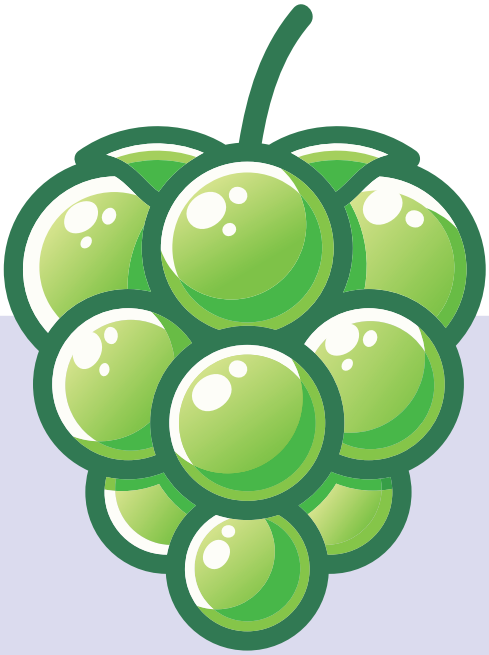
한국포도수출연합 연구용역보고서

www.gba.go.kr

샤인머스켓

저장 중 품질유지를 위한 플라즈마 처리 효과 연구

2024. 8.



경상북도농업기술원

완 결 보 고 서

연구과제명	샤인머스켓 저장 중 품질유지를 위한 플라즈마 처리 효과 연구			
주관연구기관	경상북도농업기술원			
연구책임자	성 명	류 정 아	소 속	경상북도농업기술원
연 구 기 간	2023년 9월 1일부터 2024년 8월 31일까지			
연 구 비	합계 20,000천원			

[샤인머스켓 저장 중 품질유지를 위한 플라즈마 처리 효과 연구] 사업의 완결보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

붙임 연구수행보고서 1부 끝.

2024년 8월 31일

주관연구책임자 : 류 정 아 (인)

주관연구기관장 : 경상북도농업기술원장(인)

[붙임]

연구수행보고서

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="4">샤인머스켓 저장 중 품질유지를 위한 플라즈마 처리 효과 연구</td></tr>
<tr><td>연구목표</td><td colspan="4">○ 플라즈마 처리에 의한 샤인머스켓의 저장 중 품질 유지 효과 및 품질 손상 유형 파악을 통한 플라즈마 활용 저장 방법 제시
○ 플라즈마와 유황패드 병행 처리를 통한 처리 효과 검정</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td colspan="4">○ 플라즈마 처리에 따른 효과 및 품질 손상 유형 파악
- 대 상 : 당도 15° Brix 이상의 비가림 재배 샤인머스켓 (영천, 김천, 상주 각 1개 농가)
- 플라즈마 처리방법 : 플라즈마 발생기 설치
· 오존농도 : 0.3ppm, 1ppm 내외
· 이산화 질소 농도 : 0.1~0.2ppm 내외
· 모니터링을 통한 적정 농도 유지
- 저장조건/저장기간 : 0±2℃ / 6개월
○ 플라즈마와 유황패드 병행처리 효과 분석
- 플라즈마 처리방법 : 플라즈마 처리효과시험과 동일
- 유황패드/MA 병행처리 : 무처리, 유황패드+MA, MA
○ 주요 조사 항목
- 저장 기간별 품질 변화 및 부패 억제 정도 등
- 저장 기간별 저장 장해 및 품질손상 발생 정도 등</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="4">· 노동력 절감형 기술 개발을 통한 농가 만족도 향상
· 저장 및 유통 손실 억제를 통한 농가 손실 방지
· 고품질과 유통을 통한 소비자 만족도 향상 및 수출증진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td>연도</td><td>계획(천원)</td><td>실적(천원)</td><td>집행률(%)</td></tr>
<tr><td>2023.9.~2024.8.</td><td>20,000</td><td>20,000</td><td>100</td></tr>
</table>

목 차

1. 연구배경 ····· 1

2. 연구수행 내용 및 방법 ····· 3

3. 연구수행 결과 ····· 5

가. 처리구별 환경 ····· 5

나. 대상 시료의 저장전 품질 특성 ····· 6

다. 플라즈마 단독 처리시 품질유지 효과 ····· 7

라. 플라즈마 처리시 필름피복(MA 필름)에 따른 샤인머스켓 저장 중 품질유지 효과 ····· 9

마. 유황패드와 플라즈마 병행처리에 따른 샤인머스켓 저장 중 품질 유지 효과 ····· 10

4. 적 요 ····· 16

5. 인용문헌 ····· 18

1. 연구배경

샤인머스켓이 우리나라에 보급된 후 2010년도 후반부터는 재배면적이 급격히 증가하여 2023년도에는 6,458ha 정도 재배되고 있으며(농촌경제연구원 2019～2024), 수출도 샤인머스켓의 생산 증가에 따라 급격히 증가하여 2023년도 포도 수출액은 44.7백만달러를 차지하고 있다(KATI, 2024). 샤인머스켓의 수출은 수확한 후 저장 없이 출하하는 9월~11월 수출량의 비중이 51%, 저장 후 출하하는 12월~다음해 3월까지의 수출량이 49%로, 전체 수출량 중 저장한 포도가 차지하는 비중이 매우 높은 품종이다.

샤인머스켓의 저장시의 품질저해 요인은 부패발생과 지경마름과 과실 탈립 등 수분 감소에 의한 증상이 대표적이다고 보고되어 있다(경상북도농업기술원 2021). 저장 가능 기간은 적극적인 부패억제 처리 없이 일반적으로 저장하는 경우에는 2~3개월 가량, 유황패드를 활용하는 경우에는 이듬해 봄까지 저장이 가능한 것으로 보고되어 있다. 유황패드의 경우에는 가장 보편적으로 활용하는 부패억제 기술로서, 유황패드내에 포함된 sodium metabisulphite가 수분을 흡수하면 SO_2와 H_2O로 분해되면서 SO_2를 발생시키는데, Laszlo 등(1981)은 SO_2 농도가 7 ppm 미만으로 낮을 경우 저장고 온도가 0℃로 유지되지 못하면 부패균을 제어할 수 없고, 20 ppm 이상으로 높을 때는 과피탈색(bleaching)과 같은 장해가 나타날 수 있기 때문에 잿빛곰팡이병원균의 생육을 억제하기 위해서는 7～10ppm의 SO_2 농도가 적당하다고 보고하였다. 그런데 유황패드의 사용에 있어 발생되는 SO_2 가스를 포집하고 저장기간 동안의 습도를 유지하기 위하여 필름과 같이 사용하는 것이 보편적이며, 상자단위나 팰릿단위로 필름을 활용할 수 있다. 그러나 이 과정에서 충분히 예냉이 이루어지지 않은 과실을 사용하게 되면 저장 중 과습피해가 발생 하는 등 품질손상이 많아지므로 유황패드를 활용하는 경우 예냉작업은 필수로 이루어져야 하는데(경상북도농업기술원 2022), 이러한 일련의 과정은 노동력을 많이 필요로 한다. 따라서 저장 중에 발생하는 부패를 억제하면서도 노동력은 절감되는 기술의 필요성이 높다.

