

Effects of combination treatment with sulfur dioxide generating pad and modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of 'Campbell Early' grape under simulated export conditions

Mi-Hee Choi, Jin-Su Lee, Byung-Seon Lim*

Postharvest Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science (NIHHS), RDA, Wanju 55365, Korea

모의수출조건에서 유황패드와 MAP 복합처리가 '캠벨얼리' 포도의 품질에 미치는 영향

최미희 · 이진수 · 임병선*

농촌진흥청 국립원예특작과학원 저장유통과

Abstract

The effects of combination treatment with sulfur dioxide generating pad (SO₂ pad) and modified atmosphere packaging (MAP) on grape quality were examined under simulated exporting condition and actual export to Los Angeles, USA. The 'Campbell Early' grape harvested in Hwaseong, Gyeonggi was pre-cooled at 0°C, selected and packaged at 10°C, and stored at 0°C for 30 days. The treatment was as follows: general export packaging (control), only SO₂ pad, combination of SO₂ pad and MAP (perforated polyethylene film, SO₂ pad+MA). In case of control and only SO₂ pad under simulated exporting condition, the grape quality changes with storage time were decrease in hardness and brush length, increase in stem browning, and increased in shattering rate. The treatment of SO₂ pad+MA was the most effective in preserving the grape quality since SO₂ concentration inside the package remained around 2.9 ppm by MA film. Grape exports from harvest to local distribution of the USA took 30 days, and only SO₂ pad+MA package showed no fungus, maintained brush length and rachis color, and was lowest at 4.0% of shattering rate since the concentration of SO₂ in the package was about 4.0 ppm. As a result, it was considered that the combination of SO₂ pad and MA was the most effective way to maintain freshness of grape during long-term marine transportation and extend the shelf-life in exporting countries.

Key words : grape, export, sulfur dioxide generating pad, modified atmosphere package

서 론

포도(Table Grape)는 연중기온이 10-28°C인 총 93개국의 지역에서 약 1천 8백만 톤이 생산되고 있으며, 주요 생산국은 중국, 터키, 유럽, 칠레, 미국 등이 있다. 전체 수입과일에서 포도는 바나나, 오렌지에 이어 3번째로 수입액 비중이 높은 과일로, 포도 수입량 가운데 신선포도가 차지하는 비

중은 93%가 넘으며, 수입 포도의 대부분은 free trade agreement (FTA) 체결국에서 수입되고 있으며 칠레산 수입 비중이 83%로 가장 크고 그 다음이 미국산, 페루산 순으로 조사되었다(1). 국내 주요 수입 품종은 국내에서 생산되는 캠벨얼리와 거봉과는 달리 당도가 높고 껍질이 얇고 씨가 없는 시들리스(seedless)종인 크림슨 시들리스, 톱슨 시들리스와 과육이 많고 아삭한 식감의 레드 글로브 등이 주로 수입되고 있다(2). 최근 수입포도에 대한 선호도가 높아지고, 국산 포도 중에서도 거봉에 대한 수요가 증가하면서 국내 대표 품종인 캠벨얼리의 소비 비중이 낮아지는 추세에 있다.

국내에서는 2015년에 258천 톤의 포도가 생산되었으며, 노지 재배되는 포도는 '캠벨얼리 (65.1%)', '거봉(19.6%)',

*Corresponding author. E-mail : limbsw@korea.kr
Phone : 82-63-238-6520, Fax : 82-63-238-6505
Received 25 August 2017; Revised 14 October 2017; Accepted 19 October 2017.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

그리고 ‘마스캄베리에이(MBA, 10.7%)’ 순으로 3품종이 전체의 95.4%를 차지하여 품종구성이 단순화되어 있다(3). 이로 인해 캠벨얼리의 과잉생산에 따른 홍수출하로 품질관리의 어려움 및 가격하락 등의 문제가 매년 발생하고 있으며 국내 내수 안정화를 위한 포도의 수출 활성화의 필요성이 증가하고 있다(4). 우리나라의 신선포도 수출량은 2012년 34만 5천 톤에서 2016년 103만 1천 톤으로 약 200% 증가하였으며, 주요 수출국은 미국, 홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 뉴질랜드 순이다(1). 포도 수출 활성화를 위해서는 근거리 중심의 시장 확대뿐만 아니라 포도의 저장성 증가를 위한 수확 후 관리기술의 도입으로 원거리 수출을 통한 시장 확대가 요구된다.

조생종인 캠벨얼리(*Vitis labruscana*)는 만생종에 비해 저장성이 낮기 때문에 수확 즉시 시장에 출하하거나 단기간 보관한 후 판매하는 것이 일반적이다. Nam 등(5)은 캠벨얼리의 저장기간은 부패율 20%, 또는 비상품률 30% 이하를 기준으로 저장한계기간이 70일 정도라고 보고하였다. 포도의 저장 또는 유통 중 발생하는 수분 감소에 의한 과실의 위조 및 줄기의 변색, *Botrytis cinerea*의 감염에 의한 잿빛곰팡이 발생, 그리고 이충형성에 의한 탈립 등이 상품성 저하의 가장 중요한 요인으로 알려져 있다(6,7). 특히 *B. cinerea*는 -0.5°C 미만의 낮은 온도에서조차 성장이 가능하며, 포도 알과 포도알 사이에 균사체를 발달시켜 증식하는 특징이 있기 때문에 저온저장 만으로는 곰팡이 균의 성장을 충분히 제어하기가 어려운 실정이다(8).

포도의 품질유지를 위한 연구는 크게 곰팡이를 방제하기 위한 항진균 물질 처리와 공기조성 조절에 의한 선도유지에 대한 것으로 나눌 수 있다. 먼저 부패균 억제에 관한 연구들로는 SO₂ 훈증 처리 및 유행패드를 이용한 처리(9-13), Cl₂(14), ClO₂(15) 및 acetic acid가스 훈증처리(16), 수확 직후 10-30%에탄올을 이용한 열처리 및 열수처리(8), 전해산 성수 및 오존수를 이용한 살균(17), 1 kGy의 감마선 조사(18), 예냉 시 단시간 고농도 오존가스의 훈증처리(19), 나트륨, 철 및 암모늄의 염을 이용한 처리(20) 등이 보고되고 있다. 이와 같은 여러 가지 방법들 중 유행패드 처리는 가장 잘 알려진 방법이며 상업적으로 대량 처리가 용이하고 부패를 경감시키는 탁월한 효과가 인정되고 있는 방법이다. 그러나 과다 사용될 경우 포도껍질의 탈색, 줄기의 변색, 또는 맛에 영향을 주는 등 장해를 발생시킬 수 있고 고농도 아황산가스의 안전성에도 문제가 있기 때문에 실제 포도 저장이나 수출현장에서의 사용이 활발히 이루어지지 못하고 있는 실정이다(21-22). 미국의 경우 살충제 성분이 검출되지 않아야 하는 유기농 포도에 한해서는 아황산가스를 사용하지 못하도록 규정하고 있으며, 생식용 포도의 sulphite 농약잔류허용기준을 10 ppm으로 규정하고 있다(19). 반면, 중국과 호주는 한국산 수출 포도 생과실에 대해 “모든 포장 상자에 유행패드를 삽입해야 한다.”는 포장에

대한 검역기준을 충족시킬 것을 요구하고 있는 실정이다(23). 부패균 억제 연구와 더불어 공기조성 조절을 이용한 선도유지 연구들로는 고농도 CO₂ modified atmosphere (MAP) 포장(24) 또는 고농도 CO₂+저농도 O₂ controlled atmosphere(CA) 저장(25) 및 공기투과도가 다른 다양한 필름을 이용한 MA포장(26,27), 포장 내 습도조성(28,29)에 따른 선도유지 효과 등이 보고되고 있다. 그러나 MA포장에 따른 높은 상대습도는 과경의 건조를 예방하는 등 긍정적인 효과도 있지만, 장기 저장 시에는 -0.5°C의 낮은 온도에서조차 병원성 곰팡이인 *Botrytis cinerea*의 포자형성을 활성화시킬 수 있고 결과적으로 포도송이에 부패를 초래한다고 알려져 있다. 이와 같이 다양한 방법들 중 본 연구에서는 캠벨얼리 포도의 저장에서 가장 문제가 되는 곰팡이 발생과 건조에 의한 탈립에 주안점을 두고 이들을 방지하는데 가장 효과적인 것으로 알려져 있는 유행패드와 MA포장의 복합처리를 통하여 각각의 효과는 극대화하면서 문제점은 상호 보완할 수 있는 선도유지 방법을 제안하고자 하였다.

