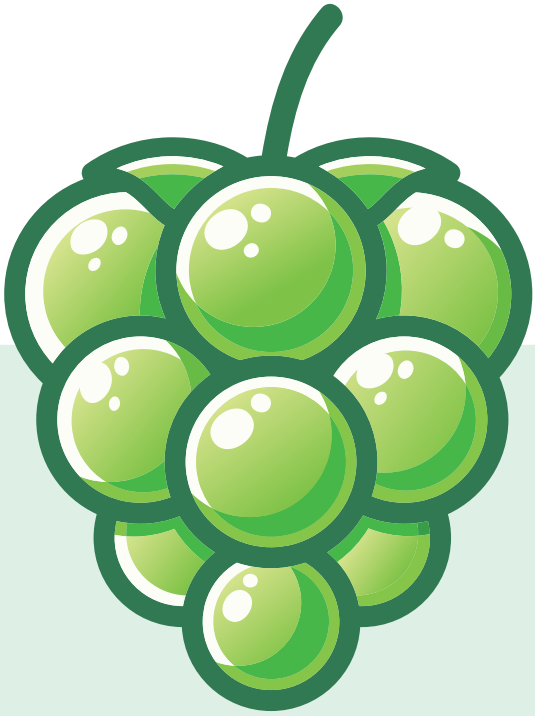
한국포도수출연합 연구용역보고서

샤인머스켓

장기 저장 유통을 위한 부패억제용 유황패드 효과 검정

2025. 8.



경상북도농업기술원

완 결 보 고 서

연구과제명	샤인머스켓 장기 저장 유통을 위한 부패억제용 유황패드 효과 검정			
주관연구기관	경상북도농업기술원			
연구책임자	성 명	류 정 아	소 속	경상북도농업기술원
연 구 기 간	2024년 10월 21일부터 2025년 8월 31일까지			
연 구 비	합계 20,000천원			

[샤인머스켓 장기 저장 유통을 위한 부패억제용 유황패드 효과 검정] 사업의 완결보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

붙임 연구수행보고서 1부 끝.

2025년 8월 31일

주관연구책임자 : 류 정 아 (인)

주관연구기관장 : 경상북도농업기술원장(인)

[붙임]

연구수행보고서

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="4">샤인머스캣 장기 저장 유통을 위한 부패억제용 유황패드 효과 검정</td></tr>
<tr><td>연구목표</td><td colspan="4">○ 샤인머스캣 장기 저장 중 유황패드 교체 처리효과 검정
○ 유황패드 종류별 샤인머스캣 저장 효과 검정
○ 샤인머스캣 장기 저장을 위한 유황패드 활용 방법 제안</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td colspan="4">○ 수행 내용
- 시험 대상 : 10월 수확 샤인머스캣
- 처리 내용
· 유황패드 투입 1회 : 수확시, 4개 제품
· 유황패드 투입 2회 : 수확시/1월, A 제품
· 유황패드 제품(제조국) : A(인도), B(인도), C(스페인), D(남아프리카 공화국)
· 저장 기간 : 6개월 (1개월 간격 조사, 2~6개월)
○ 주요 조사 항목
- 저장 기간별 품질 변화 양상
- 저장 기간별 비상품 과립 유형 및 비율 등
- 유황패드 제품별 SO2 발생량</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="4">· 샤인머스캣 장기 저장을 위한 유황패드 처리시 품질 및 경제성을 고려한 방법 제시
· 샤인머스캣 장기 저장시 활용중인 유황패드 제품의 다양화에 따른 제품별 효능 및 비상품과 발생에 대한 선제적 정보 제공으로 저장 농가의 손실 최소화</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>2024.10.~2025.8.</td><td>20,000</td><td>20,000</td><td>100</td></tr>
</table>

목 차

1. Abstract ····· 1

2. 서 론 ····· 3

3. 재료 및 방법 ····· 5

4. 결과 및 고찰 ····· 7

가. 대상 시료의 저장 전 품질 특성 ····· 7

나. 유황패드별 특성 및 처리후 경과 일수에 따른 SO_2 방출 특성 ····· 7

다. 저장 기간에 따른 유황패드별 포도 과실의 품질 변화 9

라. 유황패드 교체 유무에 따른 저장기간별 품질 비교 ····· 14

마. 유황패드 활용 저장시 저장 100일 후 포도의 SO_2 잔류량 ····· 15

5. 적 요 ····· 16

6. 인용문헌 ····· 17

7. 연구 결과 활용 ····· 19

8. 연구원 편성 ····· 19

Abstract

This study was conducted to evaluate the effectiveness and potential adverse effects of four types of sulfur dioxide (SO_2)-releasing pads used to control quality deterioration and decay during long-term storage of 'Shine Muscat' (Vitis vinifera cv. Shine Muscat), the leading table grape cultivar in Korea's export market. Shine Muscat has gained high domestic and international demand due to its high sugar content, crisp texture, and attractive appearance; however, postharvest diseases such as Botrytis cinerea are major factors causing loss of marketability during storage and distribution. To address this issue, SO_2 pads are widely applied in the industry, but scientific evidence on product-specific characteristics and replacement intervals remains limited. Bunches of Shine Muscat harvested in October 2024 from Sangju, Korea, were stored under controlled conditions (0°C, 90% RH) for up to six months. Four pad types (A: India, B: India, C: Spain, D: South Africa) were applied, and changes in fruit quality were assessed. Parameters included soluble solids content, titratable acidity, firmness, external appearance index, incidence of decay, berry shattering, peel browning, peduncle discoloration, and stem condition. In addition, SO_2 release dynamics of each pad and residual SO_2 levels in berries after 100 days of storage were measured. To evaluate replacement effects, pad A was additionally tested under a treatment where pads were replaced after three months of storage. Results showed that all treatments maintained an appearance index above 4.0 and acceptable marketability up to 2–3 months. However, after four months, clear product-specific differences were observed. Pad C initially released high levels of SO_2, effectively suppressing decay in early storage, but later caused increased peduncle discoloration and

fruit damage as SO_2 levels rapidly declined. Pad D showed relatively lower decay rates, indicating greater suitability for long-term storage. Replacing pad A after three months did not further suppress decay but rather increased peduncle bleaching, suggesting negative side effects of replacement. Residual SO_2 concentrations measured 100 days after storage were below 10 ppm across all treatments, including the replacement treatment, confirming consumer safety. In conclusion, this study identified the SO_2 release characteristics and storage performance of four sulfur pads for Shine Muscat and highlighted both advantages and limitations of pad replacement. These findings provide practical guidelines for growers and exporters to select appropriate SO_2 pads and storage strategies based on storage duration, shipping schedules, and economic considerations, thereby contributing to reduced postharvest losses and stable export quality of Shine Muscat grapes.