이러한 노력의 하나로 플라즈마를 농산물의 저장과 식품의 품질유지에 활용하고자 하는 시도가 많이 이루어지고 있으며, 플라즈마의 경우에는 오존을 포함하는 산소 산화물과 이산화질소를 포함하는 질소산화물 등에 의해 살균효과를 가지는 것으로 알려져 있으며, 국내에서도 감귤, 배추 등의 저장성 향상에 효과가 있는 것으로 보고되어 있지만(안 등 2016, 이 등 2018), 샤인머스켓의 경우에는 오존이 발생되지 않는 플라즈마의 경우에는 부패 억제 효과가 뚜렷하게 나타나지 않았다고 보고되어 있다(경상북도농업기술원, 2021). 플라즈마 부패억제에 가장 의미있는 화합물은 오존이라고 알려져 있는데, Palou 등(2002)은 'Thompson Seedless' 포도를

5℃에 7주간 저장하는 경우, 0.3ppm의 오존농도에 연속노출하면 잿빛 곰팡이병이 제어된다고 보고하였다. 그러나 오존은 작업자에게 유해할 수 있고 고농도 처리시에는 저장하고자 하는 작물에도 손상을 입힐 수 있어 적정 농도의 유지가 반드시 필요하다.

따라서 본 연구에서는 수출용 샤인머스켓을 대상으로 하여 오존이 발생하는 플라즈마 처리장치를 활용하여 0.3ppm내외의 저농도와 1ppm내외의 고농도로 오존농도를 설정하고 저장중의 오존농도를 모니터링하면서 저장중의 부패억제 정도와 품질손상 정도를 파악하고자 하였으며, 저농도의 유황패드 처리와 병행하면서 상승효과가 있는지도 파악하고자 하였다.

2. 연구수행의 내용 및 방법

본 연구에 사용된 시료는 샤인머스켓의 주요 산지인 영천시와 김천시, 상주시의 각기 다른 재배자가 생산한 포도를 2023년 10월 17일과 10월 19일에 수확하여 수확한 즉시 대구시에 위치한 경상북도농업기술원 저장고로 이동한 후 2일간 예냉하고 각 처리방법에 맞게 저장하였다.

플라즈마 처리효과 검정을 위하여 3개의 저장고로 구분하고 플라즈마 발생장치를 가동하지 않는 무처리구(A), 플라즈마 발생장치를 가동하여 오존 농도를 0.3ppm 내외로 설정하는 저농도구(B), 플라즈마 발생장치를 가동하여 오존 농도를 1ppm내외로 설정한 고농도구(C)로 구분하였다. 플라즈마 발생장치(PAS-2001, 오존에이드, Korea)에서 발생하는 오존농도는 데이터 로거를 이용하여 지속적으로 모니터링을 실시하면서 적정 농도범위에서 관리하였고 농도가 안정화가 된 이후에는 설정조건을 유지하였다.

유황패드와 MA 병행처리 효과검정을 위하여 A, B, C 처리구마다 유황패드를 넣지않는 구, 유황패드처리구(유황패드+필름), 플라스틱 필름 피복구를 구분하여 저장하였다(그림 1). 유황패드처리구는 저장상자에 시판되는 유황패드 세트((주)탑프레쉬 유황패드 세트, 한국)의 필름을 깐 다음 포도 10㎏를 상자에 넣고, 흡습지를 덮은후 흡습지 윗면에 10㎏당 1장의 유황패드를 넣고 비닐을 덮어서 저장하였다. 필름처리구는 동일한 필름을 사용하여 저장하되 유황패드는 넣지 않고 저장하였다. 무처리구의 경우에는 재배기간동안 사용한 종이 포장상태 그대로 10㎏/상자 단위로 저장하였다.

유황패드처리구　　필름처리구　　무처리

그림 1. 처리구별 저장방법

저장은 6개월간 실시하였으며, 조사할때에는다 10㎏에 해당되는 과실을 3등분하고 각 등분을 한 반복으로 활용하였으며, 품질조사는 수확 당일 실시하였고, 이후 저장 2개월부터 한달간격으로 실시하여 저장전과 품질을 비교하였다.

품질조사시에는 외관변화를 관찰한 후 외관을 5점 척도법(1 매우 나쁨, 2 나쁨, 3 보통, 4 좋음, 5 매우 좋음)으로 구분하였으며, 3을 상품성 유지 기준으로 평가하였다. 품질손상정도를 나타내는 지표는 부패과립률, 탈립과립률, 열과과립률, 과피손상과립률, 압상과립률, 탈색과립률, 비상품과립률로 구분하여 조사하였다. 이들 지표는 하나의 과실에 대해 총 과립수에서 지표에 해당되는 과립의 수의 비율을 의미한다. 이중 과피손상과는 부패, 탈립, 열과, 압상, 탈색을 제외한 과피손상인 각종 반점, 과피변색, 쭈글거림 등과 같은 과피손상을 나타내며, 비상품과립은 앞서 열거한 부패, 탈립, 열과, 과피손상, 압상, 탈색 모두를 포함한 비상품과 유형 전체를 나타내었다. 지경부마름비율은 전체 지경중 갈색으로 변색된 지경의 길이를 비율로 나타내었으며, 지경 부패율은 전체 과실중 지경에 곰팡이가 발생한 과실의 비율을 나타내었다.

과실의 품질을 나타내는 지표로는 과방중, 가용성고형분 함량(당도), 산도, 경도, 과피의 색도를 조사하였으며, 하나의 과실에서 모든 부위가 골고루 섞이도록 10개의 과실을 채취하여 각 특성을 조사한 다음 평균값을 나타내었다. 가용성 고형물 함량과 산도는 포도과립을 착즙하여 당산도계 (SAM706 AC, 지원하이텍, Korea)로 측정하였으며, 경도는 과피경도와 과육경도로 나누어 측정하였고, 물성측정기(Compac 100Ⅱ, Sun scientific Co., Japan)를 이용하여 5㎜ probe로 60㎜/min의 속도로 측정하여 최대중량을 N으로 표시하였고, 과육경도는 과립의 적도부의 과피를 제거하고 과피경도와 동일한 방식으로 측정하였다. 색도는 색도계(JS-555, Color techno system, Japan)를 이용하여 과피의 황색도(b*)값으로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

가. 처리구별 환경

무처리(A)와 저농도 플라즈마 처리구(B), 고농도 플라즈마 처리구(C)를 각각의 저장고에 저장하면서 저장고내의 온도, 상대습도, O_3 농도와 NO_2 농도를 6개월간 모니터링한 수치를 그림 2에 나타내었다.

온도는 각 처리구당 편차가 크지는 않지만, 무처리, 저농도, 고농도순으로 높았고, 상대습도는 무처리구의 경우 전 기간 90% 이상을 유지한데 비해 저농도와 고농도의 플라즈마 처리구는 70~90% 내외로 무처리보다 낮은 상대습도를 보였으며 저농도구가 고농도구의 습도보다 다소 낮은 양상이었다. 무처리구가 플라즈마처리구에 비해 상대습도가 높게 유지되는 것은 무처리구 옆에 냉동창고가 배치되어 있는 저장고의 환경차에 의한 것으로 생각되며, 본 연구에서도 농업현장에서 습도유지를 위해 가장 많이 사용하는 방식인 저장고 바닥에 물을 0.5㎝ 가량 채워넣는 방식으로 관리하였으나 플라즈마 처리구의 경우에는 90% 이상의 고습도 유지는 어려웠다.