따라서 본 연구는 포도과실의 내수 안정화를 위한 수출국 다변화 및 수출 경쟁력 향상을 목표로 유행패드 및 MA 복합처리가 장기 해상운송 시 포도의 신선도 유지 및 수출국에서의 유통기간 연장에 효과를 확인함으로써 한국산 포도의 수출 시 적합한 유행패드 적용기술을 국내 농가에 보급하기 위하여 모의수출조건 및 실제 대미 수출과정에서의 포도과실의 품질변화에 대한 유행패드 및 MA포장 복합처리 효과를 평가하였다.

재료 및 방법

재료 및 시험처리

대미 수출용 캠벨얼리 포도는 수출에 적합하도록 검역 및 농약잔류검사를 마친 것으로 2016년 8월 하순에 경기도 화성시 송산면 소재 대미수출단지에서 생산·수확한 후 0°C 저장고에서 신속하게 예냉을 수행하였다. 포도의 신선도 유지를 위하여 선별 및 포장작업은 모두 10°C에서 수행하였다. 수확이나 운송 중 발생한 기계적 손상과 및 병해 증상을 제외하고 건전한 과실만을 선별한 후 필름으로 개별 포장하여 5-6송이를 뚜껑이 있는 2 kg단위 수출용 종이상자에 포장하였다. 시험처리는 무처리(대조구), 유행패드처리구(SO₂ pad) 및 유행패드+MA(미세천공 Polyethylene 필름)포장 복합처리구(SO₂ pad+MA) 3가지로, 2.5 g sodium metabisulphite를 함유한 후레쉬골드® 유행패드(10 cm×23 cm, (주)탑프레쉬, 서울, 한국)를 이용하였다. 유행패드처리는 상자바닥에 유행패드, 흡습지, 포도 순서로 올리고 포장하였으며, 유행패드+MA처리는 상자 내부에 미세천공 PE 필름을 깔고 유행패드, 흡습지, 포도 순서로 올리고 필름을 테이핑 처리한 후 상자뚜껑을 덮어주었다. 시험처리구별로

각 3 팔레트(1 팔레트=2 kg단위 15 상자×18단 높이)씩 총 9팔레트 분량의 포도를 시험처리 하였다.

모의 수출 및 모의유통 조건

시험처리구별로 1 팔레트씩 총 3 팔레트는 장기 해상운송 과정 중에 발생할 수 있는 품질변화를 조사하기 위해 모의수출 조건을 설정하여 저장하였다. 모의수출조건은 해상운송 수출 시 컨테이너 설정 온도와 동일한 0°C의 저장고에 시험 처리된 포도를 팔레트 단위로 저장하면서, 국내에서 컨테이너 상차 이후 수입국 현지에 도착하여 유통되기 전까지의 기간 동안(대략 30일 소요) 10일 간격으로 총 3회의 품질조사를 수행하였다. 유통과정 중 발생하는 탈립 정도를 알아보기 위해 0°C 저장 후 처리했던 유행패드는 제거한 후 15°C의 쇼케이스에 7일 저장하면서 모의유통조건에서의 brush길이의 변화와 탈립률을 조사하였다.

장기 해상운송을 통한 포도 수출

9팔레트 중 모의수출용 시료를 제외한 6팔레트는 미국 LA지역으로 수출하여 장기 해상운송 중 수출포도의 품질 유지에 대한 시험처리 효과를 살펴보았다. 일반적으로 대미수출 시 40피트 컨테이너(12 m×2.3 m×2.3 m, 길이×폭×높이)에 20 팔레트 분량의 포도가 나가게 되는데 본 실험에서는 20 팔레트 중 6 팔레트를 시험처리구로 대체하였다. 0°C로 설정된 컨테이너에 팔레트 상차 시 온도변화가 많을 것으로 예상되는 출입문과 팬이 설치되어 있는 양쪽 가장자리를 피하여 안쪽으로 시험처리 팔레트를 배치하였으며, 처리구 사이에는 일반 팔레트를 배치하여 시험처리의 간섭을 배제시켰다. 작업을 마친 컨테이너는 부산항에서 출발하여 미국 로스앤젤레스까지 운송된 후 현지통관 절차를 거쳐 수입업체의 0°C 저장고로 입고되었으며, 입고 즉시 수출포도의 품질조사를 수행하였다.

수출포도의 이화학적 품질특성 변화 조사

포장 상자 내부 온도·습도 변화는 각 시험처리구의 포장 상자 내부에 data logger(Model B102, Spectrum Technologies, Inc., Aurora, IL, USA)를 설치하여 2시간 간격으로 측정하였고, 과피 표면색은 처리구별 총 3개의 포도를 택하여 과실 당 적도부위 2군데를 색차계(CR-400, Konica Minolta Corp., Tokyo, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 측정 후 L 값, a 값, b 값, chroma, hue 및 총색도 변화(total color difference, ΔE)로 표시하였다. 경도(firmness)와 인장력(fruit detachment force)은 Texture Analyzer(TA plus, Lloyd Instrument Ltd., Godalming, UK)를 이용하여 측정하였다. 경도는 껍질을 벗기지 않고 5 mm cylindrical probe로 변형 깊이 3 mm, 침투 속도 100 mm/min으로 총 3개의 포도에서 과실 당 적도부위 2군데를 측정하여 평균값(N)으로 나타내었고, 인장력은 포도알을 측정대에 고정시킨 후 줄기부분을 집게에 연결하

여 소화경이 포도알로부터 분리될 때까지 100 mm/min의 속도로 수직방향으로 잡아당겨 측정하였으며, 3반복 후 평균값(N)으로 나타내었다. 가용성고형물 함량은 과육과 과피를 혼합하여 착즙기(FruX80, Goojung engineering, Seoul, Korea)로 가압 착즙한 후 refractometer(Model RA-520N, KEM Co., Ltd., Kyoto, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었으며, 적정산도(titrable acidity, TA)는 pH 측정기(Orion 4-Star, Thermo electron Corp., Waltham, MA, USA)로 착즙액 5 mL에 증류수 20 mL을 가한 후 0.1 N NaOH용액으로 pH 8.2까지 적정하여 NaOH 소비량(mL)을 tartaric acid %로 환산하여 표시하였다. 포장상자 내부의 이산화황(SO₂) 농도는 Gas sampling pump(GV-100S, GASTEC Co., Kanagawa, Japan)에 SO₂ low range detector tube(5La, GASTEC No.)를 연결한 후 포장상자 내 2부위에서 각각 100 mL의 가스를 1분간 포집하여 측정하였으며, 탈립율은 처리조건별 시료의 상단줄기(peduncle)를 잡고 일정한 세기로 10회 흔들어진 후 떨어지는 탈립과의 개수를 확인하여 총개수에 대한 비율(%)로 나타내었다. Brush길이는 줄기에서 포도알을 떼어낸 후 소화경(pedicel)에 남아있는 brush의 길이를 digital caliper(Model CD-15CP, Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 3송이에서 각 10군데를 측정하여 평균값으로 나타내었다. 포도 줄기의 변색정도는 진한 갈색(-10점) -연한갈색(-5점) -진한노랑(0점) -황록색(+5점) -진한녹색(+10점)을 기준으로 평가 하였다.

통계분석

시험결과의 통계처리는 SAS 9.4 software(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하여 일원분산분석(One-way ANOVA) 및 Duncan's multiple range test(p<0.05)로 유의성을 검정하였다. 모든 분석은 3반복하였으며, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

모의수출 조건에서의 포장 상자 내부의 온도·습도 변화

포도 저장에 있어서 이상적인 저장고 조건은 온도 -1.0-0.0°C, 상대습도 90-95%이고, 과경의 수분손실 방지를 위해 중간 정도의 공기의 흐름을 유지해주며, 저장기간 동안 과육의 온도는 -0.5-0.0°C를 유지해 줄 수 있어야 한다고 알려져 있다(13). 18단 높이의 팔레트에서 14단에 위치한 포도상자 내부에 데이터로거를 설치하고 저장 중 온도와 습도 변화를 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 포장상자 내부의 온도는 포장 직후 4-6°C를 나타냈으나 서서히 감소하여 저장 10일경 무처리 0.6°C, 유행패드 처리는 1-2°C까지 감소하였으며, 저장 30일 동안 기간에 따라 약간의 변동은 있었으나 전반적으로 동일한 온도범위를 유지하는 것으로