2. 서 론

샤인머스캣(*Vitis vinifera* cv. Shine Muscat)은 높은 당도, 아삭한 식감, 우수한 외관 등으로 인해 최근 우리나라의 내수 및 수출용 포도 주력 품종으로 자리 잡았다. 2024년 기준 국내 포도 재배면적은 14,535ha이며, 이 중 샤인머스캣이 43%를 차지하여 최대 비중을 보이고 있다[1]. 포도 수출액은 2024년에 5,680만 달러로 사상 최고치를 기록하였으며[2], 샤인머스캣이 전체 포도 수출 물량의 80% 이상을 차지하고 있다. 최근 수출량이 증가함에 따라 수확 후 품질 유지를 위한 저장기술의 중요성이 대두되고 있으며, 장기 저장 및 유통 중 병해 발생 억제가 핵심 기술 과제로 떠오르고 있다. 특히 저장 중 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)은 상품성 저하의 주요 원인으로 작용하며[3], 실제 수출현장에서 출하 지연이나 유통 중 병반 발생으로 인해 폐기되는 사례가 보고되고 있다[4][5].

이러한 병해를 억제하고 저장성을 높이기 위한 방법으로, 수확 후 SO_2 가스를 방출하는 유황패드의 활용이 활발히 이루어지고 있다. 유황패드는 저장중 SO_2 가스를 서서히 방출하여 곰팡이 발아와 균사의 성장을 억제함으로써 저장 중 병반 발생을 감소시키는 데 효과적이며, 처리 조건에 따라 저장 기간을 60~120일까지 연장할 수 있음이 국내외에서 보고되어있다[6][7][8][9]. 특히, 패드의 종류에 따라 방출 속도(초기방출형, 완속형, 이중방출형 등)와 총 발생량이 상이하며, 저장 품질에 미치는 영향도 다르다고 보고되고 있다[10][11][12].

국내에서는 캠벨어리, 샤인머스캣 등을 대상으로 일부 유황패드 처리 연구가 진행되었으며, 저장 중 병해 발생 억제 및 품질 유지 측면에서 긍정적인 효과가 확인되었다. 예를 들어, 샤인머스캣 품종을 대상으로 한 실증시험에서는 유황패드 처리 시 병해 발생률이 크게 감소하고, 상품과 비율이 향상되었으며, 4개월 이상으로 저장이 가능하였다[4]. 또한 유황패드 처리시 MAP과 병용할 경우 병해 억제와 과피색 유지에 더욱 효과적이라는 결과가 보고되었다[4][13].

국내에서 사용되는 유황패드는 주로 해외 수입품으로, 제품 간 품질 차이와 유통 환경별 적용 가능성이 다르며, 교체 주기나 반복 처리 여부에 대한 명확한 기준이 부재하다. 포도 재배농가에서 보편적으로 활용하고 있는 기존 제품의 경우 SO_2 가스의 방출기간이 3개월 정도라고 알려져 있으며, 이후부터의 장기저장 과정에서 부패가 증가하는 현상이 발생하기 때문에 봄 출하 등 유황패드를 신규로 교체하고자 하는 현상도 발생하고 있다. 또한 최근에는 SO_2 가스 방출을 위한 원재료인 Sodium metabisulfate 의 함량을 달리하거나 크기를 다양화한 제품 등이 보급됨

에 따라 제품의 효능과 장해여부 등에 대한 정보제공의 필요성이 증대하고 있다. 또한 유황패드의 과도한 사용은 과피 표백, 줄기 변색, 향 성분 손실, 잔류 설파이트 문제를 유발할 수 있어 품종 특성에 맞는 최적 사용 기준이 필요하다.

따라서 본 연구는 샤인머스켓을 대상으로 국내외에서 사용되고 있는 현장에서 유통중인 유황패드 4종을 대상으로 하여 제품별 포도 저장시의 SO_2 가스 방출 특성과 함께 저장효과와 품질에 미치는 영향을 분석하고, 현장에서 기존에 많이 사용되는 1종의 유황패드에 대해서는 저장 3개월 후 패드 교체 유무에 따른 품질유지효과 및 품질저해 정도를 파악하여 교체 필요성을 판단하고자 한다.

3. 재료 및 방법

본 연구에서는 상주시 화동읍에서 생산한 포도 샤인머스켓 품종을 대상으로 실시하였다. 수령은 10년생으로 농가 재배관행에 따라 재배하였다. 2024년 10월 25일에 수확한 후 컨테이너 상자에 담아 수확 당일 대구에 위치한 0℃, 90% 상대습도 상태의 저장고에서 2일간 예냉한 후 저장하였다. 유황패드별 효과와 품질 저해정도를 분석하기 위하여 예냉된 포도는 선별장으로 옮겨 부패과를 제거하고 각 유황패드별 제공되는 플라스틱 필름을 저장상자에 넣고 포도 10㎏를 넣은 다음 흡습지가 있는 경우에는 흡습지를 올리고 그 위에 유황패드를 넣고 비닐을 덮은 후 저장하였다. 또한 유황패드의 교체처리 효과를 검정하기 위하여 A사의 유황패드를 예냉후 1회만 처리하는 경우와 예냉후 처리하여 3개월 저장한 신규 패드로 교체하여 다시 저장하는 경우로 구분하여 처리하였다. 저장은 6개월간 실시하였으며, 조사는 10㎏에 해당되는 1상자를 1반복으로 하여 각 처리구당 3반복씩 조사하였고, 품질조사는 수확 당일 실시하였고, 이후 저장 2개월부터 한달 간격으로 실시하여 저장전과 품질을 비교하였다.