저농도 플라즈마 처리구의 O_3와 NO_2 농도를 보면, 초기 안정화 이후부터는 오존농도는 0.3ppm, NO_2 농도 0.1ppm 이하를 유지하였으며, 100일 이후부터는 지속적으로 조금씩 상승하여 각각 0.5ppm, 0.4ppm까지 상승하였다. 고농도에서는 저장 28일경부터 2개의 오존센서를 이용하여 측정하였는데 2개의 센서가 다른 값을 나타내는 결과를 보였다. 1번 센서의 경우 0.5ppm, 2번 센서의 경우에는 1ppm정도의 값을 보였으며, 저농도에 비해 값의 변이폭도 컸다. 그러다가 100일 이후부터는 조금씩 농도가 높아져서 각각 0.5~0.8ppm, 0.8~2.1ppm정도에 이르렀다. NO_2는 지속적으로 증가하며 1.9ppm까지 상승하였다.

이러한 오존과 NO_2 농도의 상승은 공기활성종이 저장고내에 누적되어 나타나는 결과로 생각되며, 오존 농도 측정값의 차이는 센서가 사용기간이나 오존농도에 따른 민감성이 둔해지면서 나오는 기기적 한계에서 유래하는 것으로 추측된다. 저장고 상태와 같이 고습도의 상황에서 농업용으로 사용하는 센서의 정밀성과 내구성은 한계를 가지고 있는 것이 현실이다. 플라즈마 기기의 경우에는 오존을 발생시키는데, 과실 저장시 오존의 농도는 과피의 손상과 밀접하게 연관되어 있다. 따라서 플라즈마를 활용하여 저장 중의 부패를 억제하고자 할때에는 플라즈마 발생장치와 함께 오존을 포함한 활성종을 모니터링하는 장치도 반드시 필요하며, 본 연구 결과처럼 모니터링 장치의 센서 보정 시기 선정과 센서의 신뢰도에 대한 문제는 현장에서 언제나 발생 가능한 문제이므로, 현장적용에 앞서 개선이 필요하다고 생각된다.

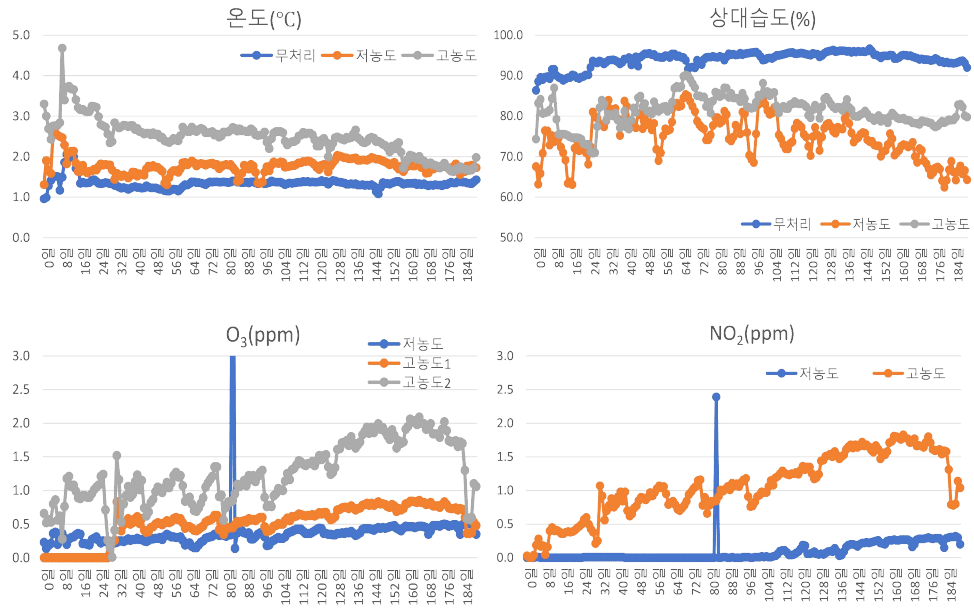


그림 2. 처리구별 저장기간 중의 환경변화

나. 대상 시료의 저장전 품질 특성

시료로 사용된 3개 지역의 샤인머스켓에 대한 저장 전 품질을 표1과 그림 3에 나타내었다. 송이는 시료 1, 시료 3, 시료 2 순으로 컸으며, 가용성 고형분 함량은 크기의 반대순으로 높아서 13.8~18.1˚Brix의 범위였다. 경도는 시료 1, 시료 2, 시료 3 순으로 높았다. 과실의 색상은 큰 차이가 없었으며, 지경의 경우 시료 1이 굵고 선명한 초록색을 띠는데 비해 시료 2은 색상이 연한 경향이었다.

표 1. 시료별 저장전 품질 특성

구분(생산지)	송이당 무게 (g)	가용성 고형분 함량 (˚Brix)	산도 (%)	경도(N/5㎜ probe)	
				과피경도	과육경도
시료1(상주)	713.4±23.6	18.1±0.5	0.4±0.0	11.7±0.2	3.2±0.1
시료2(영천)	969.9±59.8	13.8±0.9	0.5±0.0	10.1±0.5	2.4±0.3
시료3(김천)	826.3±97.5	17.3±0.7	0.4±0.0	9.2±0.2	2.1±0.1

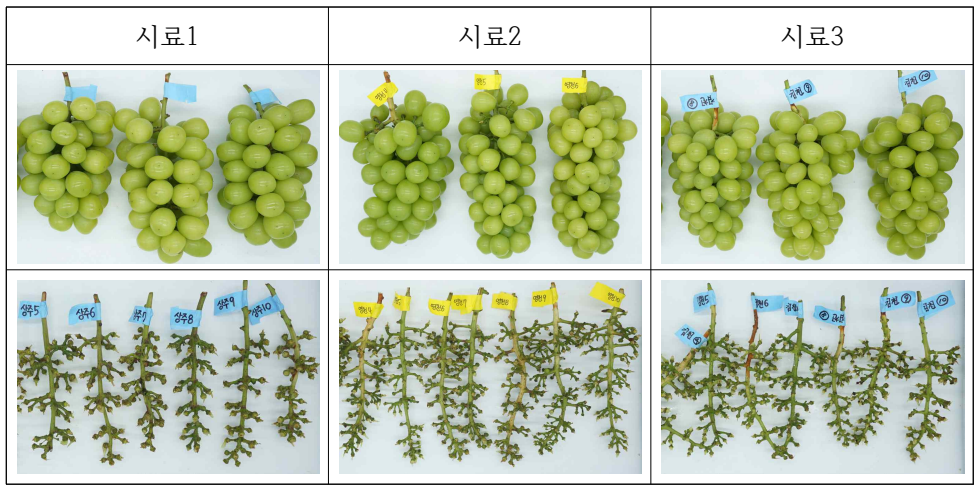


그림 3. 시료별 저장전 외관

다. 플라즈마 단독 처리시 품질유지 효과

일반적으로 농업현장에서는 유황패드를 사용하는 경우 부패억제에는 효과적이나 예냉이나 필름포장 등 일반 저장에 비해 공정이 몇 단계 추가되는데 따른 노동력 투여가 가장 문제점으로 지적되고 있다. 이에 비해 플라즈마는 저장고내에 발생장치만 작동시키면 되고 다른 공정이 추가되지 않기 때문에 부패 억제 효과만 뚜렷하면 노동력을 절감하는 기술로 현장에 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 플라즈마 발생장치의 효과를 조사하기 위하여 각 저장고에 저농도와 고농도 오존농도가 유지되도록 플라즈마발생장치를 작동하고 재배용 봉지상태의 포도를 저장하면서 부패발생정도와 비상품과립정도, 외관에 대해 평가하였다.