나타났다. 무처리구보다는 유향패드 처리의 온도가 1-1.5°C 정도 높았으며, 유향패드 단독 처리보다는 유향패드+MA 복합처리가 0.5°C 정도 온도가 더 높게 나타났다. 이는 호흡과정에서 발생하는 호흡열 등이 MA포장에 의해 외부의 냉기와 차단됨으로써 충분히 제거되지 못하고 미세하지만 상자 내부의 온도를 높이는 효과를 나타낸 것으로 사료된다. 상대습도(relative humidity, RH)는 유향패드+MA복합처리구의 경우 저장 기간 내내 100%의 포화상태를 나타낸 반면, 무처리구와 유향패드 처리구는 저장 초 각각 77.9%, 85.6%에서 저장 30일경 각각 94.1%, 100%까지 증가하였다. 일반적으로 과일의 수분함량 변화는 숙성, 호흡 및 에틸렌 발생량, 병원균에 의한 부패발생 등에 영향을 주는 주요한 요인으로 알려져 있기 때문에 포도 저장고내의 습도는 95% 정도를 유지할 것을 권장하고 있다(28,30). 본 실험에서 유향패드+MA복합처리구의 상대습도가 100%로 높기는 했으나, 유향패드처리 시 미세천공필름과 흡습지를 함께 처리했기 때문에 포도알이나 포도줄기의 수분손실과 과피 표면의 수분응축이 방지되면서 포도의 품질유지 효과를 나타낸 것으로 판단된다. 또한, 유향패드에서의 SO₂ 가스 발생은 포도의 호흡에 의해 만들어지는 포장 내부의 수분을 이용한 것으로 유향패드의 sodium metabisulphite가 상자내부의 수분을 흡수하게 되면 SO₂와 H₂O로 분해되면서 SO₂를 발생시키게 된다(31). 따라서 SO₂의 발생을 위해 포장 내부의 상대습도를 유지시켜 주는 것은 매우 중요하며 이를 위해서는 MA복합처리가 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

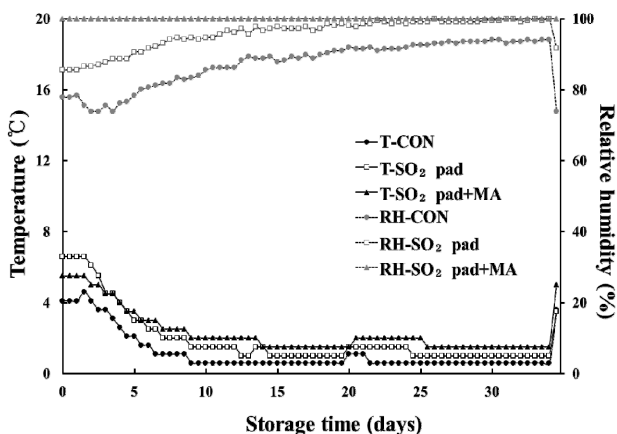


Fig. 1. Changes of internal temperature (°C, black color) and relative humidity (% , gray color) of 'Campbell Early' grape package under simulated export conditions at 0°C.

모의수출 조건에서의 포장 상자 내부의 SO₂농도 변화

Laszlo 등(32)은 SO₂ 농도가 7 ppm미만으로 낮을 경우 저장고 온도가 0°C로 유지되지 못하면 부패균을 제어할 수 없고, 20 ppm이상으로 높을 때는 과피탈색(bleaching)과

같은 장애가 나타날 수 있기 때문에 잿빛곰팡이의 원인균인 *B. cinerea*의 생육을 억제함으로써 포도를 장기저장하기 위해서는 7-10 ppm 정도의 SO₂가 적절하다고 보고한 바 있다. 그러나 Smilanick 등(33)은 2-3 ppm 정도의 낮은 SO₂ 농도에서도 잿빛곰팡이균을 사멸시키지는 못하지만 포자의 발아를 억제하여 전파되는 것은 효과적으로 제어할 수 있으므로 저장초기에만 고농도의 SO₂가 필요하다고 보고하였다. 본 연구에서 포장 내부의 SO₂ 농도 변화를 살펴보면, 유향패드 처리의 경우 검출한계값인 2 ppm 이하로 측정이 되지 않았으며, 유향패드+MA복합처리에서는 저장 20일 6.8 ppm, 저장 30일 2.9 ppm으로 나타났다. 이렇듯 포장 상자 내부의 SO₂ 농도가 다르게 나타나는 이유는 포장재 및 포장방법이 다르기 때문이다. 일반적으로 사용되는 마분지나 나무로 만들어진 상자는 SO₂를 흡수하기 때문에 포장 내부의 SO₂ 농도는 플라스틱상자보다 상대적으로 낮아지게 되고, MA포장과 같이 필름을 이용하여 포도와 유향패드를 1차적으로 포장한 후 마분지상자에 넣게 되면 필름에 의해 SO₂ 흡수가 차단되어 내부의 SO₂ 농도를 상대적으로 높게 유지할 수 있다고 알려져 있다(6). 저장기간에 따라 SO₂ 농도가 감소하기는 했으나 2-3 ppm 정도의 낮은 SO₂ 농도로도 잿빛곰팡이균이 전파되는 것은 효과적으로 제어할 수 있다고 한 Smilanick 등(33)의 보고와 같이 본 실험에서도 3 ppm 미만의 낮은 농도가 지속됐을 때에도 곰팡이 발생이 억제되고 품질이 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 측면에서 볼 때 유향패드 단독 처리보다는 유향패드+MA복합처리가 장기 저장 중 포장 내부의 SO₂ 농도를 적절하게 유지시켜줌으로써 포도의 신선도를 유지하는데 더 효과적인 것으로 판단된다.

모의수출 조건에서의 경도 및 인장력 변화

캠벨얼리 포도에 있어서 과육의 경도는 저장 과정에서 종합식미의 변화수준을 가장 잘 반영하는 이화학적 품질인자이며(34), 저장 기간 중 경도의 변화는 온도, 상대습도 등의 환경적 요인뿐만 아니라 과실의 효소작용, 후숙 등과 같은 생리적인 요인에도 영향을 받는다(26). 포도과실의 경도는 저장초기의 값을 그대로 유지하는 것이 품질유지의 기준이 될 수 있는데, 본 실험에서는 저장 기간이 경과함에 따라 포도의 경도가 약간 감소하기는 했으나 처리간의 유의적인 차이는 보이지 않았다(Fig. 2a). 무처리의 경우, 저장 20일까지는 초기값과 유사하거나 높은 값을 보였는데, 이는 포장 상자 내의 80% 정도의 낮은 상대습도 조건에서 과피의 건조로 인해 일시적으로 경도가 증가한 것으로 보이며, 탈립, 부패 등 품질저하가 많이 발생한 저장 30일에는 경도가 크게 감소하였다. 유향패드 단독처리와 유향패드+MA 복합처리 또한 저장 기간이 경과함에 따라 경도가 감소하기는 했으나, 유향패드+MA 복합처리에서의 경도 유지 효과가 조금 더 좋은 것으로 나타났다. 이는 농산물의

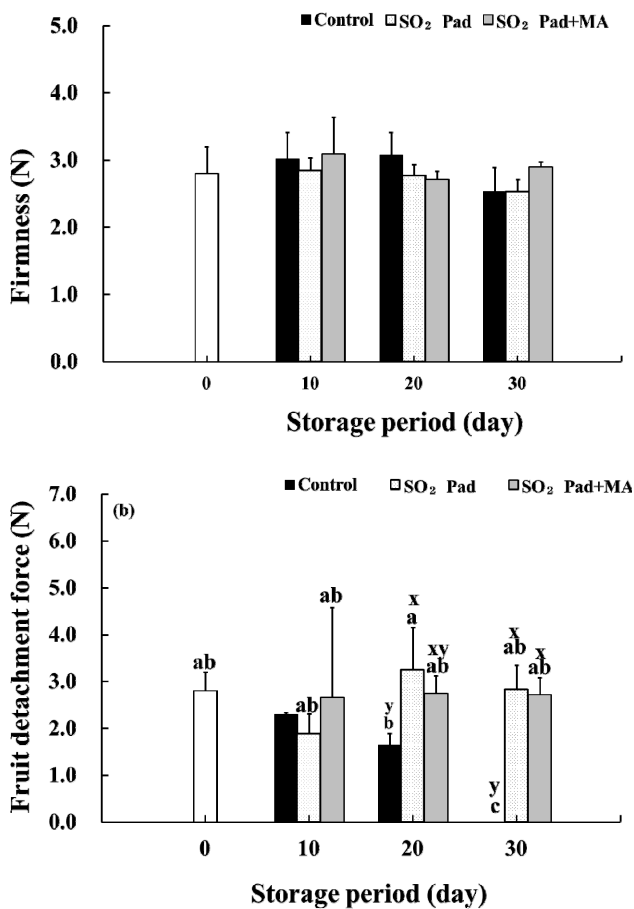


Fig. 2. Changes in fruit firmness (a) and detachment force (b) of 'Campbell Early' grape under simulated export conditions at 0°C.

All data are reported as the mean±SD (n=3). The significance levels according to the treatments and storage time were expressed as abc and xyz, respectively. Means with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

조직감이나 경도유지가 수분손실 여부와 관련이 깊다는 Yang 등(26)의 보고와 같이 MA포장 처리에 의해 포장상자 내부의 습도가 높게 유지되었기 때문으로 사료된다.