품질조사시에는 외관을 기준으로 하는 상품성 정도를 파악하여 5점 척도법(1 매우 나쁨, 2 나쁨, 3 보통, 4 좋음, 5 매우 좋음)으로 구분하여 외관지수로 나타내었으며, 3을 상품성 유지 기준으로 평가하였다. 품질손상정도를 나타내는 지표는 부패과립률, 탈립과립률, 과피갈변과립률, 과경부탈색과립률로 구분하여 조사하였다. 이들 지표는 하나의 과실에 대해 총 과립수에서 지표에 해당되는 과립의 수를 비율을 의미한다. 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, 경도를 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.

유황패드 종류에 따른 저장기간 SO_2 가스발생량을 알아보기 위하여 유황패드 처리와 동일한 방법으로 필름을 넣은 다음 포도 10㎏을 넣고 흡습지를 덮은 후 유황

패드를 흡습지 위쪽에 올린후 필름을 덮고 저장하면서 주 2일 간격으로 방출되는 SO_2 가스 발생량을 측정하였다. 필름과 흡습지의 영향에 따른 차이를 없애기 위하여 A 처리구의 필름과 흡습지를 측정을 위해서 공통적으로 사용하였다. 유황의 조사시에는 포도 저장을 활용된 각 패드를 취하여 상대습도를 90%의 10L 밀폐용기에 넣고 0℃의 내외의 저장고에 1시간 방치한 다음 용기내부의 SO_2 가스량을 가스텍(Gastec Co., GV-100S, Japan)을 이용하여 측정하였다. 측정은 2주 동안은 매일 실시하였고, 이후부터 19주 동안은 주 2회 측정하였다.

저장 후 포도에 포함된 잔류 SO_2의 함량을 알아보기 위하여 저장후 100일이 경과한 포도를 대상으로 모니어-윌리암스(Monier-Williams)증류법을 적용하여 분석하였다. A 유황패드를 교체한 경우에도 저장 100일이 경과한 시료인 저장 3개월에 교체하고 10일이 지난 지점의 시료를 사용하였다. 이산화황 측정기(TTs4CAR, Gerhardt, Germany)를 사용하여 시료 50g와 증류수 400㎖를 플라스크에 넣고 질소가스를 0.2ℓ/min 속도로 15분간 통과시킨 뒤 가스 배출구는 3% 과산화수소용액 30㎖을 통과하도록 설치하였다. 플라스크에 5% 에탄올용액 100㎖를 넣어 혼합한 후 4N 염산용액 90㎖를 천천히 주입한 다음 1시간 45분 동안 가열한 후 3% 과산후수소용액을 0.01N 수산화나트륨용액으로 황색이 될 때까지 적정하고 아래 공식에 따라 이산화황의 양을 산출하였다.

$$\text{이산화황(㎎/㎏)} = \frac{320 \times V \times f}{S}$$

V : 0.01N 수산화나트륨용액의 소비량(㎖)

f : 0.01N 수산화나트륨용액의 역가

S : 검체의 채취량(g)

4. 결과 및 고찰

가. 대상 시료의 저장 전 품질 특성

샤인머스캣의 수확시의 품질 특성을 표 1에 나타내었다. 과방중은 748g, 당도는 19.9°Brix로 과방중이 700g 이상인데 비해 높은 당도를 가지는 특성을 보였다. 포도수출연합의 K-grape 수출 포도 품질기준표에 수출용 샤인머스캣은 프리미엄, 1등급, 2등급으로 구분되며, 프리미엄과 1등급의 구분은 과립 무게가 각각 18g, 14~18g이며, 당도가 18°Brix 이상, 17°Brix 이상으로 구분되는데 이에 의거하면 본 시료는 프리미엄 등급에 해당된다고 판단된다. 샤인머스캣은 껍질째 먹는 과실로 과육 경도보다는 과피를 포함한 경도가 중요한 품질 요소이다. 본 실험에 사용된 포도의 과피경도는 11.5N로 경도는 단단한 편이었다. 초기 품질 특성을 통해 본 시료가 장기 저장용 시료로 적합한 것으로 확인되었다.

표 1. 수확시 샤인머스캣 과실의 품질

과방중 (g)	과립수 /송이	과립무게 (g)	가용성 고형분함량 (°Brix)	산도 (%)	과육 경도 (N)	과피경도 (N)
748±24	38.5±4.0	19.4±1.9	19.0±1.1	0.6±0.0	4.3±0.4	11.5±0.7

※ 수확시기 : 2024.10.25

나. 유황패드별 특성 및 처리 후 경과 일수에 따른 SO_2 방출 특성

표 2에서 시험에 활용된 유황패드 제품의 특성을 나타내었는데, 유황패드 제품의 구성은 유황 패드와 상자 내부에 들어가는 플라스틱 필름(비닐)와 흡습지로 구성되어 있다. 이중 플라스틱 필름은 업체별로 제공되는 재질, 두께, 통기성이 다르지만 업체별로 상세정보가 제공되어 있지 않아 규격을 규정할 수는 없었다. 플라스틱 필름은 저장 중 포도의 호흡, 온도편차에 따른 수분 응축 등으로 발생하는 수분의 유지 및 방출 등 포장내의 미세환경에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 재질이나 통기성에 따라 포도의 품질에 영향을 미칠 수 있다. 흡습지는 A, D 제품에는 포함되어 있으나 B와 C 제품은 포함되어 있지 않았다. 흡습지는 상자내부에서 수분과 응결수를 관리하는 영향을 미칠 수 있는 요소이다. 사용된 유황패드의 경우 패드내 Sodium metabisulfate량, 패드크기, 권장 사용량 등이 차이를 보이는데 포도 10㎏ 기준으로 환산한 Sodium metabisulfate 량은 7.5g(D), 9g(C), 10g(A, B)였으며, 크기는 4 제품 모두 10㎏를 담는 저장상자를 덮을 수 있는 정도로 유사하였다.