저장 3개월까지는 무처리와 플라즈마 처리 모두 부패발생이 적고 각 처리간 발생비율도 큰 차이가 없었으나, 저장 4개월로 저장기간이 길어지면 무처리에 비해 플라즈마 처리가 부패억제 효과가 있었다(그림 4). 그러나 저장기간이 5개월 이상으로 더 늘어나게 되면 시료에 따라 반응 양상이 달라지게 되어 플라즈마 처리가 무처리에 비해 부패억제에 효과적이다고 볼 수는 없었다. 플라즈마 농도에 따른 효과는 고농도가 저농도에 비해서는 부패억제 효과가 좋았다. 그런데 이번 연구 결과에서는 3개 시료 모두 저장 6개월까지 무처리구의 부패율이 20% 이하로 기존 보고(경상북도농업기술원 2021, 2022)에 비해 월등히 낮은 부패율을 보여주었으며, 이러한 점은 본 실험에서 플라즈마 처리 효과를 판단하는 데 있어 고려해야 할 부분으로 생각되었다.

비상품과립의 비율은 3개월까지는 플라즈마 처리의 영향은 거의 없었으며, 5개월

이후부터는 플라즈마 처리구에서 과립이 쭈글해지는 현상이 증가하면서 비상품과립 비율이 증가하였다.

외관상 상품성 손실시기(외관지수 3이하)를 조사한 결과, 무처리의 경우 시료 1이 4개월, 시료 2가 4개월, 시료 3이 6개월정도로 기존에 보고에서 무처리가 2~3개월 상품성을 유지하는 것(경상북도농업기술원, 2021)에 비해 월등히 길게 상품성을 유지하는 양상이었다. 플라즈마 처리시의 외관상 상품성 유지기간은 저농도와 고농도 플라즈마 처리시 모두 시료들이 5개월 정도까지 상품성이 유지되었으며 고농도 처리가 저농도 플라즈마에 비해 품질유지에 다소 효과적이었다. 결국 플라즈마 처리는 무처리에 비해 일정기간은 상품성이 더 유지되지만 그 이후에는 오히려 상품성이 나빠지는 결과를 보였으며, 저농도보다는 고농도 플라즈마 처리시 상품성 유지 효과가 좋았다.

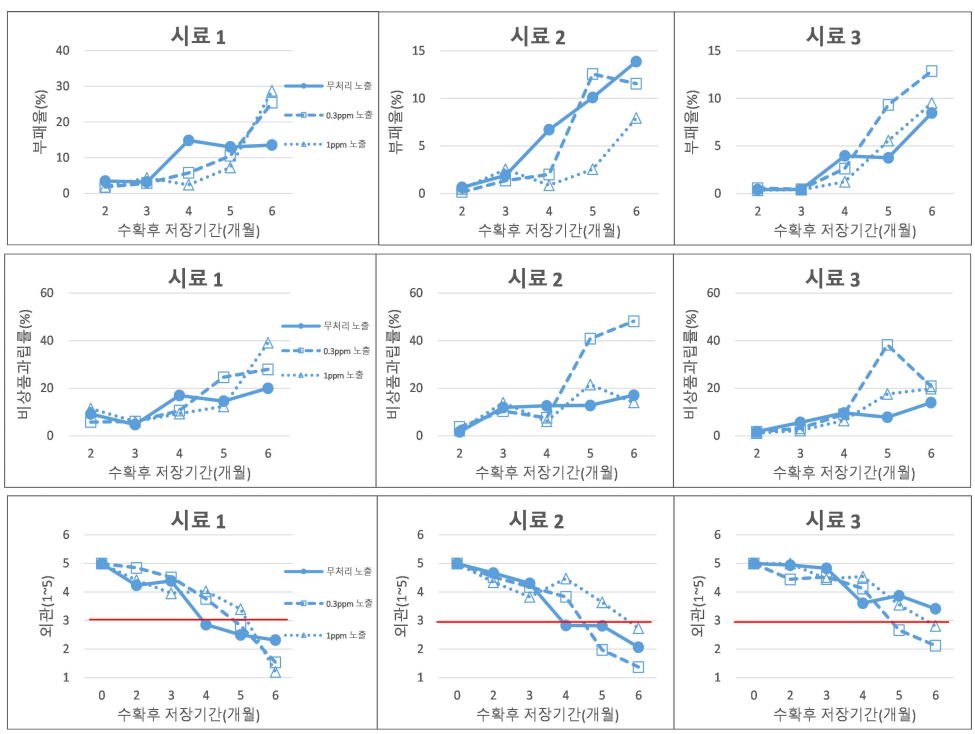


그림 4. 재배봉지 상태의 포도 저장시 플라즈마 처리효과 비교

플라즈마 처리시 무처리에 비해 지경이 빨리 건조한다는 현장의 의견이 있었으며 본 연구에서도 유사한 결과를 얻었다(그림 5). 그러나 이러한 지경의 건조는 저장고 내의 습도에 큰 영향을 받으며, 본 실험에서의 저장고의 상대습도는 무처리구는

90% 이상으로 유지되지만 플라즈마 처리구에서 더 낮게 유지되었기 때문에 지경의 건조가 플라즈마 때문이라고 단정짓기는 어려웠다. 향후 플라즈마 처리가 습도 자체에 영향을 미치는지, 습도를 동일하게 처리하는 경우에도 유사한 결과가 나오는지에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

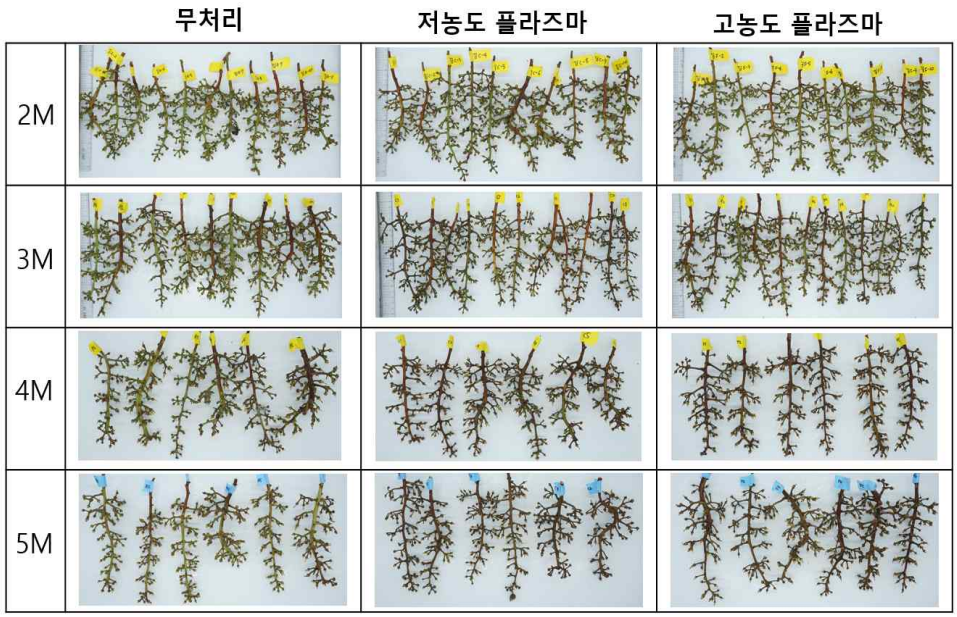


그림 5. 시료1의 플라즈마 처리에 따른 저장기간별 지경의 건조정도

라. 플라즈마 처리시 필름피복(MA 필름)에 따른 샤인머스켓 저장중 품질유지 효과

샤인머스켓의 저장중 품질저해 요소는 부패와 수분 감소에 의한 품질손상이다. 이러한 수분 감소에 의한 지경의 건조, 과실탈립과 쭈글거리는 현상 등의 상품성 저하를 막기위해 필름을 피복하게 되면 필름내부의 상대습도가 증가하면서 오히려 부패가 증가하는 현상도 발생할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 플라즈마 발생장치를 가동한 저장고내에 미세천공된 유황패드용 필름을 피복하여 포도를 저장함으로써 플라즈마 발생장치에서 발생한 활성종이 필름내부의 포도 부패억제에 효과가 있는 것이지를 검정하고자 하였다.