인장력은 과실과 소화경의 연결부위(fruit-pedicle junction) 또는 소화경과 꽃자루의 연결부위(pedicle-peduncle junction)에서 과실부를 떼어낼 때 필요한 힘이다(35). 일반적으로는 citrus류, 블루베리, 체리 등의 수확 시 효율성을 높이기 위해 수행되는 생리적인 과정에서 발생하는 탈리(abscission)나 잡아당김과 같은 물리적인 분리에 대한 연구들에서 주로 활용되고 있는 분석지표 중의 하나이다(36). 본 실험에서는 다른 품종에 비해 비교적 탈립이 잘 발생하는 캠벨얼리 포도의 저장 중 품질특성을 평가하기 위해, 소화경에서 포도를 떼어낼 때의 인장력을 측정하였다. Fig. 2b에서 보는 바와 같이, 무처리구의 인장력은 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였으며(p<0.05), 저장 30일에는 인장력 측정이 되지 않을 정도로 소화경으로부터 포도가 쉽게 떨어지거나 이미 분리되어 있는 상태를 보였다. 이에 반해 유향패드 처리구에서는 저장 30일까지 초기값과 유사한 수준의 인장력을 유지하는 것으로 나타나, 유향패드 처리가 인장력을 유지시켜 캠벨얼리 포도의 탈립을 방지하는데 효과적인 것으로 나타났다. 저온저장 중 유향패드 단독처리와 유향패드+MA복합처리구의 인장력은 유의적인 차이를 나타내지는 않았다(p>0.05).

모의수출 조건에서의 과피의 색변화 및 과경의 갈변

캠벨얼리 포도의 저장 중 과피의 색변화와 과경의 갈변은 각각 Table 1과 Fig. 3에서 보는바와 같다. 과일의 색변화는 숙성기간 동안이나 수확 후 저장 단계에서 가수분해효소에 의해 세포벽의 구성성분들이 분해됨으로써 나타나는

Table 1. Changes in peel color of 'Campbell Early' grape under simulated export conditions at 0°C

Treatment	Storage period (day)	L value	a value	b value	Chroma	Hue	ΔE
Control	0	22.19±0.11 ^{a1)}	1.42±0.50 ^{ab}	-0.66±0.11 ^a	1.62±0.44 ^{ab}	331.89± 6.93 ^a	0.00±0.00 ^b
	10	22.72±0.40 ^a	1.41±0.39 ^{ab}	-0.70±0.22 ^a	1.59±0.31 ^{ab}	332.58±11.10 ^a	0.69±0.26 ^{ab}
	20	22.71±0.36 ^a	1.31±0.54 ^{ab}	-0.70±0.19 ^a	1.52±0.42 ^{ab}	329.62±14.20 ^a	0.73±0.28 ^a
	30	21.86±0.37 ^a	1.38±0.57 ^{ab}	-0.25±0.36 ^a	1.45±0.51 ^b	346.05±18.90 ^a	0.77±0.34 ^a
SO ₂ pad	0	22.19±0.11 ^a	1.42±0.50 ^{ab}	-0.66±0.11 ^a	1.62±0.44 ^{ab}	331.89±6.93 ^a	0.00±0.00 ^b
	10	22.61±0.43 ^a	1.72±0.26 ^{ab}	-0.53±0.21 ^a	1.81±0.18 ^{ab}	342.24±9.39 ^a	0.68±0.19 ^{ab}
	20	21.82±0.38 ^a	1.28±0.06 ^{ab}	-0.31±0.28 ^a	1.34±0.07 ^b	346.69±11.64 ^a	0.57±0.38 ^{ab}
	30	21.91±0.55 ^a	2.04±0.36 ^a	-0.36±0.35 ^a	2.10±0.32 ^a	349.41±11.17 ^a	0.85±0.55 ^a
SO ₂ pad+MA	0	22.19±0.11 ^a	1.42±0.50 ^{ab}	-0.66±0.11 ^a	1.62±0.44 ^{ab}	331.89±6.93 ^a	0.00±0.00 ^b
	10	22.79±0.63 ^a	1.18±0.51 ^b	-0.64±0.22 ^a	1.39±0.36 ^b	328.71±19.35 ^a	0.85±0.51 ^a
	20	22.33±1.36 ^a	1.19±0.21 ^b	-0.46±0.45 ^a	1.33±0.13 ^b	338.90±20.60 ^a	1.14±0.56 ^a
	30	21.76±0.36 ^a	1.49±0.29 ^{ab}	-0.43±0.14 ^a	1.56±0.25 ^{ab}	343.15±7.86 ^a	0.57±0.31 ^{ab}

¹⁾All data are reported as the mean±SD (n=3). The significance levels according to the treatments and storage time were expressed as abc and xyz, respectively. Means with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

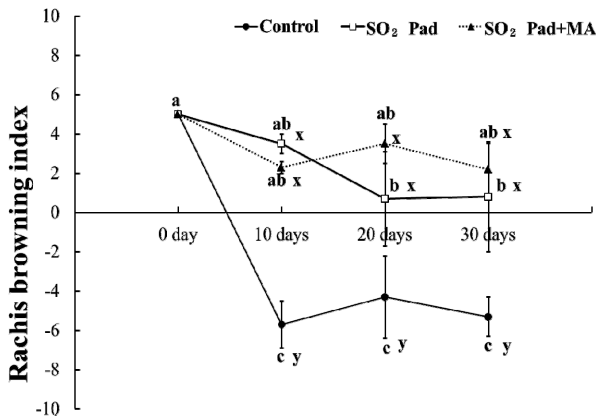


Fig. 3. Changes in rachis browning index of 'Campbell Early' grape under simulated export conditions at 0°C.

All data are reported as the mean±SD (n=3). The significance levels according to the treatments and storage time were expressed as abc and xyz, respectively. Means with different letters above a bar are significantly different at $p<0.05$.

현상으로(21), 포도의 저장 중 과피의 색변화는 L 값을 기준으로 판단하는 것이 일반적이다(26). 모의수출조건에서 과피의 L, b, Hue 값은 포장방법이나 저장기간과 관계없이 각각 21.71-22.72, -0.70-0.25, 328.71-349.41 범위 내에서 거의 일정하게 유지되었으며, 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$). 이에 반해 적색도를 나타내는 a 값과 포화도를 나타내는 chroma 값은 유통패드+MA 복합처리에서 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였으며, 전체적인 색변화를 나타내는 delta E 값은 모든 처리에서 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p<0.05$).

캠벨얼리 포도에서 과경의 갈변은 중요한 품질지표가 된다. 모의수출 조건에서의 과경의 갈변은 포도알을 모두 제거한 후 줄기의 변색을 진한갈색(-10점)-진한녹색(+10점)을 기준으로 평가하였다(Fig. 3). 저장기간에 따른 과경의 갈변은 무처리에서 가장 많이 발생하여 유통패드처리구와 유의적인 차이를 보였으며, 저장 10일 후에 가장 급격한 변화를 나타냈다($p<0.05$). 유통패드 단독처리구와 유통패드+MA 복합처리구는 저장 10일에는 유사한 값을 보였으나, 저장 20일부터 유통패드 단독처리에서 과경의 갈변이 조금 더 진행되었으며, 유통패드+MA 복합처리에서는 초기값과 유의적인 차이를 나타낼 정도의 갈변은 발생하지 않았다. Kaplunov 등(37)은 과경의 갈변은 노화와 관련된 대사과정에 영향을 주는 에틸렌에 의해 촉진된다고 보고하였다. 또한 Lichter 등(29)은 과경의 갈변은 건조와 관련이 깊은 현상으로 건조에 의해 세포구조가 붕괴되면 액포 속에 존재하던 폴리페놀이 유출되면서 PPO 효소의 작용에 의해 갈변물질을 만들어 내며, 포도 품종에 따라 약간의 차이가 있기는 하지만 대략 3% 정도의 수분 손실이 발생했을 때 과경의 갈변이 시작된다고 보고한 바 있다. 따라서 MA포장은 수분

손실을 막아줌으로써 과경의 갈변을 지연시키는 효과를 나타낼 수 있다. 이러한 포도 줄기의 효소적 또는 비효소적 갈변은 페놀물질의 산화를 방지하고 PPO 활성을 억제시키는 물질인 SO₂에 의해 효과적으로 조절 가능하다고 알려져 있다(38). 그러나 유통패드를 처리하는 경우, 저장기간이 길어졌을 때 갈변보다는 줄기색이 녹색으로 열어지는 현상이 일부 일어나기도 하는데, 이는 고습환경에서 SO₂가 식물조직을 산성화시키게 되면 클로로필에서 마그네슘이 온이 빠져나가 녹색의 페오피틴을 형성하기 때문이다(27). 그러나 페오피틴 형성에 따른 과경의 부분적인 색변화는 수확 직후 또는 단기저장 후 수출되는 캠벨얼리 포도의 관능적 특성이나 상품성에는 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

