sciences and Technology* 8:1-8.
- Watkins CB. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24:389-409.
- Zoffoli JP, Latorre BA, Rodriguez EJ, Aldunce P. 1999. Modified atmosphere packaging using chlorine gas generators to prevent *Botrytis cinerea* on table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 15:135-142.