시료 1의 경우에는 처리에 따른 부패율의 차이가 뚜렷하지 않았고 부패율도 적었으나, 시료 2와 3의 경우에는 필름을 사용한 처리구가 필름없이 저장한 구에 비해 월등히 높은 부패율을 보였다(그림 6). 부패의 증가에 따라 상품성도 필름처리구가 필름없이 처리한 구에 비해 낮은 결과를 보였다. 또한 고농도 처리구와 저농도 처

리구에 비해 부패억제가 더 효과적이지도 않았다. 이러한 결과는 플라즈마 처리장치에서 발생된 활성종이 미세천공 필름을 통과하여 필름내부에 있는 포도의 부패를 억제하는데에는 효과가 없으며, 오히려 높아진 상대습도로 인해 부패나 비상품과립의 발생을 높인 것으로 생각된다. 봄배추의 저장에서도 이번 결과와 유사하게 LDPE 필름이나 PVC필름으로 포장한 다음 플라즈마를 처리하였을 때 무포장에 비해 짓무름 발생이 많아 상품성이 낮아지는 결과를 보였다(이 등, 2017). 시료 1의 경우 모든 처리에서 부패가 적었는데 이는 포장상태의 병해충 관리 상태가 좋았던 때문으로 추측된다. 본 실험에서는 유황패드에 포함된 미세천공 필름을 사용하였으나 투과율을 높인 필름을 활용하는 경우나 천공량을 달리하면 필름내부 상대습도와 활성종의 통과여부가 달라질 수 있으므로 플라즈마 효과증대와 저장포도의 수분보호를 위한 적정 필름 선발에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

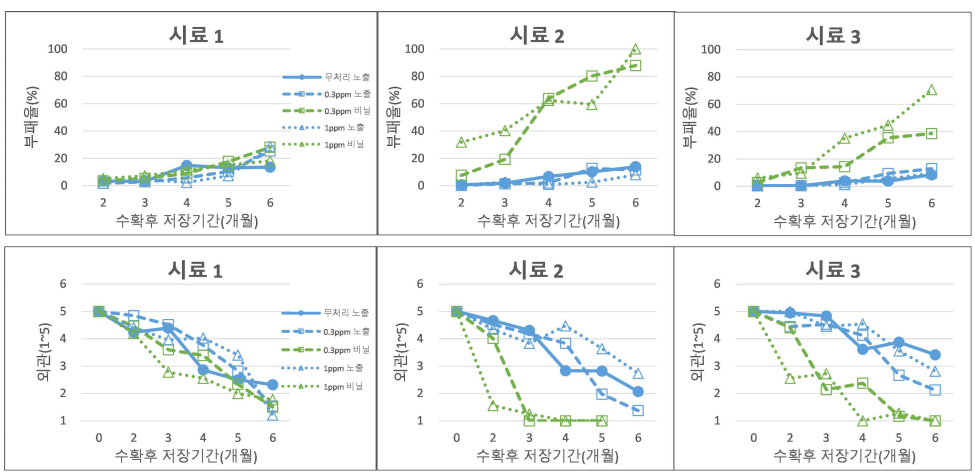


그림 6. 플라즈마 처리시 필름 피복에 따른 샤인머스켓 저장중 품질 변화

마. 유황패드와 플라즈마 병행 처리에 따른 샤인머스켓 저장중 품질유지 효과

일반적으로 수출 포도의 부패억제를 위한 적극적인 관리방법으로 유황패드를 활용하고 있다. 유황패드의 경우 sodium metabisulphite가 상자내부의 수분을 흡수하게 되면 SO_2와 H_2O로 분해되면서 SO_2를 발생시키는데, SO_2는 부패억제에 효과가 있으며, SO_2 농도가 7 ppm미만으로 낮을 경우 저장고 온도가 0℃로 유지되지 못하면 부패균을 제어할 수 없고, 20 ppm이상으로 높을 때는 과피탈색(bleaching)과 같은 장해가 나타날 수 있기때문에 잿빛 곰팡이병원균의 생육을 억제하기 위해서는 7～10ppm의 SO_2 농도가 적당하다고 보고되어 있다(Laszlo 등 1981). 샤인머

스켓의 경우에도 포도 10kg 당 1.5장~2장 정도로 사용하는 경우 부패발생을 억제한다고 보고되어 있다(경상북도농업기술원, 2021, 2022). 따라서 본 실험에서는 플라즈마와 유황패드의 효과를 비교하고 플라즈마와 유황패드의 병행처리 효과를 검정하기 위하여 일반적인 유황패드 처리량보다는 작은 양(포도 10kg당 유황패드 1장)을 사용하여 저장하면서 그 효과를 비교하였다.