모의수출 조건에서의 가용성 고형물 함량 및 적정산도의 변화

가용성 고형물 함량과 적정산도는 저장 포도에 있어서 중요한 품질지표 중 하나이다(39). Fig. 4a와 같이 0°C 저장 시 캠벨얼리 포도의 가용성 고형물 함량은 저장기간 동안 감소하는 경향을 보였으나, 처리구간에 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지는 않았다($p>0.05$). 무처리의 경우 저장기간 동안 초기값 16.4 °Brix와 유사한 수준의 가용성 고형물 함량을 보였으나, 유통패드를 단독 또는 MA와 복합처리한 포도의 경우는 14-15 °Brix로 무처리구 보다 약간 낮은 함량을 나타냈다. 저장 초기단계에서 발생하는 가용성 고형물 함량의 증가현상은 수확 후 포도과실의 성숙과정이나 가수분해에 의해 나타날 수 있으며, 저장 기간이 경과함에 따라서는 저장 중인 포도에서 대사활동을 위해 가용성 고형물들이 호흡기질로 사용되어 감소하는 것으로 알려져 있다(40). 일반적으로 저장 및 숙성 과정에서 포도의 가용성 고형물 함량과 산도는 변화하지 않거나 미미한 수준의 감소만이 발생한다고 보고되고 있으며(11), 3% 이상의 수분감소가 발생했을 때는 과경의 변색 등과 함께 가용성 고형물 함량의 증가가 나타날 수 있다고 알려져 있다(6). 또한 SO₂ 처리는 포도의 가용성고형물과 유기산의 함량을 유지시켜 주는 것으로 알려져 있는데(41), 이는 포도가 곰팡이에 감염되면 당의 분해가 급속하게 이루어져 당 함량이 감소하게 되고 과육 내에 산이 축적되어 적정산도가 증가하게 되는 데, SO₂ 처리 시 곰팡이가 억제되면서 유지효과가 나타나는 것으로 추정된다(42).

적정산도의 변화(Fig. 4b)를 살펴보면, 무처리는 저장 20일까지는 변화가 없었으나 저장 30일에 0.52%로 초기치보다 0.04% 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 이와 반대로 유통패드 처리와 유통패드+MA 복합처리에서는 저장 20일까지는 큰 변화가 없었으나 저장 30일에 각각 0.66%와 0.63%까지 증가하여 포장방법에 따른 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 가용성 고형물 함량과 같이 유기산의 감소는 속도

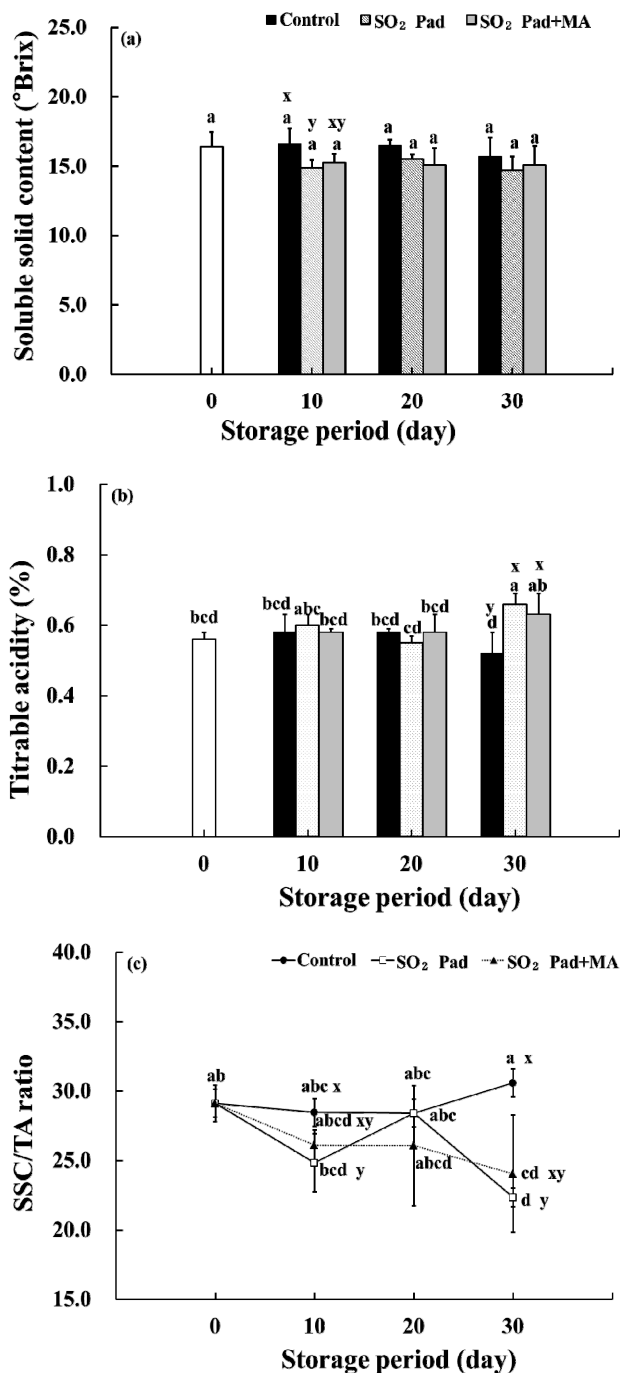


Fig. 4. Changes in soluble solid content (a), titrable acidity (b), and SSC/TA ratio (c) of 'Campbell Early' grape under simulated export conditions at 0°C.

All data are reported as the mean±SD (n=3). The significance levels according to the treatments and storage time were expressed as abc and xyz, respectively. Means with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

증가의 지표가 되기도 하지만 저장 중에 호흡기질로 소모되어 나타나는 현상이기도 하다(43). 그러나 포도의 저장 중 자연적으로 발생하는 품질저하(44)나 곰팡이 발생(42) 등으로 인해 과피나 과육조직이 와해되면서 주석산이 과즙으로 전이되어 오히려 적정산도가 증가한다는 보고들도 있

다. 또한, Palou 등(45)과 Litcher 등(6)은 반복적인 훈증처리와 마찬가지로 유통패드를 사용하는 경우에 3 ppm의 농도에서 42일 저장 시 SO₂ 가스에 의한 손상은 나타나지 않았으나, 포도에 흡수된 SO₂가 축적되기 때문에 낮은 농도일지라도 노출시간이 길어지게 되면 맛에 영향을 주는 등 손상을 일으킬 가능성이 있음을 보고한 바 있다. 본 실험에서 유통패드+MA 복합처리의 경우 급격한 품질저하나 곰팡이 발생이 관찰되지는 않았으므로 유통패드 처리와 적정산도의 증가에 대한 상관관계에 대해서는 추가연구가 필요할 것으로 보인다.

저장 기간 중 당산비의 변화(Fig. 4c)는 가용성 고형물 함량과 적정산도의 변화가 거의 없었던 무처리구에서는 저장 기간 동안 일정하게 유지되다가 적정산도가 유의적으로 감소했던 저장 30일에 다소 증가하는 것으로 나타났다. 유통패드 단독처리의 경우, 저장 20일에 가용성 고형물 함량의 증가와 적정산도의 감소로 인해 28.4까지 일시적으로 증가했다가 저장 30일에 적정산도가 증가하면서 22.4까지 감소하는 등 당산비의 변화폭이 크게 나타났다. 반면에, 유통패드+MA 복합처리는 저장 시간이 경과함에 따라 저장 초기 29.1에서 저장 30일에 22.4-24.0까지 유의적으로 감소하였는데, 이는 적정산도의 증가에 의한 것으로 판단된다(p<0.05).

모의수출 조건에서의 brush길이 및 탈립율의 변화

일반적으로 포도의 저장 및 유통 과정에서 품질저하를 일으키는 주요한 두 가지 요인으로는 *B. cinerea*에 의한 잿빛곰팡이(gray mold)의 감염과 과경의 갈변(rachis browning)으로 알려져 있다(13). 캠벨얼리 포도에서도 이 두 가지는 중요한 품질저하 요인이 되지만, 다른 품종의 포도와는 달리 줄기에서 포도알이 떨어지는 탈립현상 또한 상품성을 저하시키는 중요한 요인으로 보고 있다(30). Ha 등(44)도 캠벨얼리 포도의 수확 후 저장 과정에서 발생하는 품질저하는 식미관련 인자의 변화보다는 부패발생 및 탈립 등 손실발생에 따른 상품화율 저하라고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 모의수출 및 모의유통 조건에서의 캠벨얼리 포도의 brush 길이와 이의 변화에 따른 탈립율을 조사하였다(Fig. 5). 모의유통 조건에서는 Smilanick 등(10)의 보고와 같이 유통패드에서의 SO₂ 가스의 발생은 습도 및 온도의 증가와 상관관계가 크기 때문에 고농도의 SO₂ 가스 발생에 의한 피해를 방지하기 위해 저장 전 처리했던 유통패드를 모두 제거한 후 상온에 저장하였다.