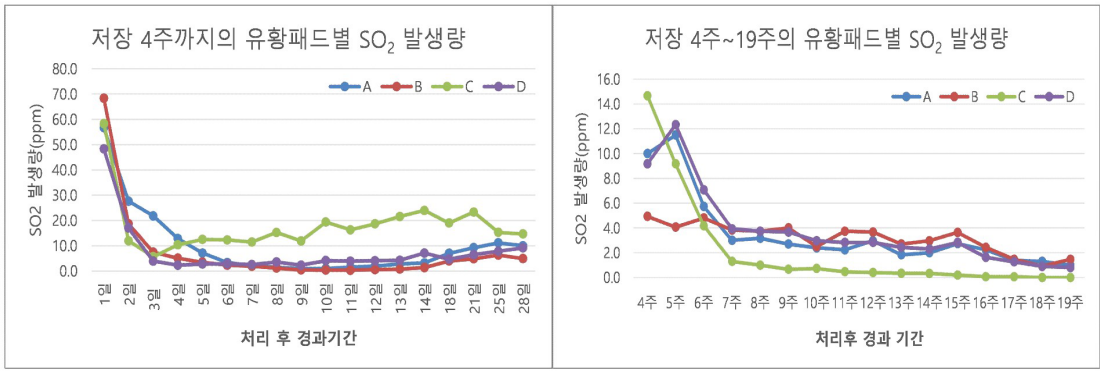
표 2. 시험 대상 유황패드의 구성 및 특성

구 분	A	B	C	D
제조국	인도	인도	스페인	남아프리카 공화국
구 성	패드/흡습지/비닐	패드/비닐	패드/비닐	패드/흡습지/비닐
Sodium metabisulfate 구성비율	60%	50%	98%	35.85%
Sodium metabisulfate 무게	5g	5g	9g	7.5g
패드 크기(가로*세로)	23*31.5	23*31.5	52*35	46*35
포도 10kg 기준사용량	2장	2장	1장	1장

유황패드는 Sodium metabisulfate를 유효성분으로 하고 있으며, 이 물질이 수분을 흡수하게 되면 SO_2와 H_2O로 분해되면서 SO_2가스를 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 잿빛 곰팡이병원균의 생육을 억제하기 위해서는 7~10ppm의 SO_2 농도가 적당하다고 보고하였다[14]. 본 실험에서는 유황패드별로 포도 저장시 아황산가스의 발생량을 비교하기 위하여 포도 상자에 유황패드를 넣고 저장하면서 측정시에 저장하는데 사용하고 있던 유황패드를 꺼내어 수분이 90%로 유지된 밀폐용기에 담아 1시간 동안 발생되는 가스를 포집하고 발생량을 측정하고 (그림 1) 저장기간에 따른 발생량 변화를 그림 2에 나타내었다. 처리 1일 후에는 4종의 유황패드 모두 50 ppm 이상의 높은 SO_2 농도를 보였으나 이후 급격히 감소하여 처리 7일 뒤에는 C 제품을 제외하고는 3 ppm 미만으로 감소하였다. A, B 제품은 이후 낮게 유지되다가 14일 이후부터 점차 증가하여 처리 5주 후에 12 ppm 부근까지 증가하였다가 이후 다시 감소하여 저장 7주 이후부터는 4 ppm 이하로 유지되는 양상이었다. D의 경우에도 A, B제품과 유사한 패턴이나 14일 이후의 증가폭이 A, B 제품에 비해 적은 양상을 보였다. 이에 비해 C 제품의 경우에는 다른 3 제품과 비교하여 처리 4주까지 15 ppm 이상의 높은 발생량을 유지하다가 이후 급격히 감소하여 8주 이후부터는 1 ppm 이하까지 감소하여 이후 거의 발생되지 않았다. 그림 2의 SO_2 발생패턴은 근거로 하여 포도 저장시의 품질 및 부패발생의 특성과 연관 지은 검토가 필요하다.

그림 1. 유황패드의 SO_2 발생량 측정

그림 2. 처리후 경과 기간에 따른 유황패드별 SO_2 발생량



다. 저장 기간에 따른 유황패드별 포도 과실의 품질 변화

포도 저장시 유황패드를 처리하고 유황패드 종류별로 품질과 비상품과립의 발생 정도를 비교하였다 (표 3, 그림 3, 그림4). 가용성 고형분 함량, 산도와 경도와 같은 품질특성은 저장기간에 따른 유황패드별 경향성은 없었다. 저장기간별로는 품질을 비교하면 저장 2개월과 3개월까지는 4종의 유황패드 모두 외관지수 4 이상으로 양호한 결과를 보였으며, 부패율을 포함한 비상품과립의 비율도 모두 낮았다. 저장 초기 품질 모두 양호하고 처리구간 차이가 작은 것은 모두 처리구에서 항균 임계농도를 충족할 만큼의 SO_2 가스가 포장 내부에 형성되어 있었거나, 초기 고농도의 SO_2 가스 발생으로 인해 부패 곰팡이의 밀도가 상당히 억제되었기 때문으로 추정된다. 그러나 저장 4개월 시점에 이르면 처리구 간의 품질 편차가 커지게 되는데 가장 큰 요인은 부패의 증가이다. 부패의 증가는 외관 평가를 저하시키는 요인이 되고, 그 결과 외관 지수가 처리구에 따라 1.6 ~ 4.1까지 큰 차이를 가지게 되었다. 부패 발생 양상을 보면 과실의 부패가 먼저 발생되고 부패가 진행되면서 지경부까지 확산되는 양상이었다. 저장 5개월에는 전 처리구에서 부패가 증가하여 4개 처리 모두 외관 지수가 3 이하로 떨어지는 결과를 보였다(저장 6개월 결과는 4 처리 모두 외관 지수 2 이하로 상세 데이터는 표시하지 않음). 처리구 중에서는 D가 4개월

과 5개월 저장 모두에서 다른 제품보다는 낮은 부패율을 보였다.