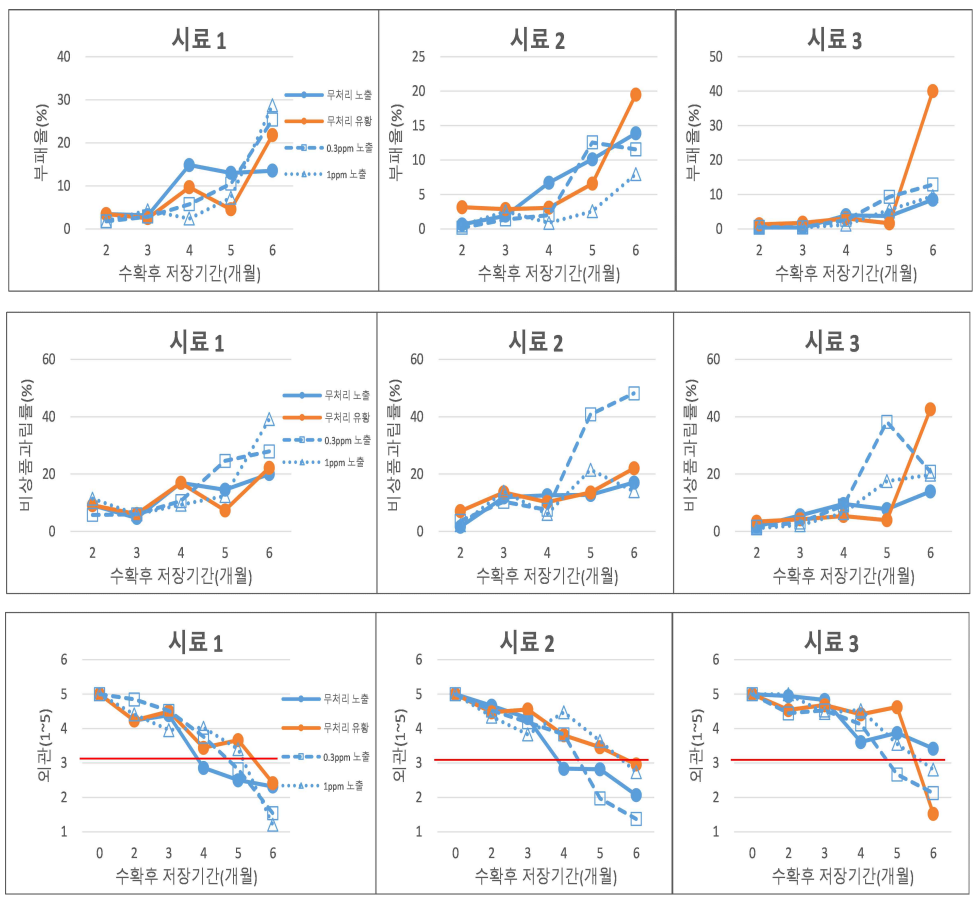


그림 7. 유황패드 처리(1장/10kg포도)와 플라즈마 처리시 샤인머스켓 저장중 품질변화

먼저 플라즈마 처리와 유황패드의 단독 처리를 비교하여 보면, 저장 4개월까지는 플라즈마와 유황패드 모두 부패율이 낮았으나 5개월 저장시는 유황패드와 고농도 플라즈마가 억제효과가 좋았고, 저장 6개월에는 유황패드의 부패율이 급격히 높아지는 양상이었다(그림 7). 이처럼 6개월저장시 유황패드처리구의 부패율의 증가는 유황패드의 SO_2 발생이 3~4개월 정도까지만 지속되므로 그 이후에는 유황패드 처

리구의 필름내부의 고습상황이 부패균의 증식을 유도하였기 때문으로 생각된다. 또한, 본 실험에서는 적정량의 유황패드가 아닌 포도 10kg 기준으로 1장의 유황패드인 기존보다 적은 양의 유황패드를 넣은 경우이므로 적량의 유황패드를 넣은 경우에는 저장 6개월의 부패율이 다소 적어질 수도 있을 것이라 생각된다. 비상품과립은 저장 5개월에는 플라즈마처리구가 유황패드보다 높았고, 6개월에서 시료에 따른 차이가 있었다. 이는 플라즈마 처리시에는 수분 감소로 인한 비상품과가 저장 6개월에는 유황패드 사용시의 부패발생 증가에 따른 비상품과 증가로 인한 것으로 파악되었다. 외관상의 품질을 보면 3시료 모두 저장 5개월까지는 유황패드와 고농도 플라즈마 처리구가 상품성을 유지하였으며 이후에는 모든 처리구들이 상품성 3 이하로 떨어지는 양상이었다.

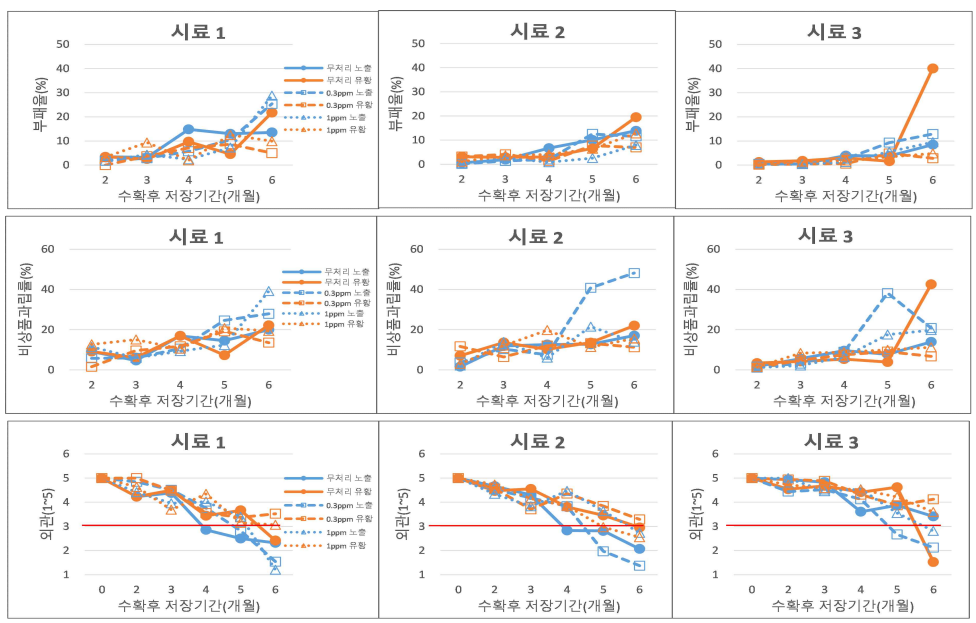


그림 8. 플라즈마 단독 및 유황패드(1장/10kg포도) 병행처리시 샤인머스켓 저장 중 품질변화

플라즈마와 유황패드의 병행처리 효과를 검정하기 위하여 각 플라즈마 처리구내에 유황패드를 처리한 포도를 저장한 결과를 그림 8에 나타내었다. 앞선 결과에서 부패억제에 있어 유의미하다고 생각된 저장 5개월의 경우 병행 처리가 유황패드 단독 처리에 비해 부패율이 유의미하게 저감되지는 않았고, 시료별로 다른 결과를 보였던 저장 6개월의 경우에는 병행 처리구의 부패율이 다소 감소되는 결과를 보였다. 그러나 저장 6개월시 플라즈마 무처리에 비해 병행처리구의 부패억제효과가 뚜

렷하지 않았고, 플라즈마 단독 처리시 무처리에 비해 부패율이 오히려 높았기 때문에 플라즈마 처리구가 저장6개월까지 상품성 있게 품질을 유지해 준다라기보다는 유황패드량이 적음으로 인해 저장 6개월의 유황패드 처리구의 부패가 증가하는 것을 억제하는데 효과가 있다는 것으로 판단된다. 부패를 포함한 비상품 과립 비율의 보면 저장 5개월, 6개월 모두 병행처리에서 효과가 있었다. 이는 플라즈마 처리구의 경우 수분 감소에 의한 과피의 건조증상이 비상품과립에서 차지하는 비중이 높았기 때문으로(그림 9), 유황패드 처리는 필름을 사용하므로 수분이 감소되는 것을 막을 수 있었기 때문으로 생각된다. 다른 과실에서 보여지는 과피의 손상에 의한 과점 발생과 같은 증상은 본 실험에서는 나타나지 않았다. 이로서 외관 평가에서도 플라즈마 단독처리보다는 유황패드 병행처리에서 외관이 우수한 평가를 받을 수 있었다. 이러한 결과는 본 실험에서 플라즈마 처리구의 상대습도가 고농도에서는 80%, 저농도에서는 70~80%의 낮은 습도를 보여주었기에 수분감소가 지속적으로 일어나고 유황패드 처리시 필름이 이러한 수분 감소를 막아주는 효과가 있었기 때문으로 생각된다.