Brush는 포도알이 떨어진 후 소화경(pedicel)에 남아있는 유관(central vascular bundle) 부분을 말하며, 캠벨얼리 포도의 저장 기간에 따른 brush 길이의 변화는 탈립율과 밀접한 관련이 있는 품질지표가 될 수 있을 것으로 사료된다. Fig. 5a에 나타낸 바와 같이, brush 길이의 경우 무처리구에서는 0°C의 모의수출조건이나 15°C의 모의유통조건에서 모두

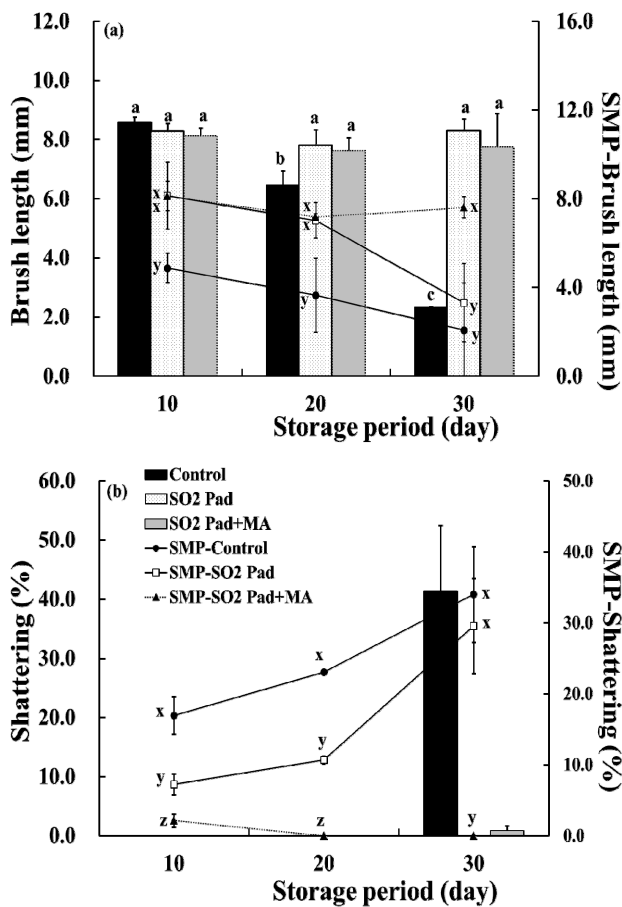


Fig. 5. Changes in brush length (a) and shattering rate (b) of 'Campbell Early' grape under simulated export conditions at 0°C and simulated marketing period (SMP) at 15°C.

All data are reported as the mean±SD (n=3). The significance levels according to the treatments and storage time were expressed as abc and xyz, respectively. Means with different letters above a bar are significantly different at $p < 0.05$.

저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 0°C 모의수출조건에서는 저장 10일 후 8.5 cm 내외에서 저장 30일 후 2.3 cm까지 감소하였으며, 추가적으로 15°C에서 7일 유통조건 처리 시 각각 4.9 cm, 2.1 cm까지 감소하였다. 유통패드 처리의 경우, 0°C 저장 시에는 brush 길이가 7.6-8.3 cm 내외로 잘 유지되었는데 이는 Fig. 2b에서 나타낸바와 같이 모의수출조건에서 유통패드 처리 시 인장력이 잘 유지된 것과 상관성이 높을 것으로 사료된다. 그러나 모의유통조건동안 brush 길이는 유의적으로 감소하였으며, 감소폭은 유통패드 단독 처리에서 더 크게 나타나 8.1 cm에서 3.3 cm까지 감소한 반면, 유통패드+MA 복합처리에서는 8.1 cm에서 7.6 cm 정도로 소폭 감소하였다.

탈립율은 brush 길이의 변화와 유사한 경향을 보였는데 (Fig. 5b), 모의수출조건인 경우 무처리구에서만 저장 30일 후에 41.4%의 탈립율을 나타낸 반면, 유통패드처리에서는 탈립현상이 나타나지 않았다. 그러나 모의유통조건 처리 시 무처리구는 17.0%에서 34.0%까지 탈립율이 증가하였으

며, 유통패드 처리에서도 탈립이 관찰되었다. 저장기간에 따라 유통패드 단독처리는 7.3%에서 29.6%까지 탈립율이 증가하는 것으로 나타났으나, 유통패드+MA 복합처리는 모의유통조건에서도 탈립이 거의 발생하지 않았다. 탈립이 발생하는 기작에 대한 연구들은 다양하게 보고되고 있는데, 과실의 수분이 지나치게 감소하여 과립위축 및 과경의 건조가 일어났을 때 발생하거나(26), 수분감소로 인한 스트레스에 의해 에틸렌 발생이 증가하여 포장 내부에 과도하게 에틸렌이 축적(46)되었을 때 또는 부패율이 높을 때(8)에 탈립이 증가하는 것으로 알려져 있다. 이와 달리 MA포장에 의해 형성되는 포장 내 고수분 조건이나 저산소와 고이산화탄소 조건은 과실의 polygalacturonase(PG) 및 peroxidase (POD)와 같은 효소의 생성을 억제하여 과실의 인장력을 높임으로써 탈립을 감소시킨다는 보고도 있다(25). 따라서 캠벨얼리 포도의 수출 및 유통 시 유통패드+MA복합처리는 부패방지 및 고수분조건 유지를 통해 탈립을 방지함으로써 상품성을 유지하는데 효과적인 방법이 될 것으로 판단된다.

장기 해상운송을 통한 수출 포도의 품질변화

경기도 화성에서 2016년 8월에 수확하여 해상운송을 통해 미국 로스앤젤레스에 수출한 캠벨얼리 포도의 포장 내 온도 변화와 품질조사 결과는 Fig. 6과 Table 2와 같다. 2016년 8월 한진해운의 범정관리로 인해 수출 일정이 지연되면서 팔레트처리 된 포도는 8일간 0°C 저장고에 보관했다가 화성에서 부산항으로 국내이동 및 항공대기(2일) 후 선박을 통해 미국 로스앤젤레스로 수출되었다. 해상운송기간은 총 11일이었으며 미국 LA입항 및 통관절차에 7일, 물류창고로 이동하는데 2일 정도가 걸려, 결과적으로 팔레트작업 후 미국 현지 물류창고에 입고되어 컨테이너에서 포도를 하역할 때까지 총 30일이 소요되었다. 해상운송을 통한

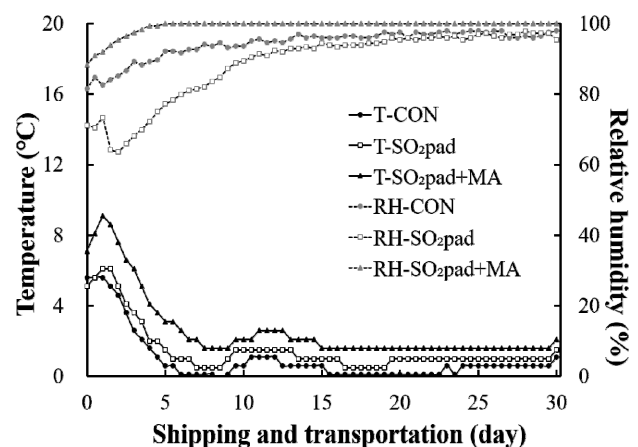


Fig. 6. Changes in internal temperature (°C, black color) and relative humidity (% , gray color) of 'Campbell Early' grape package during shipping and transportation for export to Los Angeles, USA.