탈립은 부패정도와 연관성이 커서 부패가 진행되면서 탈립을 유도하는 것으로 판단되며, 과피의 갈변은 낮은 비율로 나타나서 처리구에 따른 차이는 없었다. 해외에서는 SO_2 가스의 발생패턴을 달리한 제품(초기방출형, 완속형, 이중방출형) 등이 사용되고 있는데, 다수의 연구에서 SO_2 사용에 의해 과피탈색, 줄기의 갈변, 과피의 손상과 같은 장애를 일으킬 수 있다고 보고되어 있다 [15][16][17]. 또한 지속적인 SO_2 노출은 곰팡이균 발생억제에는 효과적이지만, 과피 표면의 탈색과 SO_2 잔류 문제를 야기할 수 있다고 보고되어 있다[18]. 본 연구에서도 과경부의 탈색은 4개월부터 증가하는데 앞선 보고와 같이 이는 장기간의 유황패드의 노출기간에 따른 과피의 손상으로 인한 것으로 판단되어진다. 또한 그림 2의 SO_2 가스 발생량을 보면 C의 경우 4주까지 다른 제품에 비해 높은 발생량을 유지하고 있는데 이는 초기 부패억제에는 유리하지만 저장기간이 길어지게 되면 표면 손상을 촉진할 수 있는 요인이 될 수도 있다고 생각된다.

표 3의 지경부(포도송이줄이)의 특성을 보면 저장 기간이 길어질수록 마르는 부분이 늘어나게 되는데, 이는 유황패드 처리에 사용되는 플라스틱 필름의 투습도와 연관되는 요소이다. C의 경우 저장 4개월까지 지경부 마름이 전혀 나타나지 않는 것으로 보아 사용된 필름의 투습도가 낮은 것으로 추측되며, 이러한 특성은 상자내부 환경을 고습 상태로 만들고, SO_2 발생도 저장 8주경 부터 급격히 줄어들어 12주 이후에는 거의 나오지 않는 부분과 연계하여, 생존해 있던 부패균의 증식하는 조건을 만들면서 4개월 이후부터 부패가 증가한 것으로 추측된다.

유황패드의 효과에 영향을 미치는 요인은 유황패드에서 나오는 SO_2 가스의 발생량이나 Sodium metabisulfate 함량, 시간에 따른 SO_2 발생패턴 (초기 방출량/지속성/균일성), 상자내부의 미세환경 (습도, 응결수, 가수분포) 등이 상호 연관되어 있다. 본 결과는 유황패드별로 저장중의 비상품과의 발생정도를 파악하기 위하여 실시한 것으로 SO_2 발생 패턴과 발생량, 플라스틱 필름이나 흡습지 사용에 유무에 따른 상자 내부의 미세환경이 부패 발생에 영향을 미칠 수 있음을 확인 할 수 있었다. 포도의 부패는 저장전 포도에 부착된 부패균의 발생정도와 과실의 품질, 저장고의 환경 등 다양한 요소에 의해 영향을 받기 때문에 동일한 유황패드를 처리하여도 저장 가능 기간은 차이를 보일 수 있다 [5]. 따라서 반복 실험을 통한 재검정 및 세부요인별 부패의 연관성은 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

표 3. 유황패드 종류별 포도 저장시 저장기간에 따른 품질 특성

저장 기간	유황 패드 종류	외관 지수 (1-5)	가용성 고형분 함량 (°Brix)	산도 (%)	과육 경도 (N)	과피 경도 (N)	비상품과립비율(%)				지경부	
							탈립	부패	갈변	과경부 탈색	마름 (%)	부패 (%)
2 개월	A	4.6	18.4	0.7*	4.4	10.6*	0	1	1	2	0	0
	B	4.1	17.8	0.6	3.9	10.2	0	0	1	3	0	0
	C	4.8	20.9***	0.5	4.2	10.1	0	1	1	1	0	0
	D	5.0	18.8	0.6	4.7*	10.7*	0	0	0	0	3	0
3 개월	A	4.7	18.3	0.6	3.9	10.7	0	2	3	0	4	0
	B	4.5	18.6	0.6	3.2	10.2	0	0	0	0	10*	0
	C	4.2	18.7	0.6	4.1	10.6	1	1	0	24***	0	0
	D	4.6	18.3	0.7*	4.0	10.9	0	2	3	0	3	0
4 개월	A	2.9	19.5	0.7*	4.3	11.2*	3	17	1	1	0	0
	B	3.2	19.1	0.6	3.6	9.8	0	14	0	2	16***	0
	C	1.6	18.8	0.6	4.0	10.3	7	40***	1	5***	0	22***
	D	4.1**	19.1	0.7*	4.1*	10.7*	2	7	2	0	10	0
5 개월	A	2.0	18.6	0.7*	4.6*	10.5*	5	20	0	2	31	0
	B	1.3	20.0***	0.6	3.8	9.7	5	25	0	4	35	0
	D	3.0**	17.8	0.7*	4.3*	10.3*	7	12**	0	0	44	0

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ 수준에서 대조구와 유의적 차이를 보임(DMRT).