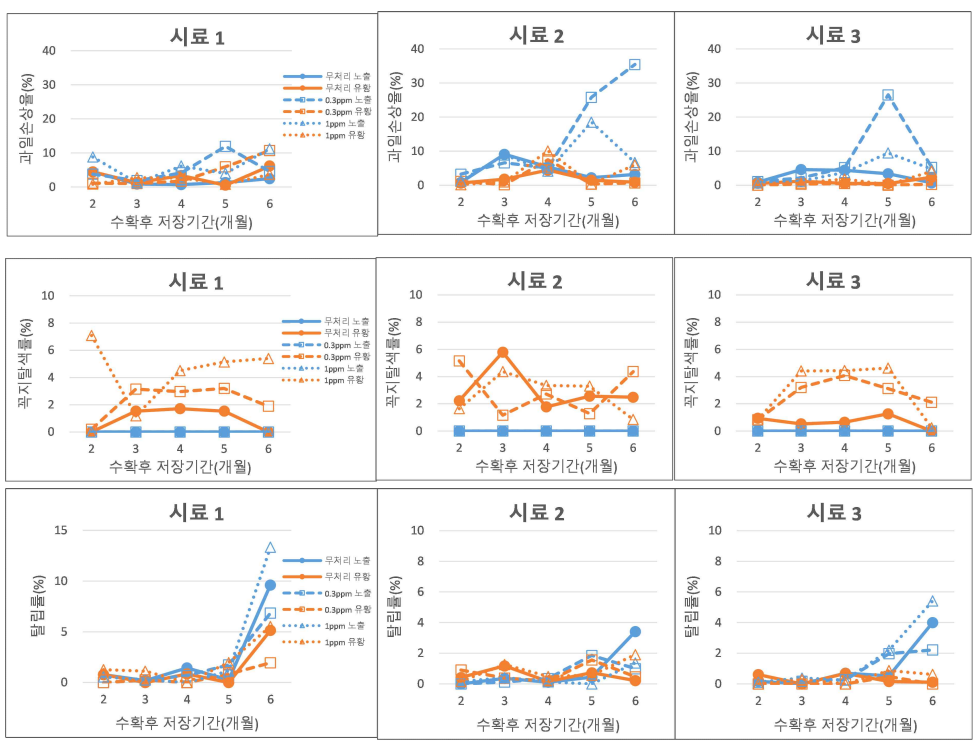


그림 9. 플라즈마 단독 및 유황패드(1장/10㎏포도) 병행처리시 샤인머스켓 저장 중 비상품 과립의 유형

포도를 대상으로 한 여러 연구에서 플라즈마 처리는 *Botrytis cinerea*를 포함하는 부패균의 증식을 억제하지만, 색상, 당도, 경도, pH와 산도 등에는 영향을 미치지 못하는 것으로 보고되어 있다(Miller 등, 2013). 본 연구에서도 가용성 고형분 함량, 산도, 경도, 과피색상의 황색도를 조사한 결과, 모든 처리구에서 시료별로 다소의 차이는 있었으나 플라즈마 처리나 유황패드 병행처리가 의미있게 영향을 미치지는 않았다(그림 10).

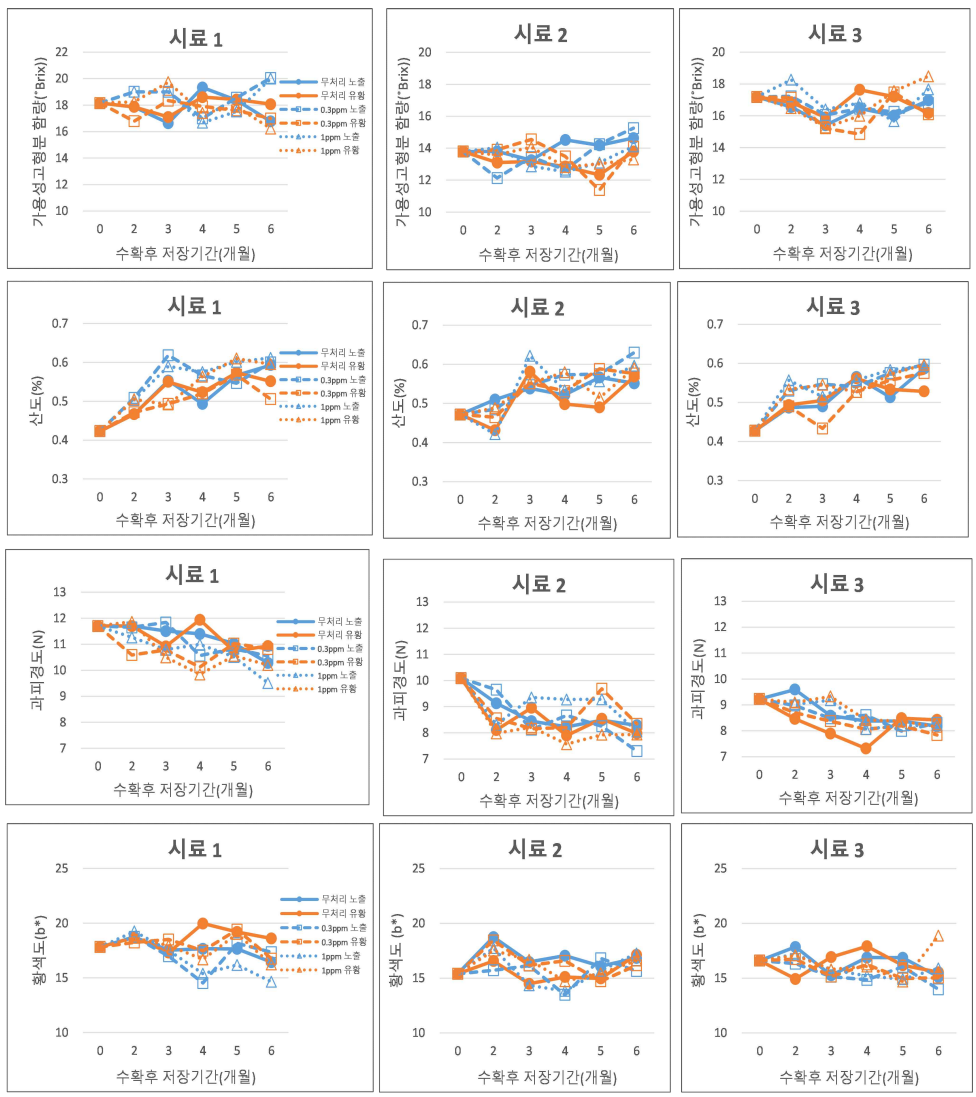


그림 10. 플라즈마 단독 및 유황패드(1장/10㎏포도) 병행처리시 샤인머스켓 저장 중 품질요인별 변화

이상의 결과를 통해 플라즈마가 샤인머스켓의 저장중 품질유지에 유황패드를 대체할 정도로 효과적인가에 대해 판단하여 보면, 이번 실험결과에서는 저장 4개월까지는 무처리구에 비해 상품성을 유지하는데 효과적이었으며, 더불어 저장 4개월까지는 무처리구 플라즈마 저농도, 고농도 처리구 모두에서 유황패드 정도의 상품성을 유지하는 것으로 조사되었고, 저장 5개월 조사에서는 고농도 처리구가 저농도 처리구보다는 상품성을 유지하였으나 유황패드 처리구에 비해 더 좋지는 않았다. 이번 실험결과는 무처리구(일반저장)가 기존 보고들에 비해 훨씬 장기간동안 상품성을 유지하고 있다는 점을 고려하여야 할 것으로 생각되며, 상품성 유지기간 또한 과실만의 외관을 고려한 것으로 지경이 마르는 부분을 고려한다면 더 짧은 기간 상품성이 유지되는 것으로 판단하여야 한다. 이러한 부분을 고려할 때 본 실험에서 고농도 플라즈마 처리구에서 저장 5개월에 상품성 3 이상의 결과를 보였음에도 불구하고, 저장 5개월 이상의 장기저장에서는 플라즈마가 유황패드를 대체할 정도로 효과적인가 또는 안정적으로 5개월 이상 저장하는데 효과적일 것인가에 대해서는 좀 더 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 따라서 플라즈마 처리가 무처리에 비해서는 4개월 이내의 저장에서 상품성 유지에 효과적이지만, 플라즈마 처리시에는 수분 감소를 위한 저장고내 상대습도를 유지하는 것이 필수적이라고 생각된다.