Table 2. Changes in quality characteristics of ‘Campbell Early’ grape after shipping and transportation for export to USA

Treatment	SO ₂ (ppm)	SSC (°Brix)	Brush length (mm)	Shattering rate (%)	Rachis browning index
Control	-	16.7 ^{ab1)}	2.7±1.5 ^b	14.7±5.6 ^a	0.5±3.5 ^a
SO ₂ pad	-	17.3 ^a	3.8±1.4 ^b	6.6±2.5 ^b	1.3±0.8 ^a
SO ₂ pad+MA	4.0±0.9	15.2 ^b	6.9±1.7 ^a	4.0±0.1 ^b	3.7±0.4 ^a

¹⁾Means±SD (n=3) within each column followed by the different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

캠벨얼리 포도의 미국 수출 시 포장상자 내부의 온도와 습도 변화는 모의수출 조건에서의 변화와는 약간의 차이를 보였다(Fig. 6). 저장 5일 경 무처리구와 유황패드 단독처리의 포장 내부온도는 각각 0.6℃와 1.5℃까지 떨어졌으나, 유황패드+MA 복합처리는 3.1℃로 상대적으로 높은 온도를 나타냈다. 국내이동을 거쳐 해상운송이 되는 기간 동안 무처리구는 0.1-0.6℃, 유황패드 단독처리는 0.5-1.0℃, 유황패드+MA 복합처리는 1.6-2.1℃까지 온도가 감소하였으며, 모의수출조건과 마찬가지로 유황패드+MA 복합처리의 온도가 약간 높게 나타났다. 상대습도의 경우, 팔레트 작업 후 10일경인 부산항에서 출발할 당시에 모든 처리에서 90-100%의 습도를 보였으며, 모의수출조건에서는 무처리구의 상대습도가 가장 낮았던 반면 해상운송을 통한 미국 수출 시 유황패드 단독처리구의 상대습도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 유황패드+MA 복합처리는 저장 5일 후에 100% 포화상대습도에 도달하여 컨테이너에서 포도를 하역 후 포장을 뜯기 전까지 유지하였다.

현지 물류창고 도착 후 처리구별로 시료를 취하여 품질 조사를 수행한 결과, 포장 내부의 이산화황 농도는 유황패드+MA 복합처리에서만 측정되었으며, 그 농도는 4.0 ppm 정도로 나타났다. 가용성고형물의 함량은 유황패드 단독처리가 17.3 °Brix 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음은 무처리 16.7 °Brix, 유황패드+MA 복합처리 15.2 °Brix순으로 낮게 나타났는데 이는 포도의 수분손실이나 호흡량의

정도와 관련이 있을 것으로 사료된다. 유황패드+MA 복합 처리는 brush의 길이와 탈립율이 각각 6.95 mm와 4.0%로 조사되어 품질유지에 가장 효과적인 것으로 나타났으며 (p<0.05), 과경의 변색에 있어서도 3.67점으로 나타나 상대적으로 갈변이 적게 발생한 것으로 조사되었다. 유황패드 단독처리도 무처리구에 비해 효과적이기는 했으나, 곰팡이가 전혀 발생하지 않은 유황패드+MA 복합처리와는 달리 포도 줄기나 일부 으깨진 포도알의 과피에서 흰색 또는 회색 곰팡이가 관찰되었다. 추가적으로 상온에서 3일 저장 후 육안으로 조사한 품질이나 탈립 조사에서도 유황패드+MA 복합처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다(Fig. 7). 이는 MA포장에 의해 필름 내부의 산소 농도가 낮아지고 상대적으로 이산화탄소의 농도가 높아지게 되는데, 이러한 공기조성 조건이 호기성인 곰팡이의 성장을 억제시키기는 정균작용을 나타내기 때문으로 사료된다(47). 또한, 경기도 화성지역의 캠벨얼리 포도는 잿빛곰팡이뿐 아니라 *penicillium*속에 의한 푸른곰팡이 발생도 문제가 되는데 (48), Franck 등(12)은 포도의 저온 장기 저장 중 푸른곰팡이에 의해 발생하는 부패 또한 유황패드에 의해 효과적으로 감소한다고 보고한 바 있다. 따라서 모의수출조건 실험결과에서도 확인한 바와 같이 장기 해상운송에 의한 캠벨얼리 포도 수출 시 유황패드+MA 복합처리는 포도의 상품성 유지 및 수입국 현지에서의 유통기간 연장을 위한 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 보인다.

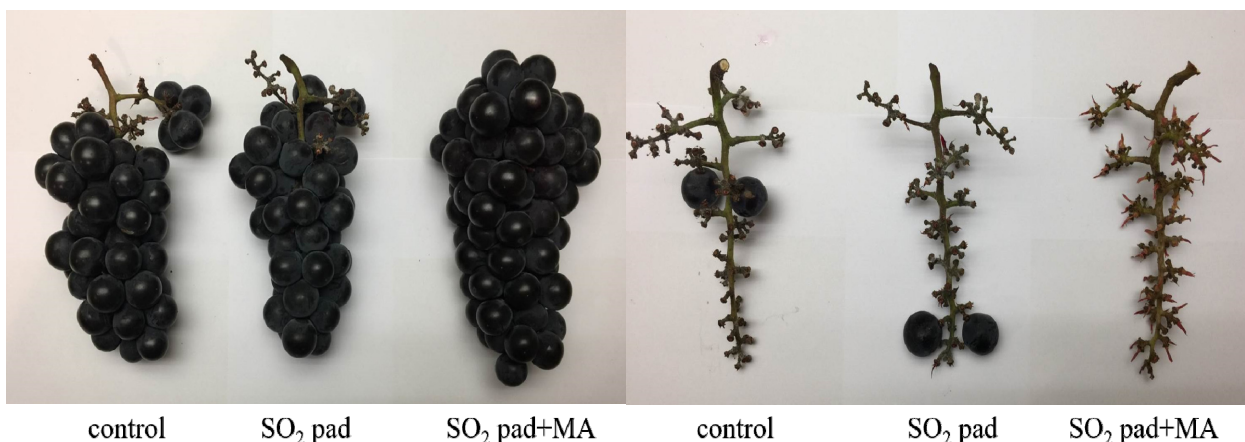


Fig. 7. The pictures of ‘Campbell early’ grape stored 3 days at room temperature after arrival in Los Angeles, USA.

(a), the shattered status of grapes according to treatments; (b), the status of rachis browning, fungal growth, and brush length of grapes according to treatments.

요 약

장기 해상운송 시 포도과실의 신선도 유지 및 수입국에서의 유통기간 연장을 통한 수출국 다변화 및 수출경쟁력 향상을 위해, 모의수출조건 및 실제 수출 시 유행패드와 MA포장 복합처리에 따른 포도과실의 선도유지 효과를 검토하였다. 캠벨얼리 포도는 경기도 화성지역에서 재배되었으며 2016년 8월 말에 수확하여, 예냉은 0°C, 선별 및 포장은 10°C에서 실시하였고 0°C에 30일간 저장하였다. 시험처리 는 관행 수출포장(대조구), 유행패드처리, 유행패드+MA 복합처리의 3가지로 하였다. 모의수출 조건인 0°C, 30일 저장 시 포도상자 내부의 온도와 상대습도는 처리에 따라 약간의 차이가 있기는 했으나 각각 0.6-2°C, 94-100% 범위 내에서 안정적으로 유지되었다. 무처리와 유행패드 단독처리의 경우 저장기간이 경과할수록 경도의 감소, 과경의 갈변, brush 길이의 감소, 탈립률의 증가 등에서 유행패드+MA 복합처리와 유의적인 차이를 보였다. 유행패드+MA 복합처리의 경우 MA포장에 의한 선도유지 효과와 더불어 PE필름으로 인해 저장 30일 후에도 포장 내부에 2.9 ppm 정도의 SO₂ 농도가 유지되면서 장기 저장 및 운송 시 포도의 품질을 가장 잘 유지시켜 주는 것으로 나타났으며, 이러한 효과는 15°C, 7일 저장의 모의유통조건에서도 동일하게 나타났다. 또한 수확 후 11일간의 해상운송을 거쳐 미국 현지 소매점에 유통될 때까지 30일이 소요된 대미수출 포도의 경우에도 모의수출 조건에서 수행된 것과 동일한 결과를 보였다. 미국 현지에서 품질 조사 수행 결과, 유행패드+MA 복합처리에서만 4.0 ppm의 SO₂가 측정되었으며 신선도 유지를 통한 상품성 보존이나 현지에서의 유통기한 연장 효과도 가장 우수한 것으로 나타났다. 결과적으로 장기 해상운송에 의한 캠벨얼리 포도 수출 시 유행패드+MA 복합 처리는 상품성 및 유통기간 연장에 매우 효과적인 방법이라고 판단된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품 기술기획평가원의 신선농산물 해상운송 수출을 위한 선도 연장기술 개발 사업(과제번호: 315088-02-2-SB010) 및 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ012726)의 지원을 받아 연구되었음.