※ 저장 5개월 C 성적은 미제시 (4개월에 외관지수 1.6로 상품성 소실)
저장 6개월 성적은 외관지수 2 이하로 미제시

그림 3. 유황패드 종류별 포도 저장시 저장기간에 따른 외관 비교

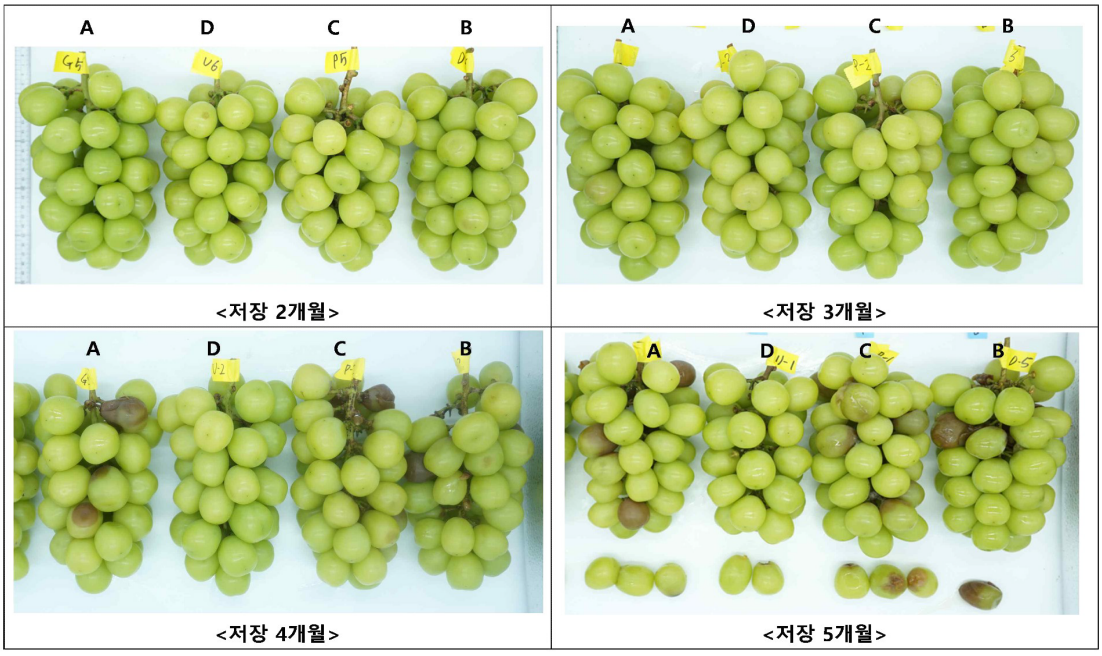
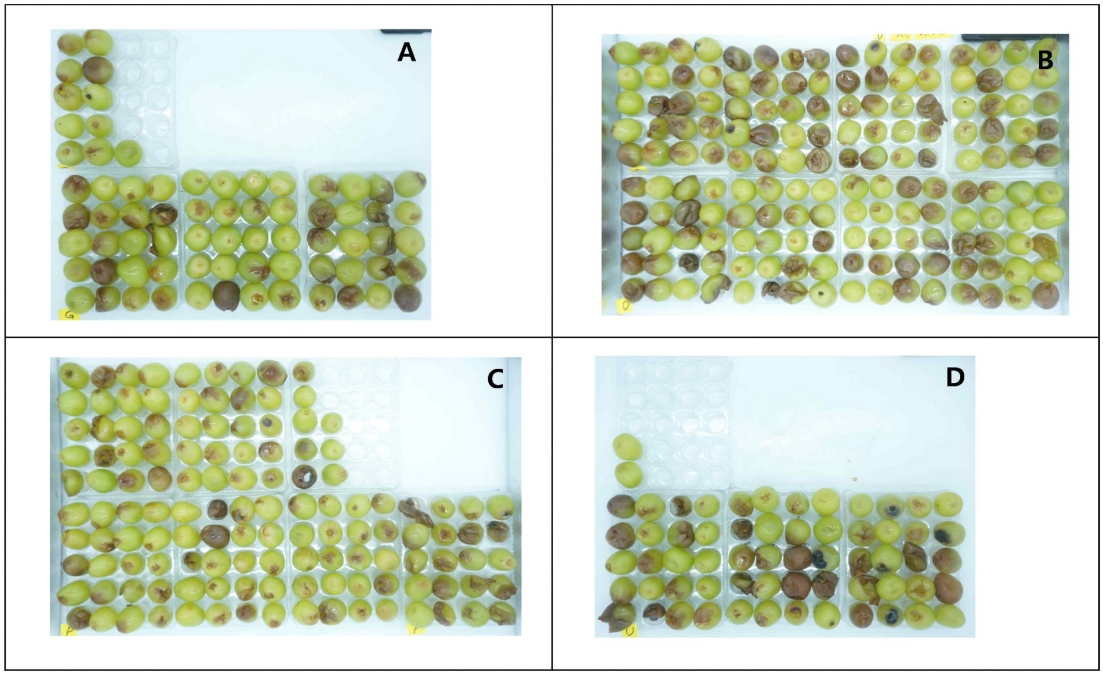
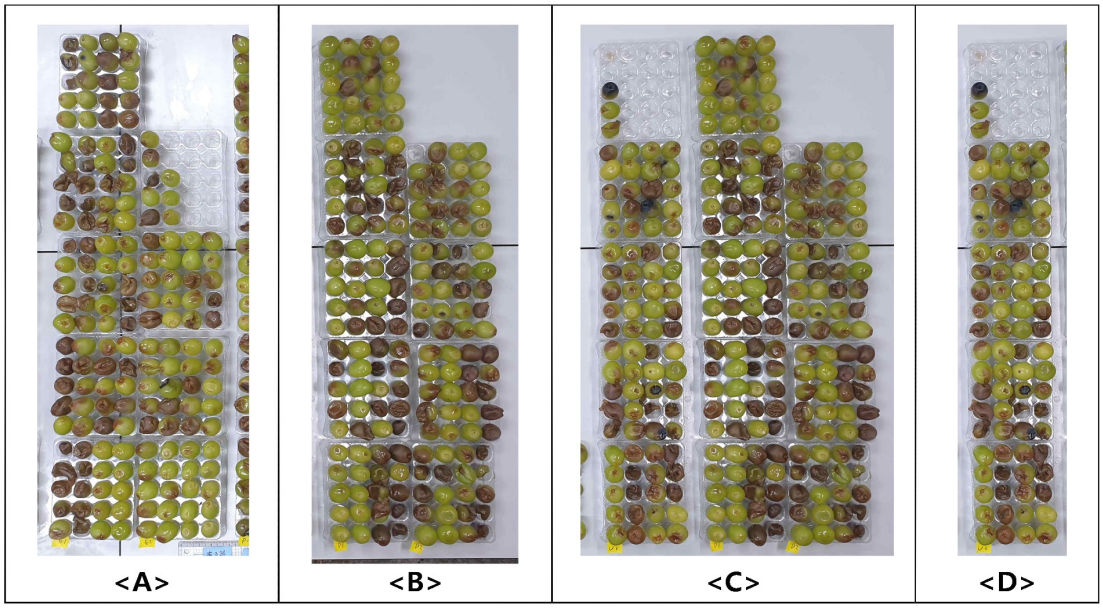