4. 적 요

샤인머스켓은 우리나라의 주요 수출용 포도 품종으로, 수확 후 9월~11월 정도에 수출하는 비중과 12월에서 다음해 3월까지 저장한 후 수출하는 비중이 거의 같을 정도로 저장의 비중이 높은 품종이다. 일반적으로 수출용 샤인머스켓의 장기저장을 위해서는 유황패드를 활용하고 있으나, 예냉과 필름피복, 유황패드 투입의 공정이 추가되기 때문에 노동력을 많이 필요로 한다. 따라서 포도의 저장중에 발생하는 부패를 억제하면서도 노동력은 절감되는 기술의 필요성이 높다. 플라즈마는 오존을 포함한 산소산화물과 이산화질소를 포함한 질소산화물, 활성종 등에 의해 살균효과를 가지는 것으로 알려져 있으며, 저장고에 발생장치를 설치만 하면 되기 때문에 추가 노동력이 투여될 필요는 없다. 따라서 본 연구에서는 수출용 샤인머스켓을 대상으로 하여 오존이 발생되는 플라즈마 발생장치를 활용하여 오존농도 0.3ppm내외의 저농도와 1ppm내외의 고농도로 오존농도를 설정하고, 저장중의 오존농도를 모니터링 하면서 저장중의 부패억제 정도와 품질손상 정도를 파악하고자 하였다. 또한 저농도의 유황패드 처리와 병행하면서 플라즈마와 유황패드의 상승효과가 있는지도 파악하였다. 시료는 샤인머스켓의 주요 산지인 영천과 김천, 상주시의 포도 농가에서 수집하였으며, 플라즈마처리를 위해 저농도와 고농도 처리를 각기 다른 저장고에 발생장치를 설치하고 각 처리구당 유황패드처리구, 플라스틱 필름 처리구와 필름을 처리하지 않은 무처리구로 구분하여 실험을 실시하면서 저장 6개월간의 품질변화를 조사하였다. 저장하는 동안 저장고 내부의 온도는 큰 차이가 없었으나, 상대습도는 처리구별로 차이가 있어, 무처리는 90% 이상으로 높게 유지되었지만 플라즈마 처리구는 70~90%로 낮았다. 활성종의 농도는 저농도에서는 안정적으로 유지되지만 고농도에서는 센서간의 편차가 컸고 최대 오존농도는 2.1ppm까지 측정되었으며, 100일 이상으로 저장하는 경우에는 활성종의 농도가 올라가는 양상을 보였다. 고농도의 오존농도를 모니터링하고, 원하지 않는 정도의 오존 축적에 의한 과실 손상을 방지하기 위해서는 농업용으로 사용되는 오존 센서의 개선은 필요한 것으로 생각되었다. 플라즈마 처리효과에 있어서는 저장 3개월까지는 모든 처리구의 상품성이 유사하게 좋은 결과를 보이지만, 저장 4개월에는 플라즈마 처리가 무처리에 비해 부패억제에 효과가 있었고, 그 이상으로 저장하는 경우에는 효과적이라고 판단되지 않았다. 플라즈마 농도별로는 고농도가 저농도에 비해 부패억제 효과가 좋았고, 고농도에서도 반점과 같은 과피손상은 발생하지 않았다. 이번 연구 결과에서는 3개 시료 모두 저장 6개월까지 무처리구의 부패율이 20% 이하로 기존 보고에 비해 월등히 낮은 부패율을 보여주었으며, 이러한 점은 본 실험에서 플라즈마 처리효과를 판단하는 데 있어 고려해야 할 부분으로 생각되었다. 저장기간이 길어지면 플라즈마 처리구는 수분 감소에 의한 상품성 저해가 많았는데 이는 무처리에 비해

저장고내의 상대습도가 낮은 때문으로 플라즈마 처리에 의한 영향이라고 판단할 수는 없었다. 포도를 미세천공필름으로 포장한 다음 저장하면 플라즈마를 처리하더라도 부패가 증가하였다. 플라즈마와 유황패드의 처리효과를 비교하면 유황패드처리와 플라즈마 처리 모두 저장 4개월까지는 양호한 품질을 보이지만, 저장 5개월에는 유황패드와 고농도 플라즈마에서 부패억제 효과가 좋았다. 플라즈마와 유황패드의 병행처리시에는 저장 5개월의 경우 병행처리가 유황패드 단독처리에 비해 뚜렷한 부패억제효과를 보이지 않았고, 저장 6개월에는 부패가 늘어난 유황패드 처리구에 비해 병행처리구의 부패가 다소 적은 결과를 보였으며, 병행처리시에는 수분 감소에 의한 과실의 건조증상과 지경의 건조 등의 품질저해요소는 플라즈마 처리단독 처리에 비해 적은 양상이었다. 플라즈마 단독 처리나 유황패드 병행처리는 저장중인 포도 과실의 가용성 고형분 함량, 산도, 색도, 경도 등에 유의미한 영향을 미치지는 않았다.

따라서 플라즈마 처리는 4개월 이내의 저장에서 무처리에 비해 저장중의 부패를 억제하는데는 효과적일것으로 생각되며, 저농도보다는 오존 농도 1ppm 정도의 고농도 플라즈마 처리시 더 좋은 상품성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 플라즈마 처리시 저장고내 상대습도가 낮으면 수분 감소에 의한 탈립, 과실과 지경의 건조와 같은 비상품과의 발생률이 증가하므로 고품질 유지를 위해서는 저장고내의 상대습도를 반드시 90% 이상으로 유지하는 것은 필수적이라고 생각된다. 유황패드와 플라즈마의 병행처리는 노동력 및 비용의 증가에 비해 상품성 유지 효과가 뚜렷하지는 않는 것으로 판단된다.

5. 인용문헌

경상북도농업기술원, 2021. 샤인머스켓의 품질 규격화 및 유통기술 개발. 2020년도 농업과학기술개발 연구보고서. 220~237.

경상북도농업기술원, 2022. 포도 '샤인머스켓'의 수출 경쟁력 향상을 위한 수확후 관리기술 개발. 2021년도 농업과학기술개발 연구보고서. 31~48.

안현주, 박경진, 김상숙. 2016. 비접촉식 저온 대기압 면방전 플라즈마를 이용한 저장 '세토카' 감귤의 선도유지 효과. 한국식품저장유통학회지. 23(6):772 ~ 777.

이혜옥, 이영주, 김지영, 김병삼. 2018. Pallet unit MAP 포장과 플라즈마 복합처리가 봄배추의 선도연장에 미치는 효과. 36(2):224-236.

Kati(농식품 수출정보). http://Kati.net-통계/월별품목별 실적.

농촌경제연구원-농업관측정보(과일). 2019~2024

Laszlo, J., Combrink, J.C., Eksteen, G.J., Truter, A.B., 1981. Effect of temperature on the emission of sulphur dioxide from gas generators for grapes. Decid Fruit Grow. 31:112-119.

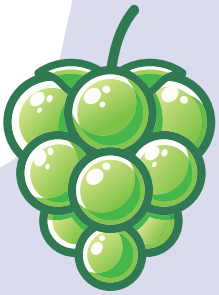
Miller, F.A., Silvia, S.L.M., Brandao, T.R.S., 2013. A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. Food Eng Rev. 5:77-106.

Palou L., Crisosto, C.H. , Smilanick, J.L. , Adaskaveg J.E. , Zoffoli, J.P., 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. Postharvest Biology and Technology. 24(1):39-48.

샤인머스켓

저장 중 품질유지를 위한 플라즈마 처리 효과 연구

2024. 8.



경상북도농업기술원