References

1. aTkati. 2016 Grape export by country. <http://www.kati.net> (accessed July 2017).
2. Ji ST, Lee HK, Ahn SJ (2014) The present status of import and domestic production of table grape. FTA Issue Report, 7, 1-9
3. Korean Statistical Information Service (KOSIS). 2015 The present status of main varieties cultivated in grape farm. <http://kosis.kr/wnsearch/totalSearch.jsp> (accessed July 2017).
4. Ji ST, Yoo JY (2017) Change in import structure of fruit and its implications. KREI Analysis of Issues, 36, 1-16
5. Nam SY, Kang HC, Kim TS (2000) Storage life investigation of diverse grape cultivars. Korean J Postharvest Sci Technol, 7, 29-32
6. Lichter A, Zutahy Y, 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. HortTechnol, 18, 206-214
7. Romanazzi G, Lichter A, Gabler FM, Smilanick JL (2012) Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes. Postharvest Biol Technol, 63, 141-147
8. Karabulut OA, Gabler FM, Mansour M, Smilanick JL (2004) Postharvest ethanol and hot water treatments of table grapes to control gray mold. Postharvest Biol Technol, 34, 169-177
9. Nelson KE, Baker GA (1963) Studies on the sulfur dioxide fumigation of table grapes. Am J Enol Vitic, 14, 13-22
10. Smilanick JL, Henson DJ (1992) Minimum gaseous sulphur dioxide concentrations and exposure periods to control *Botrytis cinerea*. Crop Prot, 11, 535-540
11. Crisosto CH, Garner D, Crisosto G (2002) Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. Postharvest Biol Technol, 26, 181-189
12. Franck J, Latorre BA, Torres R, Zoffoli JP (2005) The effect of preharvest fungicide and postharvest sulfur dioxide use on postharvest decay of table grapes caused by *Penicillium expansum*. Postharvest Biol Technol, 37, 20-30
13. Carter MQ, Chapman MH, Gabler F, Brandl MT (2015) Effect of sulfur dioxide fumigation on survival of foodborne pathogens on table grapes under standard storage temperature. Food Microbiol, 49, 189-196
14. Zoffoli JP, Latorre BA, Rodriguez EJ, Aldunce P (1999) Modified atmosphere packaging using chlorine gas

- generators to prevent *Botrytis cinerea* on table grapes. *Postharvest Biol Technol*, 15, 135-142
15. Chung DS, Chang EH, Choi JU (2007) Effects of chlorine dioxide (ClO₂) gas treatment on postharvest quality of grapes. *Korean J Food Preserv*, 14, 1-7
 16. Venditti T, Ladu G, Cubaiu L, Myronycheva O, Dhallewin G (2017) Repeated treatments with acetic acid vapors during storage preserve table grapes fruit quality. *Postharvest Biol Technol*, 125, 91-98
 17. Jang KI, Lee JH, Choi GS, Lee HB (2008) Quality of stored grape (*Vitis labruscana*) treated with electrolyzed acid water humidification, electrolyzed acid water sterilization and ozone water sterilization. *J Agric Life Sci*, 42, 47-57
 18. Yun HJ, Joe MH, Kwon JH, Lim BL, Kim DH (2008) Quality characteristics of grapes during post-irradiation storage at different temperatures. *Korean J Food Preserv*, 15, 648-655
 19. Gabler FM, Smilanick JL, Mansour MF, Karaca H (2010) Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes. *Postharvest Biol Technol*, 55, 85-90
 20. Youssef K, Roberto SR (2014) Salt strategies to control *Botrytis* mold of 'Bnitaka' table grapes and to maintain fruit quality during storage. *Postharvest Biol Technol*, 95, 95-102
 21. Serrano M, Martinez-Romero D, Guillén F, Valverde JM, Zapata PJ, Castillo S, Valero D (2008) The addition of essential oils to MAP as a tool to maintain the overall quality of fruits. *Trends Food Sci Technol*, 19, 464-471
 22. Chervin C, Westercamp P, Monteils G (2005) Ethanol vapors limit *Botrytis* development over the postharvest life of table grapes. *Postharvest Biol Technol*, 36, 319-322
 23. Animal and Plant Quarantine Agency. 2017 Quarantine of Korean grapes for Australia export. http://www.qia.go.kr/planet/exQua/plant_exp_ostest_nat.jsp (accessed July 2017)
 24. Kim CW, Jeong MC, Choi JH (2009) Effect of high CO₂ MA packaging on the quality of 'Campbell Early' grapes during marketing simulation at ambient temperature. *Kor J Hort Sci Technol*, 27, 612-617
 25. Deng Y, Wu Y, Li Y (2007) Effects of high CO₂ and low O₂ atmospheres on the berry drop of 'Kyoho' grapes. *Food Chem*, 100, 768-773
 26. Yang YJ, Hwang YS, Park YM (2007) Modified atmosphere packaging extends freshness of grapes 'Campbell Early' and 'Kyoho'. *Kor J Hort Sci Technol*, 25, 138-144
 27. Silva-Sanzana C, Balic I, Sepúlveda P, Olmedo P, León G, Defilippi BG, Blanco-Herrera F, Campos-Vargas R (2016) Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on rachis quality of 'Red Globe' table grape variety. *Postharvest Biol Technol*, 119, 33-40
 28. Hong YP, Lee EJ (2007) Effect of relative humidity under various packaging treatments on quality of grape fruits during cold storage. *Kor J Hort Sci Technol*, 25, 47-53
 29. 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 Biol Technol*, 59, 25-33
 30. Yun SD, Lee SK, Ko KC (1995) Effect of cultivars and various treatments on storability of grapes. *J Kor Soc Hort Sci*, 36, 224-230
 31. Zutahy Y, Lichter A, Kaplunov T, Lurie S (2008) Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO₂ generating pads. *Postharvest Biol Technol*, 50, 12-17
 32. Laszlo J, Combrink JC, Eksteen GJ, Truter AB (1981) Effect of temperature on the emission of sulphur dioxide from gas generators for grapes. *Decid Fruit Grow*, 31, 112-119
 33. Smilanick JL, Hartsell PI, Henson DJ, Fouse DC, Assemi M, Harris CM (1990) Inhibitory activity of sulfur dioxide on the germination of spores of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 80, 217-220
 34. Ha SY, Hwang YS, Yang YJ, Park YM (2007) Correlation between instrumental quality attributes and consumers' sensory evaluation in refrigerated-stored 'Campbell Early' and 'Kyoho' grape. *Kor J Hort Sci Technol*, 25, 125-132
 35. Vashisth T, Malladi A (2013) Fruit detachment in rabbiteye blueberry: Abscission and physical separation. *J Amer Soc Hort Sci*, 138, 95-101
 36. Malladi A, Vashisth T, Johns LK (2012) Ethephon and methyl jasmonate affect fruit detachment in rabbiteye and southern highbush blueberry. *HortSci*, 47, 1745-1749
 37. Li L, Kaplunov T, Zutahy Y, Daus A, Porat R, Lichter A (2015) The effects of 1-methylcyclopropane and ethylene on postharvest rachis browning in table grapes. *Postharvest Biol Technol*, 107, 16-22
 38. Ricquebourg SL, Robert-Da Silva CMF, Rouch CC, Cadet FR (1996) Theoretical support for a conformational change of polyphenol oxidase induced by metabisulfite. *J Agric Food Chem*, 44, 3457-3460
 39. Gao P, Zhu Z, Zhang P (2013) Effects of chitosan-glucose

- complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydr Polym*, 95, 371-378
40. Ozden C, Bayindirli L (2002) Effects of combinational use of controlled atmosphere, cold storage and edible coating applications on shelf life and quality attributes of green peppers. *Eur Food Res Technol*, 214, 320-326
41. 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 Biol Technol*, 63, 98-106
42. Ustun D, Candir E, Ozdemir AE, Kamiloglu O, Soylu EM, Dilbaz R (2012) Effects of modified atmosphere packaging and ethanol vapor treatment on the chemical composition of 'Red Globe' table grapes during storage. *Postharvest Biol Technol*, 68, 8-15
43. Takma DK, Korel F (2017) Impact of preharvest and postharvest alginate treatments enriched with vanillin on postharvest decay, biochemical properties, quality and sensory attributes of table grapes. *Food Chem*, 221, 187-195
44. Ha SY, Hwang YS, Yang YJ, Park YM (2008) Analysis of quality changes and losses to indicate storability of 'Campbell Early' grape as related to marketing conditions. *Kor J Hort Sci Technol*, 26, 277-283
45. Palou L, Crisosto CH, Garner D, Basinal LM, Smilanick JL, Zoffoli JP (2002) Minimum constant sulfur dioxide emission rates to control gray mold of cold stored table grapes. *Amer J Enol Vitic*, 53, 110-115
46. Yun SD, Lee SK (1996) Effect of ethylene removal and sulfur dioxide fumigation on grape quality during MA storage. *J Kor Soc Hort Sci*, 37, 696-699
47. Pretel MT, Martinez-Madrid MC, Martinez JR, Carreno JC, Romojaro F (2006) Prolonged storage of 'Aledo' table grapes in slightly CO₂ enriched atmosphere in combination with generators of SO₂. *LWT-Food Sci Technol*, 39, 1109-1116
48. Noh YH, Kim YE, Song MJ, An JH, Jeong MJ, Hong SB, Kim SH, Lee HI, Cha JS (2014) Post-harvest decay of 'Campbell early' grape. *Res Plant Dis*, 20, 275-282