그림 4. 유황패드 종류별 포도 저장기간에 따른 비상품과 유형 및 양 비교

<저장 4개월>



<저장 5개월>



라. 유황패드 교체 유무에 따른 저장기간별 품질 비교

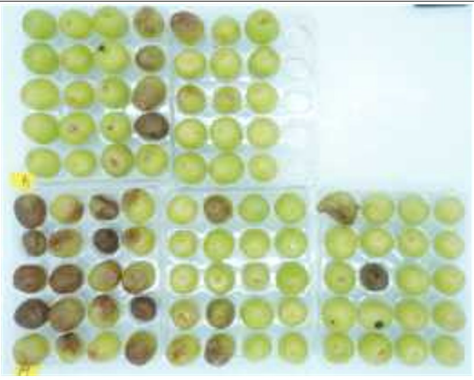
포도 저장시 부패를 억제하고 품질을 유지하는 기간을 연장하기 위하여 유황패드를 사용하지만 아황산 가스의 발생량이 줄어드는 기간에는 부패가 증가하게 된다. 본 연구 결과에서도 유황패드 종류에 따라 2~4개월간 2 ppm 이상의 SO_2를 발생하였으나 발생량이 감소된 이후에는 부패가 증가하는 양상을 보였다. 표 3의 결과에서 저장 3개월까지는 A 처리구에서 부패율이 2% 수준으로 높은 상품성을 유지하고 있었으나, 저장 3개월 후에 부패가 증가하는 것을 방지하기 위하여 신규 유황패드로 교체한 결과, 교체하지 않는 처리와 비교하여 부패가 억제되지는 않고, 오히려 과경부 탈색을 증가하는 결과를 보였다(표 4, 그림 5). 부패는 두 처리 모두 높은 비율로 발생하였으며, 과경부 탈색은 교체하지 않은 경우는 거의 발생하지 않았으나, 교체 시 9%로 증가하였고 이 증상은 5개월에서는 더 심화되었다. 이는 신규 유황패드에서 발생하는 고농도의 SO_2 가스가 과피손상을 유발하거나, 패드 교체시 물리적인 충격에 의해 과경부에 손상을 유발하여 방출된 SO_2가 과경부로 침투하였기 때문으로 추측된다. 그러나 신규 패드에서 발생하는 SO_2가 부패를 억제하지 못한 부분에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

표 4. 유황패드 교체에 따른 저장기간별 품질 비교

저장 기간	유황 패드 종류	외관 지수 (1-5)	가용성 고형분 함량 (°Brix)	산도 (%)	과피 경도 (N)	과육 경도 (N)	비상품과립비율(%)				지경부	
							탈립	부패	갈변	과경부 탈색	마름 (%)	부패 (%)
4 개월	교체	2.3	18.1	0.6	3.9	10.6	2	20	0	9*	0	0
	유지	2.9	19.5	0.7	4.3	11.2	3	17	0	1	0	0
5 개월	교체	1.8	19.5	0.6	3.7	10.0	2	21	0	18***	25	0
	유지	2.0	18.6	0.7	4.6	10.5	5***	20	0	2	31	0

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ 수준에서 대조구와 유의적 차이를 보임 (DMRT).
※ 유황패드 교체시기 : 저장 3개월 후

그림 5. 유황패드 교체유무에 따른 저장 4개월 포도의 비상품과 유형 비교



<교체>

<유지>

마. 유황패드 활용 저장시 저장 100일 후 포도의 SO_2 잔류량

SO_2에 장기간 노출된 포도에는 SO_2가 잔류할 수 있다고 보고되어 있어[18], 저장 100일이 경과한 포도에 대하여 유황 패드별로 포도내 잔류 SO_2량을 분석하였다. 또한 유황패드 교체하게 되면 그림 2의 결과에서처럼 처리 후 2일 동안은 고농도의 SO_2가 발생되므로 신규패드 교체 후 10일인 저장 100일에 동일하게 조사하였다. 포도를 저장고에서 뺀 당일(0일차)에 측정한 결과 신규로 패드를 교체한 경우와 일부 패드(B, C)에서 10 ppm을 초과하는 SO_2가 관찰되었으나, 1일 후에는 모든 처리에서 10 ppm 이하로 하락하여 잔류기준치 이하임이 확인되었다. 포도의 유통 과정을 고려하면, 선별, 운송, 판매 과정에서 일정 시간이 경과하므로 포도를 유황패드 처리하여도 실제 소비 단계에 도달할 때는 잔류 수준이 기준치 이내로 관리된다고 판단되었다. 이는 연속 노출 혹은 고농도 처리 직후 일시적으로 잔류가 될 수 있으나 저장과 유통 경과에 따라 안전수준으로 안정화된다는 선행 보고와도 부합한다[18].

표 5. 유황패드별 저장 100일 후 포도의 SO_2 잔류량

유황패드 종류	외부 노출 당일	1일 후
A (교체)♪	17.4±1.7	7.2±0.1
A	7.3±0.5	2.7±0.2
B	15.0±0.5	6.6±0.2
C	12.6±0.2	5.9±0.3
D	2.8±0.2	2.5±0.2

♪ 저장 3개월 후 신규패드로 교체

5. 적 요

본 연구는 우리나라 포도 수출 주력 품종인 샤인머스켓(*Vitis vinifera* cv. Shine Muscat)을 대상으로 장기 저장 중 품질 저하와 부패 문제를 해결하기 위해 사용되는 유황패드 4종에 대하여 효과 및 품질저해 증상을 파악하고 유황패드에 의한 품질유지를 연장시키기 위하여 저장 3개월 정도에 신규패드로 교체하는 것이 유리한지를 판단하기 위하여 수행되었다. 샤인머스켓은 높은 당도와 아삭한 식감, 우수한 외관으로 국내외에서 수요가 증가하였으나, 저장 및 유통 과정에서 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*) 등 병해 발생이 주요한 상품성 저해 요인으로 작용한다. 이를 억제하기 위해 저장 중 SO_2 가스를 방출하는 유황패드의 활용이 확산되고 있으나, 제품별 특성과 교체 주기 등에 대한 명확한 기준은 부족한 실정이다. 실험은 2024년 10월 상주시에서 수확한 샤인머스켓을 대상으로, A(인도), B(인도), C(스페인), D(남아프리카공화국) 등 4종의 유황패드를 처리하여 0℃, 90% 상대습도 조건에서 최대 6개월간 저장하면서 품질 변화를 조사하였다. 저장 전후 가용성 고형분 함량, 산도, 경도와 같은 품질 특성과 부패, 탈립, 과피갈변, 과경부 탈색 등의 비상품과립 발생 비율, 지경부 건전성과 함께 유황패드별 SO_2 발생량 및 저장 100일 후 포도에 대한 SO_2 잔류량 등을 측정하였다. 또한 A에 대해서는 저장 3개월 시점에서 신규 패드로 교체 처리하여 교체유무에 따른 품질과 비상품과립 발생비율을 비교하였다. 연구 결과, 저장 2~3개월까지는 모든 처리구에서 외관지수 4 이상을 유지하며 상품성이 확보되었으나, 4개월 이후부터 제품별 품질 편차가 뚜렷하게 나타났다. C는 초기 SO_2 발생량이 높아 초기에 부패 억제 효과가 우수했으나, 저장 후반에는 급격한 발생량 감소와 함께 지경부 탈색과 부패가 증가하였다. D는 상대적으로 낮은 부패율을 보여 장기 저장에 유리하였다. 저장 3개월에 신규패드로 교체하더라도 부패가 더 억제되지 않았으며, 오히려 과경부 탈색 증가와 같은 품질 저해를 초래하였다. 저장 100일 후 SO_2 잔류량을 조사한 결과 신규 패드 교체를 포함한 모든 처리에서 저장고에서 뺀 다음달에 포도의 잔류량이 10 ppm 이하로 조사되어 유황패드 저장을 하더라도 유통과정을 거치면 포도에서 잔류되는 SO_2는 기준 이하로 관리될 수 있다는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구는 샤인머스켓 장기 저장 시 유황패드별로 SO_2 발생 특성과 저장 품질 유지 효과를 규명하였으며, 각각의 특성과 교체 처리의 장단점을 제시하였다. 이러한 결과는 수출 농가별로 저장기간, 출하시기, 경제성을 고려하여 유황 패드를 선택 활용하는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

6. 인용문헌

1. **한국농촌경제연구원 (2024).** 농업관측-과일-4월. 8
2. **Kati(농식품 수출정보).** http://Kati.net-통계/월별품목별 실적
3. **Sortino, G. et al. (2017).** Postharvest Application of Sulphur Dioxide Fumigation to Improve Quality and Storage Ability of “Red Globe” Grape Cultivar During Long Cold Storage. Chem. Eng. Trans. 58:403-408
4. **경상북도농업기술원 (2020).** 포도 샤인머스켓 수확 후 저장기술 개선 연구보고서.
5. **농식품유통품질관리협회 (2022).** 수출 포도 샤인머스켓 선도유지 기술 현장 실증 보고서.
6. **Kim, S.J., et al. (2021).** Storage evaluation of Shine Muscat grape using sulfur dioxide pads and MAP treatments. Korean Journal of Agricultural Science, 48(2), 155-166.
7. **Sortino, G., et al. (2017).** SO_2 fumigation for improved quality in 'Red Globe' grapes. Chemical Engineering Transactions, 58, 163-168.
8. **Higuchi, W. I., et al. (2024).** Sulfur Dioxide Pads During Cold Storage of Italia Grapes. Plants, 13(19), 2827.
9. **Ahmed, M., et al. (2018).** Effect of sulfur dioxide releasing pads on Botrytis cinerea in grapes. Horticulturae, 4(4), 29.
10. **Dantas, T. M., et al. (2022).** Storage of BRS Nubia grape using SO_2 pads. Horticulturae, 8(4), 285.
11. **Lim, B.S., et al. (2011).** Comparison of SO_2 pads on decay suppression in Campbell Early grapes. Korean J. Food Preservation, 18(1), 74-80.
12. **한국포도수출연합 (2025).** 수출 유망 국산 신품종 글로리스타 저장성 평가.
13. **최미희, 이진수, 임병선 (2017).** 모의수출조건에서 유황패드와 MAP 복합처리가 캠벨얼리 포도의 품질에 미치는 영향. 한국식품저장유통학회지 24(6), 734-745.
14. **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.
15 .**Crisosto, C. H., & Mitchell, F. G. (2002).** Postharvest handling systems: Table grapes. In A. A. Kader (Ed.), Postharvest Technology of

Horticultural Crops(3rd ed., pp. 357-363). University of California, ANR Publication.

16. **Nelson, K. E. (1985).** Harvesting and handling California table grapes for market. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
17. **Sortino, G., Allegra, A., Farina, V., Inglese, P., & Gallotta, A. (2017).** Use of sulfur dioxide pads to improve storability of Red Globe table grapes. Chemical Engineering Transactions, 58, 463-468.
18. **Palou, L., Crisosto, C. H., Smilanick, J. L., Adaskaveg, J. E., & Zoffoli, J. P. (2002).** Effects of continuous exposure to sulfur dioxide on postharvest decay and quality of table grapes. Postharvest Biology and Technology, 24(2), 135-142.

7. 연구 결과 활용

□ 연구개발 결과의 활용 방안

· 장기 저장시 유황패드 교체 효과 및 비상품과 유형 분석 정보제공 (컨설팅 및 영농교육)

· 유황패드 저장능 및 비상품과 발생 정보 제공(컨설팅 및 영농교육)

□ 기대 성과

○ 기술적 측면

· 글로리스타 고품질과 유통을 위한 저장 가능 기간 제시

○ 경제적·산업적 측면

· 샤인머스켓 장기 저장시 활용중인 유황패드 제품의 다양화에 따른 제품별 효능 및 비상품과 발생에 대한 선제적 정보 제공으로 저장 농가의 손실 최소화

· 유황패드 교체에 따른 저장 효과 및 비상품과 발생 정보 제공

8. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
책 임 자	경상북도농업기술원	농업연구관	류정아	과제책임자, 과제 계획, 수행, 결과보고
공동연구자	경상북도농업기술원	농업연구관	류정기	결과검토
공동연구자	경상북도농업기술원	농업연구사	윤성란	특성조사 및 분석
공동연구자	경상북도농업기술원	농업연구사	한채민	특성조사 및 분석
공동연구자	경상북도농업기술원	농업연구사	최운비	결과 정리
공동연구자	경상북도농업기술원	공무직	류현정	특성조사 및 분석
공동연구자	경상북도농업기술원	공무직	임소현	특성조사 및 분석